

О.Г. ШЕВЧЕНКО, С.І. СНІЖКО, А.В. КРУКІВСЬКА

ПРАКТИКУМ З МЕТЕОРОЛОГІЇ ТА КЛІМАТОЛОГІЇ

Рекомендовано до друку Вченою радою географічного факультету
Київського національного університету імені Тараса Шевченка

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union



Київ–2018

УДК 551.508(075.8)
ББК 26.23я73
Ш37

Рецензенти:

Польовий А.М., доктор географічних наук, професор (Одеський державний екологічний університет);

Олійник Р.В., кандидат фізико-математичних наук, доцент (Київський національний університет імені Тараса Шевченка).

Рекомендовано до друку Вченою радою географічного факультету
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
(протокол № 3 від 21 березня 2017 року)

Шевченко О.Г., Сніжко С.І., Круківська А.В.

Ш37 Практикум з метеорології та кліматології / Шевченко О.Г., Сніжко С.І., Круківська А.В. – К.: ФОРМ Маслаков, 2018. – 117 с.

ISBN 978-617-7625-03-1

Для оформлення обкладинки використано фото проф. Гельмута Майєра (Prof. Helmut Mayer).

Практикум призначений для виконання практичних робіт з курсу «Метеорологія та кліматологія» студентами, що вивчають метеорологію як непрофільну дисципліну. Посібник складається з двох частин. Перша – містить інформацію про основні прилади і методики вимірювань метеорологічних величин та спостережень за явищами, що використовуються на мережі метеорологічних станцій України. Опис будови приладів проілюстровано рисунками. В другій частині наведено завдання для виконання практичних робіт. У додатках розміщено довідкові таблиці, необхідні для інтерпретації отриманих результатів метеорологічних спостережень, і варіанти завдань для виконання деяких практичних робіт.

Виконання практичних робіт з даного посібника допоможе студентам закріпити теоретичний матеріал з відповідного розділу програми, а також набути навичок роботи з метеорологічними приладами.

Рекомендовано використовувати в комплексі з підручником з метеорології *Сніжко С.І., Паламарчук Л.В., Затула В.І. Метеорологія. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 592 с.*

Даний посібник розроблено в рамках проекту «ECOIMPACT» № 561975 програми Європейського Союзу «ERASMUS+» та видруковано на умовах співфінансування Київським національним університетом імені Тараса Шевченка. Зміст даної публікації відображає виключно погляди авторів і Європейська комісія не несе відповідальності за використання інформації, що в ній міститься.

This textbook was developed within EU program «ERASMUS+» (Project «ECOIMPACT» № 561975), published and co-financed by Taras Shevchenko National University of Kyiv. This publication reflects only authors views and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

ISBN 978-617-7625-03-1

© Шевченко О.Г., Сніжко С.І., Круківська А.В., 2018

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЧАСТИНА I. МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ ТА ВИМІРЮВАННЯ	5
РОЗДІЛ 1. Організація та проведення метеорологічних спостережень	6
РОЗДІЛ 2. Актинометричні прилади та методики проведення спостережень	14
РОЗДІЛ 3. Вимірювання температури	20
3.1. Вимірювання температури повітря	23
3.2. Вимірювання температури діяльного шару	26
3.3. Вимірювання температури води біля поверхні	29
РОЗДІЛ 4. Вимірювання вологості повітря	30
РОЗДІЛ 5. Будки жалюзійні (психрометричні) для метеорологічних приладів	35
РОЗДІЛ 6. Вимірювання атмосферного тиску	37
РОЗДІЛ 7. Визначення напрямку та швидкості вітру	41
РОЗДІЛ 8. Спостереження за хмарами та визначення метеорологічної дальності видимості	46
РОЗДІЛ 9. Спостереження за атмосферними опадами та сніговим покривом	49
РОЗДІЛ 10. Дистанційні та автоматичні системи метеорологічних вимірювань	55
ЧАСТИНА II. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ	59
Практична робота № 1. Організація та проведення метеорологічних спостережень	60
Практична робота № 2. Визначення часу на станції	64
Практична робота № 3. Абсолютні та відносні актинометричні прилади, особливості їх конструкції та використання	66
Практична робота № 4. Термометри, їх основні види. Вимірювання температури ґрунту та повітря	69
Практична робота № 5. Побудова графіків добового та річного ходу температури повітря	73
Практична робота № 6. Вимірювання вологості повітря	75
Практична робота № 7. Вимірювання атмосферного тиску	78
Практична робота № 8. Вимірювання швидкості та напрямку вітру	81
Практична робота № 9. Спостереження за хмарами. Визначення метеорологічної дальності видимості	85
Практична робота № 10. Вимірювання кількості атмосферних опадів. Спостереження за сніговим покривом	87
Практична робота № 11. Первинний аналіз (обробка) карт погоди	90
Практична робота № 12. Проведення мікрокліматичних спостережень	94
Перелік використаних джерел	97
Додатки	98

ВСТУП

Метеорологія – це наука про земну атмосферу, її будову, властивості, фізичні та хімічні процеси і явища, що відбуваються в ній. До основних завдань метеорології належить вивчення й пояснення окремих атмосферних процесів та явищ і встановлення між ними причинно-наслідкових зв'язків. Для оцінки стану атмосфери використовуються метеорологічні величини – це параметри, що характеризують фізичний стан атмосфери в певній точці в конкретний момент часу. До основних з них належать: температура, тиск повітря, швидкість та напрямок вітру, кількість, висота і товщина хмар, кількість та інтенсивність опадів, вологість повітря, метеорологічна дальність видимості, потоки променистої енергії та тепла. Крім метеорологічних величин виділяють ще атмосферні явища. Це результати взаємодії окремих атмосферних або фізико-хімічних процесів, що характеризуються певними сполученнями кількох метеорологічних величин (туман, гроза, ожеледь, пилова буря, роса, іній, полярне сяйво тощо).

Фізичний стан атмосфери в певний проміжок часу на даній території, що характеризується сукупністю метеорологічних величин і атмосферних явищ, називається погодою. Багаторічний режим погоди, характерний для певної місцевості, залежно від її географічного положення називається кліматом.

Прагнення захистити себе від несприятливих погодно-кліматичних умов і, за можливості, використовувати сили природи для поліпшення власного добробуту завжди було властиве людині. В стародавні часи люди вважали Сонце джерелом життя, поклонялися йому і панічно боялися стихійних сил природи. На відміну від своїх далеких предків, сучасна людина значною мірою звільнилася від безпосереднього впливу погоди, проте погодно-кліматичні умови продовжують залишатися серед факторів, що визначають комфортність існування людини та вид її діяльності протягом усього життя.

Для зменшення негативного впливу погоди на всі сфери діяльності людини та здійснення оперативного прогнозування стану атмосфери потрібно мати якісну інформацію про її поточний стан. З цією метою проводять спеціальні спостереження на метеостанціях всієї земної кулі – вимірюють значення основних метеорологічних величин та спостерігають за атмосферними явищами. Необхідною умовою для отримання репрезентативної інформації є дотримання методик і строків спостережень.

Метод спостережень був першим методом, що застосовувався в метеорології і на сьогодні він залишається основним. Проте прилади, якими оснащують метеорологічні станції, з часом суттєво змінювалися. Нині поряд із традиційними приладами, що використовуються на мережі метеостанцій ще з 70–80-х рр. минулого століття, дедалі більшого поширення набувають автоматизовані, що дозволяють отримувати інформацію про стан атмосфери дистанційно та без участі людини.

Цей посібник містить інформацію про основні прилади і методики вимірювань метеорологічних величин та спостережень за атмосферними явищами, що використовуються на мережі метеорологічних станцій України. Він буде корисним студентам під час вивчення дисципліни "Метеорологія та кліматологія", допоможе закріпити теоретичний матеріал з відповідного розділу програми, а також набути навичок роботи з метеорологічними приладами. Посібник складається з двох частин. Перша частина містить інформацію про прилади і методики вимірювань та спостережень. Опис будови приладів проілюстровано рисунками. В другій частині подано завдання для виконання практичних робіт. У додатках розміщено таблиці, необхідні для інтерпретації результатів метеорологічних спостережень і варіанти завдань для виконання практичних робіт.

ЧАСТИНА І.

МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ ТА ВИМІРЮВАННЯ

РОЗДІЛ 1

Організація та проведення метеорологічних спостережень

Стан атмосфери та процеси, що в ній відбуваються, суттєво впливають на всі галузі господарства та життєдіяльність людей. Тому важливого значення набувають прогнози стану атмосфери, передбачення несприятливих погодних умов, урахування особливостей регіонального клімату в будівництві, сільському господарстві, транспорті, енергетиці, комунальному господарстві та інших галузях, а також визначення тенденцій змін клімату та їх наслідків. Підготовка прогнозів погоди та отримання кліматичних даних базується на проведенні постійних, синхронних спостережень за станом атмосфери по всій земній кулі.

Атмосферні процеси та явища, що визначають погодні умови, зазвичай мають значні просторові масштаби. Горизонтальна протяжність повітряних мас, баричних вихорів, атмосферних фронтів, співмірна з розмірами континентів або їх великих частин. Тому для підготовки прогнозу стану атмосфери над визначеним пунктом на одну добу необхідно мати дані про перебіг синоптичних процесів на відстані до 2000 км. У разі прогнозування погодних умов на кілька діб – над усією півкулею. Тому вже на початку формування системи метеорологічних спостережень була визнана необхідність міжнародного співробітництва для її реалізації.

У 1873 р. у Відні відбувся перший Міжнародний метеорологічний конгрес, на якому були прийняті рішення про уніфікацію одиниць вимірювання метеорологічних величин, градування та перевірки метеорологічних приладів, строків спостережень, обміну метеорологічною інформацією. Тоді ж була заснована Міжнародна метеорологічна організація (ММО), на основі якої пізніше, у 1947 р., була створена Всесвітня метеорологічна організація (ВМО), що є спеціалізованим агентством Організації Об'єднаних Націй (ООН). Членами ВМО є 185 країн світу, в тому числі й Україна. ВМО координує системи збору, накопичення та обміну метеорологічної інформації, виконує низку міжнародних програм глобального масштабу з вивчення атмосферних процесів, взаємозв'язку атмосфери та Світового океану.

В рамках ВМО створено Всесвітню службу погоди (ВСП), що є комплексною системою, до якої входять національні засоби спостережень та інформаційні послуги, що належать державам-членам ВМО. Всесвітня служба погоди користується мережею метеорологічних, аерологічних станцій та інших засобів отримання метеорологічної інформації (супутники, ракети, аеростати), має центри з обробки, зберігання та поширення інформації за єдиною глобальною програмою.

До глобальної системи спостережень належать близько 10000 метеорологічних станцій, що розташовані на суходолі, 1000 аерологічних станцій, 7300 морських суден, 3000 літаків, 600 буїв в океанах, штучні супутники Землі. Отримані результати спостережень, через 5–10 хв після проведення спостережень, каналами зв'язку передаються у міжнародні та національні центри обробки метеорологічної інформації.

Система обробки інформації та створення прогнозів погоди складається із трирівневої мережі метеорологічних центрів. Перший рівень – три світових метеорологічних центри (СМЦ) – Вашингтон, Москва та Мельбурн; другий рівень складають 25 регіональних метеорологічних центрів (РМЦ); третій рівень – національні метеорологічні центри (НМЦ), до яких належить і Гідрометцентр України.

Світові метеорологічні центри, отримуючи повну інформацію, формують карти та прогнози погоди для північної чи південної півкулі або для всієї земної кулі. Регіональні метеорологічні центри складають карти та прогнози погоди для великих географічних районів, наприклад, для Атлантики, Європи чи Євразії. Світові та регіональні центри обладнані потужними ЕОМ, які отримують початкову інформацію з глобальних систем зв'язку та телекомунікацій і, використовуючи чисельні моделі, прогнозують поля основних метеорологічних величин. Національні метеорологічні центри забезпечують аналіз глобальних прогнозів та, користуючись наявною метеорологічною інформацією, складають прогнози погоди для своєї країни, а також забезпечують передачу інформації через глобальну систему зв'язку.

Метеорологічна інформація, отримана під час спостережень за станом атмосфери, також є основою для визначення кліматичних характеристик окремих пунктів чи великих регіонів, що потім використовуються для вирішення практичних завдань у різних галузях господарства.

Метеорологічні спостереження в Україні організовано в системі Гідрометеорологічної служби. Усі спостереження здійснюються одночасно, однотипними приладами за єдиною програмою та методикою. Сучасна метеорологічна мережа в Україні складається із 160 метеорологічних станцій II-го розряду. Актинометричні спостереження проводяться на 10 станціях, на 7 станціях виконуються теплобалансові спостереження. Спостереження з використанням радіолокаторів, які дають змогу фіксувати атмосферні явища у радіусі 300 км, проводяться на 8 станціях і охоплюють усю територію України. Спеціальні аерологічні спостереження проводяться на 7 станціях.

Для обслуговування потреб сільськогосподарського виробництва на 115 діючих станціях здійснюються агрометеорологічні спостереження. До мережі спостережень за рівнем забруднення атмосфери входить 162 пости, що розташовані у 53 містах держави. Найбільша їх кількість розташована в Києві – 16, Харкові – 10, Одесі – 8, Дніпрі – 7 (і 2 маршрутних), Донецьку – 6, Запоріжжі, Кривому Розі та Маріуполі – по 5. У системі гідрометеорологічної служби є 6 озонметричних станцій. Досліджується також радіоактивне забруднення: потужність експозиційної дози визначається в 182 пунктах, а випадання радіоактивних часток з атмосфери на земну поверхню фіксується у 69.

Вимоги до метеорологічних приладів та метеорологічного майданчика. Природне середовище, в якому проводяться метеорологічні спостереження, характеризується багатьма динамічними фізичними параметрами. Тому метеорологічні вимірювальні прилади перебувають не лише під впливом вимірюваної величини, а й під впливом інших параметрів середовища, що може істотно вплинути на результати спостережень. Уникнути сторонніх впливів можна шляхом використання додаткових пристроїв для їх нейтралізації або приведенням показів метеорологічного приладу до так званих нормальних, єдиних для даного виду вимірювань умов.

Метеорологічні прилади використовуються в різних природних зонах, включно з віддаленими та важкодоступними пунктами. Тому практично до всіх метеорологічних приладів, що працюють у природному середовищі, висуваються вимоги безвідмовної роботи за температури повітря від -60 до $+60^{\circ}\text{C}$, за умов високої вологості, під час випадання твердих або рідких опадів, утворення туманів, за високого рівня забруднення повітря тощо. Крім цього, необхідною є надійність приладів під час експлуатації та можливість їх транспортування за потреби. Прилади мають тривалий час (не менше року) зберігати свої технічні показники, використовувати мало енергії для живлення, в окремих випадках – мати автономні джерела живлення.

Для забезпечення однотипності та достовірності результатів вимірювань усі метеорологічні прилади з певною періодичністю повіряються. Повірка приладів зводиться до визначення поправок до відліків за шкалою приладу, що отримані при вимірюванні метеорологічної величини, чи значень перевідних коефіцієнтів. Такі дані отримують шляхом порівняння показів прилада з показами еталонного зразка. За результатами повірки видається повірочне свідоцтво, в якому вказують величини поправок чи перевідних множників. Повірка метеорологічних приладів в Україні виконується структурним підрозділом Гідрометеорологічної служби.

Усі метеорологічні спостереження (за деякими винятками) проводяться на метеорологічному майданчику, тому правильний вибір місця для його облаштування, стандартне розташування приладів та обслуговування майданчика значною мірою зумовлюють якість результатів спостережень.

Для отримання репрезентативної інформації метеорологічний майданчик необхідно облаштувати на відкритій, типовій для даної місцевості ділянці. Оскільки максимальна віддаленість приміщення метеорологічної станції від метеорологічного майданчика – 300 м, то вибір місця для майданчика є, власне, вибором місця для самої метеостанції.

Стандартний метеорологічний майданчик повинен мати форму квадрата зі стороною 26 м, одна зі сторін якого орієнтована з півдня на північ. За розширеної програми (актинометричні спостереження) розміри майданчика – 26×36 м, у разі, коли обсяг спостережень менший за стандартний, розміри можуть бути зменшені до 20×16 м.

Відстань від майданчика до невисоких будівель чи дерев має бути не меншою від їхньої 10-кратної висоти, а відстань до суцільної забудови та лісових масивів – не меншою від 20-

кратної. Від ярів та урвищ майданчик має бути віддаленим на десятки метрів, а від урізу води природної водойми – не менше ніж на 100 м.

Для визначення висотного положення приладів на майданчику встановлюється репер. На метеомайданчику має бути проведене стаціонарне освітлення.

З метою забезпечення однотипності метеорологічних вимірів метеорологічні прилади на майданчику розташовують у строго визначеному порядку (рис. 1), орієнтовані за сторонами горизонту та встановлені на певній висоті над поверхнею землі.

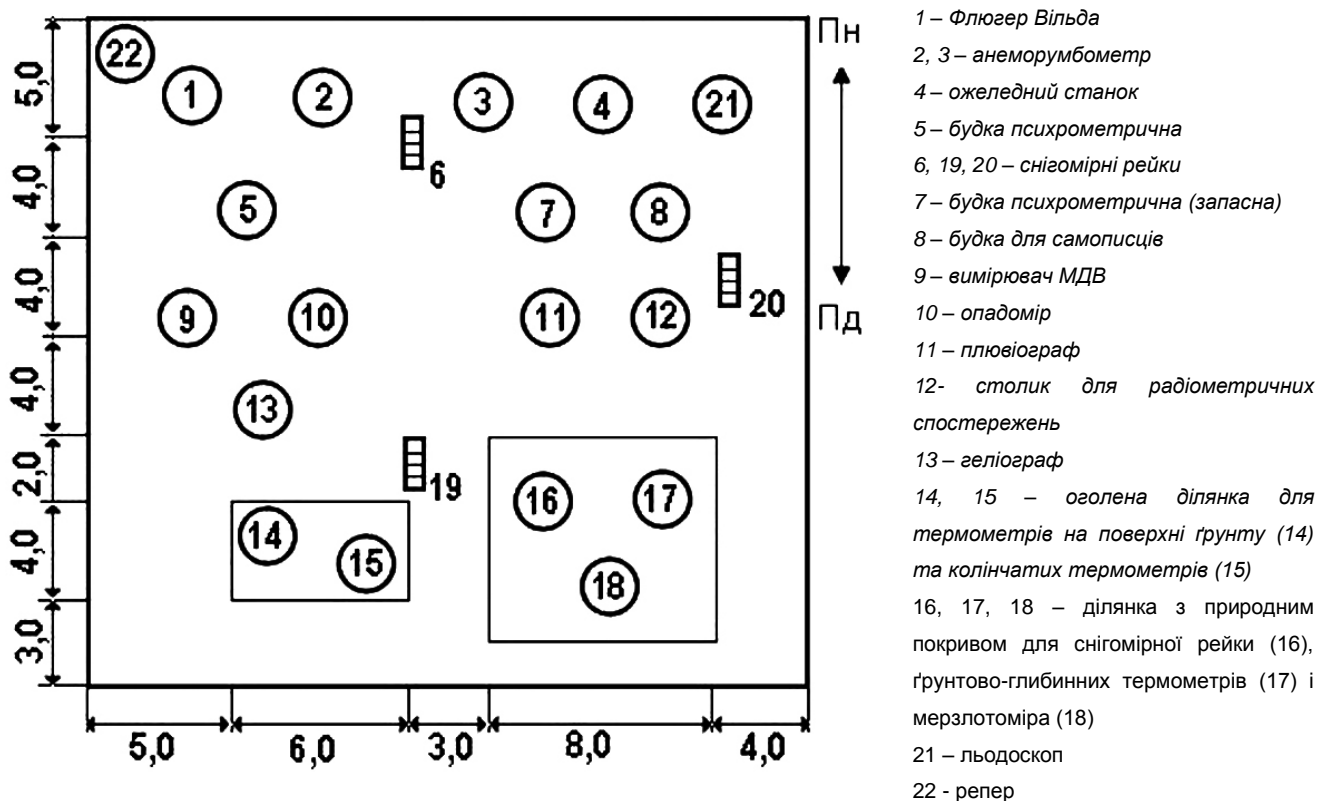


Рис.1. Схема метеорологічного майданчика для метеорологічних станцій з повною програмою спостережень (26×26 м)

На майданчику зберігається природний рослинний покрив, дозволяється підходити до приладів лише по доріжках, огорожа майданчика та все допоміжне обладнання (підставки, будки, драбинки тощо) фарбується у білий колір з метою зниження їх нагрівання, а отже, зменшення впливу на метеорологічні величини.

За станом метеомайданчика повинні постійно наглядати чергові спостерігачі й утримувати його в належному стані. Для цього необхідно:

- регулярно косити і прибирати траву;
- сніг, що налипає на стінках і покрівлі захисної жалюзійної будки, планках опадоміра, прибирати перед початком кожного спостереження під час обходу метеомайданчика;
- сніговий покрив залишати у природному стані з моменту його утворення до моменту остаточного танення;
- замети, що утворюються біля приладів і обладнання, зрізувати й виносити за межі метеомайданчика, зазначаючи це у примітках в книзі для запису результатів спостережень.

До комплексу приземних метеорологічних спостережень належать: спостереження за атмосферним тиском; температурою та вологістю повітря; характеристиками вітру (швидкістю та напрямом); температурою і станом підстильної поверхні; температурою ґрунту; атмосферними опадами; сніговим покривом; тривалістю сонячного сяйва, ожеледно-паморозевими явищами, метеорологічною дальністю видимості; кількістю та формою хмар; атмосферними явищами. В табл. 1 наведено одиниці вимірювання основних метеорологічних величин.

Одиниці вимірювання метеорологічних величин

Назва величини		Одиниця вимірювання	
		Назва	Позначення
1	Температура, t	градус Цельсія, Кельвіна	°С, °К
2	Відносна вологість, f	відсоток	%
3	Парціальний тиск водяної пари, e , E	гектопаскаль	гПа
4	Дефіцит насичення, d	гектопаскаль	гПа
5	Температура точки роси, t_d	градус Цельсія	°С
6	Швидкість випаровування	міліметр за секунду	мм/с
7	Атмосферний тиск, P	гектопаскаль	гПа
8	Кількість опадів	міліметр	мм
9	Інтенсивність опадів	міліметр за хвилину	мм/хв
10	Швидкість вітру	метр за секунду	м/с
11	Напрямок вітру	градус, румб	°, румб
12	Метеорологічна дальність видимості (МДВ)	метр (кілометр)	м (км)
13	Потік сонячної радіації, I	ват на квадратний метр, джоуль за секунду на квадратний метр	Вт/м ² , (Дж×с)/м ²
14	Тривалість сонячного сяйва	година	год
15	Висота снігового покриву	сантиметр	см
16	Щільність снігу	грам на кубічний сантиметр	г/см ³
17	Діаметр (товщина) ожеледно-паморозового відкладу	міліметр	мм
18	Діаметр граду	міліметр	мм
19	Кількість хмар	бал	бал
20	Водність (льодність) хмар і туману	грам на кубічний метр	г/м ³

Результати приземних метеорологічних спостережень, що проводяться на мережі метеорологічних станцій України, мають бути репрезентативними для району, в якому розташовані станції. Мережу станцій необхідно створювати таким чином, щоб за її мінімальної щільності для будь-якого пункту території між станціями можна було за допомогою інтерполяції отримати з необхідною точністю значення будь-якої з основних метеорологічних величин. Це може бути забезпечено шляхом раціонально побудованої мережі репрезентативних станцій, які відображають місцеві особливості метеорологічного режиму і клімату території. В Україні на сьогодні функціонує 160 метеорологічних станцій, що рівномірно розташовані по території (рис. 2).

На більшості метеостанцій спостереження проводять у єдині стандартні строки: 21, 00, 03, 06, 09, 12, 15 та 18 годин за Міжнародним скоординованим часом (МСЧ). Станції, які не належать до опорної мережі, проводять спостереження в основні строки (00, 06, 12 та 18 годин за МСЧ).

Під строком спостережень розуміють інтервал часу тривалістю 10 хв, який закінчується у точно вказаний термін (наприклад, строк спостережень 06 год – це інтервал часу між 5 год 50 хв і 06 год 00 хв).

Актинометричні спостереження здійснюють в 00 год 30 хв, 06 год 30 хв, 09 год 30 хв, 12 год 30 хв, 15 год 30 хв та 18 год 30 хв за середнім сонячним часом.

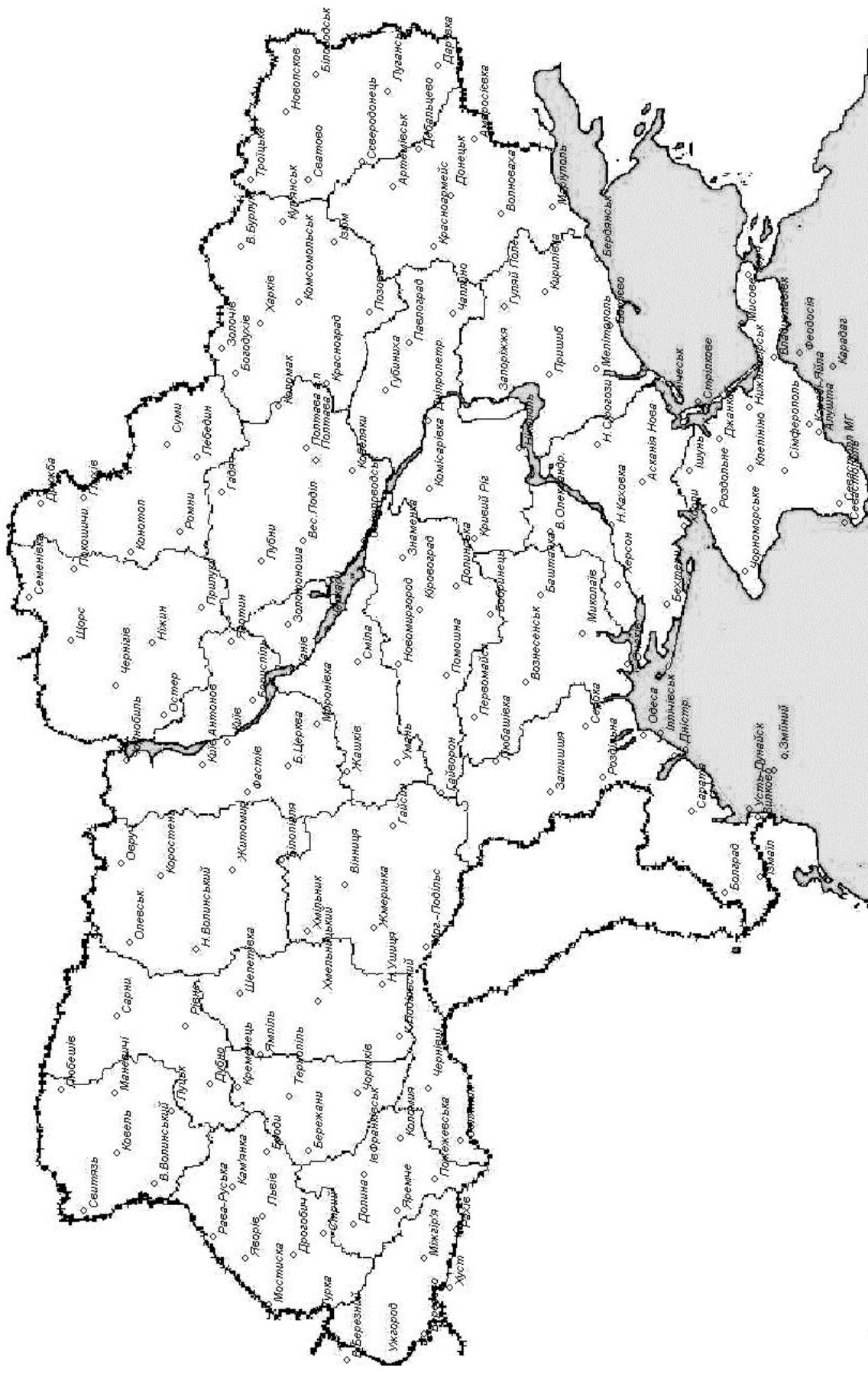


Рис.2. Карта мережі метеостанцій України

Визначення часу на станції. Оскільки спостереження на метеостанціях проводяться за міжнародним скоординованим часом або за середнім сонячним часом, а в повсякденному житті ми користуємося поясным часом, то для здійснення метеорологічних спостережень необхідно знати основні терміни, що стосуються часу та вмiти перейти від однієї системи обліку часу до іншої.

Видимим відображенням обертання Землі навколо своєї осі є добуве переміщення Сонця по небосхилу. Момент, коли Сонце знаходиться точно на півдні, тобто на меридіані даного місця, називається істинним полуднем. Період часу між двома послідовними проходженнями Сонця через меридіан даного місця, тобто між двома істинними полуднями називається істинною сонячною добою.

Істинний сонячний час – це час, основою визначення якого слугує видимий рух Сонця по небосхилу, зумовлений обертанням Землі навколо своєї осі.

Тривалість істинної сонячної доби протягом року непостійна, адже рух Сонця по небосхилу відбувається нерівномірно через нерівномірне обертання Землі навколо Сонця (Земля рухається не по колу, а по еліпсу, в одному з фокусів якого знаходиться Сонце) та нахилу екліптики до екватора. Тому замість істинного сонячного часу введено зручніший – середній сонячний час. Визначається він за рухом уявного "середнього" Сонця, що на відміну від "істинного" рухається рівномірно і здійснює повний річний оберт одночасно з "істинним" Сонцем. Відповідно і тривалість середньої сонячної доби протягом року лишається сталою і дорівнює середньому значенню всіх істинних діб за рік. Тривалість середньої сонячної доби становить 24 години.

Істинна сонячна доба буває то більшою, то меншою за середню сонячну добу. Різниця між середнім сонячним (або місцевим) та істинним сонячним часом називається рівнянням часу:

$$\Delta\tau = \tau_M - \tau_{ICT}$$

де τ_M – середній сонячний (або місцевий) час; τ_{ICT} – істинний сонячний час.

Така різниця встановлюється на основі розрахунків та наводиться в спеціальних таблицях, за допомогою яких її можна визначити для кожного дня року. Протягом року ця величина не лишається сталою: вона змінюється від +14 хв (середина лютого) до -16 хв (початок листопада). Чотири рази на рік вона перетворюється в 0 (середній сонячний час співпадає з істинним – у середині квітня, в середині червня, на початку вересня та наприкінці грудня).

Середній сонячний час є однаковим для всіх точок, розташованих на одному меридіані, і відрізняється для двох сусідніх меридіанів. Тому в побуті він є незручним, оскільки змінюється зі зміною довготи. Відомо, що повний оберт (360°) Земля здійснює за 24 години. Відповідно, на 1° довготи час змінюється на 4 хв (24 год/360°), а на 1' довготи – на 4 с (4 хв/60'). Видимий рух Сонця відбувається зі сходу на захід. Тому час "збільшується" на схід та "зменшується" на захід.

Така різноманітність часу призводить до плутанини та значних незручностей у повсякденному житті та економіці. З метою уникнення цього в 1884 р. було вирішено ввести так званий поясний час. Суть його полягає в наступному: вся земна куля меридіональними площинами поділена на 24 пояси по 15° довготи. Пояси мають нумерацію від 0 до 23. В кожному поясі встановлено час його центрального меридіану. За нульовий пояс прийнято той, центральний меридіан якого проходить через Гринвіч ($\lambda=0^\circ$). Межами нульового поясу є меридіани 7,5° зх.д. і 7,5° сх.д.; перший пояс – від 7,5° сх.д. до 22,5° сх.д. і т.д. (рис. 3).

Поясний час зручний тим, що замість величезної кількості різного місцевого часу на всій Земній кулі існує лише 24 часи, що відрізняються між собою на цілу кількість годин, тобто, при переїзді з одного поясу в сусідній, годинник доводиться переставляти рівно на одну годину, хвилини і секунди крізь одні й ті ж.

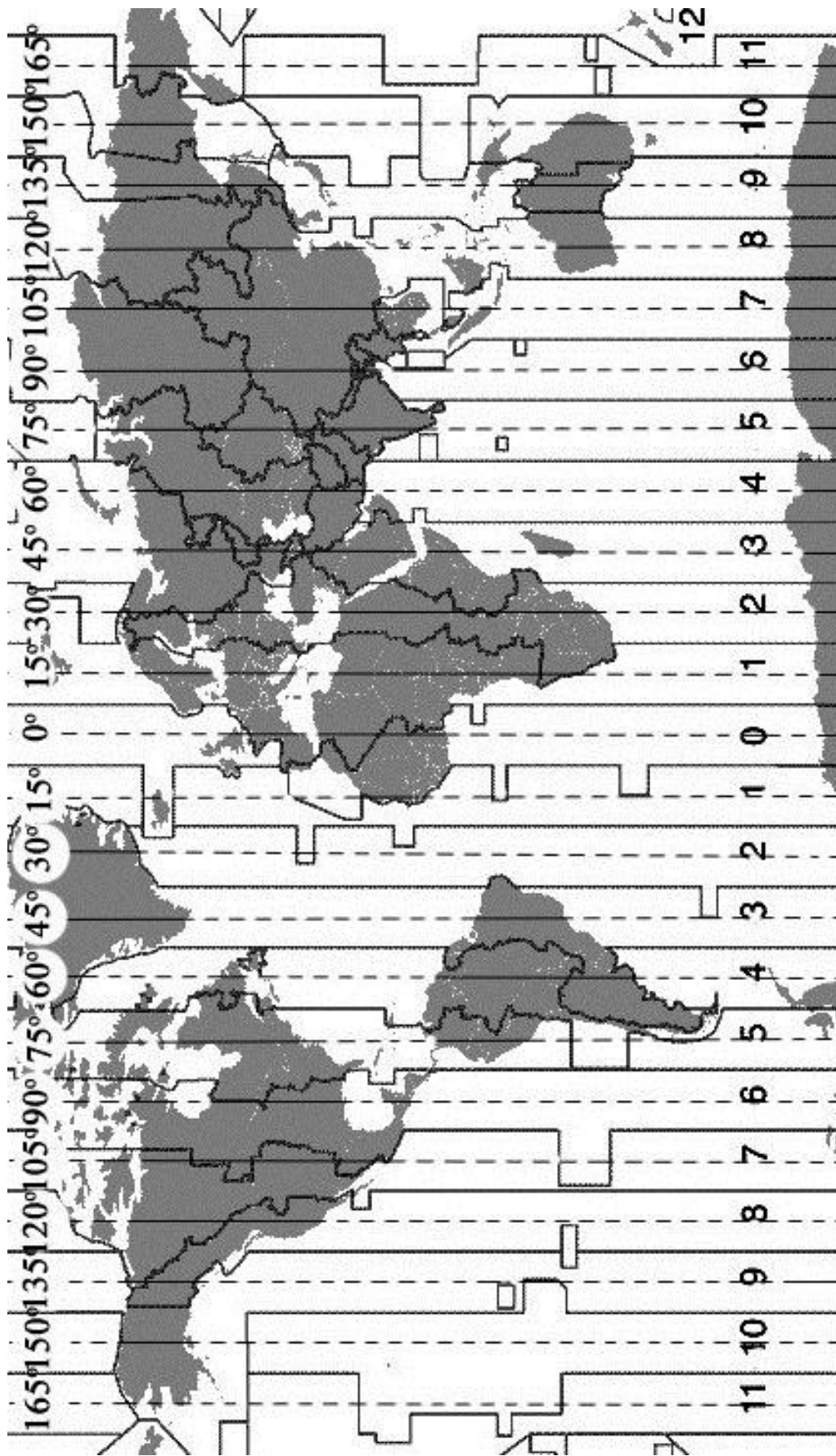


Рис. 3. Часові пояси Землі

Проте провести межі поясів строго по вказаних меридіанах в щільнозаселених місцях неможливо. Це призвело б до поділу адміністративно єдиних областей, і навіть деяких великих міст. Ось чому в таких місцях межі поясів проводять, відступаючи від теоретичних меридіанів, з урахуванням прилеглих адміністративних та державних кордонів. Лише у відкритих океанах та в малозаселених районах межі поясів збігаються з меридіанами.

Щоб вирахувати місцевий час, необхідно знати довготу пункту з точністю до мінут дуги та декретний або поясний час будь-якого поясу.

Міжнародний скоординований час – це час, що відрізняється від Київського поясного (зимового) часу на дві години вперед (наприклад, 12 година за МСЧ відповідає 14 годині за Київським часом).

Приклад розрахунку часу

Поясний час 1 листопада на Гринвічі дорівнює 10 год 15 хв 00 с. Визначити поясний та середній сонячний час в Києві (довгота 30°31' сх.д.).

1. Київ перебуває у другому часовому поясі (центральный меридіан 30°00') і східніше від Гринвіча. Різниця – два часових пояси, а отже – дві години. Київ розташований східніше, тому отриману різницю додаємо.

Тож, поясний час в Києві 12 год 15 хв 00 с.

2. Щоб знайти середній сонячний час у Києві, спершу потрібно знайти різницю довгот між центральним меридіаном поясу, в якому він розташований, та його довготою:

$$30^{\circ}31' - 30^{\circ}00' = 00^{\circ}31'$$

Тепер переводимо отримане значення різниці в час:

$$31' \times 4 \text{ с} = 124 \text{ с} = 2 \text{ хв } 4 \text{ с}$$

Оскільки Київ знаходиться на схід від центрального меридіану поясу, то різницю між середнім сонячним часом середнього меридіану поясу і середнім сонячним часом в Києві потрібно додавати. Отже, середній сонячний час в Києві становить 12 год 17 хв 4 с.

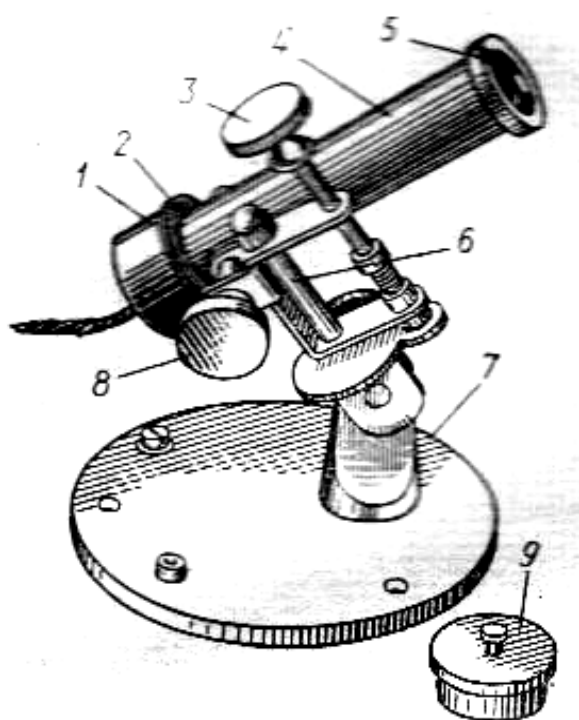
РОЗДІЛ 2

Актинометричні прилади та методики проведення спостережень

Актинометричними називають прилади, якими вимірюють інтенсивність потоків сонячного, земного та атмосферного випромінювання. Основними приладами, що використовуються для метеорологічних спостережень є актинометр, піранометр (альбедометр) та балансомір. Принцип дії названих приладів полягає у виникненні термоструму у приймальній частині приладу внаслідок дії потоку випромінювання: промениста енергія, поглинута чутливим елементом приладу (зазвичай це затемнена пластинка), перетворюється у теплову енергію; за допомогою термобатареї, прикріпленої до чутливого елемента, тепла енергія трансформується в електричну – виникає термострум. Величина термоструму буде пропорційною інтенсивності випромінювання (потoku радіації). Вимірюють величину термоструму високочутливим гальванометром. Такі актинометричні прилади називаються відносними, і вони потребують тарування за показами абсолютних актинометричних приладів. Абсолютними є прилади, що вимірюють потоки радіації безпосередньо в енергетичних одиницях, проте особливості їхньої конструкції унеможливають їх використання в метеорологічній мережі. До абсолютних приладів належать піргеліометри (зокрема, піргеліометр Онгстрема).

Актинометр термоелектричний. Цей прилад використовується для вимірювання інтенсивності прямої сонячної радіації біля земної поверхні, що надходить на перпендикулярну до променів площину.

Приймальна частина приладу (рис. 4) розташована у ковпачку трубки, чутливий елемент має форму диску діаметром 11 мм. Диск виготовлений зі срібної фольги, а бік диска, обернений до Сонця – затемнений. Зі зворотнього боку до диска прикріплені активні спаї термобатареї. Під дією поглинутої прямої сонячної радіації температура затемненого боку диска та активних спаїв термобатареї підвищується порівняно з пасивними спаями термобатареї, які прикріплені до корпусу приладу, а отже, мають однакову з ним температуру. Завдяки такій різниці температур у кожній із термопар, що об'єднані у термобатарею, виникає термострум. Його величина пропорційна інтенсивності сонячного випромінювання і вимірюється високочутливим гальванометром.



- 1 – чашка
- 2 – нижнє кільце
- 3 – ручка для правильного встановлення актинометра
- 4 – трубка
- 5 – верхнє кільце
- 6 – паралактичний штатив
- 7 – стійка
- 8 – ручка для правильного встановлення актинометра
- 9 – знімна кришка

Рис. 4. Актинометр Савінова-Янішевського

Всередині трубки актинометра розміщені діафрагми, які перешкоджають потраплянню потоку розсіяної радіації на диск – вони виділяють лише потік, що випромінюється сонячним диском і навколосонячною зоною радіусом 5° .

Під час спостережень актинометр орієнтують відносно сторін горизонту, спрямувавши на північ стрілку, нанесену на основі приладу. Потім за допомогою спеціального гвинта на боковій шкалі виставляють широту місця спостережень. Далі кремальєрою повертають трубку за Сонцем. При точному наведенні трубки на Сонце світлова пляма, що утворюється при проходженні сонячних променів через отвір на передньому кільці трубки, потрапляє точно на чорну точку, нанесену на кільцевий екран у нижній частині трубки.

Перед початком вимірювань визначають місце нуля гальванометра. Для цього трубку актинометра закривають кришкою і через 25–30 с беруть відліки (зазвичай, 2–3) за шкалою гальванометра. Потім знімають кришку і через 25–30 с проводять спостереження – знову знімають покази по шкалі гальванометра. При знятій кришці гальванометра перевіряють правильність наведення трубки на Сонце і роблять 2–3 відліки значень величини терmostруму, що вимірюється гальванометром. На основі проведених вимірювань та поправок, що наводяться у повірочному свідоцтві приладу, визначають виправлений відлік показів гальванометра за формулою:

$$N_{\text{випр.}} = N_{\text{сп.}} \pm \Delta N - N_0 \pm \Delta N_t$$

де $N_{\text{сп.}}$ – середній із трьох відліків; ΔN – шкалова поправка; N_0 – місце нуля на шкалі гальванометра (середнє значення); ΔN_t – поправка на температуру гальванометра. Величини ΔN та ΔN_t – наводяться у повірочному свідоцтві приладу.

Інтенсивність прямої сонячної радіації на перпендикулярну до сонячного випромінювання поверхню визначається за формулою:

$$S = aN_{\text{випр.}}$$

де a – перевідний множник, що вказує на величину потоку радіації, яка відповідає одній поділці шкали гальванометра (вказується у свідоцтві приладу).

Потік прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню (інсоляцію) визначають за формулою:

$$S_i = S \sinh_{\odot}$$

де S_i – величина потоку інсоляції; h_{\odot} – висота (кут) Сонця у момент проведення спостережень.

Чутливість термоелектричного актинометра становить 8–11 мВ на 1 кВт/м^2 ; інерція приладу 25 с. Прилад може працювати за температури повітря від -60 до $+60^\circ\text{C}$.

Піранометр термоелектричний універсальний. Прилад використовується для вимірювання сумарної, розсіяної та відбитої короткохвильової радіації. Основною частиною приладу (рис. 5) є так звана піранометрична головка, в якій знаходиться приймач потоку сонячної радіації. Термоелектричний приймач захищений від вітру та забруднювальних речовин скляною півсферою. Вона також виконує роль фільтра, перешкоджаючи надходженню довгохвильового випромінювання, пропускаючи до приймача тільки ті радіаційні потоки, довжина хвиль яких знаходиться у межах від $0,33 \text{ мкм}$ до $3,0 \text{ мкм}$. Піранометрична головка за допомогою гвинтів закріплюється строго горизонтально.

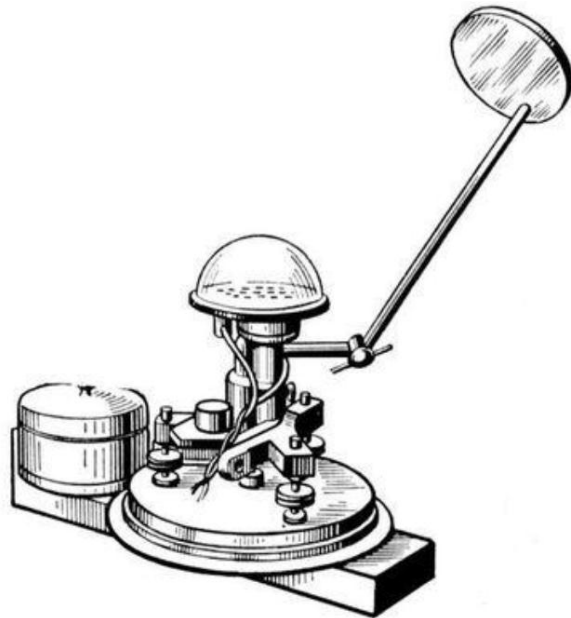


Рис. 5. Піранометр термоелектричний універсальний

Приймач радіації виготовлений у вигляді пластинки з чорними та білими квадратами і подібний до фрагмента шахової дошки. Зі зворотного боку до пластинки кріпляться спай термобатареї – активні до чорних квадратиків, а пасивні – до білих. Чорні та білі поля приймача радіації по-різному поглинають сонячне випромінювання і відповідно до цього чорні поля матимуть вищу температуру, ніж білі. У результаті між пасивними та активними спаями кожної термопари у термобатареї завдяки різниці температур виникне електрорушійна сила, що спричинить виникнення термоструму. Величина термоструму буде пропорційна потоку випромінювання, що потрапив на приймач. Силу термоструму вимірюють гальванометром.

Для вимірювання розсіяної радіації використовують затінювач приймальної частини піранометра. Затінювач – це плоский диск діаметром 85 мм, закріплений на стержні довжиною 485 мм таким чином, що кут між ними становить 10° . Він є необхідним для того, щоб унеможливити потрапляння потоку прямої сонячної радіації на приймач.

Визначення потоку сумарної радіації здійснюється без використання диска-затінювача.

Для вимірювання потоку відбитої земною поверхнею короткохвильової радіації прилад повертають приймальною поверхнею донизу. Приймальна поверхня приладу повинна розташовуватися на висоті 1,5 м над земною поверхнею, а нахил земної поверхні не повинен перевищувати 2° .

Чутливість піранометра складає 10–16 мВ на 1 кВт/м^2 , інерція приладу – 40 с. Піранометр може працювати за температур від -60°C до $+60^\circ\text{C}$.

Альбедометр термоелектричний похідний. Прилад використовують для вимірювання таких самих потоків радіації, які можна виміряти за допомогою стаціонарного піранометра. Конструкція приладу (рис. 6) теж дуже подібна, проте в альбедометрі є спеціальний карданний підвіс, що забезпечує горизонтальне положення піранометричної головки при спрямуванні приймальної частини як доверху, так і донизу.

Для вимірювання розсіяної сонячної радіації також застосовують диск-затінювач.

Перед проведенням спостережень приймальну частину закривають металевою кришкою і за шкалою гальванометра визначають місце нуля. Під час вимірювань (кришка знята) беруть три відліки за шкалою гальванометра і розраховують виправлений відлік :

$$N_{\text{випр.}} = N_{\text{ср.}} \pm \Delta N - N_0$$

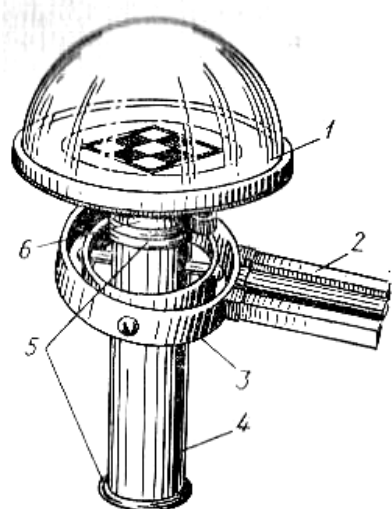
де $N_{\text{ср.}}$ – середній із трьох відліків; ΔN – шкалова поправка, яку наведено у повірочному свідоцтві; N_0 – місце нуля на шкалі гальванометра (середнє значення з кількох відліків).

Інтенсивність потоку радіації визначають за формулою

$$Q(D, R_k) = a_n N_{\text{випр.}}$$

де a_n – перевідний множник, визначений при перпендикулярному падінні сонячних променів на приймальну частину приладу (наводиться у повірочному свідоцтві); Q – потік сумарної радіації; D – потік розсіяної радіації; R_k – потік відбитої короткохвильової радіації.

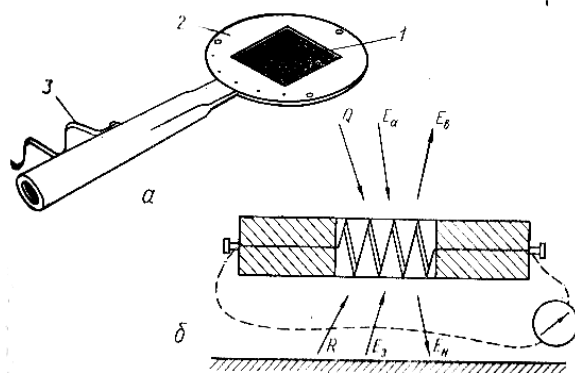
Інтенсивність прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню (S_i) можна визначити за різницею показів відкритого (Q) та затіненого (D) піранометра (альбедометра).



- 1 – головка піранометра
- 2 – ручка, за допомогою якої головку альбедометра можна обернути приймальною частиною вгору або вниз
- 3 – карданний підвіс
- 4 – трубка
- 5 – гумові прокладки для пом'якшення ударів при поворотах приладу
- 6 – втулка, за допомогою якої головка альбедометра прикріплена до трубки

Рис. 6. Альбедометр термоелектричний похідний

Балансомір термоелектричний. Прилад являє собою круглу пласку пластину діаметром 100 мм з двома затемненими приймачами потоків радіації, що спрямовані у протилежні боки (рис. 7). При здійсненні вимірювань один приймач повертають донизу, до земної поверхні, і до нього надходить короткохвильова відбита радіація R_k , довгохвильове випромінювання земної поверхні E_3 , відбита довгохвильова радіація R_d та випромінювання навколишніх предметів. Інший приймач буде спрямований вгору і прийматиме потік сумарної короткохвильової радіації $Q = S_i + D$, а також довгохвильове випромінювання атмосфери E_a .



- 1 – дві однакові мідні пластинки, що мають форму квадрата зі стороною 48 мм (зовнішні поверхні пластинок вкриті сажею)
- 2 – кругла оправа, в яку вмонтовані пластинки
- 3 – виводи від термобатарей, пропущені крізь ручку

Рис. 7. Балансомір термоелектричний

Термобатарей приладу розміщені між двома приймачами і з'єднані таким чином, що за різниці величин зустрічних потоків виникає різниця температур на спаях термопар, створюється електрорушійна сила та термострум, величина якого вимірюється гальванометром. У разі, коли інтенсивність зустрічних потоків радіації однакова, стрілка гальванометра не відхилятиметься. За нерівності потоків покази гальванометра будуть пропорційні різниці значень інтенсивності потоків, що надходять на верхній та нижній приймач, тобто будуть пропорційні величині радіаційного балансу. Величина радіаційного балансу змінюється впродовж доби та впродовж року і може набувати додатних та від'ємних значень.

Величина радіаційного балансу B визначається за формулою:

$$B = S_i + D + E_a - (R_d + E_z + R_k)$$

Інколи вимірювання проводять при затіненому балансомірі – для того, щоб уникнути потоку інсоляції S_i . Інтенсивність цього потоку точніше визначається за різницею показів відкритого та затіненого піранометра (альбедометра) і найточніше – при вимірюваннях актинометром.

На покази балансоміра певний вплив має швидкість вітру під час проведення спостережень. Збільшення швидкості вітру підвищує теплообмін між приймачами радіаційних потоків та навколишнім середовищем і призводить до зменшення точності вимірювань. Такий вплив враховується введенням в розрахунки коефіцієнту k , що залежить від швидкості вітру.

Перед початком вимірювань встановлюють місце нуля на шкалі гальванометра. Потім відкривають балансомір і роблять три відліки за шкалою гальванометра (через 25–30 с). Виправлений відлік визначають за формулою

$$N_{випр.} = N_{сеп.} \pm \Delta N - N_0$$

де $N_{сеп.}$ – середнє значення з трьох відліків при проведенні вимірювань, ΔN – шкалова поправка гальванометра (з повірочного свідоцтва), N_0 – місце нуля на шкалі гальванометра.

Далі отриманий відлік за допомогою коефіцієнту k приводять до умов, коли швидкість вітру дорівнює нулю (штиль):

$$N_{шт.} = N_{випр.} k$$

Потім розраховують величину радіаційного балансу:

$$B = aN_{шт.}$$

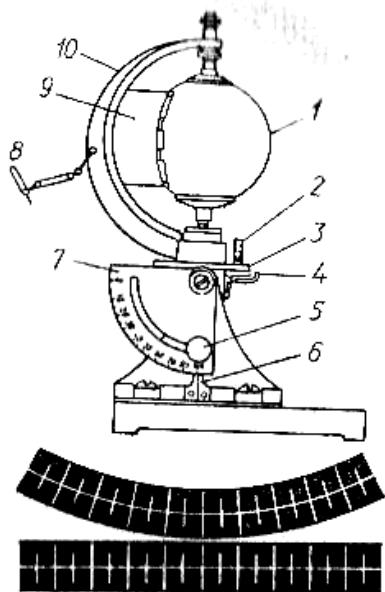
д: a – перевідний множник, що визначається для кожного приладу і наводиться у повірочному свідоцтві.

Чутливість балансоміра 5–6 мВ на 1 кВт/м², інерція приладу – 12 с, розрахований на роботу за температури повітря від –60°C до +60°C.

Для проведення спостережень актинометричні прилади встановлюють на спеціальній дерев'яній стійці на метеорологічному майданчику. Одночасно з вимірюванням радіаційних потоків актинометричними приладами проводять додаткові спостереження: визначають кількість та форму хмар, колір неба в зеніті, ступінь покриття хмарами сонячного диска, стан діяльного шару поверхні на актинометричному майданчику (стан трави – свіжість, колір, ступінь зволоження; стан снігового покриву), вимірюють атмосферний тиск, швидкість вітру біля балансоміра, температуру та вологість повітря, температуру поверхні ґрунту. Ці дані потрібні для правильного трактування отриманих результатів актинометричних спостережень і можливості порівняння даних різних метеорологічних станцій.

Геліограф універсальний. Прилад використовується для реєстрації тривалості сонячного саява (визначається тривалість часу, коли сонячний диск не закритий хмарами, а інтенсивність прямої сонячної радіації становить не менше, ніж 0, 21 кВт/м²).

Принцип дії геліографа (рис. 8) ґрунтується на пропалюванні паперової стрічки сонячними променями, що фокусуються крізь скляну кулю, яка виконує роль лінзи. Стрічка, на якій упродовж дня відображається рух Сонця, має часові поділки. За довжиною пропаленої ділянки стрічки визначають час, упродовж якого Сонце не було закрите хмарами і, відповідно, інтенсивність потоку сонячної радіації була не меншою ніж $0,21 \text{ кВт/м}^2$.



- 1 – скляна куля
- 2 – штифт, що закріплює кулю з екраном в одному з чотирьох положень
- 3 – диск
- 4 – вказівник
- 5 – гвинт, що використовується для встановлення приладу за широтою
- 6 – вказівник
- 7 – сектор з нанесеною шкалою, що використовується для встановлення приладу за широтою місцевості
- 8 – спеціальна голка для фіксації стрічки на екрані
- 9 – сферичний екран
- 10 – дугоподібний тримач

Рис. 8. Універсальний геліограф та стрічки до нього

Скляна куля приладу закріплена на дугоподібному тримачі. Нахилиючи рухливу частину приладу, на шкалі кутового сектора встановлюють широту місця спостережень і фіксують положення гвинтом. Після цього вісь скляної кулі буде паралельною осі обертання Землі.

Сферична чаша (екран), що розміщена за кулею має три пази для розміщення паперових стрічок. У середній паз вставляється пряма стрічка (стрічка рівнодення), у верхній паз ставляться стрічки у зимовий період, а у нижній паз – літні стрічки. Дві останні стрічки – криволінійні. Положення стрічки в пазі фіксується штифтом з голкою. Одна паперова стрічка розрахована на 10 годин спостережень. Залежно від тривалості дня використовують одну, дві або три стрічки. При заміні стрічки роблять поворот рухомою частиною приладу на фіксовані кути, які позначено на встановлювальному диску літерами А, Б, В та Г. Нове положення фіксується штифтом.

На метеорологічному майданчику геліограф встановлюється на стовпі висотою 2 м від поверхні землі, строго горизонтально й орієнтується по географічному меридіану.

РОЗДІЛ 3 Вимірювання температури

На метеорологічних станціях вимірюють температуру повітря, ґрунту, снігу та води.

Температуру будь-якого середовища вимірюють термометрами. Існує кілька типів термометрів. Найпоширенішими є рідинні, деформаційні та електричні:

- рідинні термометри – принцип їх дії базується на зміні об'єму рідини при зміні температури;

- деформаційні термометри – функціонують завдяки зміні лінійних розмірів твердих тіл при зміні температури;

- електричні:

- а) термометри опору – принцип їхньої роботи ґрунтується на зміні електропровідності тіл при зміні температури;

- б) термоелектричні термометри – дія базується на зміні електрорушійної сили при зміні різниці температур спаяних провідників;

- в) термотранзисторні термометри – робота ґрунтується на залежності напруги "емітер-база" транзистора від температури.

При експлуатації термометрів важливо враховувати такі їхні характеристики як інерція приладу та його чутливість. Під час вимірювань термометр будь-якого типу показує температуру свого термометричного елемента. При зміні температури середовища розташованій у ньому термометр набуває нових значень температури з деяким запізненням. Тобто термометричному елементу термометра потрібен певний час для набуття температури відповідного середовища. Такий проміжок часу характеризують коефіцієнтом інерції термометра.

Коефіцієнт термічної інерції термометра – це час, за який початкова різниця температур термометра та середовища зменшуються в e разів (тут e – основа натурального логарифму). Тобто, коефіцієнт термічної інерції термометра пропорційний швидкості, з якою покази термометра набудуть значень температури середовища. Величина коефіцієнту інерції прямо пропорційна масі термометричного елемента, його питомій теплоємності та обернено пропорційна площі його поверхні і коефіцієнту зовнішнього теплообміну, що визначається теплоємністю, в'язкістю середовища та швидкістю його руху відносно термометра. Наприклад, психрометричний термометр, що показує температуру -10°C , перенесений у приміщення з температурою $+20^{\circ}\text{C}$, при швидкості вентиляції 1 м/с набуде відповідної температури лише через 25 хв.

Чутливість термометра – це величина одного градуса на шкалі термометра, визначена в міліметрах. Чутливість рідинних термометрів залежить від коефіцієнтів об'ємного розширення рідини та термометричного скла, від об'єму резервуару та поперечного перетину капіляра термометра.

Ціна поділки термометра – це кількість градусів, що припадає на найменшу поділку шкали термометра. Відстань між двома послідовними поділками на шкалі термометра тим більша, чим більшим буде об'єм резервуару та меншим поперечний переріз капіляру. Але при виборі розмірів цих елементів термометра зважають на те, що при малому поперечному перерізі капіляра на рух рідини впливатиме сила її тертя зі стінками капіляра, а резервуар великого об'єму призводить до збільшення коефіцієнту термічної інерції. Тому при конструюванні термометрів, як правило, приймають компромісне рішення, намагаючись досягти необхідної чутливості термометра за допустимої інерції.

Для отримання співмірних числових значень температури під час її вимірювання використовують однотипні температурні шкали. Більшість практичних температурних шкал побудовані на так званих реперних (опорних) точках, якими є температури (точки) танення льоду та кипіння води за нормального атмосферного тиску.

Вважається, що перший термометр сконструйований Галілеєм (1598 р.) взагалі не мав шкали. Пізніше у метеорологічних дослідженнях набули поширення температурні шкали, запропоновані Габріелем Фаренгейтом (1724 р.), Рене де Реомюром (1730 р.), Андерсом Цельсієм (1742 р.). На основі останньої в 1848 р. Вільям Томпсон (лорд Кельвін) створив абсолютну термодинамічну шкалу.

Градус температурної шкали Фаренгейта ($^{\circ}F$) становить $1/180$ частину інтервалу між точками танення льоду та кипіння води, яким присвоєні значення 32° та 212° відповідно.

Градус температурної шкали Реомюра ($^{\circ}R$) – це $1/80$ частина інтервалу між точками танення льоду та кипіння води, яким присвоєно відповідні значення 0° та 80° .

Градус температурної шкали Цельсія ($^{\circ}C$) – це $1/100$ частина інтервалу між точками танення льоду та кипіння води, яким присвоєно значення 0° та 100° відповідно.

Згідно шкали Кельвіна точці плавлення льоду відповідає температура $273,15^{\circ}K$. Співвідношення між температурою за шкалою Кельвіна (T) та за шкалою Цельсія (C) є наступним:

$$t^{\circ}C = T - 273,15$$

Під час проведення метеорологічних вимірювань в нашій країні та більшості країн Європи користуються шкалою Цельсія. Шкала Фаренгейта раніше широко застосовувалася у Великій Британії і США (в окремих штатах використовується і нині), але на сьогодні вона в основному витісняється шкалою Цельсія. Перехід від однієї шкали до іншої можна здійснити за такими співвідношеннями:

$$t^{\circ}C = 5/9(t^{\circ}F - 32)$$

$$t^{\circ}F = 9/5(t^{\circ}C + 32)$$

Шкала Реомюра сьогодні практично не застосовується.

Рідинні термометри. Це найпоширеніший тип термометрів, що використовується в метеорологічних спостереженнях. Принцип їхньої дії ґрунтується на властивості будь-якої рідини змінювати свій об'єм зі зміною температури. В якості термометричної рідини найчастіше використовується ртуть або спирт, рідше – толуол. Обираючи термометричну рідину, враховують такі її характеристики: коефіцієнт теплового розширення, питома теплоємність, теплопровідність і здатність змочувати скло. Значний коефіцієнт теплового розширення рідини забезпечить вищу чутливість термометра, мала питома теплоємність і значний коефіцієнт теплопровідності рідини знижують інерцію термометра. Однак висока здатність рідини до змочування скла може призвести до заниження показів, оскільки частина рідини залишатиметься на стінках капіляра.

Вважається, що однією з найкращих термометричних рідин є ртуть, адже вона характеризується незначною теплоємністю, хорошою теплопровідністю і майже не змочує скло капіляра. До недоліків ртуті належить порівняно незначний коефіцієнт теплового розширення (у спирту та толуолу він вищий).

Ртутні термометри є чутливішими, проте ртуть замерзає при температурі $-38,9^{\circ}C$, тому для вимірювання низьких температур краще застосовувати спиртові термометри (спирт замерзає при $-117,3^{\circ}C$). Оскільки точка кипіння спирту становить $+78,5^{\circ}C$, для вимірювання високих температур використовують ртутні термометри (точка кипіння ртуті $+356,9^{\circ}C$).

Рідинний термометр складається зі з'єданого з капіляром резервуару, протилежний край якого запаяний. Резервуар наповнюється термометричною рідиною і може мати різні форми, найчастіше – циліндричну або кулясту. У більшості термометрів шкала нанесена на пластинку з матового скла, що скріплена з капіляром. Зазвичай шкала та капіляр поміщуються в захисну скляну оболонку, проте існують термометри, шкала яких може бути нанесена на зовнішній поверхні потовщеного капіляра. З капіляра над термометричною рідиною викачують повітря або заповнюють його інертним газом.

Під час вимірювання температури метеорологічними термометрами відліки за шкалою беруть з точністю до $0,1^{\circ}C$. Відліки необхідно робити швидко, визначаючи спочатку десяті частки градуса, а потім – цілі значення. Така послідовність відліків зменшує вплив спостерігача на тепловий стан термометра.

Тривала експлуатація метеорологічних термометрів призводить до деформації захисної скляної оболонки та зменшення точності вимірювань. У зв'язку з цим, за встановленим регламентом проводять перевірку приладів, у процесі якої встановлюють похибки вимірювань

конкретним приладом в усьому діапазоні його шкали. Похибки вказують у повірочному свідоцтві і враховують при визначенні температури.

Деформаційні термометри. При проведенні метеорологічних вимірювань застосовують переважно біметалеві деформаційні термометри. Термометричним елементом таких приладів є пластинка, виготовлена з двох металів, які мають різні коефіцієнти теплового розширення. Зазвичай використовують інвар і сталь. Інвар має менший коефіцієнт теплового розширення, і тому пластинка такого складу при підвищенні температури змінюватиме свою форму так, що інвар перебуватиме з увігнутого боку, а при зниженні температури – з протилежного, опуклого.

У деформаційних термометрах будь-якої конструкції один кінець біметалевої пластинки закріплюють, і він є нерухомим, тоді як вільний кінець пластинки переміщуватиметься на відстань, пропорційну зміні температури. У зв'язку з цим, біметалеві термометри мають рівномірну шкалу.

Біметалеві термочутливі елементи використовують у термографах, радіозондах та деяких інших метеорологічних приладах.

Електричні термометри. До цієї групи належать термометри опору, власне термоелектричні термометри і термотранзисторні термометри.

Принцип дії термометрів опору ґрунтується на властивості матеріалів змінювати електричний опір (провідність) у зв'язку зі зміною температури. Як первинні перетворювачі використовуються металеві дотові або напівпровідникові терморезистори. Для металевих терморезисторів температурну залежність можна описати за допомогою співвідношення:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t)$$

де R_t – опір провідника при температурі $t^\circ\text{C}$, R_0 – опір при температурі 0°C , α – температурний коефіцієнт опору металу.

Датчиком термометра опору є тонкий провід з чистого металу (мідь, платина, нікель), намотаний на каркас і вкладений у герметично захищений кожух довжиною 10–20 см і діаметром близько 1 см.

Напівпровідникові терморезистори (термістори) виготовляють зі спеціальних матеріалів, що мають значні (у 10 разів більші, ніж у металів) температурні коефіцієнти опору. Тому термометри, де використовуються напівпровідникові терморезистори, є чутливішими, ніж металеві. Проте через нелінійну залежність величини опору від температури та її нестабільність у напівпровідникових термометрів шкала нерівномірна. Такі термометри найчастіше застосовуються для вимірювань, що не потребують значної точності (до 1°C). Термометри опору найчастіше використовують для проведення дистанційних вимірювань температури повітря та ґрунту, довжина кабелю при цьому може дещо перевищувати 100 м.

Принцип дії термоелектричних термометрів ґрунтується на ефекті, що виникає в замкнутому електричному колі, яке містить два різні за властивостями металеві провідники. У місцях з'єднань (спаїв) таких провідників за рахунок різниці їхніх температур може виникати електрорушійна сила, величина якої пропорційна різниці температур. Силу термоелектричного струму, що виникає в замкнутому колі вимірюють високочутливими гальванометрами. На виникненні термоструму ґрунтується також робота актинометричних приладів.

Термоелектричні термометри застосовують для визначення температурних градієнтів (різниці температур) і для визначення температури повітря, водної поверхні та ґрунту. При визначенні температури середовища один із провідників, т. з. "холодний спай", підтримується у сталій температурі або температура цього провідника вимірюється додатковим термометром.

Термометри з термоелектричними компонентами в окремих випадках мають деякі переваги перед термометрами з іншими термочутливими елементами, особливо при встановленні різниць (градієнтів) температур. Крім того, термоелектричні термометри забезпечують вимірювання температури у всьому діапазоні, що спостерігається під час метеорологічних вимірювань. Істотним недоліком даного типу термометрів є їхня незначна чутливість.

У термотранзисторних термометрах в якості первинних перетворювачів змін температури використовують транзистори. Величина зміни температури визначається через зміну напруги

"емітер-бази". Термотранзисторні термометри вирізняються високою чутливістю, стабільністю та лінійною залежністю термочутливих елементів від змін температури. Вони можуть застосовуватися в діапазоні температур від -70°C до $+200^{\circ}\text{C}$.

3.1. Вимірювання температури повітря

Для вимірювання температури повітря в метеорології найчастіше використовуються наступні види термометрів: термометр психрометричний ртутний, термометр ртутний максимальний, термометр спиртовий мінімальний, термометр спиртовий метеорологічний низькотемпературний, термометр ртутний метеорологічний (термометр-пращ), а також самописець – термограф метеорологічний.

Термометр психрометричний ртутний. Застосовується для вимірювання температури повітря, а також у парі зі "змоченим" термометром у психрометрі для визначення вологості повітря, тому й має назву – психрометричний. Це ртутний термометр із вставною шкалою, довжина термометра – 410 мм, діаметр – 17 мм, резервуар кулястий, діаметром 9–12 мм, капіляр круглий із зовнішнім діаметром 2,5 мм. Простір над ртуттю у капілярі заповнений азотом. Для встановлення термометра у штатив на верхньому кінці скляної оболонки закріплено металевий ковпачок. Числові позначки шкали нанесено через 5°C , ціна поділки шкали $0,2^{\circ}\text{C}$. Межі вимірювань температури можуть бути: від -35°C до $+40^{\circ}\text{C}$ або від -25°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Похибки вимірювань при температурі від 0°C до $+50^{\circ}\text{C}$ не перевищують $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, а при температурі від 0°C до -35°C – $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$. Коефіцієнт інерції термометра у малорухомомому повітрі становить 300 с.

Термометр спиртовий метеорологічний низькотемпературний. У зв'язку з тим, що ртуть замерзає при температурі $-38,9^{\circ}\text{C}$, для визначення температури повітря нижчої від -35°C застосовують спеціальний спиртовий термометр, так званий додатковий до ртутного психрометричного термометра. Цей термометр відрізняється від ртутного перш за все тим, що термометричною рідиною в ньому є спирт, який замерзає при температурі $-117,3^{\circ}\text{C}$. Резервуар термометра циліндричний, діаметром 6 мм. Межі можливого застосування: від -65°C до $+25^{\circ}\text{C}$ або від -75°C до $+25^{\circ}\text{C}$.

Термометр ртутний метеорологічний максимальний. Застосовується для визначення максимальної температури за будь-який проміжок часу. При проведенні стандартних метеорологічних спостережень – між строками спостережень. Цей термометр (рис. 9) має вставну шкалу довжиною 340 мм, діаметром 18 мм, резервуар циліндричної форми діаметром близько 8 мм. У капілярі над ртуттю – вакуум. Межі вимірювання від -35°C до $+50^{\circ}\text{C}$ або від -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$, ціна поділки – $0,5^{\circ}\text{C}$, похибка вимірювань за температури від -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$ – в межах $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$; за температури -30°C – $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$.

Покази максимальних значень температури, зафіксовані цим термометром, зберігаються завдяки наявності скляного штифта, впаяного в дно резервуару таким чином, що верхній його кінець входить у капіляр. З підвищенням температури надлишок ртуті витісняється з резервуару в капіляр через вузький отвір між штифтом та стінками капіляра, а при зниженні температури – ртуть залишається у капілярі біля найвищої позначки, бо молекулярних сил зчеплення ртуті недостатньо для подолання опору у місці звуження. Таким чином, положення верхнього краю стовпчика ртуті у капілярі відносно шкали відповідає максимальній температурі.

Для підготовки максимального термометра до наступних вимірювань, потрібно взяти його резервуаром донизу і зробити кілька різких струшувань, щоб перегнати частину ртуті із капіляра у резервуар. Після цієї процедури покази максимального термометра не повинні відрізнятися від показів психрометричного термометра більше, ніж на $0,2^{\circ}\text{C}$. Потім термометр повертають на місце у психрометричній будці, встановлюючи горизонтально з невеликим нахилом у бік резервуара (на 1–2 см нижче протилежного кінця).

Термометр спиртовий метеорологічний мінімальний. Застосовується для визначення мінімальної температури за певний проміжок часу (на метеорологічних станціях – проміжок між двома послідовними строками спостережень). Цей термометр (рис. 10) має вставну шкалу довжиною 340 мм, діаметром 19 мм. Резервуар має циліндричну форму діаметром 7–10 мм. Межі вимірювань від -75°C до $+21^{\circ}\text{C}$; або від -61°C до $+31^{\circ}\text{C}$; від -41°C до $+41^{\circ}\text{C}$, ціна поділки – $0,5^{\circ}\text{C}$, похибка вимірювань в температурному діапазоні від $+40^{\circ}\text{C}$ до -20°C не перевищує

$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, а при температурі, нижче -60°C – не більше $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Всередині капіляра у спирті розміщений невеликий штифт із темного скла, що має потовщення на обох кінцях і може вільно переміщуватися капіляром.

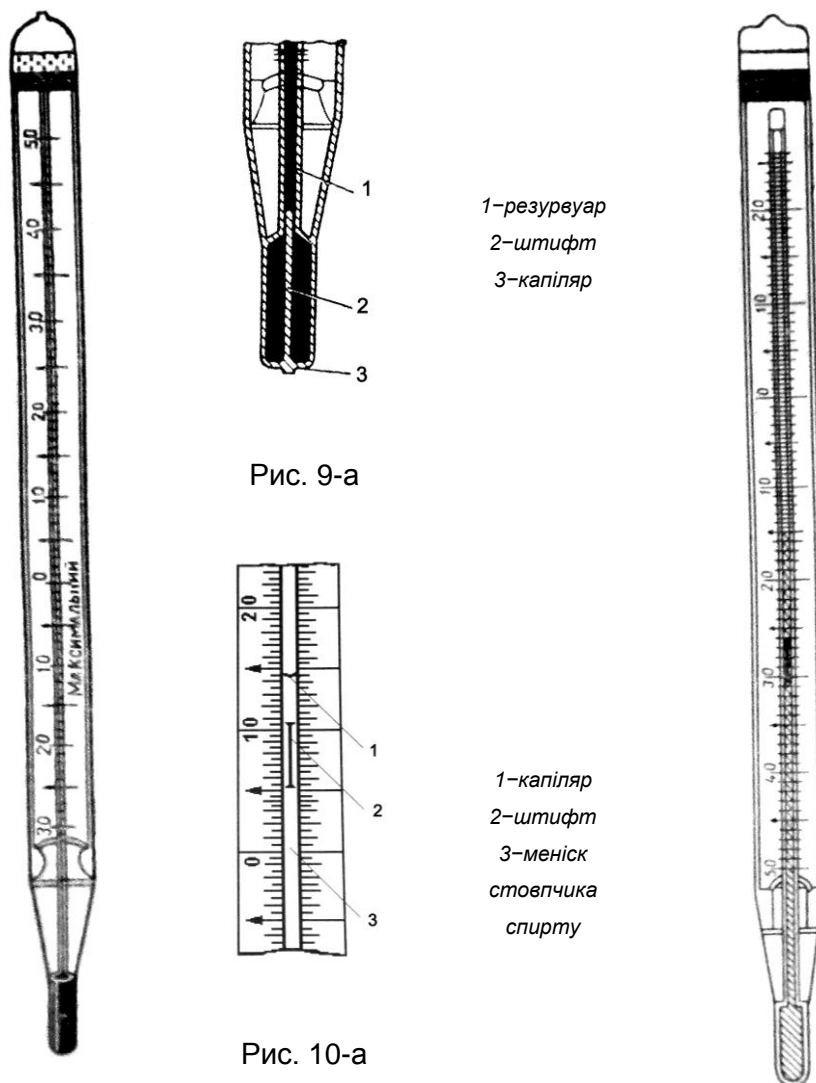


Рис. 9.
Термометр
максимальний

Рис. 10.
Термометр
мінімальний

Готуючи мінімальний термометр до вимірювань, прилад піднімають резервуаром догори і чекають, доки штифт не досягне меніска спирту у капілярі. Після цього термометр кладуть горизонтально. За зниження температури поверхнева плівка спирту, яка має значні сили зчеплення з поверхнею штифта, змусить штифт рухатися у бік резервуара. Сили тертя поверхні штифта і спирту незначні, що дає змогу штифтові вільно рухатися всередині капіляра. Під час підвищення температури спирт, розширюючись, вільно обтікає штифт, який не змінює свого місцезнаходження. Таким чином, відділений від резервуару край штифта ("правий" – для спостерігача) показуватиме мінімальну температуру між строками спостережень.

Термометр ртутний метеорологічний (термометр-праць). Такий термометр (рис. 11) використовується для вимірювання температури повітря під час проведення експедиційних досліджень. Термометр має форму палички, являє собою товстий капіляр із розширеним кінцем, що переходить у резервуар. Шкала нанесена на зовнішній поверхні капіляра. Довжина

термометра – 190 мм, діаметр – 8 мм, ціна поділки – 1,0°C. Термометром можна виміряти температуру в межах від –30°C до +50°C; або від –35°C до +40°C. Похибка вимірювання при температурі від –10°C до +50°C не перевищує $\pm 0,5^\circ\text{C}$, якщо температура нижча –10°C, похибка може становити $\pm 0,8^\circ\text{C}$.

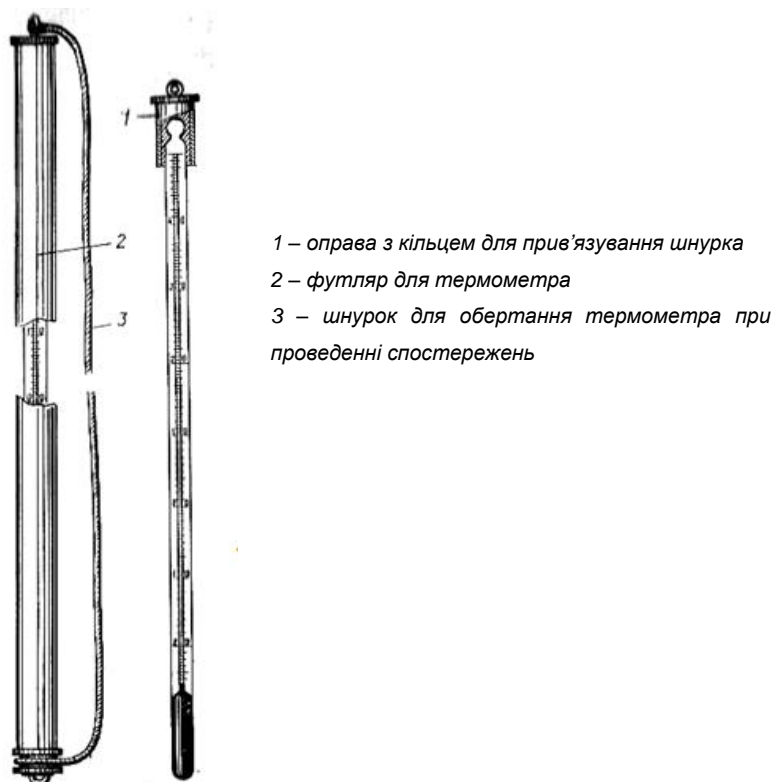


Рис. 11. Термометр-прац із футляром

До кульки на кінці термометра прикріплюють шнур завдовжки 0,5 м з петлею на кінці. Для вимірювання температури спостерігач вдягає петлю на вказівний палець і обертає термометр над головою в горизонтальній площині зі швидкістю не більшою одного-двох обертів за секунду. Після ста обертів фіксують покази термометра, намагаючись не торкатися до його корпусу руками та повернувшись спиною до Сонця. Вимірювання повторюють, досягаючи різниці 0,2–0,3°C для послідовних вимірювань.

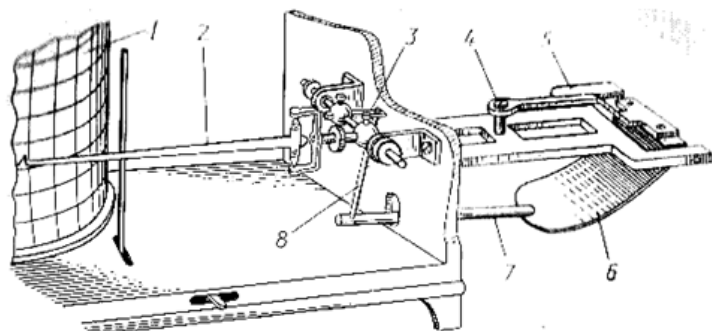
Термограф метеорологічний. Використовується для безперервної реєстрації змін температури повітря в межах від –45°C до +55°C, похибка вимірювань становить $\pm 1,0^\circ\text{C}$.

Прилад складається з таких блоків: термочутливого елемента (біметалевої пластини), передавального механізму, реєструючої частини та корпусу (рис. 12).

Біметалева пластина реагує на зміну температури повітря відповідними деформаціями, які через систему важелів передаються на стрілку, що закінчується пером у вигляді невеликої пірамідки. Перо наповнюється спеціальним чорнилом, а його вершина спрямована до діаграмної стрічки, закріпленої на барабані. Увесь механізм змонтований на металевій платі, до якої кріпиться вісь із нерухомою шестернею. Обертання барабана відбувається завдяки годинниковому механізму, що рухає маленьку шестерню, яка обкочується навколо нерухомої, закріпленої на платі. Годинникові механізми в термографах бувають двох типів – з тривалістю одного оберту барабана 24 год (добові) та з тривалістю одного оберту 176 год (тижневі). За допомогою затискаючої пружини на барабані закріплюється діаграмна стрічка. На діаграмну стрічку нанесені горизонтальні паралельні лінії, що розташовані послідовно по вертикалі стрічки. Відстань між двома послідовними горизонтальними лініями відповідає зміні температури повітря на 1°C. По горизонталі стрічки нанесені вертикальні дугоподібні лінії,

відстань між двома послідовними вертикальними лініями відповідає 15 хв часу добового термографа та 2 год тижневого термографа.

Прилад має пристосування (спеціальну кнопку), що дає змогу позначати час запису (робити засічки) на діаграмній стрічці, не відкриваючи корпус приладу. Встановлення пера на початку вимірювань на відповідну поділку діаграмної стрічки виконується за допомогою спеціального встановлювального гвинта.



1 – барабан зі стрічкою, що обертається за допомогою годинникового механізму

2 – стрілка, яка закінчується пером

3 – важіль колінчатого валу

4 – гвинт, що використовується для встановлення пера на стрічці

5 – рама, до якої одним боком кріпиться біметалева пластинка

6 – вигнута біметалева пластинка, що є приймальною частиною термографа

7 – важіль, приєднаний до біметалевої пластинки, одна з ланок для передачі зміни положення пластинки на перо

8 – тяга, що з'єднує важіль 7 з важелем 3

Рис. 12. Термограф метеорологічний

3.2. Вимірювання температури діяльного шару

Вимірювання температури поверхні ґрунту та снігового покриву. Поверхню ґрунту та снігового покриву можна також назвати підстильною поверхнею, що поглинає короткохвильове сонячне випромінювання та довгохвильове випромінювання атмосфери. Сама підстильна поверхня випромінює енергію в атмосферу і бере участь у теплообміні та вологообміні, впливаючи на термічний режим нижніх шарів атмосфери та нижче розташованих шарів ґрунту.

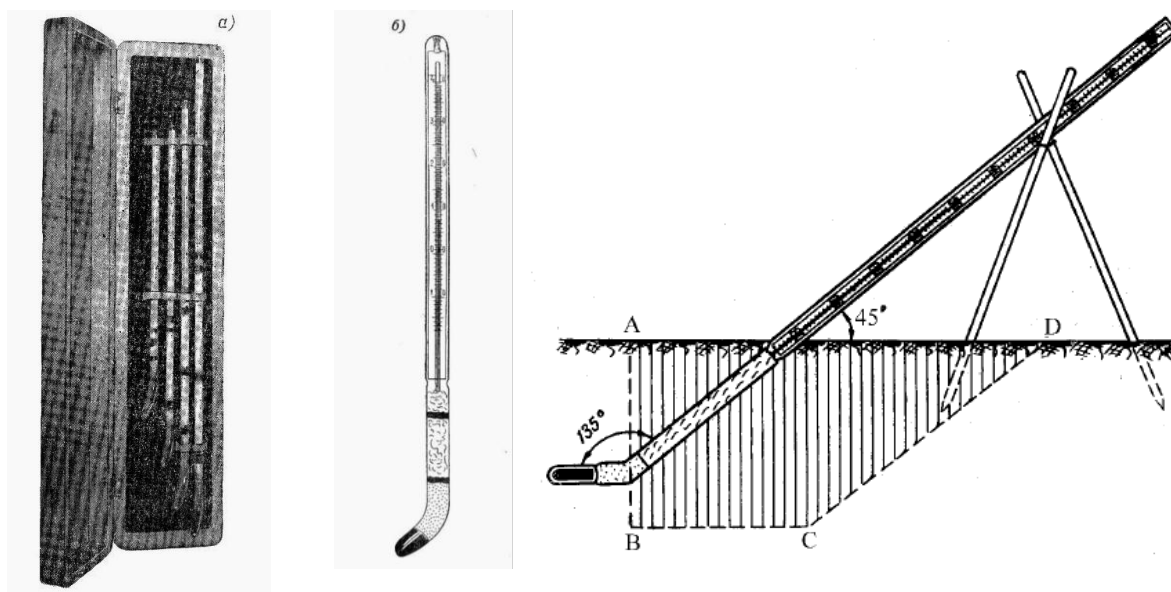
Для вимірювання температури діяльних поверхонь у стандартні строки спостережень використовують три основні термометри. Для строкових спостережень – термометр ртутний метеорологічний, що має ціну поділки шкали $0,5^{\circ}\text{C}$, точність вимірювання за температури, вищої від -20°C – $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, за нижчої температури – $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$. Термометр має кілька варіантів діапазону шкали і може застосовуватися для вимірювання температур від -35°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Для визначення екстремальних температур між строками спостережень використовують максимальний та мінімальний термометри, особливості будови яких наведено в пункті 3.1.

Вимірювання температури поверхні ґрунту проводять на незатіненій ділянці розмірами 4×6 м, що знаходиться у південній частині метеорологічного майданчика. Ділянка перекопується і в теплий період року термометри встановлюють на відкритому розпушеному ґрунті. Термометри кладуть резервуарами на схід на відстані 5–6 см один від одного. Першим, з північного боку – строковий, потім – мінімальний, а далі – максимальний. Строковий та мінімальний термометри розташовують строго горизонтально, а максимальний має бути злегка нахилений у бік резервуара. Влітку резервуар та захисна оболонка термометрів (за діаметром) мають бути наполовину зануреними у ґрунт, а взимку, за наявності снігового покриву, – у сніг. Спостерігач підходить до термометрів з північного боку і послідовно знімає покази з термометрів з точністю до $0,1^{\circ}\text{C}$. Спершу записують покази строкового термометра, потім – мінімального термометра (за розташуванням правого краю штифта та за меніском спирту), і покази максимального термометра – фактичні та після струшування. Загалом, порядок зняття відліків і підготовка мінімального і максимального термометрів такі ж, як і під час вимірювання температури повітря.

Поправки до показів термометрів при проведенні цих спостережень не вводяться. Методика спостережень така, що отримані результати вимірювань показують температуру поверхонь зі значними похибками, тому інструментальні поправки не мають сенсу.

Під час спостережень візуально оцінюється стан ґрунту чи снігового покриву. Описані вище спостереження здійснюються на метеорологічних станціях упродовж всього року.

Вимірювання температури у верхніх шарах ґрунту. Для вимірювання температури у верхніх шарах ґрунту використовують колінчаті метеорологічні ртутні термометри (термометри Савінова) (рис. 13). Це комплект, що складається із чотирьох термометрів для вимірювання температури ґрунту на глибинах 5, 10, 15 та 20 см. Шкали термометрів відповідають діапазону температур від -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$, ціна поділки у всіх термометрів становить $0,5^{\circ}\text{C}$, похибка вимірювання $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Особливістю конструкції цих термометрів є те, що їхні циліндричні резервуари вигнуті під кутом 135° до капіляра. Це дозволяє встановлювати термометри так, щоб резервуар та частина термометра до вигину (2–3 см) перебували в горизонтальному положенні під шаром ґрунту і забезпечували максимальний контакт із ґрунтом на відповідній глибині. Верхня частина термометра, в якій міститься шкала, розташована над поверхнею. У термометрах Савінова капіляри на ділянці від резервуару до початку шкали вкриті теплоізоляційною оболонкою для зменшення впливу на покази термометра шару ґрунту, що розташований вище резервуару.



13-а) комплект термометрів Савінова

13-б) термометр Савінова

13-в) встановлення термометра Савінова

Рис. 13. Термометри Савінова

Встановлюють термометри Савінова на тій же ділянці, де розташовані термометри для визначення температури поверхні ґрунту (рис. 14). Вимірювання із застосуванням цих термометрів проводять у стандартні строки спостережень, проте лише в теплу пору року. При зниженні температури на глибині 5 см нижче 0°C термометри викопують з ґрунту і зберігають у приміщенні метеорологічної станції. Встановлюють навесні, після танення снігу.

При проведенні спостережень із використанням колінчатих термометрів та для вимірювання температури на поверхні ґрунту застосовують відкидний дерев'яний рейковий настил, який після проведення кожного спостереження приймають (рис. 14).

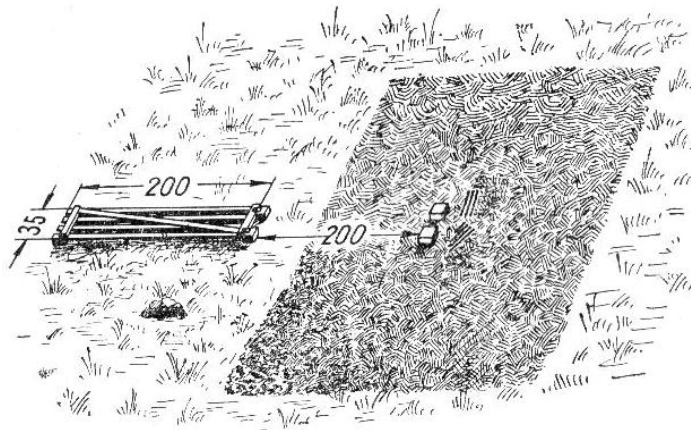


Рис. 14. Ділянка для встановлення ґрунтових термометрів, термометрів Савінова та рейковий настил до них

Вимірювання температури ґрунту на глибинах під природним рослинним покривом. Для проведення таких спостережень використовують термометр ртутний метеорологічний ґрунтово-глибинний (рис. 15). Його довжина – 360 мм, діаметр – 16 мм, верхні межі шкали від $+31^{\circ}\text{C}$ до $+41^{\circ}\text{C}$, а нижні межі шкали – від -10°C до -20°C . Ціна поділки становить $0,2^{\circ}\text{C}$, похибка вимірювань при додатних температурах $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, а при від'ємних – $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$.

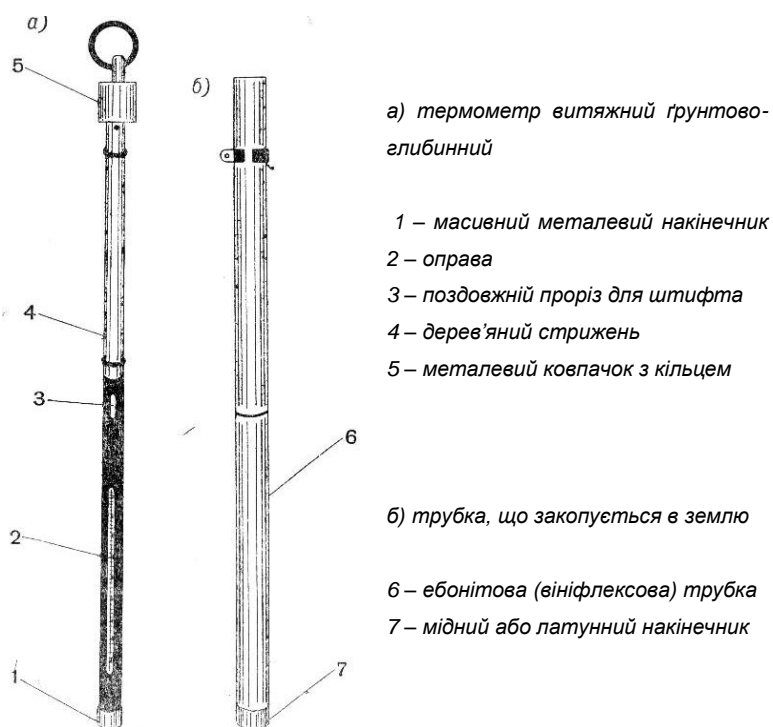


Рис. 15. Термометр витяжний ґрунтово-глибинний

ґрунтово-глибинний термометр поміщується у пластикову оправу, яка внизу закінчується мідним або латунним ковпачком. Простір між резервуаром термометра та ковпачком заповнений мідними ошурками. До верхнього кінця пластикової оправы прикріплюється дерев'яний стрижень, за допомогою якого термометр занурюється в ебонітову трубу, яка закопується у ґрунт до глибини, визначеної для вимірювання температури. Нижній кінець

ебонітової труби також закінчується мідним ковпачком. Як результат – резервуар термометра сприймає температуру ґрунту на відповідній глибині через мідні ковпачки труби, оправы, а також через мідні ошурки, що його оточують. Крім того, ошурки збільшують теплову інерцію термометра, що сприяє збереженню показів термометра до моменту, коли його виймуть із труби й знімуть відліки.

Вимірювання температури ґрунту на глибинах проводиться на ділянці розміром 6×8 м з природним рослинним покривом, що знаходиться у південно-східній частині метеорологічного майданчика. Витяжні ґрунтово-глибинні термометри розміщують в одну лінію, у порядку зростання глибини, зі сходу на захід, на відстані 50 см один від одного. Ними вимірюють температуру на глибинах 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4; 3,2 м.

Якщо середнє багаторічне значення висоти снігового покриву для метеорологічної станції менше 50 см, тоді над поверхнею залишають ебонітову трубу висотою 40 см. За умови, що середня висота снігового покриву більша, залишають 100 см труби над поверхнею. Встановлення ебонітових труб проводять (зазвичай, за допомогою бура) таким чином, щоб якомога менше порушувати природний стан поверхні ґрунту.

З північного боку на відстані 30 см від лінії розташування термометрів встановлюють піднятий на рівень верхніх кінців труб дерев'яний настил, який опускається на час проведення спостережень, а потім встановлюється у вертикальне положення (рис. 16).

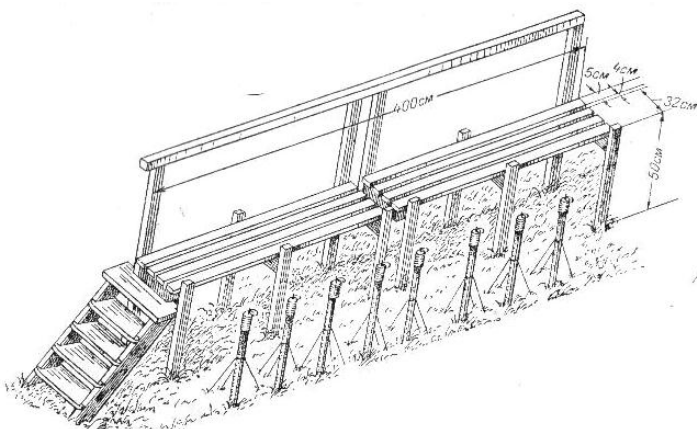


Рис. 16. Схема встановлення витяжних ґрунтово-глибинних термометрів

Спостереження за змінами температури ґрунту на глибинах проводять впродовж усього року. Щоденно, в усі вісім строків спостережень, вимірюється температура на глибинах 0,2 м та 0,4 м, виняток становить лише період, коли висота снігового покриву перевищує 15 см, тоді спостереження здійснюються раз на добу в той же строк, що і термометрами на більших глибинах. На глибинах 0,8; 1,2; 1,6; 2,4 та 3,2 м температура вимірюється один раз на добу у строк 12 год за МСЧ. Взимку, крім вимірювань температури ґрунту, проводиться також визначення висоти снігового покриву за снігомірною рейкою, що встановлена біля витяжних термометрів.

3.3. Вимірювання температури води біля поверхні

Для таких спостережень використовують ртутний термометр з ціною поділки 0,2°C та шкалою від -5°C до +35°C. Термометр поміщений в оправу, що призначена для збереження показів термометра після підняття його з води та для запобігання механічним пошкодженням. Оправа складається зі стакана та двох трубок – внутрішньої і зовнішньої. Термометр в оправі розміщують таким чином, щоб його шкала перебувала навпроти наявних у трубках прорізів, а резервуар термометра – у середній частині стакана. Оправа має дужку, за допомогою якої кріпиться до тросу. Під час занурення термометра у воду поворотом зовнішнього чохла прорізи в трубках закривають, а після підйому відкривають – для визначення відліку. Термометр утримують у воді, в одній точці, 5–8 хвилин занурюючи не більше, ніж на 0,5 м.

РОЗДІЛ 4

Вимірювання вологості повітря

Найпоширенішими методами визначення характеристик вологості повітря при проведенні метеорологічних спостережень є психрометричний та гігрометричний (сорбційний) методи і відповідні прилади – станційний психрометр, гігрометр та гігрограф.

Слід зазначити, що найточніший методом визначення характеристик вологості повітря є ваговий метод. Цей метод є абсолютним, він дає змогу визначити масу водяної пари в одиничному об'ємі повітря (абсолютну вологість). Сутність вагового методу полягає у повільному пропусканні певної кількості повітря через систему поглинальних трубок, що заповнені фосфорним ангідридом, хлористим кальцієм або пемзою, насиченою сірчаною кислотою. Усі названі речовини мають здатність активно поглинати водяну пару. Систему зважують на високоточних терезах до і після пропускання повітря. Фіксують відповідні значення m_1 та m_2 (в грамах) та визначають кількість пропущеного через систему повітря – V (у метрах кубічних), використовуючи еталонний газовий лічильник або ж ретельно відтарований аспіратор. У результаті отримують можливість визначити абсолютну вологість повітря за співвідношенням:

$$a = m_1 - m_2 / V$$

Незважаючи на те, що ваговий метод є найточнішим серед усіх існуючих у стандартних метеорологічних спостереженнях, його не використовують через очевидну громіздкість та неоперативність. Проте цей метод є абсолютно незамінним для градування і тарування (порівняння показів та введення поправок) приладів, що базуються на усіх інших методах визначення вологості повітря.

Психрометричний метод ґрунтується на визначенні вологості повітря за величиною зниження температури певного предмета, що відбувається завдяки випаровуванню води з його поверхні. Вважається, що витрати тепла на випаровування пропорційні швидкості випаровування, величина якої, в свою чергу, залежить від вмісту водяної пари в повітрі. Прилади, принцип дії яких ґрунтується на психрометричному методі, називаються психрометрами. Психрометр складається з двох ртутних термометрів. У одного з термометрів резервуар обгорнутий білим батистом, змоченим у дистильованій воді – це змочений термометр. Внаслідок випаровування води з поверхні батисту, температура змоченого термометра буде нижчою, порівняно з температурою сухого термометра, який показує температуру повітря. Очевидно, що ця різниця буде тим більшою, чим менше водяної пари утримується в повітрі.

Парціальний тиск водяної пари, що міститься в повітрі, можна визначити за психрометричною формулою:

$$e = E' - Ap(t - t')(1 + 0,00115t'), \text{ (гПа)}$$

де E' – парціальний тиск водяної пари в насиченому повітрі за температури змоченого термометра; A – психрометрична стала, що враховує швидкість руху повітря; p – атмосферний тиск; t та t' – відповідно температура сухого та змоченого термометрів в °С; $(1 + 0,00115t')$ – величина, що враховує залежність теплоти випаровування від температури.

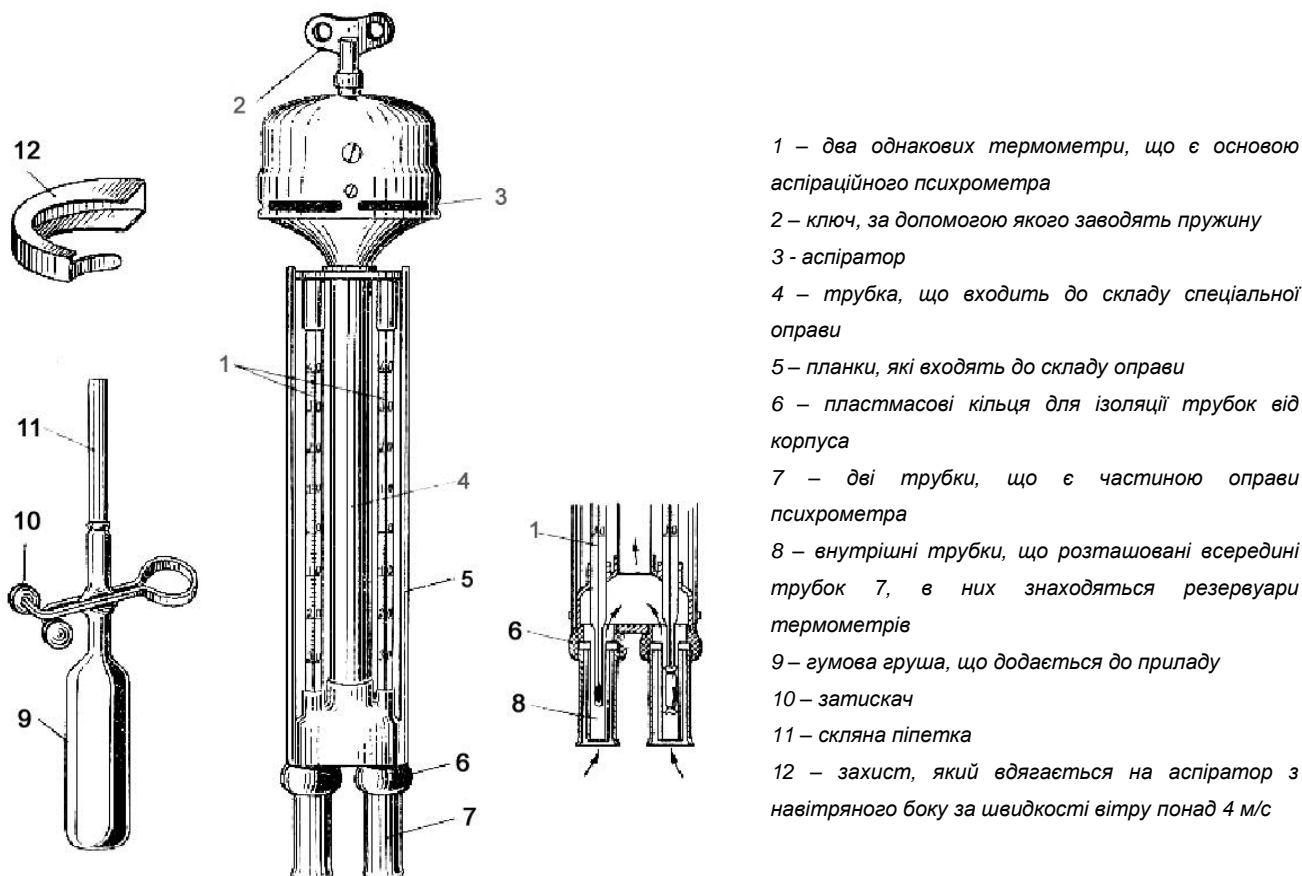
Станційний психрометр. Цей прилад складається з двох ртутних (психрометричних) термометрів, підібраних таким чином, щоб їх технічні характеристики були схожими. Обидва термометри встановлюють вертикально, закріплюючи на спеціальному штативі. Лівий термометр залишають без змін і його покази відповідатимуть температурі повітря (сухий термометр). Резервуар правого (змоченого) термометра обгортають батистом, край якого опускають у стакан із дистильованою водою. Таким чином забезпечується неперервне змочування батисту та випаровування з резервуара змоченого термометра. Стакан закривають кришкою з прорізом, крізь який пропускають батист. Нижній край резервуара термометра має розміщуватися приблизно на 3 см вище від рівня води і на 2 см вище від кришки стакана. Так забезпечується доступ води по батисту до резервуара і вільна циркуляція повітря навколо

нього. Для психрометрів використовують спеціальний батист із необхідними гігроскопічними властивостями.

Для станційного психрометра, розташованого в жалюзійній (психрометричній) будці, величина $A=7,947 \times 10^{-4}$, що відповідає швидкості вентиляції 0,8 м/с. За дотримання всіх вище зазначених правил вологість повітря станційним психрометром можна визначати за додатних температур повітря та за від'ємних до -10°C .

Психрометр аспіраційний. Цей прилад використовують для вимірювання температури та вологості повітря у стаціонарних або експедиційних умовах, а також у промислових та побутових приміщеннях. Фізичні принципи отримання даних за допомогою аспіраційного психрометра такі самі, як і для станційного психрометра. Особливістю є те, що конструкція аспіраційного психрометра передбачає вентилятор, який забезпечує перемішування повітря біля резервуарів термометрів з постійною швидкістю 2 м/с.

Прилад складається з двох однакових ртутних термометрів, які вміщені у металеву оправу (рис. 17). Межі шкал термометрів від -31°C до $+51^{\circ}\text{C}$, ціна поділки шкали – $0,2^{\circ}\text{C}$. Оправа складається з трубки з трійником та планкового захисту. До трійника знизу прикріплені дві трубки, які захищають резервуари термометрів від радіаційних потоків, в них же забезпечується вентиляція повітря навколо резервуарів. Резервуар правого (змоченого) термометра обгорнутий батистом, який закріплений у верхній та нижній частинах резервуара ниткою, кінці батисту коротко підрізані під резервуаром.



- 1 – два однакових термометри, що є основою аспіраційного психрометра
- 2 – ключ, за допомогою якого заводять пружину
- 3 – аспіратор
- 4 – трубка, що входить до складу спеціальної оправы
- 5 – планки, які входять до складу оправы
- 6 – пластмасові кільця для ізоляції трубок від корпусу
- 7 – дві трубки, що є частиною оправы психрометра
- 8 – внутрішні трубки, що розташовані всередині трубок 7, в них знаходяться резервуари термометрів
- 9 – гумова груша, що додається до приладу
- 10 – затискач
- 11 – скляна піпетка
- 12 – захист, який вдягається на аспіратор з навтряного боку за швидкості вітру понад 4 м/с

Рис. 17. Психрометр аспіраційний

Верхній край трубки з'єднано з головкою вентилятора (аспіратора), до складу якої входить власне вентилятор та пружинний механізм. Вентиляційний механізм створює повітряну течію, що спрямована через трубки до резервуарів термометрів. Пружина вентилятора заводиться ключем, що входить в комплект приладу.

Усі металеві поверхні приладу нікельовані, що збільшує альбедо приладу та мінімізує нагрівання його корпусу.

Для проведення вимірювань аспіраційний психрометр встановлюють на стовпі за допомогою спеціального гака таким чином, щоб резервуари термометрів перебували на висоті 2-х метрів над поверхнею землі. Взимку психрометр встановлюють за 30 хв, а влітку за 15 хв до початку вимірювань. У деяких мікрокліматичних спостереженнях психрометр може бути закріплений у горизонтальному положенні і на іншій висоті.

Перед початком вимірювань батист на резервуарі правого термометра змочують за допомогою гумової груші та піпетки, що входять у комплект приладу. Після цього заводять пружинний механізм аспірації і встановлюють психрометр на місце, через 4–5 хв знімають відліки по сухому та змоченому термометрах, спочатку фіксуючи десяті частки, а потім цілі значення градусів. За умов значної швидкості вітру (більше 4 м/с) на аспіратор ставлять вітровий захист.

На основі значень температури, виміряних сухим та змоченим термометрами, визначають парціальний тиск водяної пари та інші характеристики вологості повітря. Для цього використовують психрометричні таблиці або психрометричну формулу (для аспіраційного психрометра $A = 6,620 \times 10^{-4}$). При розрахунках характеристик вологості повітря за даними аспіраційного психрометра, швидкість обтікання повітрям резервуарів вважається рівною 2 м/с. Для встановлення відповідності фактичної швидкості вказаному значенню психрометр розташовують вертикально і при повністю заведеній пружині визначають час одного оберту барабана пружинного механізму. Секундоміром відраховують два послідовні проміжки часу, коли вертикальна риска на барабані співпадає з рисою на віконці в корпусі аспірації. Час одного оберту барабана не повинен відрізнятись від вказаного в повірочному свідоцтві більше ніж на 5 с.

Гігрометричний метод вимірювання вологості повітря базується на здатності окремих тіл адсорбувати (поглинати) водяну пару з повітря. В результаті поглинання відбувається деформація або змінюються властивості цих тіл. Прилади, в роботі яких застосовується цей принцип, називаються гігрометрами. Існує кілька видів гігрометрів: деформаційні, конденсаційні, вагові (абсолютні), дифузійні, електролітичні та інші. При проведенні метеорологічних спостережень використовують деформаційні гігрометри – волосяний та плівковий.

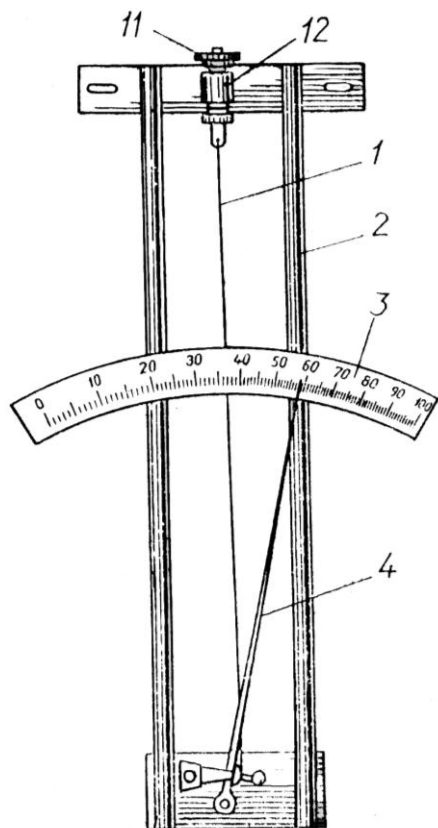
Гігрометр волосяний метеорологічний. Використовується для визначення величини відносної вологості повітря і є найпоширенішим гігрометричним приладом у мережі метеостанцій України. Принцип дії приладу ґрунтується на здатності людської волосини змінювати свою довжину залежно від зміни вологості повітря. Перший гігрометр такого типу був виготовлений у 1783 р. швейцарським фізиком О. де Соссюром.

Гігрометр являє собою рамку з прикріпленою до неї шкалою та знежиреною волосиною, що закріплена вертикально (рис. 18). Верхній кінець волосини зафіксовано в отворі хвостовика регулюючого гвинта, а нижній кінець – на важелі, з'єднаному зі стрілкою. Обертаючи регулюючий гвинт, можна встановлювати стрілку на потрібну позначку шкали. Волосину підтримують у натягнутому стані з допомогою невеликого тягарця. Зміна довжини волосини приводить до зміни положення тягарця.

Якщо вміст водяної пари в повітрі змінюється, відповідно змінюється і довжина волосини. Стрілка під дією тягарця зміщується відносно шкали і показує фактичне значення відносної вологості повітря. Оскільки залежність між збільшенням довжини волосини та зміною значень відносної вологості не є лінійною, то шкала гігрометра нерівномірна.

Гігрометр розрахований на роботу в діапазоні температур від -50°C до $+55^{\circ}\text{C}$. Межі вимірювань відносної вологості від 30 % до 100 %, похибка вимірювання $\pm 10\%$, ціна поділки шкали – 1 %. Під час спостережень фіксуються лише цілі значення величини.

За температури повітря нижче -10°C гігрометр стає єдиним приладом на метеорологічному майданчику, за допомогою якого визначають вологість повітря. Гігрометр – прилад відносний, і тому отримані завдяки його використанню дані потребують введення поправок. Значення поправок встановлюють у результаті проведення паралельних одночасних спостережень гігрометром і станційним психрометром та порівняння отриманих результатів. За даними спостережень будують графік кореляційного зв'язку, за яким і визначають величини поправки. Тривалість паралельних спостережень 1–1,5 місяці перед настанням періоду з температурою повітря нижче -10°C .



- 1 – знежирена людська волосина
- 2 – металева рамка
- 3 – шкала з поділками від 0 до 100 %
- 4 – стрілка
- 5 – кулястий тягарець, що підтримує волосину в натягнутому стані
- 6 – блок
- 7 – гвинт
- 8 – стержень
- 9 – вісь
- 10 – металева дужка
- 11 – регулювальний гвинт
- 12 – контргайка

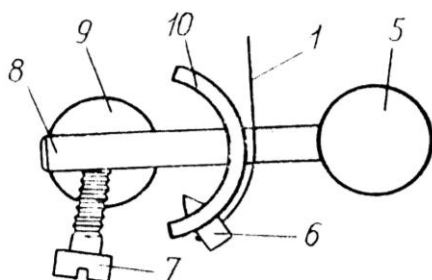


Рис. 18. Волосяний гігрометр

Гігрометр плівковий метеорологічний також використовується для вимірювання відносної вологості повітря. Принцип роботи гігрометра ґрунтується на властивості органічної плівки змінювати свої лінійні розміри залежно від зміни вологості повітря.

Прилад складається з чутливого елемента, що має вигляд круглої діафрагми, і виготовлений з органічної плівки, передавального пристрою, стрілки та металевої рамки, на якій закріплені усі деталі. Постійний натяг плівки забезпечується тягарцем.

Гігрометр розрахований на роботу за температури повітря від -60°C до $+35^{\circ}\text{C}$, має шкалу в межах від 30 % до 100 %, на відміну від волосяного гігрометра, шкала рівномірна в усьому діапазоні. Похибка вимірювань $\pm 10\%$, ціна поділки шкали – 1 %.

Гігрограф метеорологічний. Цей прилад використовують для неперервної реєстрації значень відносної вологості повітря. Чутливим елементом приладу є жмуток людського волосся, який з обох кінців закріплений у спеціальному кронштейні. Посередині жмут волосся підтримується гачком, який за допомогою спеціального передавального пристрою з'єднаний зі стрілкою, що показує зміни значень вологості. Натяг жмутка волосся також підтримується тягарцем. При зміні вологості повітря змінюється довжина волосся, і такі зміни передаються на стрілку з закріпленим на ній пером, що наповнене чорнилом.

Годинниковий механізм гігрографа такий самий, як і в термографа – може бути добовим або тижневим. Для нанесення позначок часу на діаграмній стрічці використовують кнопку, розташовану на корпусі приладу, а для встановлення пера на потрібну поділку діаграмної стрічки користуються встановлювальним гвинтом.

Гігрограф не є абсолютним приладом, тому до значень відносної вологості, визначених з його допомогою, необхідно вносити поправки. Значення поправок встановлюють за графіком, побудованим на основі порівняння величин відносної вологості повітря в стандартні строки спостережень, що отримані за станційним психрометром, та значень, знятих із діаграмної стрічки гігрографа.

Інколи в метеорологічних спостереженнях використовують гігрографи, чутливим елементом яких є мембрана (кругла) з гігроскопічної органічної плівки, такої, як і в плівковому гігрометрі.

Деякі види гігрометрів використовуються для проведення спеціальних досліджень. Прикладом може бути конденсаційний гігрометр, або гігрометр точки роси. Принцип дії приладу ґрунтується на вимірюванні температури металевого дзеркальця, що охолоджується тим чи іншим способом. Температура визначається в момент, коли поверхня туманіє (тобто тоді, коли відбувається конденсація роси чи сублімація інею). У перших таких приладах (наприклад, конструкції Ламбрехта або у приладі Крова) охолодження дзеркальця здійснювали ефіром, що інтенсивно випаровувався внаслідок продування крізь нього повітря. Температуру точки роси (інею) визначали звичайним ртутним термометром, зануреним в ефір. Пізніше для охолодження почали використовувати скраплені гази, а для встановлення температури точки роси – термопару, вмонтовану в корпус дзеркальця (гігрограф Гольцмана). У сучасних конденсаційних гігрометрах охолодження забезпечується напівпровідниковими елементами, а температуру поверхні в момент початку конденсації, вимірюють вмонтованими в дзеркальце мікротермометрами опору чи високочутливими термісторами.

В основу електролітичних гігрометрів покладено залежність електропровідності плівки електроліту (переважно хлориду літію), що нанесена на поверхню діелектрика, як від вологості повітря, так і від його температури. Саме така подвійна залежність стає на заваді широкому використанню приладів цього типу. Зазначимо, що такі прилади є зручними для створення систем дистанційного вимірювання вологості повітря, зокрема, для використання у радіозондах, тому роботи з їх удосконалення тривають.

РОЗДІЛ 5

Будки жалюзійні (психрометричні) для метеорологічних приладів

З метою захисту приладів для вимірювання температури та вологості повітря від впливу атмосферних опадів, поривів вітру, потоків сонячної радіації їх розміщують в захисних жалюзійних будках. Існує два типи таких будок – будка психрометрична (БП) та будка для самописців (БС), що відрізняються за розмірами.

Психрометрична будка складається з чотирьох жалюзійних стінок, підлоги, стелі й даху. Вся конструкція закріплюється на дерев'яному стовпі-основі. Із внутрішнього та зовнішнього боків будку фарбують білою олійною фарбою (рис. 19).

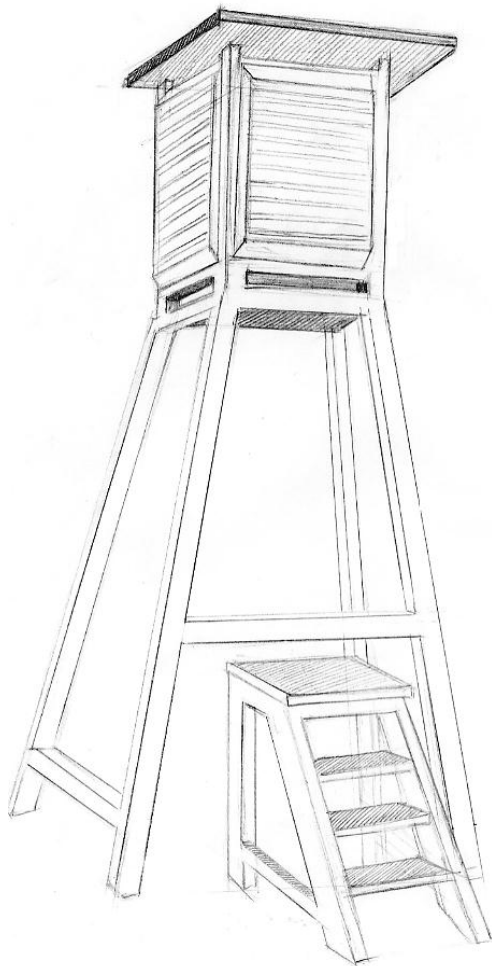


Рис. 19. Психрометрична будка для метеорологічних приладів

Стінки будок являють собою подвійний ряд тонких дерев'яних планок – жалюзі, що нахилені всередину та назовні під кутом 45° до горизонту. Жалюзі забезпечують необхідну вентиляцію повітря всередині будок. Передня стінка будки відкривається, як дверцята. В будках є електричне освітлення, необхідне для проведення спостережень в нічні строки. Будки встановлюють на підставках, а для зручності проведення спостережень кожен оснащують драбинкою, по якій спостерігач піднімається для зняття відліків та обслуговування приладів. Драбинка та дверцята будки розташовані з північного боку.

Усередині психрометричної будки до середньої дошки підлоги прикріплений залізний штатив, на якому встановлені два психрометричні термометри (зліва – сухий, справа – змочений). Необхідно щоб резервуари обох термометрів знаходилися на висоті 2 м над поверхнею землі. На нижній перекладині штатива є кільце, в яке встановлюється стакан з дистильованою водою для змочування батисту (рис. 20).

У нижній частині штатива на спеціальних тримачах горизонтально розташовані максимальний та мінімальний термометри. Варто відмітити, що максимальний термометр має бути дещо нахиленим у бік резервуара. Між психрометричними термометрами на штативі прикріплюють волосяний гігрометр.

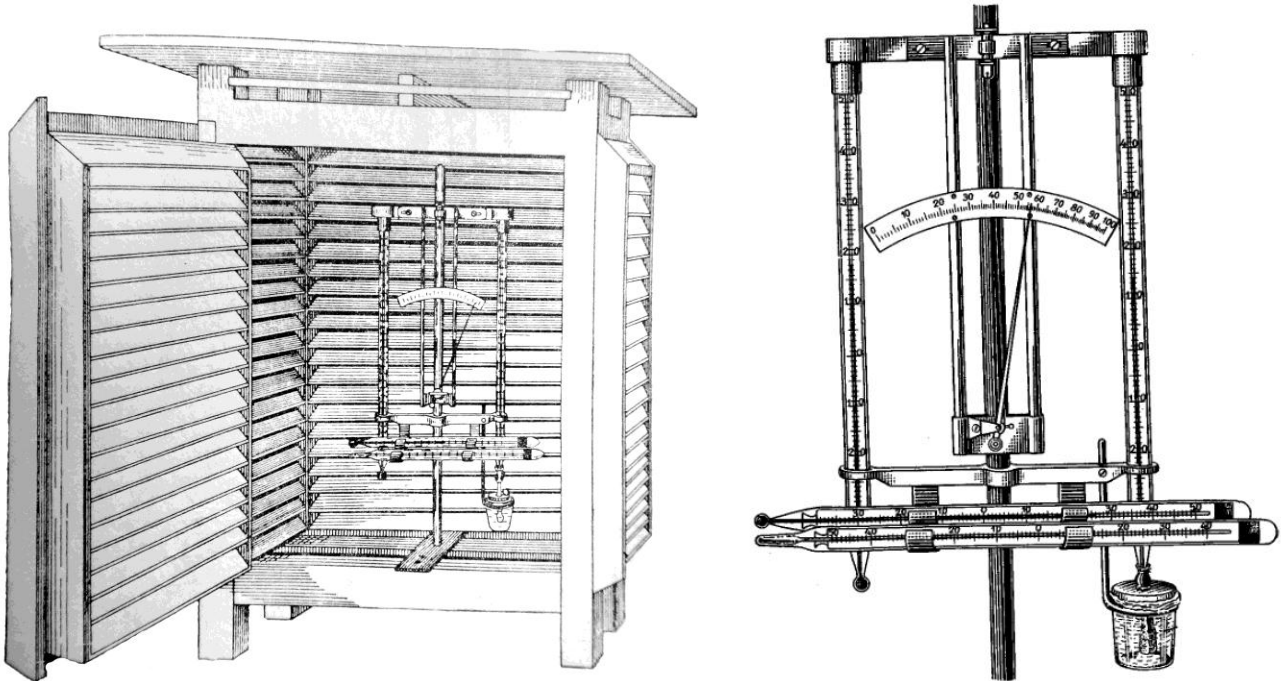


Рис. 20. Розташування приладів у психрометричній будці

В будці для самописців розташовані термограф та гігрограф. Термограф встановлюють на підлозі будки, при цьому необхідно, щоб чутливий елемент термографа (біметалева пластина) знаходився на висоті 2 м над землею поверхнею. Гігрограф встановлюють на полиці над термографом.

Знімають відліки та записують покази приладів у психрометричній будці в наступній послідовності:

- за сухим та змоченим термометрами;
- за гігрометром;
- за спиртовим мінімальним термометром (один відлік за положенням меніску спирту, другий – за правим краєм штифта);
- за максимальним термометром;
- струшують максимальний термометр і роблять відлік після струшування;
- підводять штифт мінімального термометра до меніску спирту в капілярі;
- роблять повторний відлік за сухим термометром.

За температури повітря -20°C і нижче одночасно з відліками за психрометричними термометрами роблять відлік і за спиртовим низькотемпературним термометром.

РОЗДІЛ 6 Вимірювання атмосферного тиску

Величина атмосферного тиску дорівнює вазі стовпа атмосферного повітря одиничного перерізу, що розташований вище рівня, для якого визначають атмосферний тиск. Величина атмосферного тиску не залежить від орієнтації поверхні, на яку діє атмосферний тиск. У міжнародній системі одиниць (СІ) основною одиницею вимірювання атмосферного тиску є паскаль (Па):

$$1\text{Па} = 1\text{Н} / \text{м}^2 = 1\text{кг} / (\text{м} \times \text{с}^2)$$

Оскільки значення атмосферного тиску біля земної поверхні, виражені в паскалях, є значними величинами, то на практиці користуються гектопаскалями ($1\text{гПа} = 100\text{Па}$). Також традиційно використовують іншу позасистемну одиницю вимірювання атмосферного тиску – мм рт. ст. (міліметри ртутного стовпчика), яка пов'язана з використанням ртутного барометра. Співвідношення між цими одиницями наступне:

$$1\text{мм.рт.ст.} = 1,333\text{гПа}$$

Крім того, в метеорології тривалий час найпоширенішою одиницею вимірювання тиску був мілібар (мбар):

$$1\text{мбар} = 10^3 \text{дин} / \text{см}^2 = 1\text{гПа}$$

З прогностичною метою поряд з абсолютними значеннями атмосферного тиску на метеорологічних станціях визначають величину та форму баричної тенденції. Баричною тенденцією називають зміну атмосферного тиску за проміжок часу між стандартними строками спостережень або за добу. Барична тенденція має знак (+) при підвищенні тиску або (-) за його зниження. Форму тенденції визначають за записом зміни тиску самописцем (барографом).

Основним приладом для вимірювання атмосферного тиску на метеорологічній мережі є ртутний чашковий барометр. Винахід рідинного барометра належить Е. Торічеллі (1643 р.), а назву приладу "барометр" приписують Роберту Бойлю (1665 р.), до того часу прилад називали "Торічеллевою трубкою".

Принцип дії ртутного барометра ґрунтується на врівноваженні атмосферного тиску вагою ртутного стовпчика. Якщо скляну трубку, запаяну з одного кінця і наповнену ртуттю, іншим відкритим кінцем опустити в чашку зі ртуттю, то частина ртуті з трубки буде вилитися до чашки. Стовпчик ртуті, що залишився у трубці (висотою H , мм, від рівня ртуті у чашці до вершини меніску у трубці) своєю вагою врівноважуватиме атмосферний тиск (p_a), тобто силу, з якою діє стовп атмосферного повітря на поверхню ртуті в чашці. Таку залежність можна виразити співвідношенням:

$$p_a = \rho g H$$

де ρ – густина ртуті; g – прискорення вільного падіння.

При зміні атмосферного тиску рівновага постійно порушуватиметься, відповідно буде змінюватися і висота ртутного стовпчика.

Барометри станційні чашкові ртутні СР-А та СР-Б. На метеорологічній мережі використовують чашкові ртутні барометри СР-А та СР-В з компенсаційними шкалами різних меж. Для першого – межі вимірювань від 810 гПа до 1070 гПа, для другого – від 680 гПа до 1070 гПа. Максимальна похибка вимірювань після введення всіх поправок не перевищує $\pm 0,5$ гПа.

Ці барометри (рис. 21) мають калібровану скляну трубку діаметром 7,2 мм довжиною 800 мм. Верхній кінець трубки запаяно і трубку під вакуумом заповнено очищеною ртуттю. Нижній кінець трубки опущено в чашку, яка складається з трьох частин. Середня частина чашки має діафрагму з отворами, що запобігає потраплянню повітря в барометричну трубку та зменшує коливання рівня ртуті. З атмосферним повітрям барометр контактує через отвір, що

знаходиться у кришці чашки. За потреби отвір закривається гвинтом. Барометричну трубку захищено металевою оправою, на яку нанесено шкалу. У прорізі оправы розташована додаткова шкала – ноніус, що може переміщуватися завдяки обертанню кремальєрного гвинта. Ноніус дозволяє знімати відліки значень атмосферного тиску з точністю до 0,1 поділки основної шкали. На металевій оправі закріплено також і термометр (так званий - термометр-аташе), що використовується для визначення температури ртуті у барометрі. Зверху на металевій оправі є спеціальне кільце для підвішування барометра в місці встановлення.

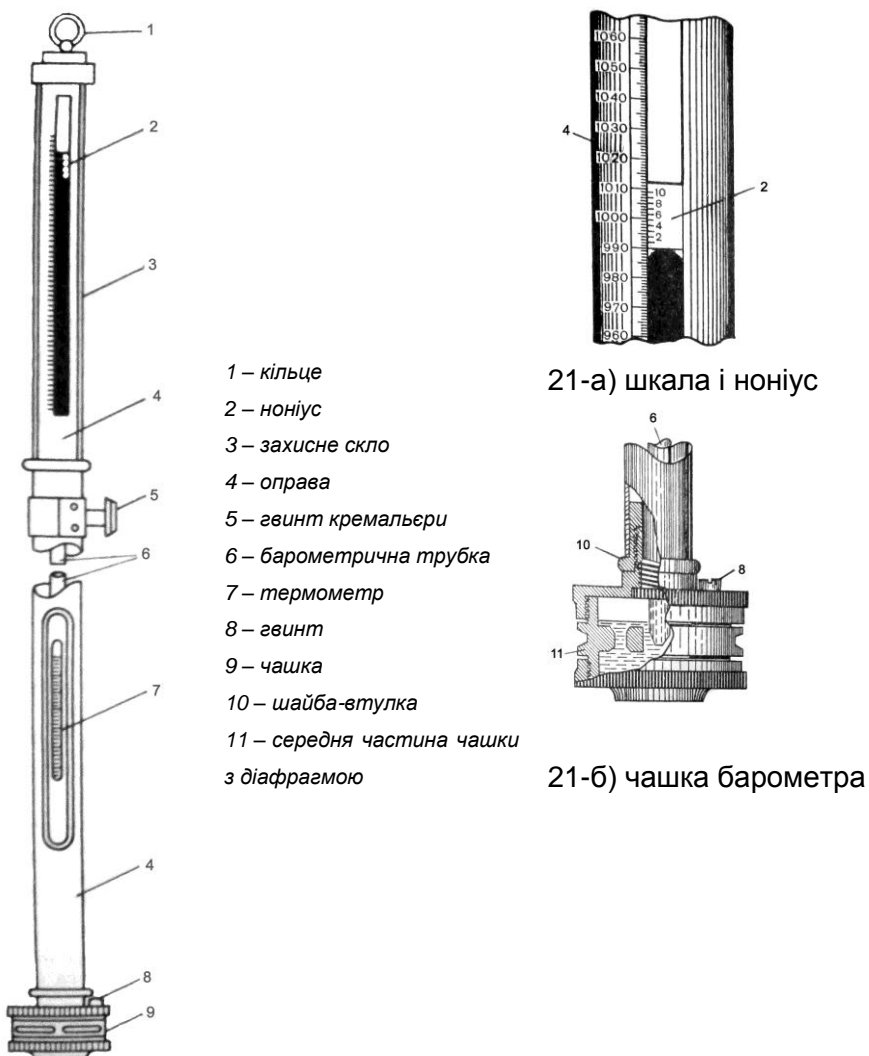


Рис. 21. Барометр станційний чашковий ртутний

Барометр встановлюють у приміщенні метеорологічної станції, на стіні, куди не потрапляють прямі сонячні промені і де не відбуваються різкі коливання температури. Барометр розміщують строго у вертикальному положенні всередині трьохгранної зашкленої шафи.

Вимірювання проводять у такій послідовності:

- відкривають дверцята шафи;
- беруть відлік значення температури за термометром-аташе з точністю до 0,1°C;
- кремальєрним гвинтом підводять ноніус, опускаючи зверху до рівня, коли нижня площина ноніуса буде дотичною до вершини меніску ртуті у барометричній трубці;
- беруть два відліки значень атмосферного тиску: за основною шкалою – цілі значення величини атмосферного тиску (беруть значення, що збігається або ж знаходиться трохи нижче

нижнього зрізу ноніуса). Потім (дивлячись знизу догори) знаходять поділку шкали ноніуса, що збігається з основною шкалою. Значення, що стоїть біля цієї поділки, відповідає значенню десятих часток вимірюваної величини атмосферного тиску.

Під час вимірювання тиску чашковим барометром достатньо встановити його величину за положенням меніску ртуті у трубці, не визначаючи зміни рівня ртуті в чашці. Слід зауважити, що зміна атмосферного тиску призводить і до зміни рівня ртуті у чашці барометра, але ці зміни враховуються компенсаційною шкалою барометра.

До отриманих результатів вимірювання атмосферного тиску вводяться наступні поправки.

1. Інструментальна поправка, що враховує технічні особливості конструкції конкретного приладу. Ця поправка тривалий час залишається незмінною і встановлюється шляхом порівняння показів барометра з еталонним приладом, величина поправки вказується у повірочному свідоцтві.

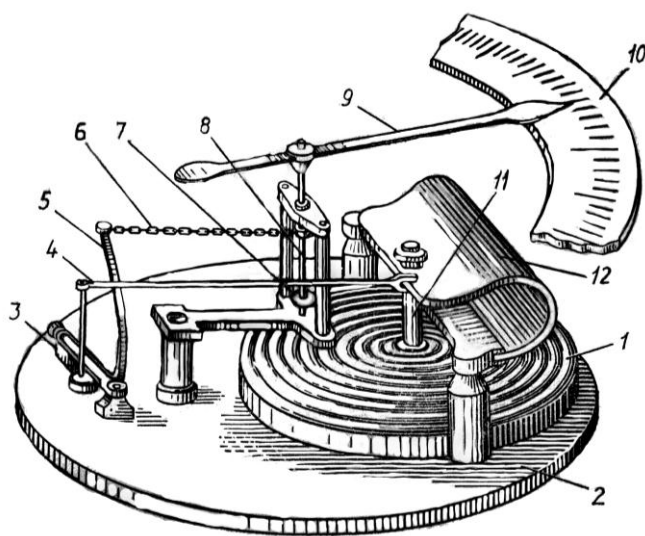
2. Поправка, що приводить величину прискорення вільного падіння до нормального на широті 45° на рівні моря (поправка на широту розташування барометра) та поправка на величину прискорення вільного падіння, що залежить від висоти барометра над рівнем моря.

3. Поправка на приведення показів барометра до температури 0°C (оскільки питома вага ртуті залежить від температури).

Зазвичай, перша та друга поправки для кожної метеостанції є сталими, тому їх об'єднують в єдину постійну поправку.

Після введення всіх названих поправок отримують значення атмосферного тиску на рівні метеорологічної станції, потім це значення приводять до рівня моря, користуючись таблицями, розрахованими з використанням барометричних формул.

Барометр-анероїд. Цей прилад належить до деформаційних барометрів, що використовуються для визначення атмосферного тиску переважно в польових (експедиційних) умовах. Чутливим елементом таких барометрів (рис. 22) є анероїдна коробка – пружна гофрована металева коробка, з якої відкачано повітря до залишкового тиску не вище 10^{-2} мм рт.ст. Коробка складається з трьох з'єднаних по периметру круглих мембран діаметром 30–80 мм, центри мембран стійкі та з'єднані закріплювальними стержнями. Під дією зміни атмосферного тиску коробка деформується: під час його підвищення вона стискається, а під час зниження – випрямляється, таким рухам додатково сприяє спеціальна пружина: незначні деформації коробки вона пропорційно збільшує у 1000 разів. Через систему важелів ці переміщення передаються на стрілку, що рухається по дузі шкали, проградуєваної за ртутним барометром у мм рт.ст. або у мілібарах.



- 1 – тонкостінна металева коробка
- 2 – металева основа приладу
- 3, 4, 5 – важелі
- 6 – ланцюжок для передачі коливань верхньої мембрани на вісь
- 7 – спіральна пружина для створення постійного натягу ланцюжка
- 8 – вісь
- 9 – стрілка
- 10 – кругова шкала, кожна поділлка якої дорівнює 0,5 мм рт. ст. або 0,5 гПа
- 11 – ніжка для кріплення коробки на металевій основі приладу
- 12 – пружина, що захищає коробку від сплюснення зовнішнім тиском

Рис. 22. Барометр-анероїд

У дугоподібному прорізі пластини, на якій розташована шкала, закріплюють ртутний термометр, що визначає температуру приладу під час проведення спостережень.

Барометр-анероїд зберігається у футлярі. При проведенні вимірювань футляр відкривають, знімають покази термометра при барометрі з точністю до $0,1^{\circ}\text{C}$. Потім, легенько постукавши пальцем по склу (для зменшення тертя в механізмі), беруть відліки за положенням стрілки відносно шкали з точністю до $0,1$ поділки. При проведенні вимірювань атмосферного тиску прилад має бути розташований строго горизонтально. Для регулювання стрілки барометра за необхідності користуються спеціальним гвинтом.

До результатів вимірювань, отриманих за допомогою барометра-анероїда, вводять наступні поправки: температурну, шкалову та додаткову. Усі поправки вказуються у повірочному свідоцтві приладу.

Температура приладу впливає на точність його показів – зі зміною температури змінюються пружні властивості анероїдної коробки, відбувається деформація передавального механізму. Для врахування впливу температури покази барометра-анероїда приводять до таких, що спостерігались би за температури приладу 0°C . Для цього визначають температурний коефіцієнт, що відповідає зміні показів барометра при зміні його температури на 1°C .

Шкалова поправка виключає систематичну інструментальну похибку, що є наслідком технологічних допусків при виготовленні передавального механізму анероїдної коробки, але враховує особливості конкретного приладу, що можуть призводити до похибок в межах стандартної шкали даного типу приладів. У повірочному свідоцтві вказано шкалові поправки для усієї шкали через кожні 10 поділок. Додаткова поправка встановлюється шляхом порівняння показів барометра-анероїда з еталонним приладом.

Після введення поправок отримують значення тиску на рівні станції, потім, за необхідності, значення тиску приводять до рівня моря.

Барометри-анероїди мають певні переваги над ртутними барометрами – відсутність ртуті, малі розміри та незначна вага, тому вони є зручними у транспортуванні, проте поступаються ртутним у точності вимірювань (це є причиною того, що вони не використовуються для стандартних метеорологічних спостережень на метеостанціях). Анероїди можна використовувати у тих випадках, коли допускається вимірювання тиску з точністю більшою за 1 гПа.

На сьогоднішній день виготовляються барометри-анероїди з наступними технічними характеристиками: похибка вимірювань $\pm 2,5$ гПа, температурний діапазон, в якому проводяться вимірювання від -10°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Існує нова серія приладів з похибками вимірювань до $\pm 0,8$ гПа і температурним діапазоном роботи від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

Барограф метеорологічний. Прилад використовують для неперервної реєстрації значень атмосферного тиску. Барограф може вимірювати тиск в межах від 780 гПа до 1060 гПа, похибка вимірювань $\pm 1-2$ гПа, працює в температурному діапазоні від -10°C до $+45^{\circ}\text{C}$. Чутливим елементом барографа є блок, що складається з анероїдних коробок. Із цих коробок викачано повітря і атмосферний тиск, що діє на них, врівноважується силою пружності коробок. Нижня основа анероїдного блоку закріплена на біметалевій пластині температурного компенсатора. Термокомпенсатор призначений для усунення впливу температури приладу на його покази. При зміні температури, але сталому тиску температурні деформації анероїдних коробок і термокомпенсатора (біметалевої пластини) будуть однаковими за величиною і протилежними за знаком, тому стрілка з пером не буде рухатися. Центр верхньої пластини блоку через передавальний механізм сполучений зі стрілкою, яка закінчується пером з чорнилом.

Механізм обертання барабана такий самий, як у термографа та гігрографа. На метеорологічних станціях, зазвичай, використовують тижневий годинниковий механізм (одне обертання барабана відбувається за 176 год).

Діаграмну стрічку поділено по вертикалі горизонтальними лініями з ціною поділки 2 гПа, а по горизонталі – вертикальними дугоподібними лініями з ціною поділки 2 год. Механізм барографа знаходиться у пластмасовому корпусі з відкидною кришкою. Встановлення стрілки з пером на необхідну поділку діаграмної стрічки (переведення пера вгору чи донизу) здійснюється поворотом встановлювального гвинта, відмітка часу – натисканням кнопки на корпусі.

Барограф встановлюють в приміщенні станції на полиці, закріпленій на стіні на висоті $110-130$ см від підлоги. Вигляд кривої запису змін величини атмосферного тиску між строками спостережень вказуватиме на форму баричної тенденції.

РОЗДІЛ 7

Визначення напрямку та швидкості вітру

Вітром називають горизонтальне переміщення повітря відносно земної поверхні. Характеристиками такого переміщення є швидкість та напрям. Швидкість вітру на метеорологічних станціях визначають у метрах за секунду (м/с), в інших вимірюваннях – в кілометрах за годину (км/год) чи в балах відповідно до шкали Бофорта. За напрям вітру приймають ту сторону горизонту, звідки віє вітер. Для позначення напрямку вітру в метеорологічних спостереженнях вказують румб (за 16-румбовою системою), тобто назву сторони горизонту, звідки віє вітер (табл. 2). В окремих спостереженнях вказують азимут (кут), що відраховується в градусах від північного напрямку меридіану за годинниковою стрілкою до напрямку вітру.

Внаслідок процесів турбулентності у нижньому шарі атмосфери швидкість та напрям вітру постійно змінюються. У зв'язку з цим, під час проведення метеорологічних спостережень визначають середню швидкість у м/с за 2 або 10 хв та максимальну за цей же інтервал часу, тобто швидкість вітру при максимальному пориві. Встановлюють також максимальну швидкість між стандартними строками спостережень, тобто за кожні 3 год. Визначають напрям вітру, встановлюючи його середнє значення за 2- або 10-хвилинний інтервал (румб або азимут).

Характеристики вітру на метеорологічних станціях вимірюють на висоті 10–12 м. Прилади для вимірювання швидкості вітру називаються анемометрами; прилади для одночасного вимірювання швидкості та напрямку вітру – анеморумбометрами. На окремих метеостанціях користуються найпростішим приладом – флюгером.

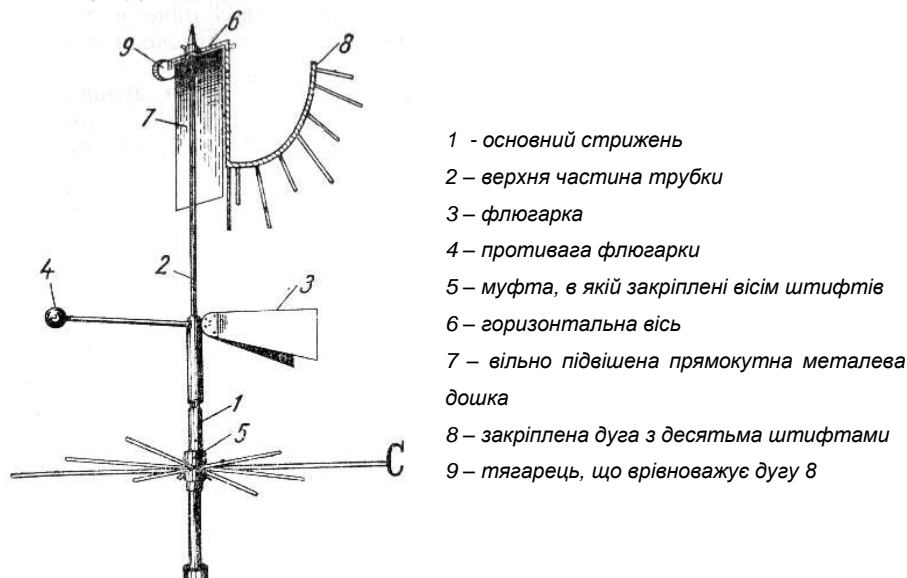
Таблиця 2

Назви і позначення румбів та їх значення у градусах

Назви румбів	Позначення		Градуси	
	українські	міжнародні	від	до
Штиль	–	–	–	–
Північ-північний схід	Пн Пн С	NNE	12	33
Північний схід	ПнС	NE	34	56
Схід-північний схід	С Пн С	ENE	57	78
Схід	С	E	79	101
Схід-південний схід	С Пд С	ESE	102	123
Південний схід	Пд С	SE	124	146
Південь-південний схід	Пд Пд С	SSE	147	168
Південь	Пд	S	169	191
Південь-південний захід	Пд Пд З	SSW	192	213
Південний захід	ПдЗ	SW	214	236
Захід-південний захід	З Пд З	WSW	237	258
Захід	З	W	259	281
Захід-північний захід	З Пн З	WNW	282	303
Північний захід	Пн З	NW	304	326
Північ-північний захід	Пн Пн З	NNW	327	348
Північ	Пн	N	349	11
Змінний	–	–	–	–

Флюгер. Цей прилад був запропонований професором Вільдом наприкінці XIX ст. і дотепер використовується у мережі метеорологічних станцій. Якщо до метеорологічного майданчика не підведене електропостачання, флюгер є основним приладом для визначення характеристик вітру. Флюгером можна виміряти середню швидкість вітру, швидкість при максимальних поривах та напрям вітру.

На нижній нерухомій трубі флюгера (рис. 23) закріплені стрижні, що вказують на сторони горизонту. Стрижень, спрямований на північ позначають літерою «П» чи «N». На верхній трубі, що обертається, змонтована флюгарка з противагою: це дві трикутні лопаті, з'єднані під кутом 20° , що продовжені стрижнем з кулькою-противагою на кінці. Вище розташований пристрій для визначення швидкості вітру, який складається з металевої дошки та дугоподібної шкали з невеликими радіально направленими штифтами-стрижнями. Металева дошка має розміри 13×30 см і вільно коливається відносно горизонтальної осі, яка проходить через верхній край дошки і завжди розташовується перпендикулярно до напрямку вітру. Для вимірювання швидкостей вітру до 20 м/с використовується флюгер із так званою легкою дошкою – вагою 200 г, а швидкість вітру, більшу ніж 20 м/с визначають, використовуючи флюгер із важкою дошкою (800 г). Флюгери з легкою та важкою дошкою на метеорологічному майданчику встановлюють на окремих металевих щоглах (поруч) на висоті 10 – 12 м. В темний період доби прилади освітлюються прожектором.



- 1 - основний стрижень
- 2 - верхня частина трубки
- 3 - флюгарка
- 4 - противага флюгарки
- 5 - муфта, в якій закріплені вісім штифтів
- 6 - горизонтальна вісь
- 7 - вільно підвішена прямокутна металева дошка
- 8 - закріплена дуга з десятьма штифтами
- 9 - тягарець, що зрівноважує дугу 8

Рис. 23. Флюгер Вільда

Швидкість вітру визначають за відхиленням дошки відносно стрижнів дугоподібної шкали (показника швидкості), а напрям вітру – за положенням противаги флюгарки відносно стрижнів, що вказують на сторони світу (показника напрямку). Для визначення швидкості вітру потрібно впродовж 2-х хв спостерігати за відхиленням дошки відносно шкали швидкості та встановити середнє положення і найбільше відхилення, записавши номери відповідних штифтів. Штифти нумеруються знизу догори, від 0 до 7. Кожному штифту відповідає певне значення швидкості вітру (табл. 3). Для визначення напрямку вітру підходять близько до щогли, де встановлено флюгер, і впродовж 2–3 хв спостерігають за положенням противаги флюгарки відносно показника напрямку. Визначають середнє положення і записують румб за 16-ти румбовою системою.

Анеморумбометр. Це комплекс, призначений для вимірювання середньої (за 10 хв), миттєвої та максимальної швидкості вітру, а також для визначення осередненої швидкості вітру, як за проміжок часу між строками спостережень, так і за будь-який інший. За ним визначається також осереднений напрям вітру. На мережі метеорологічних станцій цей дистанційний комплекс (рис. 24) є основним засобом вимірювання характеристик вітру. Комплекс складається з блоку датчиків, що визначають напрям та швидкість вітру, вимірювального пульта та блоку живлення. Принцип дії анеморумбометра полягає у перетворенні вимірюваних характеристик вітру в електричні імпульси, які через кабель передаються на вимірювальний пульт. Блок вимірювання швидкості та напрямку вітру складається з флюгера, що має сигароподібний корпус, який закінчується флюгаркою. В передній частині корпусу розміщений

вимірювач швидкості у вигляді чотирилопасного повітряного гвинта. Під впливом обертання флюгарки площина, в якій обертається гвинт, розташовується перпендикулярно до напрямку вітру. Швидкість обертання гвинта буде пропорційна швидкості вітру.

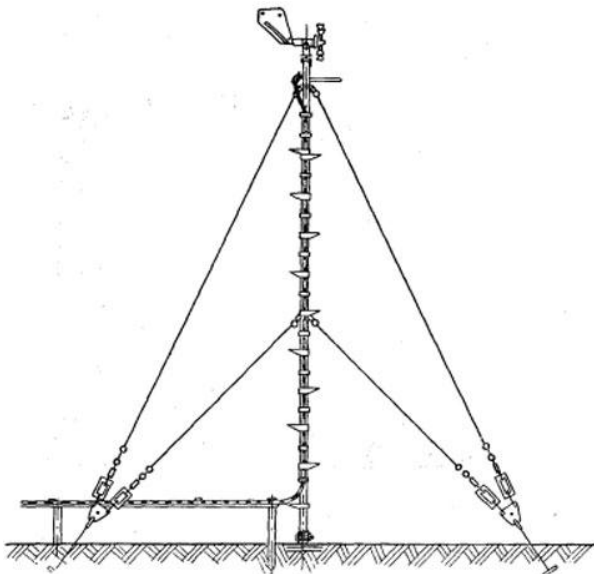
Таблиця 3

Співвідношення між швидкістю вітру (м/с) та номерами штифтів

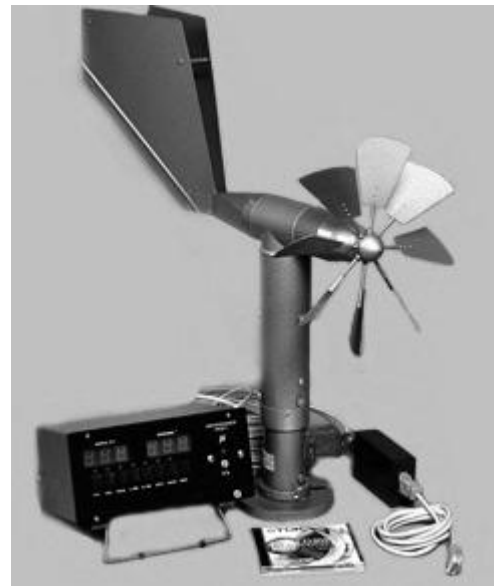
Номер штифта	Швидкість вітру (м/с) для флюгера з	
	легкою дошкою	важкою дошкою
0	0	0
0-1	1	2
1	2	4
1-2	3	6
2	4	8
2-3	5	10
3	6	12
3-4	7	14
4	8	16
4-5	9	18
5	10	20
5-6	12	24
6	14	28
6-7	17	34
7	20	40

Блок вимірювальних датчиків разом із зовнішньою трубою вільно обертаються навколо нерухомого стрижня, закріпленого на металевій щоглі. Всередині вимірювального блоку та зовнішньої труби розміщені елементи, що перетворюють визначені характеристики вітру на електричні імпульси, які в свою чергу надходять на вимірювальний пульт.

Межі вимірювання швидкості вітру від 1,5 м/с до 60 м/с, похибка вимірювання швидкості $\pm(0,5+0,052v), м/с$, напрямку – $\pm 10^\circ$. Початкова чутливість приладу до швидкості вітру становить 0,6 м/с, за напрямом – 1° . Допустима відстань від станції 5 км.



24-а) загальний вигляд приймальної частини анеморумбометра



24-б) приймальна частина та вимірювальний пульт анеморумбометра

Рис. 24. Анеморумбометр

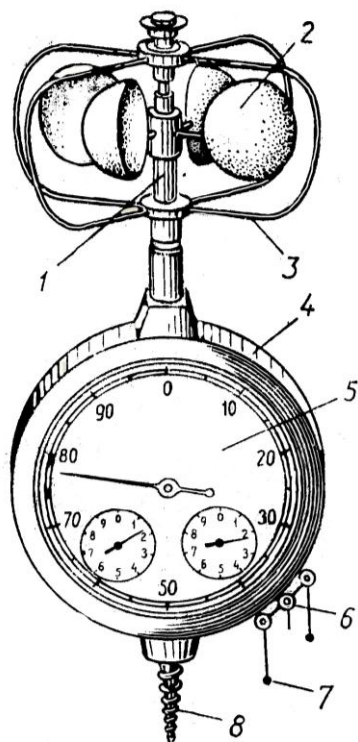
Вимірвальний пульт встановлюють в приміщенні метеорологічної станції. Це настільний прилад, на передній панелі якого розміщені шкали швидкостей та напрямів вітру, кнопки вмикання приладу, перемикач шкал, скидання показів, інші індикатори.

Блок живлення забезпечує роботу анеморумбометра від мережі змінного струму або від акумуляторів впродовж 3–5 діб (аварійний режим).

Для неперервної реєстрації швидкості та напрямку вітру використовують самописець – анеморумбограф, конструкція якого загалом подібна до анеморумбометра.

Анемометр ручний чашковий. Прилад використовують для визначення середньої швидкості вітру за певний проміжок часу, що фіксується за допомогою секундоміра. Межі вимірювань швидкості від 1 м/с до 20 м/с, початкова чутливість приладу 0,8 м/с, похибка вимірювань $\pm(0,3 + 0,06v)$, м/с.

Приймальною частиною анемометра (рис. 25) є хрестовина (вертушка) з чотирма порожніми півкулями, оберненими опуклостями в один бік. Під впливом повітряного потоку хрестовина вільно обертається навколо вертикальної осі завжди в один бік – за спрямуванням опуклостей півкуль, оскільки тиск повітряного потоку на чашки з опуклого боку є меншим, ніж на чашки, повернуті до повітряного потоку внутрішнім (увігнутим, порожнім) боком. Хрестовина з чашками-півкулями захищена двома рамками з товстого дроту, що розміщені навхрест. Верхній та нижній кінці осі, що тримає хрестовину, спираються на агатові підшипники, що сприяє зменшенню сили тертя та підвищенню чутливості приладу до швидкості повітряного потоку. Нижня частина вертикальної осі сполучена черв'ячною передачею із зубчаткою механічного лічильника обертів вертушки. Лічильник має три шкали, на великому циферблаті показано кількість обертів від 0 до 100, а на двох маленьких – відповідно сотні та тисячі обертів. Вмикається та вимикається лічильник аретиром, розміщеним на корпусі приладу (поворот за годинниковою стрілкою вмикає лічильник, а у зворотному напрямку – вимикає). По обидва боки від аретира є металеві вушка, крізь які можна пропустити шнур, і за його допомогою вмикати та вимикати лічильник.



- 1 – вертикальна вісь, на якій кріпиться хрестовина
- 2 – хрестовина з чотирма порожніми півкулями, випуклі поверхні яких спрямовані в один бік
- 3 – дуги, що захищають півкулі від механічних пошкоджень
- 4 – корпус
- 5 – циферблат лічильного механізму
- 6 – рухоме кільце аретира для вмикання та вимикання приладу
- 7 – два вушка, за допомогою яких вмикається і вимикається прилад, якщо він встановлений вище очей спостерігача
- 8 – гвинт для закріплення анемометра на дерев'яній жердині

Рис. 25. Анемометр ручний чашковий

Під час проведення спостережень за швидкістю вітру прилад можна тримати в руках у вертикальному положенні над головою, в цьому випадку тривалість вимірювань становить 100 с. Анемометр можна закріплювати на дерев'яній палиці за допомогою гвинта, тоді тривалість спостережень збільшується до 10 хв.

Перед початком спостережень записують покази стрілок на всіх трьох циферблатах. Потім анемометр виставляють під потік повітря, швидкість якого визначають. Кілька секунд тримають, надаючи можливість вертушці набрати необхідних обертів, після чого одночасно вмикають секундомір та лічильник обертів вертушки. Провівши вимірювання впродовж необхідного часу, вимикають анемометр та секундомір (одночасно). Знову знімають покази за трьома шкалами приладу, знаходять різницю між попередніми показами та отриманими. Встановивши кількість обертів анемометра за 1 с та скориставшись перевідною таблицею, визначають швидкість вітру в м/с.

Безперечною перевагою чашкового анемометра є те, що прилад не потребує певної орієнтації відносно напрямку вітру, найважливіше, щоб вісь обертання вертушки була спрямована вертикально.

Анемометр чашковий індукційний. Цей прилад використовується для визначення миттєвої швидкості вітру, точніше, осередненої за 2–3 с за рахунок інерції приладу. Межі вимірювань – від 2 м/с до 30 м/с, ціна поділки шкали 1 м/с, початкова чутливість приладу – швидкість вітру 1,5 м/с, похибка вимірювань $\pm (0,5 + 0,05v)$, м/с.

Чутливим елементом даного типу анемометрів є вертушка з трьома чашками-півкулями. До нижнього кінця осі вертушки прикріплена магнітна система, що виконує роль електричного генератора. Величина електричного струму, який тут виникає, пропорційна кутовій швидкості обертання вертушки. Вимірювання сили електричного струму здійснюється за допомогою гальванометра, шкала якого проградуєвана в одиницях вимірювання швидкості вітру. Для проведення спостережень прилад встановлюють на дерев'яній жердині, використовуючи спеціальний накінецьник.

Крильчатий анемометр. Використовується для вимірювання горизонтальної швидкості повітряних потоків, що не перевищує 5 м/с. Його чутливим елементом є восьмикрилий млинок, що обертається навколо горизонтальної осі, яку потрібно орієнтувати за напрямом вітру з відхиленням, що не перевищує $\pm 15^\circ$. Діапазон вимірювань швидкості від 0,3 м/с до 5 м/с, точність вимірювань досить висока і перевищує точність вимірювань чашковим анемометром.

РОЗДІЛ 8

Спостереження за хмарами та визначення метеорологічної дальності видимості

Хмарами називають скупчення продуктів атмосферної конденсації (сублімації), що розташовані на певній висоті над земною поверхнею.

Характеристики хмар важливі для прогнозування погоди й опису стану атмосфери в конкретний момент часу. Дані про хмари та їх динаміку широко використовуються для вирішення прикладних завдань, особливо в обслуговуванні авіаційного транспорту.

На метеорологічних станціях під час проведення спостережень визначають такі характеристики хмар: кількість хмар (оцінюють візуально), форма хмар (визначають візуально) і висота нижньої межі хмар нижнього ярусу та хмар вертикального розвитку (оцінюють як візуально, так і інструментально). Спостереження проводять кожні три години – у стандартні метеорологічні строки.

Визначення кількості та форми хмар. Кількість хмар (хмарність) оцінюють візуально, у балах, на видимій площі небосхилу. Якщо хмарами вкрита вся видима площа небосхилу, то хмарність оцінюється у 10 балів. Один бал хмарності складає 0,1 частину видимого небосхилу. Якщо хмарність займає менше 0,1 частини від площі, спостерігач позначає у книжці КМ-1, сліди хмарності. У ході спостережень оцінюють загальну кількість хмар усіх ярусів (загальна хмарність) та кількість хмар нижнього ярусу (нижня хмарність).

Для визначення форм, видів та різновидів хмар спостерігачі користуються Міжнародною морфологічною класифікацією хмар, що наводиться в Атласі хмар.

Приклад запису результатів спостережень за хмарністю:

0/0 – ясно; 8/0 Сі – небо (0,8 частина видимого небосхилу) вкрите хмарами верхнього ярусу, хмари середнього та нижнього ярусу відсутні;

8/3 Сі, Ас, Сu – загальна хмарність 8 балів, спостерігаються хмари верхнього (Сі), середнього (Ас) ярусів та 3 бали хмар нижнього ярусу (у даному випадку хмар вертикального розвитку – Сu);

10/10 Ns – загальна хмарність та хмарність нижнього ярусу становить 10 балів (весь видимий небосхил вкритий хмарами) і хмарний покрив складають Ns – хмари нижнього ярусу.

Вимірювання висоти нижньої межі хмар. Висоту хмар визначають як висоту їх нижньої межі над земною поверхнею. В основному вимірюють висоту основи хмар нижнього та середнього ярусів (не вище 2500 м), а практично найчастіше визначають висоту низьких хмар (нижній ярус).

На більшості сучасних метеорологічних станцій, а особливо на тих, що обслуговують авіацію, основним методом визначення висоти нижньої межі хмар є світлолокаційний метод. За цим методом висота хмар визначається за часом проходження світлом відстані від датчика світлового імпульсу до нижньої межі хмар і в зворотному напрямку до приймальної частини приладу, що реєструє зворотній світловий сигнал. Висота основи хмар визначається за формулою:

$$H = ct / 2$$

де c – швидкість поширення світла (3×10^8 , м/с), t – час.

Світлолокаційний метод реалізується в імпульсному вимірювачі висоти хмар ВВХ-1М. Установка складається з датчика та приймача світлових імпульсів, пульта керування, з'єднувальних кабелів. Принцип роботи полягає у тому, що датчик посилає світловий сигнал вертикально до нижньої межі хмар, а приймач за допомогою фотоелектронного помножувача перетворює відбитий від хмари світловий імпульс в електричний сигнал і передає його на пульт управління.

Визначення часу t виконується на екрані електронно-променевої трубки, результат отримують у метрах висоти. Частота посилання імпульсів 20 Гц.

Випромінювач та приймач змонтовані на карданних підвісах, що забезпечує самовстановлення їхніх оптичних осей у вертикальному положенні. Усі операції з включення, відкривання кришок датчика і приймача на час проведення вимірів та їх закриття після

закінчення вимірювань здійснюються дистанційно за допомогою пульта управління. Відстань між датчиком та приймачем становить 8–10 м. Вимірювання можуть проводитися у будь-який час доби та в широкому температурному діапазоні. Межі вимірювань висоти хмарності – від 50 до 2000 м, похибка вимірювання становить 10–15 %. Кожне вимірювання триває 4–5 с. Частина приладу, що розташовані надворі, можуть працювати за температури від -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Пульт управління знаходиться в приміщенні метеорологічної станції на відстані 100 м. За допомогою додаткових блоків відстань може бути збільшена до 10 км. Можливим є також встановлення датчиків неперервної реєстрації висоти хмар. Часто такі комплекси встановлюють на підходах до злітної смуги великих аеропортів у кількох точках – це дає змогу здійснювати безперервні спостереження за динамікою висоти хмар.

За відсутності установки ВВХ визначення висоти хмар здійснюється куле-пілотним або триангуляційним методами.

Куля-пілот являє собою невелику гумову кульку, наповнену воднем. Перед запуском кулі за допомогою вагів визначають її підйомну силу, і на основі цього встановлюють швидкість підйому в м/хв. Спостерігаючи за польотом кулі, фіксують час від моменту запуску до моменту входження кулі-пілота в хмару. Висота нижньої межі розраховується наступним чином:

$$H = Vt$$

де V – вертикальна швидкість підйому кулі, визначена перед початком польоту, м/хв; t – проміжок часу від запуску кулі до входження її в хмару, хв.

У темний період доби до кулі прикріплюють невелике джерело світла, наприклад, лампочку з батарейкою. Недоліками методу можна вважати складність підготовки кулі-пілота до проведення вимірювань та обмеженість використання методу за хмарності менше 5 балів (куля з високою ймовірністю може потрапити у просвіти між хмарами).

У темний період доби також можна визначати висоту нижньої межі хмар, використовуючи *триангуляційний метод*. Для цього використовують прожекторну установку, яка створює потужний вузький промінь світла. Промінь прожектора спрямовується строго вертикально, а за допомогою кутимірного пристрою, що встановлений на відомій відстані S від прожектора, визначається кут α , під яким видно центр світлового кола на хмарі, яке утворюється від променя прожектора. Висоту хмар визначають зі співвідношення:

$$H = Stg\alpha$$

Крім описаних методів, визначення висоти нижньої межі хмар може, за потреби, здійснюватися візуально, або розраховуватися за положенням рівня конденсації у момент проведення спостережень.

Метеорологічною дальністю видимості (МДВ) у світлий період доби називають відстань, на якій близько до горизонту на тлі неба можна розрізнити предмет, що має кутові розміри понад 15 кутових мінут, або ж чорний предмет таких самих розмірів на фоні серпанку. Очевидно, що метеорологічна дальність видимості залежить від прозорості повітря.

На метеорологічних станціях повинне забезпечуватися вимірювання МДВ у межах від 50 м до 50 км. Для проведення вимірювань використовують візуальний, інструментальний та візуально-інструментальний методи. Для перших двох методів характерні суб'єктивні помилки, адже на результати спостережень впливає досвід спостерігача та гострота його зору, третій метод є об'єктивним.

Для визначення МДВ візуальним методом у світлий період доби на метеорологічній станції підбирають дев'ять об'єктів, розташованих на відстанях 50, 200, 500 м та 1, 2, 4, 10, 20, 50 км. Вибирають, за можливості, відносно темні об'єкти, які видно на тлі неба біля горизонту з кутовими розмірами не менше 15 кутових мінут. Суть спостереження полягає в тому, щоб визначити, які з обраних об'єктів є видимими, а які – ні. В темний період доби МДВ визначається за видимими вогнями (освітленням), що належать фіксованим об'єктам.

На сьогодні найпоширенішим методом спостережень за МДВ на метеорологічних станціях є візуально-інструментальний метод. При цьому застосовують вимірювачі дальності видимості типу М-53А. Робота цього приладу базується на оптичному роздвоєнні зображення об'єкту з

подальшим приведенням до однакової яскравості обох зображень, або ж використовується поляризаційний ефект, й одне із зображень гаситься.

У темний період доби для визначення МДВ застосовується нефелометрична установка, що складається з прожектора та описаного раніше поляризаційного вимірювача дальності видимості М-53А. Метод ґрунтується на залежності між метеорологічною дальністю видимості та прозорістю повітря. Чим менша прозорість атмосфери, а значить і дальність видимості, тим інтенсивнішим буде розсіювання жмутка світла від прожектора. Визначається яскравість розсіяного повітрям жмутка відбитого світла, що фіксується приймачем установки, і через відому залежність встановлюється величина МДВ. Межі таких вимірювань від 50 м до 50 км, похибки вимірювань $\pm 25-30\%$.

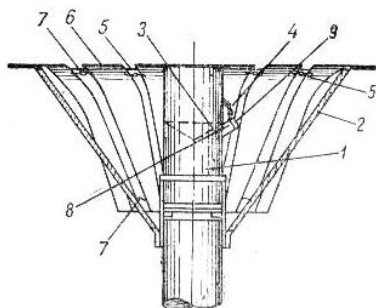
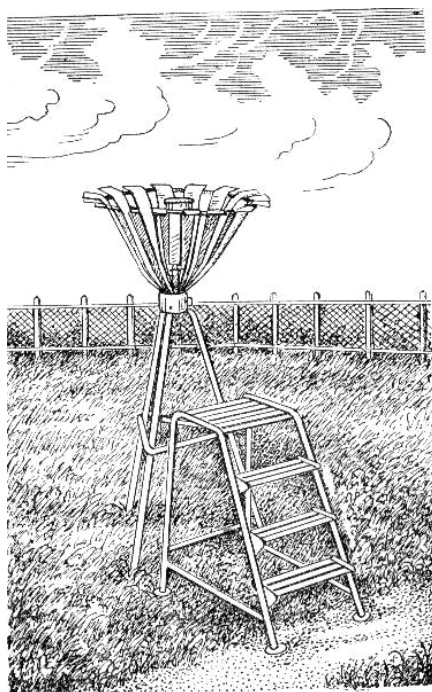
Для точніших вимірювань метеорологічної дальності видимості використовують фотометричні прилади, що називаються реєстраторами дальності видимості (РДВ). Їхня робота базується на порівнянні інтенсивності двох світлових потоків, що поширюються від одного джерела світла. Один із потоків потрапляє на фотоелемент після проходження певного шару атмосфери, а інший є контрольним і потрапляє на фотоелемент безпосередньо від джерела світла. Прилад складається із фотометричного блоку та відбивача, відстань між якими 100 м. Такі установки дозволяють проводити неперервні вимірювання МДВ та реєструвати значення на стрічці. Вони використовуються в метеорологічному обслуговуванні авіації.

РОЗДІЛ 9

Спостереження за атмосферними опадами та сніговим покривом

Атмосферними опадами називають продукти конденсації чи сублімації водяної пари, що в рідкому або твердому стані випадають з хмар на земну поверхню. Кількість рідких і твердих опадів вимірюють висотою шару води (в мм), що утворився б на горизонтальній водонепроникній поверхні. За необхідності визначають ще й інтенсивність опадів у міліметрах за хвилину (мм/хв). У метеорологічній мережі для вимірювання кількості опадів використовують опадомір Третьякова та плювіограф.

Опадомір Третьякова. Цей прилад використовують для збору рідких і твердих опадів та подальшого вимірювання їхньої кількості. Приймальною частиною опадоміру (рис. 26) є циліндричне відро, яке у середній частині перегороджене конусоподібною діафрагмою з отвором посередині. Площа приймальної поверхні відра становить 200 см^2 , висота 40 см. У теплий період року для зменшення випаровування дощової води, що перебуває у відрі, в діафрагму ще вставляється лійка, через яку опади потрапляють до нижньої частини відра. Для зливання зібраної рідини на стінці відра є зливний патрубок, який в робочому стані опадоміра закритий зйомним ковпачком. Ковпачок, як і діафрагма, має запобігати випаровуванню води з відра, що дуже важливо у спекотні літні дні, коли відро дуже нагрівається. В холодний період року лійку в діафрагму не вставляють.



- 1 – посудина для збору опадів
- 2 – кріплення опадоміра до стовпа
- 3 – діафрагма у вигляді лійки
- 4 – ланцюжок для кріплення ковпачка до носика опадоміра
- 5 – металеве кільце для кріплення планкового захисту
- 6 – вітровий планковий захист (16 планок)
- 7 – ланцюжок для кріплення планкового захисту
- 8 – носик для зливання зібраних опадів
- 9 – ковпачок для закриття носика

Рис. 26. Опадомір Третьякова

З метою уникнення зменшення точності показів опадоміра внаслідок видування вітром твердих, а інколи і рідких опадів (або навпаки – вдування), у приладі передбачений планковий захист. Це 16 вигнутих металевих пластин, що мають форму рівнобедреної трапеції. Пластини закріплюються на рівних відстанях одна від одної, кут нахилу до горизонту – 70° , угорі та внизу пластини скріплені між собою ланцюжками. Конструкція планкового захисту має вигляд конусу та закріплюється на металевому або дерев'яному стовпі висотою 155 см і призначена для зменшення швидкості повітряного потоку біля приймальної частини приладу. Така висота стовпа обирається для того, щоб приймальна частина приладу розташовувалася на висоті 2 м над земною поверхнею. З північного боку біля опадоміра встановлюють драбинку для зручності проведення спостережень.

Вимірювання кількості атмосферних опадів проводиться чотири рази на добу – в 00, 06, 12 та 18 годин за міжнародним скоординованим часом.

У відповідний строк спостерігач приносить із приміщення метеорологічної станції порожнє відро, закрите кришкою (для запобігання потраплянню туди опадів) та замінює ним відро, що перебуває в опадомірі. Відро з опадами закривають кришкою, приносять у приміщення метеостанції та проводять вимірювання їхньої кількості. Для цього всю воду, зібрану у відрі, виливають у мірний стакан (склянку), який входить до комплекту опадоміра. За положенням меніска води в стакані відраховують кількість поділок, заокруглюючи до цілих значень. Співвідношення між площею приймального отвору відра та площею поперечного перерізу мірного стакана таке, що одній поділці стакана відповідає 0,1 мм опадів. Якщо випадають тверді або змішані опади, то вимірювання їхньої кількості здійснюється після того, як опади розтануть.

До вимірної кількості опадів додають поправки на змочування опадомірного відра та на випаровування. Якщо виміряна кількість опадів не перевищує 0,1 мм, то і поправка становитиме 0,1 мм, за більшої кількості поправка буде 0,2 мм. Якщо кількість вимірюваних опадів перевищує 100 мм, вимірювання слід проводити в кілька етапів, але до отриманої загальної суми додавати одну поправку – 0,2 мм. У разі випадіння твердих або змішаних опадів величина поправки становитиме 0,1 мм незалежно від їхньої кількості.

Добову кількість опадів визначають як суму результатів вимірювань за всі строки спостережень.

Плювіограф. Прилад призначений для реєстрації кількості та інтенсивності рідких опадів. Приймальною частиною приладу (рис. 27) є відкрита посудина циліндричної форми з поперечним перерізом площею 500 см^2 . Дощова вода, що тут збирається, стікає по трубці у розташовану нижче водозбірну посудину, де знаходиться поплавок із вертикальним стрижнем, до якого кріпиться стрілка з пером. У міру накопичення опадів у водозбірній ємності поплавок піднімається, а стрілка з пером викреслює криву на діаграмній стрічці, закріпленій на барабані з годинниковим механізмом. Плювіографи мають годинникові механізми з тижневим або добовим обертом. При наповненні водозбірної ємності вода автоматично зливається через скляну трубку-сифон. У цей момент стрілка з пером опускається по вертикалі на нульову (початкову) позначку діаграмної стрічки. Діаграмні стрічки плювіографа обробляються і оформлюються за спеціальними правилами, результати спостережень записуються на лицьовому боці стрічки.

Спостереження за росою. На метеорологічних станціях визначають час появи роси, кількість сконденсованої вологи в міліметрах шару води (аналогічно до опадів), час настання максимальної інтенсивності явища та час його закінчення. Названі характеристики отримують за допомогою росографа. Принцип дії приладу ґрунтується на зважуванні роси, що випала на приймальну поверхню. Вимірювальним приладом є ваги. Росограф поміщають у корпус подібний до термографа та інших самописців.

Спостереження за сніговим покривом здійснюються на метеорологічних станціях щоденно у холодний період року та під час періодичних ландшафтно-маршрутних снігомірних зйомок для визначення снігонакопичення і запасів води у снігові в різних елементах природних ландшафтів.

Щоденні спостереження починаються з моменту утворення снігового покриву і тривають до його сходження. Під час спостережень визначають ступінь покриття снігом земної поверхні та характер залягання снігового покриву (дані характеристики визначаються візуально). Спостерігач з одного і того ж підвищення поблизу метеорологічного майданчика або безпосередньо з майданчика оглядає територію, оцінюючи стан снігового покриву.

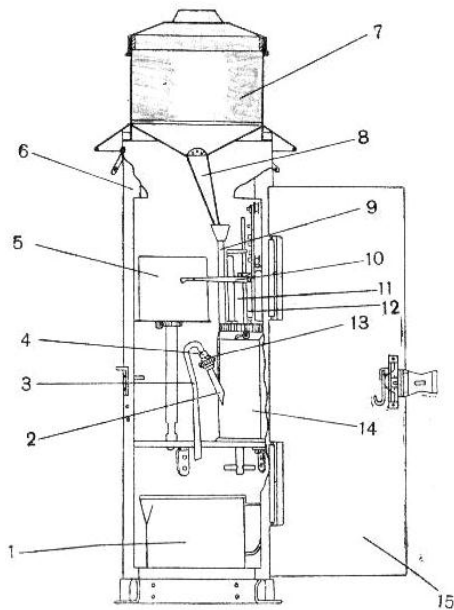


Рис. 27. Плувіограф

- 1 – контрольна ємність
- 2 – трубка, впаяна в поплавкову камеру
- 3 – скляний сифон, що вставляється в трубку
- 4 – стопорна муфта
- 5 – годинниковий механізм
- 6 – корпус
- 7 – циліндрична ємність для опадів
- 8 – зливна трубка, припаяна до дна
- 9 – лійка трубки
- 10 – стрілка з пером, що пише на стрічці
- 11 – металева стійка, закріплена на кришці поплавкової камери
- 12 – стержень
- 13 – гайка, що затискає скляний сифон
- 14 – поплавкова камера
- 15 – дверці з замком, прикріплені на петлях

Ступінь покриття оцінюється за 10-бальною шкалою (0,1 частина видимої поверхні відповідає 1 балу). Характер залягання снігового покриву визначається за таким принципом: рівномірний – без кучугур, нерівномірний – невеликі кучугури, дуже нерівномірний – великі кучугури. Оцінюють також стан ґрунту (мерзлий, чи відталый) і фіксують структуру снігу (сніг свіжий, пухкий, липкий та ін.).

За щоденних спостережень вимірюють висоту снігового покриву, використовуючи три постійні снігомірні рейки. Їх встановлюють у межах метеорологічного майданчика в точках, що є вершинами рівностороннього трикутника. При цьому одна з рейок розташована поблизу ділянки з ґрунтово-глибинними термометрами. Висота снігового покриву визначається як середнє значення з відліків, зроблених по трьох снігомірних рейках. Точність визначення висоти снігового покриву – 1 см. Щоденні спостереження проводяться один раз на добу – о 6 годині за МСЧ.

Постійна снігомірна рейка – це дерев'яний брусок, довжина якого 2 м, ширина – 5–6 см, товщина – 2–3 см. Рейка пофарбована у білий колір, з її лицьового боку нанесена шкала в сантиметрах. Кожну непарну поділку нанесено чорною фарбою, десятки підписані цифрами.

Ще одним методом спостережень за сніговим покривом є маршрутні снігомірні зйомки. Основна мета маршрутних зйомок – визначення запасів води, зосередженої у сніговому покриві. Маршрути прокладають таким чином, щоб віддаленість кожного не перевищувала 5 км від метеорологічної станції. Вони мають проходити типовими ландшафтами, що найчастіше зустрічаються поблизу метеорологічної станції: поле, ліс, яр, балка та ін. Довжина маршруту може становити 2000 м (лісостепові райони з розчленованим рельєфом), або 1000 м – рівнинні райони. Під час маршрутної зйомки визначають висоту снігового покриву та щільність снігу. На маршруті довжиною 2000 м висота снігового покриву визначається кожні 20 м, а щільність снігу – кожні 200 м. На рівнинних ділянках, невеликих полях, у лісових масивах, де довжина маршруту становить 1000 м, висоту снігового покриву вимірюють через 20 м, а щільність снігу – через 100 м. Маршрутні снігозйомки проводять один раз на 5 днів.

Висоту снігового покриву під час снігомірних зйомок вимірюють переносною снігомірною рейкою, а щільність снігу – ваговим снігоміром. Переносна рейка подібна до стаціонарної, але має нижній загострений кінець для зручності занурення у сніговий покрив та ґрунт.

Снігомір складається зі снігозабірника, вагів та лопатки. Снігозабірник зроблено у вигляді металевого циліндра, який з одного кінця закривається кришкою, а з іншого – утворює кільцеве потовщення з пилкоподібним ріжучим краєм. Уздовж циліндра-снігозабірника нанесена шкала від 0 до 50 см. Висота циліндра 60 см, площа внутрішнього перерізу 50 см². На циліндрі розташоване кільце з дужкою, яке використовується для підвішування до вагів при зважуванні.

Для забору проби снігу зі снігозабірника знімають кришку і занурюють пилкоподібним краєм у сніговий покрив до поверхні ґрунту (при висоті снігового покриву до 60 см) і, беручи відліки по шкалі снігозабірника, визначають висоту снігового покриву. Лопаткою зчищають зайвий сніг і зважують циліндр зі снігом на вагах снігоміра. Щільність снігу визначають як відношення маси проби снігу до об'єму проби, (г/м³).

Запас води у сніговому покриві визначається за висотою шару води (мм), який міг би утворитися після танення снігу за відсутності стоку, просочування води у ґрунт та випаровування. Очевидно, що запас води залежить від висоти снігового покриву та його щільності і визначається за співвідношеннями:

$$W = 5hd$$

де h – висота снігового покриву в см, d – щільність (густина) снігового покриву,

$$d = 5n / 50h = n / 10h$$

n – кількість поділок на лінійці вагів снігоміра (множник 10 використовують для отримання результатів у мм). Ціна поділки на лінійці вагів становить 5 г.

Якщо сніговий покрив неоднорідний і складається з різних за структурою та фазовим станом шарів, то під час спостережень визначають товщину (висоту) кожного шару, або глибину його залягання. Щільність снігу і запаси води в ньому розраховуються як суми відповідних величин кожного шару з відмінними властивостями:

$$W = W_c + W_{CB} + W_B + W_K, \text{ (мм)}$$

де W – загальний запас води у сніговому покриві, W_c – запас води у шарі снігу, W_{CB} – запас води в шарі насиченого водою снігу, W_B – запас вологи в шарі талої води, W_K – запас води в шарі льодяної кірки.

Слід зауважити, що в кожному конкретному випадку спостережень можуть зустрічатися як усі перераховані шари, так і окремі з них.

Для вимірювання запасів води у сніговому покриві при проведенні спеціальних досліджень може застосовуватися метод із використанням радіоактивних ізотопів. Суть методу полягає у зменшенні снігом потоку гама-променів, які надходять від джерела на поверхні ґрунту під сніговим покривом. Використовується така залежність

$$J = J_0 e^{-Wk}$$

де J, J_0 – відповідно інтенсивність випромінювання за наявності шару води та за його відсутності; e – основа натурального логарифму; W – товщина шару води або запаси води у сніговому покриві; k – коефіцієнт послаблення випромінювання.

Запас води у сніговому покриві визначається таким чином:

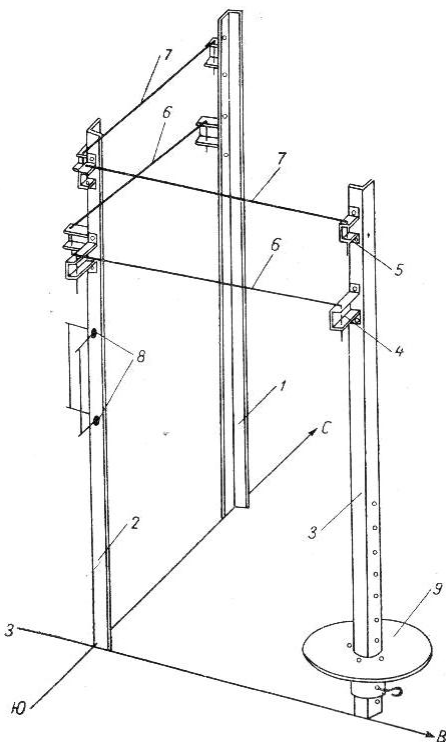
$$W = 1 / 0,434k \times \lg J_0 / J, \text{ (см)}$$

Як джерело випромінювання використовують радіоактивну речовину з періодом напіврозпаду не меншим кількох років, найчастіше Co^{60} . Вимірюють потік випромінювання спеціальним лічильником. За таким принципом працює вимірювач запасів води у сніговому покриві М-31М. Цей прилад складається із металевої трубчатої снігомірної рейки, довжина рейки дозволяє проводити вимірювання при висоті снігового покриву, що досягає 2,5 м. У нижньому загостреному кінці рейки розміщують ізотоп Co^{60} , а у верхній частині – закріплюють лічильник гама-випромінювання. Шкала приладу градуйована у сантиметрах шару води, що відповідає запасам води у сніговому покриві.

Спостереження за ожеледдю та іншими льодовими відкладами. До таких відкладів належать льодові відклади різного походження та структури (скловидні, кристалічні,

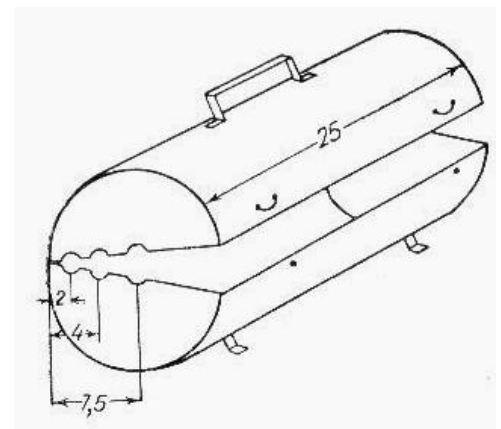
снігоподібні), що утворюються на будівлях, гілках дерев, дротах та ін. Утворення таких відкладів часто супроводжується посиленням вітру, що може призводити до обриву дротів, падіння опор та інших споруд.

На метеорологічних станціях визначають такі характеристики ожеледі та інших льодових відкладів: тривалість зледеніння (час початку настання метеорологічного явища та час його закінчення), розміри відкладів на дротах вимірювальних станків, маса відкладів на 1 м дроту, тенденція розвитку процесу утворення ожеледі. Основним приладом для встановлення характеристик зледеніння є ожеледний станок (рис. 28), який знаходиться у північній частині метеорологічного майданчика. Станок складається із трьох стовпів, на яких закріплені дві пари дротів, де і зосереджуються льодові відклади. Це своєрідна приймальна частина приладу. Стовпи розташовані таким чином, що утворюють прямий кут, одна сторона якого спрямована з півночі на південь (меридіональна), а інша – з заходу на схід (широтна). Дроти мають довжину 90 см, діаметр – 5 мм. За середньої висоти снігового покриву до 50 см нижні дроти розташовані на висоті до 190 см, а верхні – на висоті 220 см над поверхнею ґрунту. За більшої середньої висоти снігового покриву на метеорологічній станції збільшується і висота (290, 320 см) розташування дротів.



28-а) будова ожеледного станка

1, 2, 3 – стійки із закріпленими на них двома парами дротів
4, 5 – скоби, за допомогою яких дроти кріпляться до стійок
6, 7 – дроти для відкладення льоду
8 – штирі для вертикального натягування двох дротів для льодоскопу
9 – фанерний круг льодоскопу



28-б) ванночка для розморожування ожеледних відкладів

Рис. 28. Ожеледний станок

Нижні дроти при проведенні спостережень не знімаються, і на них визначають поперечні розміри відкладів. Верхні дроти знімаються для визначення маси відкладів. Додатковим пристроєм є спеціальна ванна, яку вдягають на знятий верхній дріт з відкладами. Ванну разом із дротом переносять у приміщення метеостанції, а на станку встановлюють запасний верхній дріт.

Масу відкладів на ділянці дроту довжиною 25 см (така довжина ванни), що знаходиться у ванні, визначають після їх танення, вимірюючи кількість води (см³) мірним стаканом. Маса відкладів у грамах у числовому вираженні дорівнюватиме об'єму води, що утворилася після танення льоду, у кубічних сантиметрах. Збільшуючи отриманий результат у чотири рази, визначають масу відкладів, що припадає на 1 м довжини дроту.

Розміри відкладів та їхню масу визначають після закінчення наростання льодяних відкладів. Спостереження проводять щодві години. Після зникнення умов, сприятливих для утворення льодових відкладів, спеціальними інструментами очищають дроти станка для вимірювання.

Вимірювання випаровування. Визначення кількості води, що випаровується з поверхні водойми чи ґрунту, необхідне для вирішення багатьох наукових і практичних завдань: водно-балансових розрахунків, проектування та експлуатації гідромеліоративних систем, водосховищ тощо.

Випаровування (швидкість випаровування) визначається у міліметрах шару води, що випарувалася за одиницю часу, з точністю до 0,1 мм. Вимірюють випаровування у теплий період року. Найбільшого поширення набули прилади, принцип роботи яких ґрунтується на використанні рівняння водного балансу. До комплексу таких приладів входять випарник та дощомір. Прикладом цієї групи приладів може бути випаромір ДГІ-3000 (ДГІ – Державний гідрологічний інститут Росії). Випарник, що входить до комплексу установки – циліндричний бак, діаметром 616 мм і площею 3000 см², в центрі якого вмонтована латунна трубка та голка. Зміна рівня води у випарнику визначається за допомогою бюретки, з площею поперечного перерізу 20 см² та мірної скляної пробірки, ціна поділки якої відповідає 0,1 мм шару води у випарнику.

Спостереження проводяться у строки, близькі до 07 та 19 год за місцевим часом. У вранішній строк випарник заповнюють водою до рівня, що відповідає положенню вістря голки. Потім бюретку за допомогою спеціального стержня опускають у трубку випарника. Бюретку наповнюють водою до того моменту, поки рівні води у бюретці та випарнику співпадуть, після цього закривають клапан, через який вода надходила до бюретки. За допомогою мірного стакана визначають кількість води у бюретці у вранішній строк, а потім повторюють цю процедуру у вечірній строк (19 год). Встановивши різницю рівнів води між строками вимірювань (12 год), оцінюють швидкість випаровування.

Одночасно з вимірюваннями випарником проводяться вимірювання кількості опадів дощоміром, встановленим поруч. Дощомір (опадомір) має вигляд циліндричного баку, в який вставляється лійка з такою самою площею приймальної поверхні, як у випарника (3000 см²). Під лійкою розташоване відро для збирання опадів, кількість яких визначають за допомогою мірного стакана. Величину випаровування між двома послідовними строками спостережень розраховують за формулою

$$Z = \Delta h + X$$

де Z – шар води, що випарувалася, мм; Δh – величина зміни рівня води за час між строками спостережень, мм; X – кількість опадів за такий самий проміжок часу, мм.

Для проведення спостережень на суходолі випарник та дощомір розміщують у ямах так, щоб поверхня води у випарнику та поверхня ґрунту були на одному рівні.

Для вимірювання випаровування з водойми випарник та дощомір встановлюють на плоту. Поверхня води у випарнику та на водоймі також повинна знаходитися на однаковому рівні.

Для вимірювання випаровування з поверхні ґрунту застосовують також ґрунтові випарники в комплекті з дощомірами. Такий випарник складають два циліндри. Зовнішній циліндр може мати висоту 50 або 100 см, усередині розташовано внутрішній циліндр з ґрунтовим монолітом, що вкритий рослинним покривом. Площа поверхні випаровування – 500 см². Під монолітом є дно з отворами, через які опади, що просочилися через моноліт, потрапляють у водозбірну посудину. Кількість води, що зібралась у цій посудині, вимірюється мірним стаканом. У строки спостережень проводять зважування ґрунтового моноліту з циліндром для визначення його маси. Одночасно вимірюють кількість опадів дощоміром. Величина випаровування визначається за формулою

$$Z = 0,02(P_1 - P_2) + X + V$$

де P_1 та P_2 – маса випарника відповідно у попередній та наступний строки спостережень, г; X – кількість опадів, визначена за допомогою дощоміра, мм; V – кількість опадів, що просочилась через ґрунтовий моноліт у водозбірну посудину, мм.

На спеціалізованих станціях використовують гідравлічні випарники, які визначають величину випаровування з великих за площею монолітів ґрунту з природним рослинним покривом. Зважування проводять гідравлічними вагами, що приєднані до ґрунтового випарника. Подібні випарники мають пристосування для неперервної реєстрації величини випаровування.

РОЗДІЛ 10

Дистанційні та автоматичні системи метеорологічних вимірювань

Для проведення спостережень за фізичним станом атмосфери можуть бути використані дистанційні метеорологічні станції (ДМС). До їх складу входить комплекс метеорологічних приладів, покази яких дистанційно передаються на приймачі, що знаходяться у приміщенні метеорологічної станції. Застосування ДМС дозволяє прискорити та спростити процес вимірювання метеорологічних величин. Усі вимірювання виконуються дистанційно впродовж 1–2 хв. Існує багато варіантів конструкцій таких станцій, що відрізняються набором метеорологічних приладів, а відповідно і переліком метеорологічних величин, які вимірюються.

Автоматичні метеорологічні станції (АМС) – телеметричні пристрої, що використовуються для автоматичного (без участі людини) вимірювання значень метеорологічних величин та їх передачі. Принцип дії усіх АМС ґрунтується на перетворенні значень вимірюваних метеорологічних величин у пропорційні електричні імпульси, які в закодованому вигляді передаються каналами зв'язку. До АМС також належать автоматичні радіометеорологічні станції (АРМС), які за потреби встановлюються у віддалених регіонах. До їх складу входять: комплект метеорологічних, а інколи і гідрологічних датчиків, пристрій, що обробляє отриману з датчиків інформацію, зберігає її або кодує дані, радіопередавальні пристрої та джерело живлення. АРМС можуть відрізнятися за конструкцією (і вимірювати різну кількість метеорологічних величин). Більшість з таких станцій розраховані на роботу за температури повітря від -60°C до $+50^{\circ}\text{C}$, максимальної вологості повітря – 100%, за наявності відкладів ожеледі до 25 мм. В автономному режимі станція може працювати рік, визначаючи з певною періодичністю від 10 до 20 метеорологічних величин.

У великих аеропортах для створення умов безпеки польотів використовують комплексні радіотехнічні автоматичні метеорологічні станції (КРАМС), які дозволяють вимірювати метеорологічні величини за даними значної кількості датчиків, розташованих по території аеропорту.

Радіолокаційні метеорологічні спостереження. Метеорологічні радіолокатори (МРЛ) застосовуються для визначення стану нижніх шарів атмосфери: отримання даних про хмарність, опади та пов'язані з ними метеорологічні явища (грози, град). Результати радіолокаційних спостережень широко використовуються у короткострокових прогнозах погоди, особливо – в авіаційних.

Радіолокаційний метод спостережень ґрунтується на використанні явища розсіювання частинками хмар, опадів та іншими складовими атмосферного повітря електромагнітних хвиль міліметрового та сантиметрового діапазонів. За допомогою МРЛ спостереження можна проводити за будь-якої погоди і неперервно. Результатами спостережень є вертикальні та горизонтальні розрізи атмосфери до висоти 30 км або такі ж розрізи конкретних метеорологічних об'єктів, наприклад, потужних хмар. По горизонталі дальність дії МРЛ може значно відрізнятись. МРЛ, що використовуються в Україні дають змогу отримати інформацію про стан атмосфери в радіусі 200 км (рис. 29).

За допомогою МРЛ з достовірністю 80–90 % розпізнаються хмари усіх видів та форм. Найважливішим є те, що існує можливість розпізнати потужні купчасто-дощові хмари (Cb), визначити їх вертикальну протяжність, встановити наявність областей у хмарах з можливим утворенням граду, стежити за динамікою хмар та використовувати таку інформацію для точнішого прогнозування погоди. За допомогою МРЛ можна визначити інтенсивність рідких і твердих опадів за такими градаціями: слабкі, помірні, сильні та дуже сильні. Радіолокаційні спостереження дають змогу уточнювати вертикальний розподіл температури, виявляючи шари ізотермій та інверсій.

Для обробки інформації, отриманої від МРЛ (у вигляді карт, таблиць), створюються спеціальні автоматизовані системи, робота яких ґрунтується на використанні комп'ютерної техніки.

Аерологічні спостереження. Основним методом аерологічних досліджень є вимірювання метеорологічних величин в атмосфері до висот 30–45 км, що здійснюються шляхом зондування атмосфери приладами, які підіймаються в атмосферу спеціальними зондами (повітряними кулями). Найпоширенішим методом аерологічних досліджень на сьогодні є радіозондування.

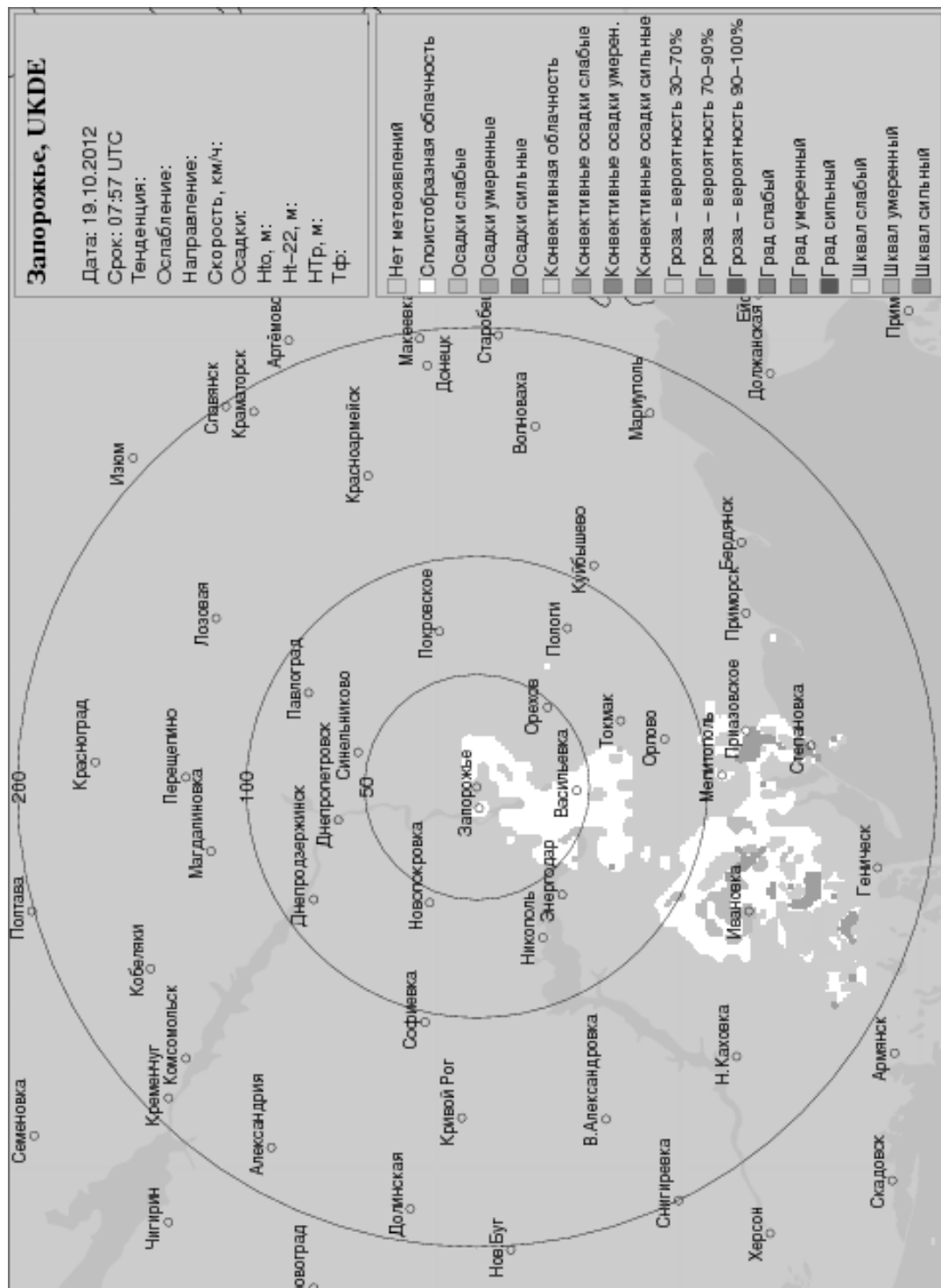


Рис. 29. Радіолокаційна карта метеорологічних явищ (МРЛ Запоріжжя)

Радіозонд – це радіотехнічний прилад, який підіймають на висоту за допомогою наповненої гелієм або воднем кулі. Під час вільного підйому кулі чутливі елементи (датчики) приладу визначають температуру та вологість повітря, атмосферний тиск, а швидкість і напрям вітру на різних висотах визначають за координатами радіозонда, які отримують від супровідного радіолокатора або за результатами теодолітних вимірювань координат траєкторії руху повітряної кулі. Спостереження, що проводяться за спеціальними програмами, можуть включати вимірювання актинометричних характеристик, вмісту озону, характеристик електричного поля атмосфери та ін.

На відміну від метеорологічних приладів, що використовуються для наземних метеорологічних спостережень, радіозонди повинні забезпечити необхідну точність вимірювання у ширшому діапазоні змін метеорологічних величин. Наприклад, у шарі зондування може фіксуватися перепад температури у межах від $+50^{\circ}\text{C}$ до -70°C , вологості повітря – від 100% до значень близьких до 0 %, тиск зменшується від 1000 гПа біля земної поверхні до 5 гПа на висоті 35 км. Крім того, радіозонд може переміщуватися у хмарах, зонах опадів, де на прилади буде потрапляти вода та лід; в зонах сильної турбулентності прилади зазнають значних динамічних навантажень; при потраплянні у грозові хмари – впливу електричних розрядів. При цьому похибки вимірювань повинні бути у таких межах: для температури повітря – $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, для вологості – $\pm 5\%$, для атмосферного тиску – ± 1 гПа. Для підйому радіозонда використовують кулі, наповнені легкими газами. Оболонки таких куль виготовляють із латексу на основі синтетичного каучуку. Найчастіше використовують оболонки, що в ненаповненому стані мають діаметр 150–200 см. Середня швидкість підйому таких куль 200–300 м/хв. Зонд підвішують до кулі на шнурку довжиною 12 м.

З 1986 р. в аерологічних вимірюваннях застосовується аерологічний інформаційно-обчислювальний комплекс, до складу якого входять: наземна радіолокаційна станція, що відстежує переміщення радіозонда, апаратура для перевірки технічних характеристик радіозондів перед польотом, радіозонд для радіо-вітрового зондування або для температурно-вітрового зондування (вимірюється температура та вологість повітря, атмосферний тиск розраховується за барометричними формулами). Датчиком, що реагує на зміни температури повітря зі зміною висоти, є терморезистор, а вологості повітря – органічна плівка. Для визначення напрямку та швидкості вітру використовують просторові координати зонда, які визначають, вимірюючи радіолокатором азимут, вертикальний кут і відстань від локатора до зонда.

Результати вимірювань метеорологічних величин зондом передаються в закодованому вигляді на наземну станцію. Інформацію, що надійшла, опрацьовує обчислювальний комплекс і видає надрукованою на паперовій стрічці. В результаті проведеного зондування отримують наступні величини: температуру та вологість повітря, атмосферний тиск, швидкість і вітру на рівні станції. Далі, по мірі підняття зонда до висоти 6000 м, усі перераховані величини визначаються кожні 200 м, а на більших висотах – через 1000 м. Крім того, вказують значення метеорологічних величин на стандартних ізобаричних поверхнях. Визначаються висоти так званих особливих точок, тобто тих точок, що є переломними на графіках вертикального розподілу вимірюваних метеорологічних величин.

Аерологічні спостереження проводяться на мережі аерологічних станцій у стандартні строки, два або чотири рази на добу.

Літакове зондування атмосфери. Такі дослідження атмосфери проводяться з використанням спеціально обладнаних літаків-лабораторій. Літаки, що зондують атмосферу обладнані приладами для вимірювання температури та вологості повітря, атмосферного тиску, мікроструктури та водності хмар, турбулентності, радіаційно-оптичних характеристик, вмісту аерозолу в повітрі. Крім того, такі літаки дають можливість проводити візуальні спостереження за розвитком атмосферних процесів.

Літаки-лабораторії використовуються переважно для спеціальних досліджень чи наукових експериментів. Найпоширенішими видами літакового зондування атмосфери є наступні:

- горизонтальні польоти на малих висотах, які здійснюються, наприклад, для досліджень граничного шару атмосфери, спостережень за погодою, визначення забруднення атмосфери;
- висотні горизонтальні польоти, які виконуються для отримання даних про динаміку метеорологічних величин на обраному фіксованому рівні в атмосфері;
- вертикальне зондування атмосфери, що дає змогу отримувати інформацію про вертикальний розподіл метеорологічних величин.

Під час вертикального зондування атмосфери літак набирає висоту, переміщуючись по спіралі, до 7–9 км. На висхідній траєкторії літак перебуває 2–3 хв у горизонтальному польоті з

кроком за висотою від 100 до 1000 м. Саме в горизонтальному польоті і вимірюються значення метеорологічних величин на відповідному рівні. Маршрут при горизонтальному зондуванні, залежно від поставлених завдань, може мати протяжність понад 1000 км. Такі польоти здійснюються для вивчення структури циклонів, у тому числі і тропічних, атмосферних фронтів та ін.

Ракетне зондування. Такий вид досліджень застосовують для вивчення верхніх шарів атмосфери. При ракетному зондуванні виділяють середню та верхню атмосферу. Перша включає в себе стратосферу та мезосферу, тобто шари атмосфери від 15–20 км до 80–100 км. Саме в цих шарах локалізована більша частина озоносфери та нижня частина іоносфери. До верхньої атмосфери відносять термосферу й екзосферу.

Для вивчення середньої атмосфери використовують метеорологічні ракети на рідкому та твердому паливі, що можуть підійтися до висоти 80–100 км. Основними метеорологічними величинами, що визначаються при ракетному зондуванні є: атмосферний тиск, температура та густина повітря, його хімічний склад. Під час виконання спеціальних програм досліджень можуть вимірюватися також інші характеристики.

Для вивчення верхньої атмосфери застосовують потужні геофізичні ракети, які здатні підійтися до висот 100–150 км. У верхній атмосфері визначають інтенсивність сонячної радіації, космічного випромінювання, оптичні властивості повітря, характеристики магнітного поля Землі. Для дослідження верхньої атмосфери, крім ракетного зондування, що належить до прямих вимірювань, застосовують також і непрямі методи дослідження – радіолокацію, лазерні локатори (метеолідари), оптичну техніку та штучні супутники Землі.

Система ракетного зондування складається із самої ракети, що обладнана вимірювальними приладами, та комплексу наземних радіотехнічних засобів, які приймають радіотелеметричну інформацію і встановлюють координати ракети під час польоту. Контейнер з приладами, що знаходилися на ракеті під час польоту, доставляється на землю за допомогою парашута.

Супутникові спостереження. Такі спостереження належать до дистанційних (відсутній прямий контакт з об'єктом дослідження) і здійснюються за допомогою метеорологічних штучних супутників Землі (ШСЗ), що обладнані спеціальними приладами та виведені на визначені орбіти.

Метеорологічний супутник обладнаний комплексом апаратури для спостереження за станом атмосфери, підстильної поверхні, а також для накопичення інформації та передачі її на Землю. Використовуються три типи супутників, що відрізняються положенням їхніх орбіт щодо Землі. Це екваторіально-орбітальні, полярно-орбітальні та супутники, орбіти яких перебувають під певним кутом до Землі (нахилено-орбітальні). Екваторіально-орбітальний супутник рухається по орбіті, що розташована у площині екватору на висоті 35810 км, а період його руху дорівнює добовому періоду обертання Землі, тому він увесь час розташований над одним і тим самим регіоном, звідси і назва супутника – геостационарний. Такі супутники використовуються для спостережень за хмарністю та станом підстильної поверхні у глобальному масштабі.

Площина орбіти полярно-орбітального супутника проходить через обидва полюси Землі, висота орбіти – 800 км. По мірі обертання Землі супутник фіксує стан атмосфери та поверхні регіону двічі на добу.

Нахилено-орбітальні супутники можуть вести спостереження за певною широтною смугою земної поверхні, розміри якої залежать від кута нахилу орбіти.

Інформація, отримана за допомогою супутників різних типів, взаємодоповнюється й умовно поділяється на дві категорії. До першої належать зображення хмарності та підстильної поверхні, отримані телевізійною та інфрачервоною апаратурою супутника. До другої категорії входять радіаційні вимірювання значень радіаційного балансу системи Земля–атмосфера, температури поверхні суходолу, океану, верхньої межі хмарності. Спектральні радіаційні вимірювання дають можливість також отримати дані про вертикальний розподіл температури, вологості повітря та інших метеорологічних величин.

Серед даних, як отримують за допомогою ШСЗ, найбільш широко використовуються телевізійні та інфрачервоні зображення поля хмарності, що надходять кожні 30 хв. Така інформація дозволяє уточнювати прогнози погоди, особливо для тих регіонів, де відсутні наземні спостереження або густина мережі станцій недостатня; відстежувати розвиток і траєкторії переміщення атмосферних процесів (наприклад, тропічних циклонів), що супроводжуються несприятливими погодними умовами.

Прийом метеорологічної інформації від супутників проводиться спеціальними наземними комплексами, далі інформація передається каналами зв'язку до відповідних підрозділів гідрометеорологічної служби та використовується в оперативній і науковій роботі.

ЧАСТИНА II.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Практична робота № 1
Організація та проведення метеорологічних спостережень

1. Що вивчає метеорологія?

1. _____
2. _____
3. _____

2. Назвати десять прикладів метеорологічних величин.

3. Назвати та пояснити три основних методи досліджень у метеорології

1. _____
 - _____
 - _____
2. _____
 - _____
 - _____
3. _____
 - _____
 - _____

4. Метеорологія як наука пов'язана з такими науками: (підкреслити потрібне)

Філологія	Математика	Фізика
Психологія	Історія	Біологія
Гідрологія	Астрономія	Ґрунтознавство
Географія	Економічна та соціальна географія	

5. Пояснити, що таке повірка метеорологічних приладів_____

6. Наземна метеорологічна станція складається з двох основних складових частин:

1. _____
2. _____

7. Сума довжин сторін метеорологічного майданчика має становити

(потрібне підкреслити):

а) 110 м

б) 102 м

в) 104 м

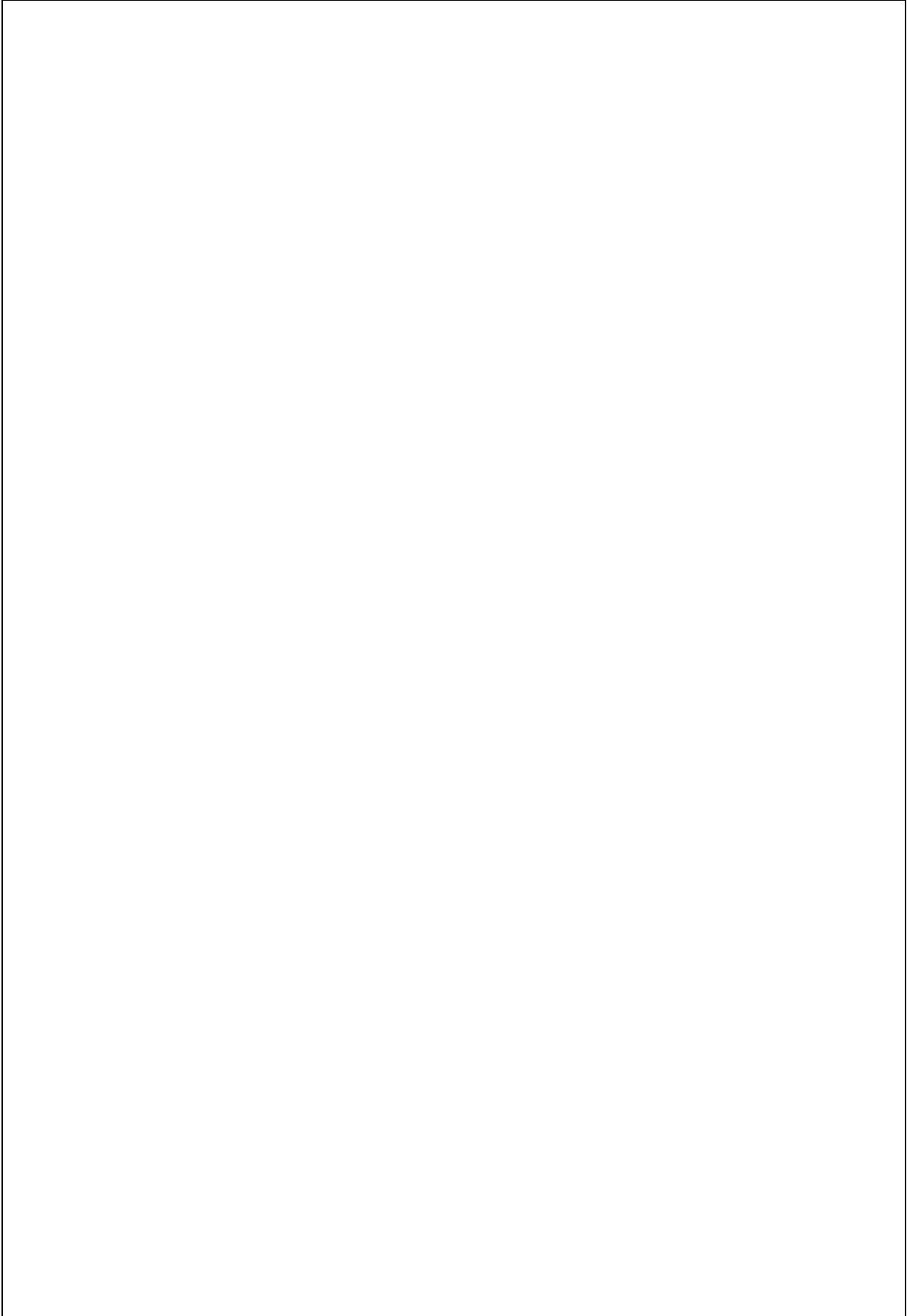
г) 124 м

8. Спостереження на метеорологічних станціях проводять о *(потрібне підкреслити).*

1-й, 2-й, 3-й, 4-й, 5-й, 6-й, 7-й, 8-й, 9-й, 10-й, 11-й, 12-й, 13-й,
14-й, 15-й, 16-й, 17-й, 18-й, 19-й, 20-й, 21-й, 22-й, 23-й, 24-й години

за місцевим часом, за поясним часом, за міжнародним скоординованим часом *(потрібне підкреслити).*

9. Накреслити схему стандартного метеорологічного майданчика та позначити розташування усіх приладів на ній.



10. Підібрати для метеорологічних величин одиниці вимірювання (з'єднати метеорологічні величини з одиницями, в яких вони вимірюються).

Атмосферний тиск, P	градус Цельсія, °С, градус Кельвіна, °К
Швидкість вітру	відсоток, %
Парціальний тиск водяної пари, E	гектопаскаль, гПа
Температура точки роси, t_d	градус Цельсія, °С
Температура, t	міліметр за секунду, мм/с
Швидкість випаровування	гектопаскаль, гПа
Щільність снігу	міліметр, мм
Відносна вологість, f	метр за секунду, м/с
Потік сонячної радіації, I	градус, °, румб
Напрямок вітру	метр (кілометр) м (км)
Метеорологічна дальність видимості (МДВ)	ват на квадратний метр, Вт/м ²
Кількість хмар	сантиметр, см
Кількість опадів	грам на кубічний сантиметр, г/см ³
Висота снігового покриву	бал

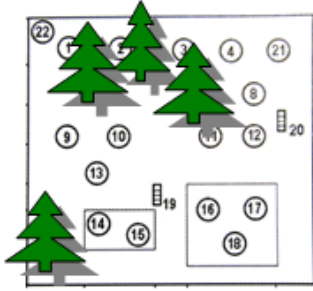
11. Назвати прилади, що використовуються на метеостанціях України для вимірювання наступних метеорологічних величин:

1. Кількість опадів – _____
2. Висота снігового покриву – _____
3. Швидкість вітру – _____
4. Температура ґрунту на глибинах – _____
5. Метеорологічна дальність видимості – _____

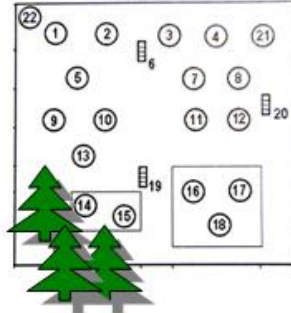
12. Назвати основні вимоги до облаштування метеорологічного майданчика:

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

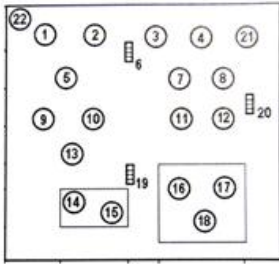
13. Обрати і позначити правильний варіант розташування метеорологічного майданчика



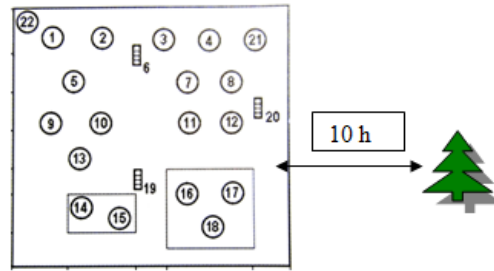
а)



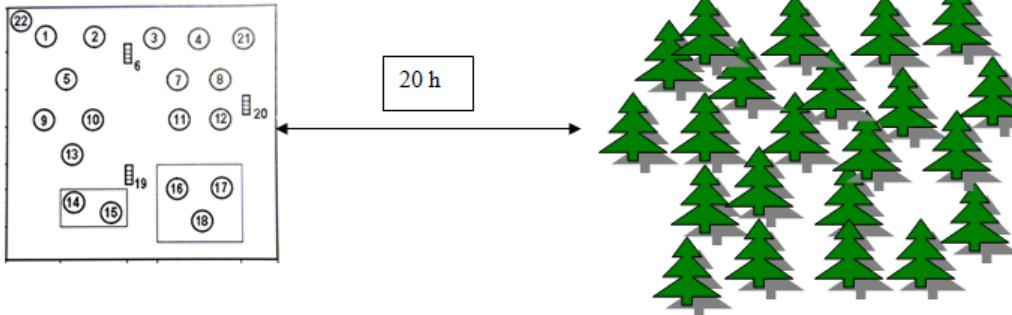
б)



в)



г)



д)

14. Актинометричні спостереження проводять о _____

за _____ часом.

15. Тривалість проведення спостережень за усіма метеорологічними величинами на метеорологічних станціях становить 10 хв. Спостереження, які мають бути проведені о 15.00 за МСЧ мають розпочатися:

а) о 14 год 50 хв;

б) о 15 год 00 хв.

16. Відстань між метеорологічним майданчиком та приміщенням метеорологічної станції може становити:

а) 50 м;

б) 100 м;

в) 150 м;

г) 200 м;

д) 300 м;

е) 350 м.

Практична робота № 2

Визначення часу на станції

1. Ознайомитися з інформацією про різні види часу, що використовуються в метеорології.

Видимим відображенням обертання Землі навколо своєї осі є добове переміщення Сонця по небосхилу. Момент, коли Сонце знаходиться точно на півдні, тобто на меридіані даного місця, називається **істинним полуднем**. Період часу між двома послідовними проходженнями Сонця через меридіан даного місця, тобто між двома істинними полуднями називається **істинною сонячною добою**.

Істинний сонячний час – це час, основою визначення якого слугує видимий рух Сонця по небосхилу, що зумовлений обертанням Землі навколо своєї осі.

Тривалість істинної доби протягом року є непостійною, адже рух Сонця по небосхилу відбувається нерівномірно через нерівномірне обертання Землі навколо Сонця (Земля рухається не по колу, а по еліпсу, в одному з фокусів якого знаходиться Сонце) та нахилу екліптики до екватора. Тому замість істинного сонячного часу введено зручніший – **середній сонячний час**. Визначається він за рухом уявного "середнього" Сонця, що на відміну від "істинного" рухається рівномірно і здійснює повний річний оберт одночасно з "істинним" Сонцем. Відповідно і тривалість середньої сонячної доби протягом року лишається сталою і дорівнює середньому значенню всіх істинних діб за рік. Тривалість середньої сонячної доби становить 24 години.

Істинна сонячна доба буває то більшою, то меншою за середню сонячну добу. Різниця між середнім сонячним (або місцевим) та істинним сонячним часом називається **рівнянням часу**:

$$\Delta\tau = \tau_M - \tau_{ICT}$$

τ_M – середній сонячний (або місцевий) час; τ_{ICT} – істинний сонячний час.

Така різниця встановлюється на основі розрахунків та наводиться в спеціальних таблицях, за допомогою яких її можна визначити для кожного дня року. Протягом року ця величина не лишається сталою: вона змінюється від +14 хв (середина лютого) до -16 хв (початок листопада). Чотири рази на рік вона перетворюється в 0 (середній сонячний час співпадає з істинним – у середині квітня, в середині червня, на початку вересня та в кінці грудня) (значення рівняння часу див. додатку. 1, ст. 98).

Середній сонячний час є однаковим для всіх точок, розташованих на одному меридіані, і відрізняється для двох сусідніх меридіанів. Тому в побуті він є незручним, оскільки змінюється зі зміною довготи. Відомо, що повний оберт (360°) Земля здійснює за 24 години. Відповідно, на 1° довготи час змінюється на 4 хв (24 год/360°), а на 1' довготи – на 4 с (4 хв/60'). Видимий рух Сонця відбувається зі сходу на захід. Тому час "збільшується" на схід та "зменшується" на захід.

Така різноманітність часу призводить до плутанини та значних незручностей у повсякденному житті та економіці. З метою уникнення цього в 1884 р. було вирішено ввести так званий **поясний час**. Суть його полягає в наступному: вся земна куля меридіональними площинами поділена на 24 пояси по 15° довготи. Пояси мають нумерацію від 0 до 23. В кожному поясі встановлено час його центрального меридіану. За нульовий пояс прийнятий той, центральний меридіан якого проходить через Гринвіч ($\lambda=0^\circ$). Межами нульового поясу є меридіани 7,5° зх.д. і 7,5° сх.д.; перший пояс – від 7,5° сх.д. до 22,5° сх.д. і т.д.

Поясний час зручний тим, що замість величезної кількості різного місцевого часу на всій Земній кулі існує лише 24 часи, що відрізняються між собою на цілу кількість годин, тобто, при переїзді з одного поясу в сусідній, годинник доводиться переставляти рівно на одну годину, хвилини і секунди крізь одні й ті ж.

2. Розв'язати задачі з обраного викладачем варіанту (див. додаток 6), записавши усі дії та пояснивши їх.

Практична робота № 3
**Абсолютні та відносні актинометричні прилади,
особливості їх конструкції та використання**

1. Актинометричними називають прилади _____

2. Актинометричні прилади поділяються на _____ та _____

3. Основними приладами, що використовуються для метеорологічних спостережень є актинометр, піранометр (альбедометр) та балансомір. Принцип дії названих приладів полягає _____

4. Актинометр термоелектричний використовується для вимірювання _____

5. Пояснити як правильно встановлюють актинометр термоелектричний для проведення вимірювань _____

6. Для визначення виправлених відліків показів гальванометра використовуються

N_{cp} – це _____

ΔN – це _____

N_0 – це _____

ΔN_t – це _____

7. Яка роль перевідного множника при визначення кількості сонячної радіації за допомогою актинометра? _____

8. Інсоляція – це (потрібно підкреслити):

а) потік сонячної радіації на вертикальну поверхню

б) потік сонячної радіації на горизонтальну поверхню

в) прямої сонячної радіації на перпендикулярну до сонячного випромінювання поверхню

9. Універсальний геліограф використовується для _____

10. Піранометр термоелектричний універсальний використовується для вимірювання *(потрібно підкреслити)*

- а) прямої б) сумарної в) розсіяної г) відбитої короткохвильової радіації.

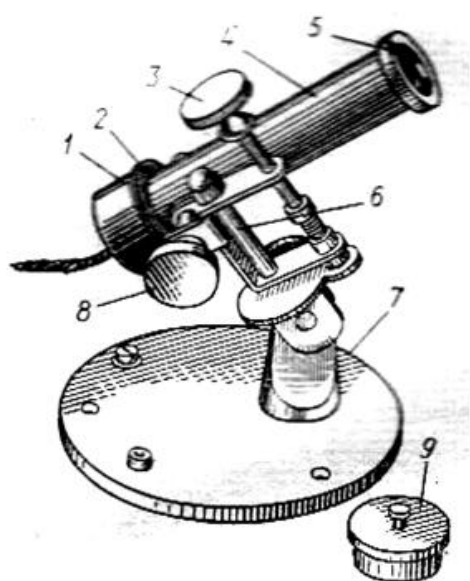
11. Які із зазначених приладів для вимірювання потоків сонячної радіації використовуються у парі з гальванометром? *(потрібно підкреслити)*

- а) актинометр Савінова-Янішевського б) піранометр термоелектричний універсальний
в) балансомір термоелектричний г) геліограф універсальний.
д) альбедометр термоелектричний похідний

12. Для вимірювання якого виду сонячної радіації використовують затінювач приймальної частини піранометра? *(потрібно підкреслити)*

- а) прямої б) розсіяної в) сумарної г) відбитої

13. Підписати складові частини актинометра Савінова-Янішевського



- 1 –
2 –
3 –
4 –
5 –
6 –
7 –
8 –
9 –

14. Приймач радіації піранометра термоелектричного виготовлений у вигляді пластинки з чорними та білими квадратами і подібний до фрагмента шахової дошки. Пояснити навіщо такі особливості будови приймальної частини _____

15. Пояснити чим відрізняється альбедометр термоелектричний похідний від піранометра термоелектричного _____

16. При визначенні радіаційного балансу за допомогою балансоміра термоелектричного використовують коефіцієнт k , що дає змогу _____

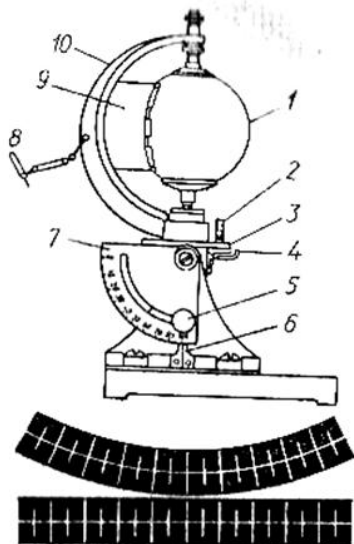
17. На покази балансоміра під час проведення спостережень певний вплив здійснює _____ (вписати потрібну метеорологічну величину). Яким чином відбувається цей вплив? _____

19. Одночасно з вимірюванням радіаційних потоків актинометричними приладами проводять додаткові спостереження: _____

19. На метеорологічному майданчику геліограф встановлюється _____

20. Пояснити принцип дії універсального геліографа _____

21. Підписати складові частини універсального геліографа



1 –

2 –

3 –

4 –

5 –

6 –

7 –

8 –

9 –

10 –

Практична робота № 4
Термометри, їх основні види.
Вимірювання температури ґрунту та повітря

1. Найпоширенішими видами термометрів є _____

2. Принцип дії електричних термометрів (з'єднати опис принципу дії з назвою виду електричного термометра)

термометри опору	залежність напруги "емітер-база" транзистора від температури
------------------	--

термоелектричні термометри	зміна електропровідності тіл при змін температур
----------------------------	--

термотранзисторні термометри	зміна електрорушійної сили при зміні різниці температур спаяних провідників
------------------------------	---

3. Коефіцієнт термічної інерції термометра – це _____

4. Чому дорівнює градус у різних температурних шкалах? (з'єднати правильні відповіді).

градус температурної шкали Реомюра ($^{\circ}R$)	1/100 частина інтервалу між точками танення льоду та кипіння води
--	---

градус температурної шкали Фаренгейта ($^{\circ}F$)	1/80 частина інтервалу між точками танення льоду та кипіння води
---	--

градус температурної шкали Цельсія ($^{\circ}C$)	1/180 частину інтервалу між точками танення льоду та кипіння води
--	---

5. Найчутливішими є _____ термометри.

6. Температура за шкалою Кельвіна становить а) $341,15^{\circ}K$, б) $291,0^{\circ}K$ та в) $270,1^{\circ}K$.
Перевести ці температури у шкалу Цельсія.

а) _____

б) _____

в) _____

7. Які характеристики термометричної рідини враховують, обираючи її для певного термометра? _____

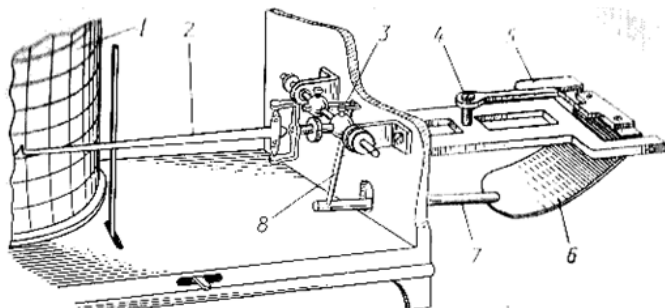
8. Під час вимірювання температури метеорологічними термометрами відліки по шкалі беруться з точністю до _____ $^{\circ}C$.

9. Витяжні ґрунтово-глибинні термометри виставляються в одну лінію, зі _____, на відстані _____ один від одного (вписати потрібне).

Вимірюється температура на глибинах 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0; 1,2; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,4; 2,5; 3,0; 3,2 м. (підкреслити потрібне).

10. Термограф метеорологічний використовується для _____

11. Підписати складові частини термографа метеорологічного



- 1 – _____
- 2 – _____
- 3 – _____
- 4 – _____
- 5 – _____
- 6 – _____
- 7 – _____
- 8 – _____

12. Годинникові механізми в термографах бувають двох типів

- 1. _____
- 2. _____

13. Яким чином зберігаються покази максимальних значень температури, зафіксовані термометром ртутним метеорологічним максимальним? _____

14. Після зняття відліків з максимального термометра для підготовки його до наступних вимірювань, потрібно _____

15. Перерахувати які термометри використовуються для вимірювання температури повітря на метеорологічних станціях: _____

16. Для вимірювання температури поверхні ґрунту у стандартні строки спостережень використовують три основні термометри:

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____

17. Правильно підберіть термометричні рідини для термометрів (з'єднайте правильні варіанти)

термометр максимальний	спиртовий
термометр метеорологічний низькотемпературний	ртутний
термометр мінімальний	ртутний
термометр-пращ	ртутний
термометр психрометричний	спиртовий
термометр метеорологічний ґрунтово-глибинний	ртутний

18. Ділянка для проведення вимірювань температури поверхні ґрунту повинна бути:

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____

19. Яким чином зберігаються покази термометра ртутного метеорологічного ґрунтово-глибинного до моменту, коли його виймуть із труби й знімуть відліки? _____

20. Яку роль відіграє середнє багаторічне значення висоти снігового покриву для метеорологічної станції при проведенні спостережень за температурою ґрунту?

21. Чому при вимірюванні температури поверхні ґрунту не вводяться поправки до показів термометрів? _____

22. Щоденно, в усі строки спостережень, вимірюється температура на глибинах ґрунту _____ та _____ м. На глибинах _____ м температура вимірюється один раз на добу.

23. Чутливість термометра – це _____

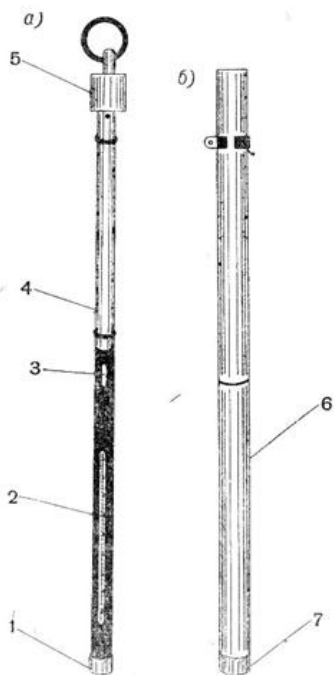
24. Ціна поділки термометра – це _____

25. За якими ознаками можна відрізнити максимальний та мінімальний термометри?

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____

26. Чому для визначення температури повітря нижчої від -35°C використовують термометр спиртовий метеорологічний низькотемпературний? _____

27. Підписати складові частини термометра витяжного ґрунтового-глибинного



а) термометр витяжний ґрунтового-глибинний

1 –

2 –

3 –

4 –

5 –

б) трубка, що закопується в землю

6 –

7 –

28. Колінчастими метеорологічними ртутними термометрами (термометрами Савінова) вимірюють температуру ґрунту на глибинах 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 см (підкреслити потрібне).

29. Де і яким чином розташовуються термометри для вимірювання температури повітря на метеорологічних станціях: _____

Практична робота № 5

Побудова графіків добового та річного ходу температури повітря

1. Ознайомитися з інформацією про особливості формування добового та річного ходу температури повітря та чинниками, що на нього впливають.

Добові зміни температури повітря. Температура повітря змінюється в добовому ході відповідно до змін температури земної поверхні. Повітря нагрівається і охолоджується від земної поверхні, тому амплітуда добової зміни температури в метеорологічній будці менша, ніж на поверхні ґрунту, в середньому на третину.

Температура повітря на висоті 2 м починає збільшуватися майже разом із підвищенням температури ґрунту (хвилин на 15 пізніше) вранці, після сходу Сонця. Мінімальна температура повітря на висоті 2 м спостерігається за півгодини до сходу Сонця; температура ґрунту досягає свого максимуму і починає зменшуватися з 13-14-ї години, а в повітрі - з 14-15-ї години. Добова зміна температури повітря досить точно виявляється тільки в умовах стійкої ясної погоди.

В окремі дні добова зміна температури повітря може не відповідати описаному вище. Це залежить від змін хмарності, що впливають на зміну радіаційних умов на земній поверхні, також від адвекції, тобто надходження повітряних мас з іншими термічними властивостями. У результаті мінімум температури повітря може змститися вже на денні години, а максимум - на нічні, тобто регулярна добова зміна температури повітря перекидається або маскується неперіодичними змінами температури.

Якщо розглядати добовий хід температури повітря, осереднений за багаторічний період, то неперіодичні зміни температури повітря, які більш-менш рівномірно розподіляються на всі години доби, взаємно гасяться. Унаслідок цього багаторічна крива добового має простий вигляд, близький до синусоїдального.

За стійкої погоди зміна температури повітря протягом доби простежується достатньо чітко і спостерігаються:

- один максимум і один мінімум;
- мінімум – за півгодини до сходу Сонця, максимум - о 14-15-й годині.

Така добова зміна температури повітря порушується при вторгненнях холодних і теплих повітряних мас (при адвекції).

Добовий хід температури повітря описується амплітудою, тобто різницею між максимальними та мінімальними її значеннями. Амплітуда добового ходу визначається комплексом факторів, серед яких:

А) добова амплітуда температури діяльної поверхні ґрунту, яка переважно залежить від хмарності. Тому і добова амплітуда температури повітря тісно пов'язана з хмарністю: за ясної погоди вона значно більша, ніж за похмурої.

Б) широта місця - з її збільшенням амплітуда зменшується.

В) пори року, найменші амплітуди в помірних широтах спостерігаються взимку, найбільші - влітку (відповідно січень і липень).

Г) характер земної поверхні, над морями й океанами амплітуда становить у середньому 2-3 °С; з віддаленням від океану її величина збільшується і досягає 20-25 °С; у степах, пустелях вона наближається до 30 °С;

Д) рельєф місцевості: увігнуті форми рельєфу (котловини, долини тощо) мають більшу площу зіткнення з повітрям, що вдень застоюється в них, а вночі охолоджується над їх схилами і стікає на дно (у результаті цього механізму збільшується нагрівання повітря вдень, а вночі охолодження в середині увігнутих форм рельєфу порівняно із рівнинною місцевістю; у випуклих формах рельєфу (гори, горби, пагорби тощо) вплив діяльної поверхні на температуру повітря менший унаслідок меншої площі зіткнення повітря з ґрунтом, оскільки тут спостерігається постійна зміна повітря);

Е) висота місця над рівнем моря: зі збільшенням висоти місця амплітуда добового ходу температури повітря швидко зменшується, а моменти максимумів і мінімумів зсуваються на більш пізній час добова зміна температури повітря з амплітудою 1-2 °С має місце навіть на висоті тропопаузи.

Річні зміни температури повітря. Річний хід температури повітря визначається насамперед річною зміною температури поверхні діяльного шару. Амплітуда річної зміни - це різниця середніх місячних температур найхолоднішого і найтеплішого місяців.

Річна амплітуда температури повітря збільшується з географічною широтою - це провідний фактор. На екваторі надходження сонячної радіації змінюється протягом року дуже мало; у напрямку до полюса різниця в надходженні сонячної радіації між зимою і літом збільшується, і разом з цим зростає і річна амплітуда температури повітря.

Річні амплітуди температури повітря над сушею значно більші, ніж над морем. Амплітуда річної зміни температури повітря залежить не тільки від характеру земної поверхні або відстані даного місця до берегової лінії, але й від повторюваності в даному місці повітряних мас морського та континентального походження, тобто умов загальної циркуляції атмосфери. За величиною амплітуди і за часом настання екстремальних температур виділяють чотири типи річної зміни температури повітря в різних географічних зонах: *екваторіальний тип, тропічний тип, тип помірної поясу, полярний тип.*

Тип помірної поясу - екстремуми температури повітря спостерігаються після зимового та літнього сонцестоянь. У морському кліматі вони запізняються порівняно з континентальним кліматом. У північній півкулі мінімум спостерігається над сушею в січні, а над морем - у лютому або березні; максимум – над сушею – у липні, над морем - у серпні, інколи навіть у вересні. Це легко пояснюється відмінностями в нагріванні та тепловіддачі суші та моря.

Для континентального клімату в помірному поясі особливо характерна холодна зима, а літо жаркіше, ніж у морському кліматі. Перехідні сезони (весна, осінь) набувають у континентальному кліматі помірних широт

самостійного характеру, причому в типово морському кліматі весна холодніша за осінь, а континентальному - тепліша. У помірному поясі розрізняють підзони: субтропічну, власне помірну і субполярну. Перехідні сезони добре виражені тільки у власне помірній підзоні. У цій підзоні річні амплітуди найбільше відрізняються для континентального і морського кліматів.

Розглянуті типи річної зміни температури повітря, що визначені за багаторічними даними спостережень, є правильними періодичними коливаннями. В окремі роки під впливом вторгнення теплих або холодних мас повітря виникають відхилення від наведених типів. Часті вторгнення морських повітряних мас у помірних широтах на материк призводять до зменшення амплітуди температури повітря. Вторгнення континентальних повітряних мас на узбережжя морів і океанів збільшує амплітуду річної температури повітря в таких районах. Неперіодичні зміни температури повітря пов'язані головним чином з адвекцією повітряних мас.

2. За даними з обраного викладачем варіанту (див. додаток 7) розрахувати середньомісячні значення температури повітря по заданій метеостанції та на міліметровому папері побудувати графік річного ходу температури. Визначити абсолютний річний мінімум та максимум температури та нанести їх на графік. Визначити річну амплітуду температури. Описати та пояснити графік (вказати коли спостерігаються максимум та мінімум, плавність річного ходу температури, в які місяці спостерігається найбільше зростання температури в річному ході, в які місяці відбувся перехід через 0° в один та інший бік).

3. На міліметровому папері побудувати графіки добового ходу температури повітря в хмарну та ясну погоду, описати їх, порівняти один з одним. Вказати амплітуди добового ходу температури для кожного дня, зазначити коли спостерігаються максимуми, мінімуми, пояснити, які чинники на це впливають.

Практична робота № 6
Вимірювання вологості повітря

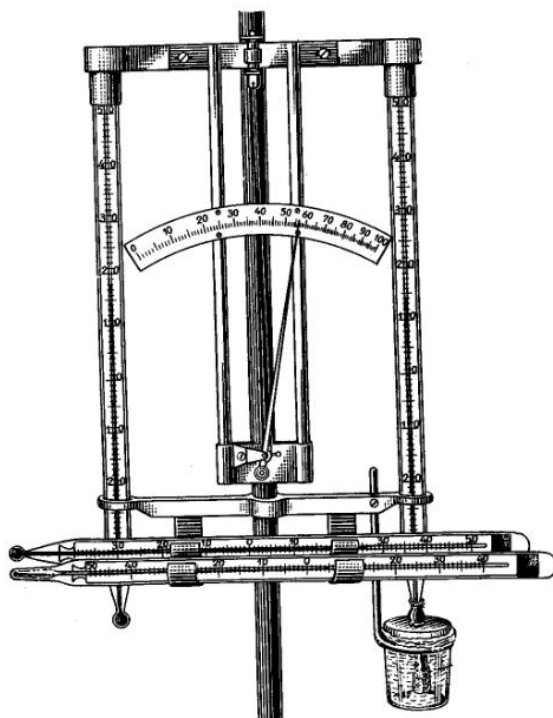
1. Перерахувати методи визначення характеристик вологості повітря.

1. _____
2. _____
3. _____

2. Пояснити чому ваговий метод є незручним для використання на метеорологічних станціях _____

3. Пояснити на чому базується *психрометричний метод* визначення вологості повітря _____

4. Уважно прочитайте опис станційного психрометра та підпишіть основні його складові на рисунку.



5. Де розташовують станційний психрометр на метеорологічному майданчику? _____

6. Чи існують якісь обмеження у використанні станційного психрометра для визначення характеристик вологості повітря? Чим їх можна пояснити? _____

7. Які характеристики вологості можна виміряти за допомогою психрометра? _____

8. Що таке гігrometer? Які метеорологічні величини можна виміряти за допомогою цього приладу? _____

9. Назвати основні види гігrometerів:

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

10. Гігrometer – є приладом відносним. Яким чином встановлюють поправки, що необхідно вводити до його показів? _____

11. Похибка вимірювання гігrometerа волосяного метеорологічного становить:

- а) ± 1 б) ± 2 в) ± 5 г) ± 10

12. З якою метою на метеорологічних станціях використовується гігрограф? _____

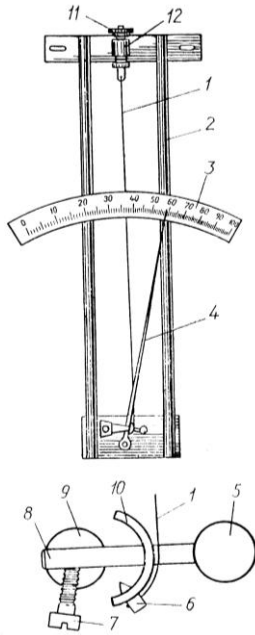
13. Годинниковий механізм гігрографа (підкреслити потрібне):

- а) добовий б) тижневий
в) декадний (розрахований на 10 діб) г) місячний

14. Чутливим елементом гігрографа метеорологічного є (підкреслити потрібне):

- а) людська волосина б) органічна плівка в) жмуток людського волосся

15. Підписати складові частини волосяного гігрометра



1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____
10. _____
11. _____
12. _____

16. За значеннями сухого та змоченого термометрів станційного психрометра з допомогою Психрометричних таблиць визначити значення відносної вологості та записати отримані дані в таблицю (варіанти з завданнями див. додаток 8).

Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
f, %								

За отриманими даними побудувати графік добового ходу відносної вологості повітря та описати його.

Практична робота № 7
Вимірювання атмосферного тиску

1. У міжнародній системі одиниць (СІ) основною одиницею вимірювання атмосферного тиску є:

- а) міліметр ртутного стовпчика б) паскаль в) мілібар

2. Перевести атмосферний тиск в інші одиниці вимірювання:

- а) 765 мм.рт.ст = _____ гПа
б) 997,1 мбар = _____ мм рт.ст.
в) 1000,2 гПа = _____ мбар

3. Барична тенденція – це _____

4. Форма баричної тенденції може бути визначена за:

1. _____
2. _____

5. Принцип дії ртутного барометра базується на _____

6. Назвати основні вимоги до правильного розміщення барометра чашкового ртутного:

1. _____
2. _____
3. _____

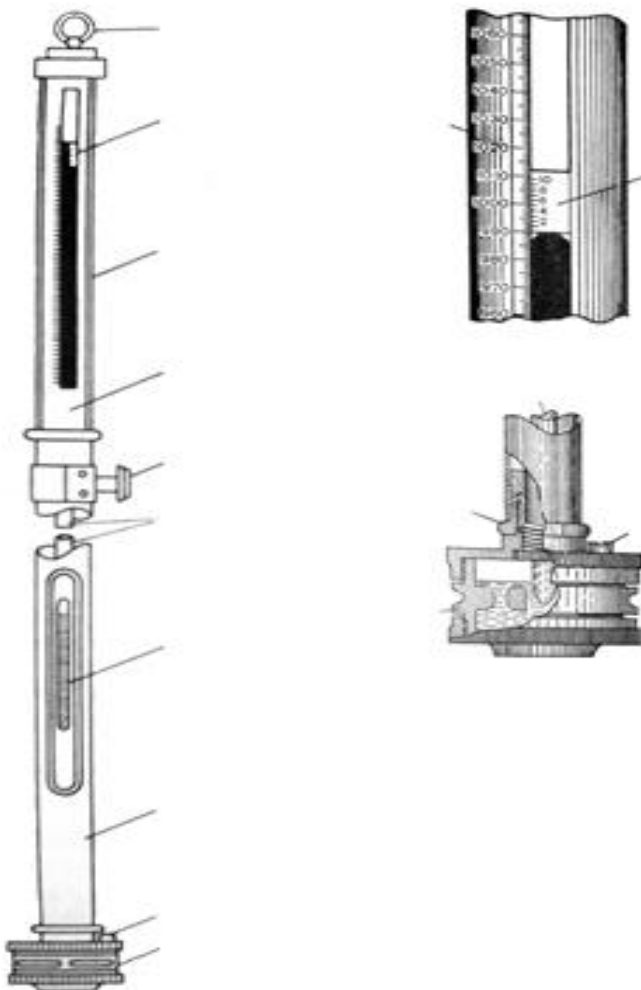
7. Назвати функцію ноніуса барометра чашкового ртутного _____

8. Що таке термометр-аташе і навіщо він використовується при вимірюванні атмосферного тиску на метеорологічних станціях? _____

9. Вимірювання атмосферного тиску з використанням барометра чашкового ртутного проводять у такій послідовності:

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

10. Підписати складові частини барометра ртутного чашкового

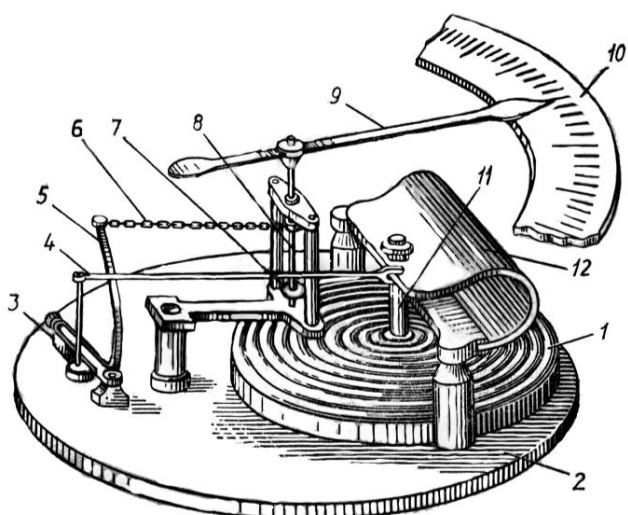


11. Назвати складові постійної поправки, що вводиться до показів барометра чашкового ртутного: _____ і _____.
Пояснити за яким принципом їх об'єднують _____

12. Чому після проведення спостережень отримане на метеорологічній станції значення атмосферного тиску слід приводити до рівня моря? _____

13. До результатів вимірювань, отриманих за допомогою барометра-анероїда, вводять наступні поправки _____

14. Підписати складові частини барометра-анероїда



- 1 –
- 2 –
- 3, 4, 5 –
- 6 –
- 7 –
- 8 –
- 9 –
- 10 –
- 11 –
- 12 –

15. Барограф метеорологічний це – _____

16. Барограф розташовують (підкреслити потрібне):

- а) в будці для самописців на метеорологічному майданчику;
- б) у приміщенні метеорологічної станції

17. За принципом дії барограф є:

- а) деформаційним барометром;
- б) ртутним;
- в) може бути, або деформаційним, або ртутним.

18. Пояснити, що таке термокомпенсатор барографа метеорологічного – яка його функція та принцип дії? _____

8. Навіщо на нижній нерухомій трубі флюгера закріплений стрижень, що позначений буквою «П» чи «N»? _____

9. Визначити швидкість вітру за флюгером:

1. Якщо за флюгером з легкою дошкою зафіксовано її відхилення до 5 штифта _____

2. Якщо за флюгером з важкою дошкою зафіксовано її відхилення до 2 штифта _____

3. Якщо за флюгером з важкою дошкою зафіксовано її відхилення до 6 штифта _____

4. Якщо за флюгером з легкою дошкою зафіксовано її відхилення до 1 штифта _____

10. Пояснити принцип дії анеморумбометра _____

11. Анеморумбометр складається з трьох основних частин:

1. _____

2. _____

3. _____

12. Що таке анеморумбограф? Для чого він використовується? _____

13. Якщо на метеорологічному майданчику встановлений анеморумбометр, які швидкості вітру можуть бути зафіксовані:

а) 1 м/с

б) 3 м/с

в) 5 м/с

г) 15 м/с

д) 20 м/с

е) 25 м/с

є) 35 м/с

ж) 40 м/с

14. Чи може анеморумбометр працювати за відсутності електроенергії на метеорологічній станції? _____

15. Описати блок вимірювання швидкості та напрямку вітру анеморумбометра

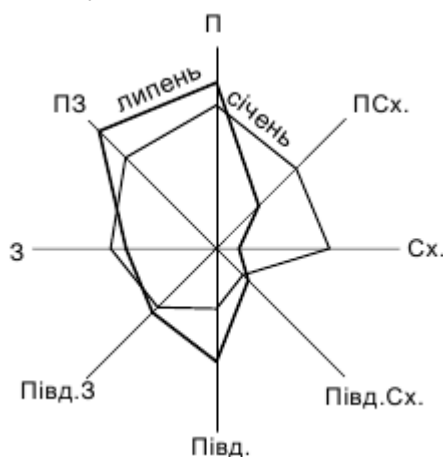
16. Ознайомитися з інформацією про розу вітрів та етапи її побудови.

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

Порядок побудови рози вітрів:

1. На аркуші паперу олівцем з однієї точки проводять вісі, що відповідають напрямкам восьми румбів: Пн-Пд, З-С, ПнС-ПдЗ, ПнЗ-ПдС, таким чином, щоб кут між сусідніми прямими становив 45° .
2. На побудованих осях в обраному (довільному) масштабі відкладається повторюваність кожного напрямку вітру. Повторюваність штилю може бути записана цифрою в кружечку на перетині усіх осей.
3. Відкладені відрізки з'єднуються прямими лініями. Отриманий графік і буде розою вітрів.

Рози вітрів можуть будуватися за рік, за сезон, за місяць. Досить часто будують розу вітрів за даними найтеплішого та найхолоднішого місяця року – за липень та за січень.



17. За даними з варіанту, обраного викладачем (див. додаток 9), побудувати розу вітрів для заданої метеорологічної станції для липня (позначити червоним кольором), січня (синім кольором) та за рік (чорним кольором) та описати її.

Спостереження за хмарами. Визначення метеорологічної дальності видимості

1. На метеорологічних станціях при проведенні спостережень визначають наступні характеристики хмарності:

1. _____
2. _____
3. _____

2. Чи проводяться спостереження за характеристиками хмар у темному пору доби?

3. Одиницями вимірювання кількості хмар є _____

4. Висоту нижньої межі хмар на метеорологічних станціях вимірюють в:

- | | | |
|-----------|---------------|----------|
| а) метрах | б) кілометрах | в) милях |
|-----------|---------------|----------|

5. Які із зазначених методів можуть бути використані для визначення нижньої межі хмар? (підкреслити потрібне)

- | | |
|--------------------|---|
| а) візуальний | б) світлолокаційний |
| в) кулепілотний | г) електричний |
| д) триангуляційний | е) за положенням рівня конденсації у момент проведення спостережень |

6. Після спостереження за хмарами спостерігач у книзі КМ-1 зробив наступний запис: «6/2 Сі, Си». Що він означає?

7. З яких складових частин складається імпульсний вимірювач висоти хмар?

8. Підписати складові формули $H = ct/2$ та пояснити, що можна розрахувати з її допомогою _____

9. Чи можна здійснювати вимірювання висоти нижньої межі хмар імпульсним вимірювачем ВВХ-1М взимку за температури -10°C ? _____

10. В чому полягає кулепілотний метод для визначення нижньої межі хмар? _____

11. Назвати недоліки кулепілотного методу для визначення нижньої межі хмар

12. Підписати складові формули $H = Stg\alpha$ та пояснити, що можна розрахувати з її допомогою _____

13. Метеорологічна дальність видимості (МДВ) – це *(підкреслити потрібне)*:

а) відстань, на якій близько до горизонту на тлі неба можна розрізнити предмет, що має кутові розміри понад 15 кутових мінут у світлий період доби.

б) відстань, на якій близько до горизонту на тлі неба можна розрізнити предмет, що має кутові розміри понад 15 кутових мінут у світлий період доби, або ж білий предмет таких самих розмірів на фоні серпанку.

в) відстань, на якій близько до горизонту на тлі неба можна розрізнити предмет, що має кутові розміри понад 15 кутових мінут у світлий період доби, або ж чорний предмет таких самих розмірів на фоні серпанку.

г) відстань, на якій близько до горизонту на тлі неба можна розрізнити предмет, що має кутові розміри понад 15 кутових мінут у темний період доби, або ж чорний предмет таких самих розмірів на фоні серпанку.

14. Що таке Атлас Хмар? І які його функції на метеорологічній станції? _____

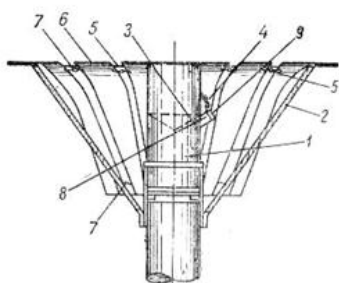
15. Пояснити як функціонують фотометричні прилади для вимірювання метеорологічної дальності видимості – реєстратори дальності видимості _____

Практична робота № 10
**Вимірювання кількості атмосферних опадів.
Спостереження за сніговим покривом**

1. Атмосферними опадами називають

- а) продукти сублімації водяної пари, що в рідкому, або твердому стані випадають з хмар на земну поверхню.
- б) продукти конденсації водяної пари, що в рідкому, або твердому стані випадають з хмар на земну поверхню.
- в) продукти конденсації чи сублімації водяної пари, що в рідкому, твердому або газоподібному стані випадають з хмар на земну поверхню.
- г) продукти конденсації чи сублімації водяної пари, що в рідкому, або твердому стані випадають на земну поверхню.

2. Підписати складові частини приймальної частини опадоміра Третякова.



- 1 – _____
- 2 – _____
- 3 – _____
- 4 – _____
- 5 – _____
- 6 – _____
- 7 – _____
- 8 – _____
- 9 – _____

3. Приймальна частина опадоміра Третякова має бути розташована над земною поверхнею на висоті

- а) 1 м
- б) 1,5 м
- в) 2 м

4. Вимірювання кількості атмосферних опадів проводиться в 00, 03, 06, 09, 12 та 15, 18, 21 годині (підкреслити потрібне) за _____ часом.

5. Що таке поправка на змочування? Пояснити навіщо вона вводиться при вимірюванні кількості опадів _____

6. Плювіограф – це _____

7. Спостереження за сніговим покривом поділяють на два види:

- 1. _____
- 2. _____

8. Перерахувати характеристики роси, що фіксують на метеорологічних станціях:

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

9. Перерахувати характеристики снігового покриву, які на метеорологічних станціях оцінюють візуально:

1. _____
2. _____
3. _____

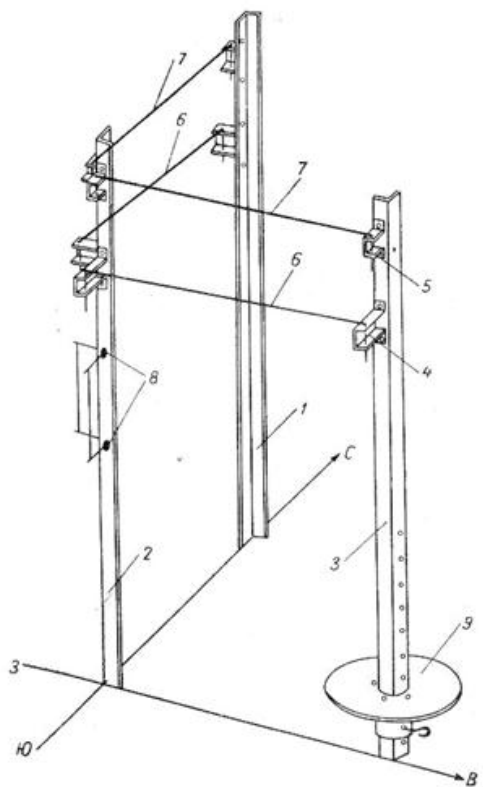
10. Пояснити особливості встановлення снігомірних рейок на метеорологічному майданчику _____

- _____
- _____

11. На метеорологічних станціях визначають наступні характеристики ожеледі та інших льодових відкладів:

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

12. Підписати складові частини приймальної частини ожеледного станка

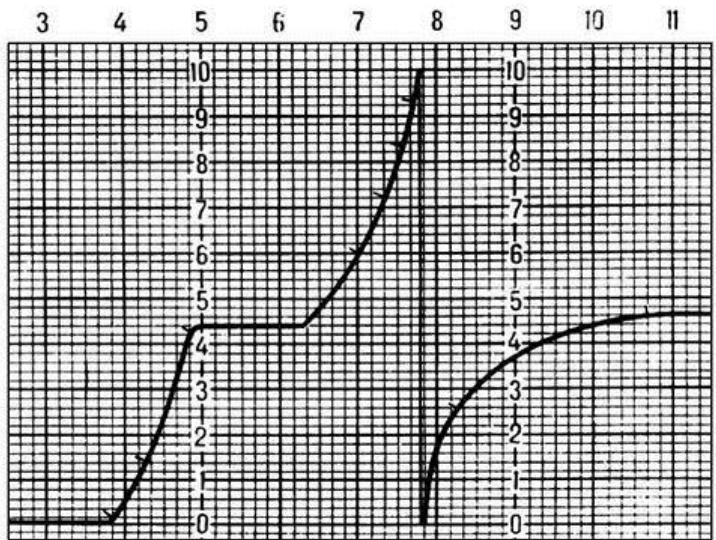


- 1 –
- 2 –
- 3 –
- 4 –
- 5 –
- 6 –
- 7 –
- 8 –
- 9 –

13. Щоденні спостереження за висотою снігового покриву проводяться в 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 годині (потрібно підкреслити) за _____ часом.

14. Під час проведення спостережень за кількістю атмосферних опадів, коли волога з опадомірного відра була перелита в мірний стакан, вона сягнула 77 поділок. Скільки це міліметрів опадів? _____

15. Описати режим випадання опадів за період з 3 по 11 травня за стрічкою пльвіографа.



16. Вимірювання випаровування на метеорологічних станціях проводяться у строки, близькі до 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24 год (*потрібне підкреслити*) за _____ часом (*потрібне підкреслити*).

Практична робота № 11
Первинний аналіз (обробка) карт погоди

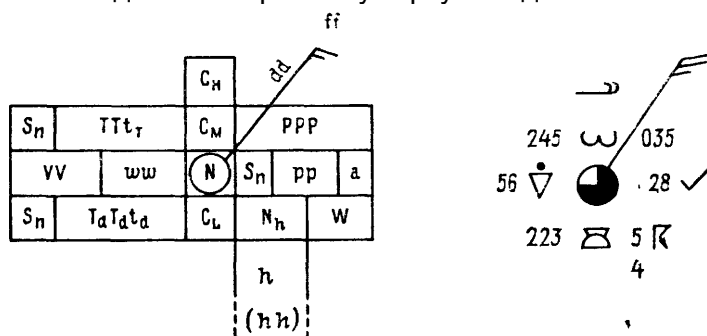
Завдання:

ознайомитися з інформацією про первинний аналіз карт погоди, розглянути наведену у зразку карту погоди з нанесеними ізобарами та здійснити обробку карти погоди запропонованої викладачем.

Первинний аналіз (обробка) приземних карт погоди полягає у виконанні наступних дій:

- 1) Проводять та підписують ізобари;
- 2) Проводять та підписують ізолінії тенденцій (рівної зміни тиску за 3 години);
- 3) Виявляють та позначають центри циклонів, антициклонів, областей падіння та росту тиску;
- 4) Виявляють та виділяють кольоровими олівцями опади та інші явища погоди;
- 5) Проводять лінії атмосферних фронтів.

Схема і приклад нанесення даних на приземну карту погоди



Цифрами наносяться наступні дані:

$T T t_T$ – температура повітря (дві або три цифри), цілі ($T T$) і десяті (t_T) частки градуса Цельсія;

$T_d T_d t_d$ – точка роси (дві або три цифри), цілі ($T_d T_d$) і десяті (t_d) частки градуса Цельсія;

$V V$ – горизонтальна видимість цифрами коду, що передбачає інструментальні та візуальні способи вимірювання;

h ($h h$) – висота хмар нижнього ярусу цифрами коду (однією чи двома), що передбачає методи вимірювання: інструментальний ($h h$) чи візуальний (h);

N_n – кількість хмар нижнього ярусу в октах, застосовуються цифри від 1 до 8;

$P P P$ – атмосферний тиск, приведений до рівня моря, в гПа (десятки, одиниці та десяті частки). Якщо тризначне число починається з 5 чи більшої цифри, то при розшифровці попереду слід поставити цифру 9, а якщо починається з 4 чи меншої цифри, то попереду слід поставити цифру 10;

$p p$ – величина баричної тенденції за останні три години, в гПа (цілі і десяті частки). При рості тиску знак не ставиться, при падінні тиску знак «-» ставиться обов'язково.

Умовними позначеннями на карту наносяться наступні елементи погоди:

N – загальна кількість хмар;

W – погода між строками спостережень;

c_1 – форма хмар нижнього ярусу;

c_m – форма хмар середнього ярусу;

c_h – форма хмар верхнього ярусу;

a – характеристика баричної тенденції за останні три години.

Для відображення характеристик вітру використовуються спеціальні символи:

dd – напрямок вітру біля поверхні землі (звідки віє) стрілкою;

ff – швидкість вітру, позначається на стрілці її «оперенням».

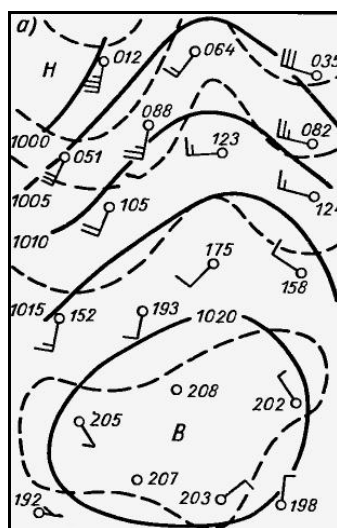
S_n – знак негативного значення температури повітря, точки роси та баричної тенденції.

Проведення ізобар та ізотенденцій на приземних картах погоди.

Проведення ізобар є одним з найважливіших завдань при обробці приземних карт погоди. Ізобари допомагають наглядно представити закономірності просторового розподілу тиску на рівні моря, а також положення циклонів, антициклонів та інших баричних систем. Таким чином розкриваються основні механізми атмосферної циркуляції.

Ізобари проводять простим чорним олівцем у вигляді неперервних плавних ліній через 5 гПа (кратні 5, наприклад, 995, 1000, 1005 гПа і т.д.). на додаткових (кільцевих) картах погоди великого масштабу ізобари проводяться через 2,5 гПа. При проведенні ізобар здійснюють інтерполяцію між значеннями тиску на сусідніх станціях та враховують напрямок та швидкість вітру на цих станціях.

Якщо при проведенні ізобар не враховувати баричний закон вітру, то не лише їх густота, що визначає величину баричного градієнту, може не відповідати швидкості вітру, але й напрямок ізобар може виявитися помилковим. Проводять згладжені ізобари, без зайвої хвилястості, щоб зосередити увагу синоптика на головному. Проте, згладжування не повинно порушувати правильність проведення ізобар.



На рис. правильні ізобари в баричній системі позначені суцільною лінією, а неправильні – пунктиром.

У зв'язку з неперервністю поля тиску різні ізобари не можуть перетинати одна одну. В межах всієї земної кулі будь-яка ізобара є замкнутою кривою лінією, хоча на обмеженій території багато ізобар розімкнута, тобто обриваються на краях карти, а замкнутими є ізобари лише в циклонах та антициклонах, що розташовані в даному районі.

При обробці карти всі ізобари підписуються повним числом гектопаскалів: розімкнуті – з двох кінців, замкнуті – в якомусь одному місці, не переважаному нанесеними на карту даними. Обрив ізобар на краю карти рекомендується робити вздовж однієї прямої лінії, а підписи виконувати один над іншим. Це не лише надає карті більшої акуратності, але й дозволяє швидше знаходити значення тиску вздовж тієї чи іншої ізобари.

Ізотенденції (ізолінії баричних тенденцій) проводять через 1 гПа простим чорним олівцем у вигляді тонких пунктирних ліній без натиску, щоб не переважувати карту строкатістю ізоліній. Ізотенденції є частковим випадком ізобар – ліній, що характеризують зміну атмосферного тиску за певний проміжок часу. Ізотенденції підписуються, при чому негативні значення відмічаються знаком «мінус». В центрі області падіння тиску червоним олівцем ставиться буква «П», а поряд справа підписують значення максимального зниження тиску з точністю до десятих гектопаскаля. Аналогічно в центрі області росту тиску синім олівцем ставиться буква «Р» і підписується значення максимального підвищення тиску.

При виявленні положення центру циклона чи антициклона, крім ізобар, враховується вітер: в центрі циклону (антициклона) спостерігається штиль, в околицях центра напрямок вітру має відповідати циклонічній (антициклонічній) циркуляції.

Часто обмежуються приблизним визначенням положення циклону чи антициклону, вважаючи, що він співпадає з геометричним центром області всередині першої замкнутої ізобари, кратної 5. Якщо необхідно точніше визначити положення центру, проводять проміжні ізобари через 2,5 або 1 гПа.

Значну увагу слід приділяти випадкам, коли радіус першої замкнутої ізобари, кратної 5 дуже великий. В таких випадках більш уважний аналіз часто дозволяє виявити кілька антициклоніальних центрів, об'єднаних спільними ізобарами. Такі центри називають спряженими.

В центрі кожного циклону на карті погоди ставиться простим чорним олівцем буква «Н», а в центрі антициклону – «В», що відповідає початковим буквам слів «низький» та «високий» (тиск).

Виявлення зон опадів, туманів та інших характеристик погоди (підйом карти).

Ряд операцій первинного аналізу карт погоди проводиться із застосуванням кольорових олівців, з метою привертання уваги до найважливіших характеристик погоди. Ці операції називаються підйомом карти.

Зона облогових опадів суцільно зафарбовується зеленим олівцем, зона туманів – жовтим. Інші явища відмічаються умовними позначеннями.

ww	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
00	○	◐	◑	◒	◓	∞	S	\$/q	€	(S)
10	=	≡	≡	<	☺) (()	R	∇) (
20	◌]	◌]	*]	*]	◌]	◌]	◌]	◌]	≡]	R]
30	S	S	S	S	S	S	+	+	+	+
40	(≡)	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≡	≠	≠
50	•	••	•	••	•	••	~	~	•	•
60	•	••	•	••	•	••	~	~	*	*
70	*	**	*	**	*	**	←	▲	*	△
80	◌▽	◌▽	◌▽	◌▽	◌▽	◌▽	◌▽	◌▽	◌▽	◌▽
90	▲	R]	R]:	R]△	R]*△	R]*	R	R*	R	R

WW = 20–29 За останню годину, але не в строк спостережень: опади, туман, гроза;

WW = 30–39 Пилова/піщана буря, хуртовина (загальна, низова, поземок);

WW = 40–49 Туман або льодяний туман;

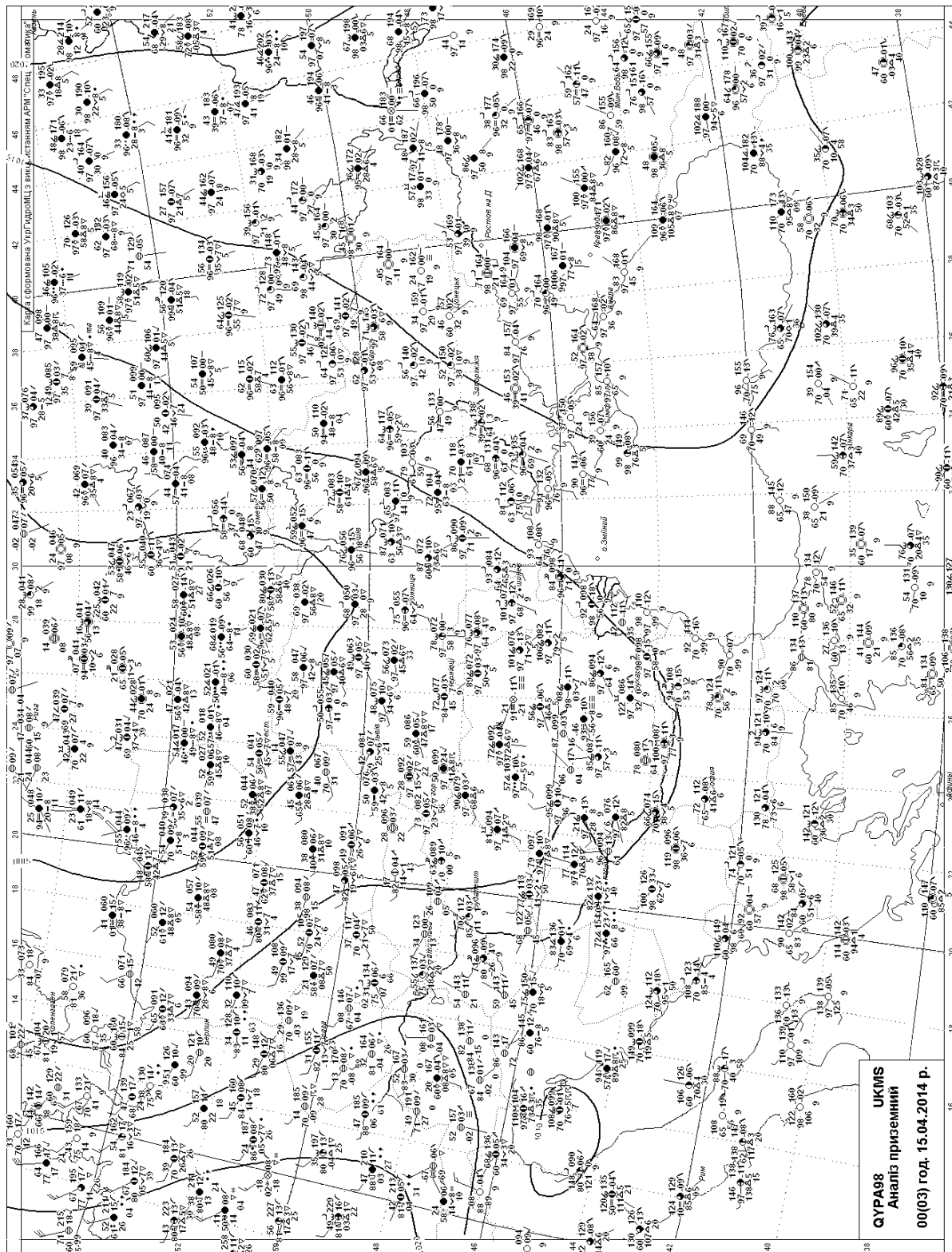
WW = 50–59 Мряка, мряка з дощем;

WW = 60–69 Дощ, дощ зі снігом, мряка зі снігом (не зливові), мокрий сніг;

WW = 70–79 Сніг та інші тверді опади (не зливові);

WW = 80–90 Зливові опади;

WW = 91–99 Гроза в строк спостережень або протягом останньої години.



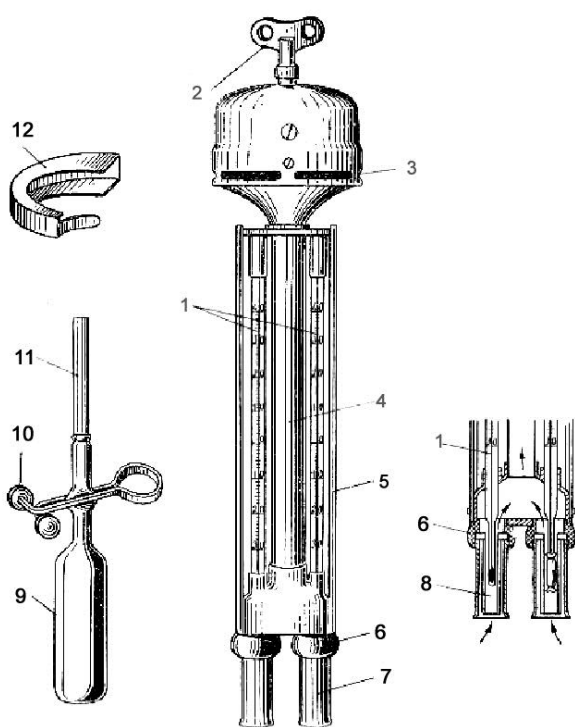
Приклад карти з нанесеними ізобарами

Проведення мікрокліматичних спостережень

1. Які метеорологічні величини вимірюють за допомогою кожного з приладів (з'єднати правильні відповіді)

Альбедометр термоелектричний похідний	Температура точки роси
Анемометр ручний чашковий	Атмосферний тиск
Переносна снігомірна рейка	Щільність снігу
Ваговий снігомір	Висота снігового покриву
Барометр-анероїд	Температура повітря
Термометр ртутний метеорологічний (термометр-праць)	Швидкість вітру
Психрометр аспіраційний	Сумарна, розсіяна та відбита короткохвильова радіація

2. Підписати складові частини аспіраційного психрометра



- 1 – _____
- 2 – _____
- 3 – _____
- 4 – _____
- 5 – _____
- 6 – _____
- 7 – _____
- 8 – _____
- 9 – _____
- 10 – _____
- 11 – _____
- 12 – _____

3. Аспіраційний психрометр встановлюють на стовпі за допомогою спеціального гака таким чином, щоб резервуари термометрів перебували над поверхнею землі на висоті (підкреслити правильний варіант)

- а) 0,5 м б) 1 м в) 1,5 м г) 2 м

4. Яким чином від значень температури, виміряних сухим та змоченим термометрами, переходять до значень характеристик вологості?

1. _____
2. _____

5. При проведенні спостережень з використанням психрометра аспіраційного, його встановлюють за

- а) 5 хв б) 10 хв в) 15 хв г) 20 хв д) 25 хв е) 30 хв
до початку вимірювань (потрібне підкреслити).

6. Пояснити принцип дії барометра-анероїда _____

7. До результатів вимірювань, отриманих за допомогою барометра-анероїда, вводять наступні поправки: _____.

Усі поправки знаходять у _____.

8. Вказати переваги барометрів-анероїдів над ртутними чашковими барометрами

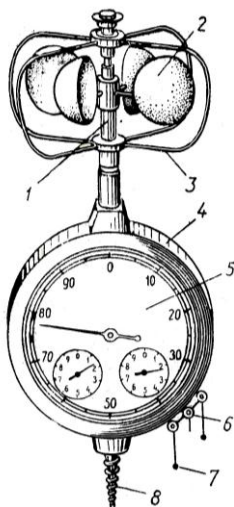
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

та їх недоліки: _____

9. Навіщо на лічильнику анемометра ручного чашкового розміщено три шкали?

10. Для вимірювання розсіяної сонячної радіації альбедометром термоелектричним похідним використовують _____.

11. Підписати складові частини анемометра ручного чашкового



- 1 – _____
- 2 – _____
- 3 – _____
- 4 – _____
- 5 – _____
- 6 – _____
- 7 – _____
- 8 – _____

12. Дані формули $W = 5hd$, $d = 5n/50h = n/10h$ використовуються для визначення

Розшифрувати їх складові:

W – _____

h – _____

d – _____

n – _____

13. Яким чином за допомогою альбедометра термоелектричного похідного можна виміряти інтенсивність прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню?

14. Яким чином має бути розміщений термометр-прац для правильного проведення вимірювань температури? _____

15. Чому при проведенні спостережень термометром-працем не слід торкатися до його корпусу та потрібно брати відліки повернувшись спиною до Сонця? _____

Перелік використаних джерел

1. Городецкий О.А., Гуральник И.И., Ларин В.В. Метеорология. Методы и технические средства наблюдений. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 336 с.
2. Колесник П.И. Метеорология: Практикум. – К.: "Вища школа", 1986. – 176 с.
3. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3, ч.1: Метеорологічні спостереження на станціях. – К.: Ніка-Центр, 2011. – 280 с.
4. Нетробчук І.М. Вимірювання метеорологічних величин: наоч. посіб. – Луцьк : Вежа-Друк, 2015. – 128 с.
5. Паламарчук Л.В., Шевченко О.Г. Метеорологічні прилади та вимірювання. – К.: Видавництво «Інтерконтиненталь-Україна», 2012. – 123 с.
6. Сніжко С.І., Паламарчук Л.В., Затула В.І. Метеорологія. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2010. – 592 с.
7. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 391 с.
8. Хромов С.П. Метеорология и климатология – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 455 с.
9. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. WMO-No. 8. – 2008 (edition Updated in 2010). WMO – 2012 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_8_en-2012.pdf – назва з екрану.
10. Sene K. Hydrometeorology: Forecasting and Applications. – United Kingdom: Springer, 2010. – 356 p.
11. World Meteorological Organization: Measurement of Temperature and Humidity (R.G. Wylie and T. Lalas). WMO-No. 759, Geneva: WMO, 1992. – 125 p.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Рівняння часу

(різниця між середнім та істинним сонячним часом, у хвилинах)

Дата		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Невисокосний рік	Високосний рік ¹												
	1	3	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2	3	14	13	4	-3	-2	4	6	0	-10	-16	-11
2	3	4	14	12	4	-3	-2	4	6	0	-10	-16	-11
3	4	4	14	12	4	-3	-2	4	6	0	-11	-16	-10
4	5	5	14	12	3	-3	-2	4	6	-1	-11	-16	-10
5	6	5	14	12	3	-3	-2	4	6	-1	-11	-16	-10
6	7	6	14	12	3	-3	-2	4	6	-1	-12	-16	-9
7	8	6	14	11	2	-3	-2	5	6	-2	-12	-16	-9
8	9	6	14	11	2	-4	-1	5	6	-2	-12	-16	-8
9	10	7	14	11	2	-4	-1	5	6	-2	-12	-16	-8
10	11	7	14	11	2	-4	-1	5	6	-3	-13	-16	-8
11	12	8	14	10	1	-4	-1	5	5	-3	-13	-16	-7
12	13	8	14	10	1	-4	0	6	5	-3	-13	-16	-7
13	14	8	14	10	1	-4	0	6	5	-4	-14	-16	-6
14	15	9	14	10	1	-4	0	6	5	-4	-14	-16	-6
15	16	9	14	9	0	-4	0	6	5	-5	-14	-16	-5
16	17	10	14	9	0	-4	0	6	4	-5	-14	-15	-5
17	18	10	14	9	0	-4	0	6	4	-5	-14	-15	-4
18	19	10	14	8	0	-4	1	6	4	-6	-15	-15	-4
19	20	11	14	8	-1	-4	1	6	4	-6	-15	-15	-3
20	21	11	14	8	-1	-4	1	6	4	-6	-15	-14	-3
21	22	11	14	8	-1	-4	1	6	3	-7	-15	-14	-2
22	23	12	14	7	-1	-4	2	6	3	-7	-15	-14	-2
23	24	12	14	7	-2	-3	3	6	3	-7	-16	-14	-1
24	25	12	14	7	-2	-3	2	6	3	-8	-16	-14	-1
25	26	12	13	6	-2	-3	2	6	2	-8	-16	-13	0
26	27	12	13	6	-2	-3	2	6	2	-8	-16	-13	0
27	28	13	13	6	-2	-3	3	6	2	-9	-16	-13	1
28	29	13	13	5	-2	-3	3	6	1	-9	-16	-12	1
29	30	13		5	-3	-3	3	6	1	-9	-16	-12	2
30	31	13		5	-3	-3	3	6	1	-10	-16	-12	2
31		13		4		-3		6	1				3

¹ Цю графу слід використовувати лише для січня та лютого у високосний рік. В інші місяці будь-якого року користуватися першою графою.

Середній сонячний час в істинний полудень (год, хв)

Дата	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	12 03	12 14	12 13	12 04	11 57	11 58	12 04	12 06	12 00	11 50	11 44	11 49
2	12 03	12 14	12 12	12 04	11 57	11 58	12 04	12 06	12 00	11 50	11 44	11 49
3	12 04	12 14	12 12	12 04	11 57	11 58	12 04	12 06	12 00	11 49	11 44	11 50
4	12 04	12 14	12 12	12 03	11 57	11 58	12 04	12 06	11 59	11 49	11 44	11 50
5	12 05	12 14	12 12	12 03	11 57	11 58	12 04	12 06	11 59	11 49	11 44	11 50
6	12 05	12 14	12 12	12 03	11 57	11 58	12 04	12 06	11 59	11 48	11 44	11 51
7	12 06	12 14	12 11	12 02	11 56	11 59	12 05	12 06	11 58	11 48	11 44	11 51
8	12 06	12 14	12 11	12 02	11 56	11 59	12 05	12 06	11 58	11 48	11 44	11 52
9	12 07	12 14	12 11	12 02	11 56	11 59	12 05	12 05	11 58	11 47	11 44	11 52
10	12 07	12 14	12 11	12 02	11 56	11 59	12 05	12 05	11 57	11 47	11 44	11 53
11	12 08	12 14	12 10	12 01	11 56	11 59	12 05	12 05	11 57	11 47	11 44	11 53
12	12 08	12 14	12 10	12 01	11 56	12 00	12 05	12 05	11 56	11 47	11 44	11 54
13	12 09	12 14	12 10	12 01	11 56	12 00	12 05	12 05	11 56	11 46	11 44	11 54
14	12 09	12 14	12 09	12 00	11 56	12 00	12 06	12 05	11 56	11 46	11 44	11 54
15	12 09	12 14	12 09	12 00	11 56	12 00	12 06	12 05	11 55	11 46	11 45	11 55
16	12 10	12 14	12 09	12 00	11 56	12 00	12 06	12 04	11 55	11 46	11 45	11 55
17	12 10	12 14	12 09	12 00	11 56	12 01	12 06	12 04	11 55	11 46	11 45	11 56
18	12 10	12 14	12 08	11 59	11 56	12 01	12 06	12 04	11 54	11 45	11 45	11 56
19	12 11	12 14	12 08	11 59	11 56	12 01	12 06	12 04	11 54	11 45	11 45	11 57
20	12 11	12 14	12 08	11 59	11 56	12 01	12 06	12 03	11 54	11 45	11 45	11 57
21	12 11	12 14	12 07	11 59	11 56	12 01	12 06	12 03	11 53	11 45	11 46	11 58
22	12 12	12 14	12 07	11 59	11 56	12 02	12 06	12 03	11 53	11 45	11 46	11 58
23	12 12	12 14	12 07	11 58	11 57	12 02	12 06	12 03	11 53	11 44	11 46	11 59
24	12 12	12 13	12 07	11 58	11 57	12 02	12 06	12 02	11 52	11 44	11 47	11 59
25	12 12	12 13	12 06	11 58	11 57	12 02	12 06	12 02	11 52	11 44	11 47	12 00
26	12 13	12 13	12 06	11 58	11 57	12 03	12 06	12 02	11 52	11 44	11 47	12 00
27	12 13	12 13	12 06	11 58	11 57	12 03	12 06	12 02	11 51	11 44	11 48	12 01
28	12 13	12 13	12 05	11 58	11 57	12 03	12 06	12 01	11 51	11 44	11 48	12 01
29	12 13		12 05	11 57	11 57	12 03	12 06	12 01	11 51	11 44	11 48	12 02
30	12 13		12 05	11 57	11 57	12 03	12 06	12 01	11 50	11 44	11 49	12 02
31	12 14		12 04		11 57		12 06	12 00		11 44		12 03

Схилення сонця

Невисок -ний рік	Дата		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Високос -ний рік ¹													
	1		-23,0	-17,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1	2		-23,0	-17,2	-7,7	+4,4	+15,0	+22,0	+23,1	+18,2	+8,4	-3,1	-14,3	-21,8
2	3		-22,9	-16,9	-7,3	+4,8	+15,3	+22,2	+23,1	+17,9	+8,4	-3,5	-14,7	-21,9
3	4		-22,9	-16,6	-6,9	+5,2	+15,6	+22,3	+23,0	+17,6	+7,7	-3,8	-15,0	-22,1
4	5		-22,8	-16,4	-6,6	+5,6	+15,9	+22,4	+22,9	+17,3	+7,3	-4,2	-15,3	-22,2
5	6		-22,6	-16,0	-6,2	+6,0	+16,2	+22,5	+22,8	+17,1	+6,9	-4,6	-15,6	-22,3
6	7		-22,5	-15,7	-5,8	+6,3	+16,5	+22,6	+22,7	+16,8	+6,6	-5,0	-15,9	-22,5
7	8		-22,4	-15,4	-5,4	+6,7	+16,7	+22,7	+22,6	+16,5	+6,2	-5,4	-16,2	-22,6
8	9		-22,3	-15,1	-5,0	+7,1	+17,0	+22,8	+22,5	+16,2	+5,8	-5,8	-16,5	-22,7
9	10		-22,1	-14,8	-4,6	+7,5	+17,3	+22,9	+22,4	+16,0	+5,4	-6,2	-16,8	-22,8
10	11		-22,0	-14,4	-4,2	+7,8	+17,5	+23,0	+22,3	+15,7	+5,0	-6,5	-17,1	-22,9
11	12		-21,9	-14,1	-3,8	+8,2	+17,8	+23,1	+22,2	+15,4	+4,7	-6,9	-17,3	-23,0
12	13		-21,7	-13,8	-3,4	+8,6	+18,1	+23,1	+22,0	+15,1	+4,3	-7,3	-17,6	-23,1
13	14		-21,5	-13,5	-3,0	+8,9	+18,3	+23,2	+21,9	+14,8	+3,9	-7,7	-17,9	-23,1
14	15		-21,4	-13,1	-2,6	+9,3	+18,6	+23,3	+21,7	+14,5	+3,5	-8,0	-18,2	-23,2
15	16		-21,2	-12,8	-2,2	+9,7	+18,8	+23,3	+21,6	+14,2	+3,1	-8,4	-18,4	-23,3
16	17		-21,0	-12,4	-1,9	+10,0	+19,0	+23,3	+21,4	+13,8	+2,8	-8,8	-18,7	-23,3
17	18		-20,8	-12,1	-1,5	+10,4	+19,3	+23,4	+21,3	+13,5	+2,4	-9,1	-18,9	-23,4
18	19		-20,6	-11,7	-1,1	+10,7	+19,5	+23,4	+21,1	+13,2	+2,0	-9,5	-19,2	-23,4
19	20		-20,4	-11,4	-0,7	+11,1	+19,7	+23,4	+20,9	+12,9	+1,6	-9,9	-19,4	-23,4
20	21		-20,2	-11,0	-0,3	+11,4	+19,9	+23,4	+20,7	+12,6	+1,2	-10,2	-19,6	-23,4
21	22		-20,0	-10,7	+0,1	+11,8	+20,1	+23,4	+20,5	+12,2	+0,8	-10,6	-19,9	-23,4
22	23		-19,7	-10,3	+0,5	+12,1	+20,3	+23,4	+20,3	+11,9	+0,4	-11,0	-20,1	-23,4
23	24		-19,5	-9,9	+0,9	+12,4	+20,5	+23,4	+20,1	+11,6	+0,1	-11,3	-20,3	-23,4
24	25		-19,3	-9,6	+1,3	+12,8	+20,7	+23,4	+19,9	+11,2	-0,3	-11,7	-20,5	-23,4
25	26		-19,0	-9,2	+1,7	+13,1	+20,9	+23,4	+19,7	+10,9	-0,7	-12,0	-20,7	-23,4
26	27		-18,8	-8,8	+2,1	+13,4	+21,1	+23,4	+19,5	+10,5	-1,1	-12,3	-20,9	-23,3
27	28		-18,5	-8,4	+2,5	+13,7	+21,3	+23,3	+19,3	+10,2	-1,5	-12,7	-21,1	-23,3
28	29		-18,3	-8,1	+2,9	+14,1	+21,4	+23,3	+19,1	+9,8	-1,9	-13,0	-21,3	-23,2
29	30		-18,0	-	+3,3	+14,4	+21,6	+23,3	+18,8	+9,5	-2,3	-13,4	-21,4	-23,2
30	31		-17,7	-	+3,7	+14,7	+21,7	+23,2	+18,6	+9,6	-2,7	-13,7	-21,6	-23,1
31			-17,5	-	+4,0	-	21,9	-	+18,4	+8,8	-	-14,0	-	-

¹ Цю графу слід використовувати лише для січня та лютого у високосний рік. В інші місяці будь-якого року користуватися першою графою.

Приведення показів барометра до 0°с

Температура, °C	Покази барометра, гПа										
	930	940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030
10	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7
11	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
12	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0
13	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,2	2,2
14	2,1	2,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,4
15	2,3	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5
16	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7
17	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8
18	2,7	2,8	2,8	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0
19	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2
20	3,0	3,1	3,1	3,1	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4
21	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5
22	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7
23	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8
24	3,6	3,7	3,7	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	3,9	4,0	4,0
25	3,8	3,8	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2
26	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4
27	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,4	4,5	4,5
28	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,6	4,7
29	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8
30	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	5,0	5,0

Приведення показів барометра до нормальної сили тяжіння

А) поправка на широту

Широта, °		Покази барометра, гПа										
Віднімати	Додавати	930	940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030
25	65	1,55	1,57	1,58	1,60	1,62	1,63	1,65	1,67	1,68	1,70	1,72
26	64	1,48	1,50	1,52	1,53	1,55	1,56	1,58	1,60	1,61	1,63	1,64
27	63	1,42	1,43	1,45	1,46	1,48	1,49	1,51	1,52	1,54	1,55	1,57
28	62	1,35	1,36	1,38	1,39	1,40	1,42	1,43	1,45	1,46	1,48	1,49
29	61	1,28	1,29	1,30	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37	1,39	1,40	1,41
30	60	1,20	1,22	1,23	1,24	1,26	1,27	1,28	1,30	1,31	1,32	1,33
31	59	1,13	1,14	1,15	1,17	1,18	1,19	1,20	1,22	1,23	1,24	1,25
32	58	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,14	1,15	1,16	1,17
33	57	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,08	1,09
34	56	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
35	55	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91
36	54	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,82
37	53	0,66	0,67	0,68	0,69	0,69	0,70	0,71	0,72	0,72	0,73	0,74
38	52	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,61	0,61	0,63	0,63	0,64	0,65
39	51	0,50	0,51	0,51	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54	0,54	0,55	0,56
40	50	0,42	0,42	0,43	0,43	0,44	0,44	0,45	0,45	0,46	0,46	0,46
41	49	0,34	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37
42	48	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28
43	47	0,17	0,17	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,19
44	46	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
45	45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Б) Поправка на висоту над рівнем моря

Висота, м	Покази барометра, гПа										
	860	880	900	920	940	960	980	1000	1020	1040	1060
100				0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
200			0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
300			0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
400	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08		
500	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10		
600	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12			
700	0,12	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14			
800	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16			
900	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17					
1000	0,17	0,17	0,18	0,18	0,18	0,19					
1100	0,19	0,19	0,19	0,20	0,20	0,21					
1200	0,20	0,21	0,21	0,22	0,22						
1300	0,22	0,22	0,23	0,23	0,24						
1400	0,24	0,24	0,25	0,25	0,26						
1500	0,25	0,26	0,26	0,27							
1600	0,27	0,28	0,28	0,29							
1700	0,29	0,29	0,30	0,31							
1800	0,30	0,31									
1900	0,32	0,34									
2000	0,34										

Варіанти для виконання практичної роботи № 2

Варіант I

1. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $29^{\circ}15'$ сх.д. і $70^{\circ}30'$ сх.д.; б) $31^{\circ}43'$ сх.д. і $64^{\circ}11'$ сх.д.; в) $37^{\circ}30'$ сх.д. і $51^{\circ}17'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $31^{\circ}11'$ сх.д. і $12^{\circ}30'$ сх.д.; б) $51^{\circ}31'$ сх.д. і $11^{\circ}34'$ сх.д.; в) $61^{\circ}30'$ сх.д. і $1^{\circ}18'$ сх.д.
3. 19 грудня поясний час в точці з координатами $35^{\circ}15'$ сх.д. 12 година 00 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $01^{\circ}41'$ сх.д.

Варіант II

1. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $29^{\circ}15'$ сх.д. і $70^{\circ}30'$ сх.д.; б) $31^{\circ}43'$ сх.д. і $64^{\circ}11'$ сх.д.; в) $37^{\circ}30'$ сх.д. і $51^{\circ}17'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $51^{\circ}18'$ сх.д. і $77^{\circ}10'$ сх.д.; б) $66^{\circ}31'$ сх.д. і $14^{\circ}31'$ сх.д.; в) $21^{\circ}30'$ сх.д. і $42^{\circ}22'$ сх.д.
3. 21 серпня поясний час в точці з координатами $45^{\circ}21'$ сх.д. 17 година 08 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $11^{\circ}43'$ сх.д.

Варіант III

1. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $22^{\circ}10'$ сх.д. і $34^{\circ}30'$ сх.д.; б) $37^{\circ}13'$ сх.д. і $41^{\circ}11'$ сх.д.; в) $12^{\circ}50'$ сх.д. і $41^{\circ}17'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $12^{\circ}18'$ сх.д. і $58^{\circ}09'$ сх.д.; б) $04^{\circ}39'$ сх.д. і $47^{\circ}11'$ сх.д.; в) $51^{\circ}30'$ сх.д. і $12^{\circ}33'$ сх.д.
3. 16 травня поясний час в точці з координатами $12^{\circ}15'$ сх.д. 23 година 11 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $41^{\circ}41'$ сх.д.

Варіант IV

1. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $22^{\circ}10'$ сх.д. і $34^{\circ}30'$ сх.д.; б) $37^{\circ}13'$ сх.д. і $41^{\circ}11'$ сх.д.; в) $12^{\circ}50'$ сх.д. і $41^{\circ}17'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $61^{\circ}48'$ сх.д. і $07^{\circ}23'$ сх.д.; б) $12^{\circ}21'$ сх.д. і $16^{\circ}34'$ сх.д.; в) $47^{\circ}30'$ сх.д. і $21^{\circ}56'$ сх.д.
3. 3 лютого поясний час в точці з координатами $15^{\circ}15'$ сх.д. 08 година 23 хвилини. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $10^{\circ}00'$ сх.д.

Варіант V

1. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $09^{\circ}15'$ сх.д. і $40^{\circ}20'$ сх.д.; б) $17^{\circ}13'$ сх.д. і $25^{\circ}01'$ сх.д.; в) $37^{\circ}30'$ сх.д. і $64^{\circ}37'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $47^{\circ}18'$ сх.д. і $27^{\circ}56'$ сх.д.; б) $31^{\circ}12'$ сх.д. і $53^{\circ}34'$ сх.д.; в) $27^{\circ}13'$ сх.д. і $41^{\circ}21'$ сх.д.
3. 13 листопада поясний час в точці з координатами $34^{\circ}45'$ сх.д. 15 година 30 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $23^{\circ}41'$ сх.д.

Варіант VI

1. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $09^{\circ}15'$ сх.д. і $40^{\circ}20'$ сх.д.; б) $17^{\circ}13'$ сх.д. і $25^{\circ}01'$ сх.д.; в) $37^{\circ}30'$ сх.д. і $64^{\circ}37'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $17^{\circ}31'$ сх.д. і $44^{\circ}51'$ сх.д.; б) $35^{\circ}57'$ сх.д. і $13^{\circ}45'$ сх.д.; в) $09^{\circ}11'$ сх.д. і $65^{\circ}47'$ сх.д.
3. 23 травня поясний час в точці з координатами $13^{\circ}45'$ сх.д. 12 година 30 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $33^{\circ}01'$ сх.д.

Варіант VII

1. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $13^{\circ}15'$ сх.д. і $57^{\circ}30'$ сх.д.; б) $47^{\circ}43'$ сх.д. і $48^{\circ}11'$ сх.д.; в) $27^{\circ}30'$ сх.д. і $31^{\circ}56'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $62^{\circ}13'$ сх.д. і $14^{\circ}41'$ сх.д.; б) $07^{\circ}53'$ сх.д. і $34^{\circ}49'$ сх.д.; в) $19^{\circ}25'$ сх.д. і $15^{\circ}59'$ сх.д.
3. 13 лютого поясний час в точці з координатами $17^{\circ}45'$ сх.д. 19 година 31 хвилина. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $56^{\circ}41'$ сх.д.

Варіант VIII

1. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $13^{\circ}15'$ сх.д. і $57^{\circ}30'$ сх.д.; б) $47^{\circ}43'$ сх.д. і $48^{\circ}11'$ сх.д.; в) $27^{\circ}30'$ сх.д. і $31^{\circ}56'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $02^{\circ}47'$ сх.д. і $57^{\circ}03'$ сх.д.; б) $54^{\circ}03'$ сх.д. і $44^{\circ}21'$ сх.д.; в) $12^{\circ}20'$ сх.д. і $21^{\circ}19'$ сх.д.
3. 5 квітня поясний час в точці з координатами $61^{\circ}15'$ сх.д. 5 година 56 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $53^{\circ}00'$ сх.д.

Варіант IX

1. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $29^{\circ}15'$ сх.д. і $70^{\circ}30'$ сх.д.; б) $31^{\circ}43'$ сх.д. і $64^{\circ}11'$ сх.д.; в) $37^{\circ}30'$ сх.д. і $51^{\circ}17'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $25^{\circ}40'$ сх.д. і $61^{\circ}13'$ сх.д.; б) $04^{\circ}13'$ сх.д. і $53^{\circ}00'$ сх.д.; в) $42^{\circ}50'$ сх.д. і $33^{\circ}19'$ сх.д.
3. 30 вересня поясний час в точці з координатами $05^{\circ}31'$ сх.д. 10 година 07 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $51^{\circ}48'$ сх.д.

Варіант X

1. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $29^{\circ}15'$ сх.д. і $70^{\circ}30'$ сх.д.; б) $31^{\circ}43'$ сх.д. і $64^{\circ}11'$ сх.д.; в) $37^{\circ}30'$ сх.д. і $51^{\circ}17'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $15^{\circ}10'$ сх.д. і $68^{\circ}43'$ сх.д.; б) $34^{\circ}11'$ сх.д. і $03^{\circ}05'$ сх.д.; в) $22^{\circ}59'$ сх.д. і $30^{\circ}29'$ сх.д.
3. 5 лютого поясний час в точці з координатами $36^{\circ}00'$ сх.д. 20 година 07 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $45^{\circ}05'$ сх.д.

Варіант XI

1. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $21^{\circ}15'$ сх.д. і $34^{\circ}00'$ сх.д.; б) $13^{\circ}56'$ сх.д. і $45^{\circ}01'$ сх.д.; в) $31^{\circ}00'$ сх.д. і $57^{\circ}07'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $71^{\circ}12'$ сх.д. і $08^{\circ}23'$ сх.д.; б) $24^{\circ}11'$ сх.д. і $54^{\circ}15'$ сх.д.; в) $02^{\circ}00'$ сх.д. і $37^{\circ}23'$ сх.д.
3. 27 січня поясний час в точці з координатами $11^{\circ}11'$ сх.д. 17 година 10 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $61^{\circ}00'$ сх.д.

Варіант XII

1. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $21^{\circ}15'$ сх.д. і $34^{\circ}00'$ сх.д.; б) $13^{\circ}56'$ сх.д. і $45^{\circ}01'$ сх.д.; в) $31^{\circ}00'$ сх.д. і $57^{\circ}07'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $11^{\circ}52'$ сх.д. і $52^{\circ}25'$ сх.д.; б) $34^{\circ}01'$ сх.д. і $04^{\circ}25'$ сх.д.; в) $22^{\circ}09'$ сх.д. і $17^{\circ}53'$ сх.д.
3. 22 квітня поясний час в точці з координатами $73^{\circ}05'$ сх.д. 14 година 07 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $41^{\circ}21'$ сх.д.

Варіант XIII

1. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $09^{\circ}58'$ сх.д. і $47^{\circ}30'$ сх.д.; б) $27^{\circ}03'$ сх.д. і $48^{\circ}11'$ сх.д.; в) $51^{\circ}30'$ сх.д. і $53^{\circ}00'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $22^{\circ}04'$ сх.д. і $08^{\circ}09'$ сх.д.; б) $23^{\circ}09'$ сх.д. і $21^{\circ}03'$ сх.д.; в) $29^{\circ}03'$ сх.д. і $77^{\circ}03'$ сх.д.
3. 31 грудня поясний час в точці з координатами $55^{\circ}00'$ сх.д. 11 година 09 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $52^{\circ}41'$ сх.д.

Варіант XIV

1. На скільки в один і той же момент відрізняється поясний час на меридіанах:
а) $09^{\circ}58'$ сх.д. і $47^{\circ}30'$ сх.д.; б) $27^{\circ}03'$ сх.д. і $48^{\circ}11'$ сх.д.; в) $51^{\circ}30'$ сх.д. і $53^{\circ}00'$ сх.д.
2. На скільки в один і той же момент відрізняється середній сонячний час на меридіанах:
а) $42^{\circ}04'$ сх.д. і $04^{\circ}51'$ сх.д.; б) $12^{\circ}19'$ сх.д. і $41^{\circ}43'$ сх.д.; в) $09^{\circ}13'$ сх.д. і $65^{\circ}34'$ сх.д.
3. 1 березня поясний час в точці з координатами $74^{\circ}10'$ сх.д. 18 година 40 хвилин. Визначити поясний, середній сонячний та істинний час в точці з координатами $23^{\circ}01'$ сх.д.

Варіант I

Вінниця														
Число	I	I мін	II	III	IV	V	VI	VII	VII макс	VIII	IX	X	XI	XII
1	2,3	0,7	-12,0	-0,2	6,2	9,9	19,0	21,3	29,9	17,5	15,1	14,6	-2,8	-7,0
2	1,6	0,5	-11,0	-1,8	5,9	12,0	17,1	22,8	27,3	19,1	16,3	10,0	1,3	-8,5
3	0,6	-0,6	-6,5	-2,0	5,3	14,1	16,7	22,4	27,5	21,0	17,4	10,0	1,2	-8,1
4	0,4	-2,3	-0,3	-2,7	5,7	12,3	15,7	24,7	28,4	18,6	13,2	9,6	-3,5	-8,4
5	1,2	-1,4	-1,7	-6,3	6,0	14,7	17,4	24,4	30,6	15,5	13,0	9,9	-3,5	-3,6
6	3,6	1,6	0,4	-3,2	6,6	14,4	18,6	26,5	32,6	15,3	13,1	8,7	-2,2	-0,1
7	1,2	-1,4	-0,8	-0,3	6,3	11,3	19,3	22,1	28,1	15,2	12,1	11,0	-2,5	0,6
8	1,8	0,5	-0,2	0,3	9,3	12,0	20,0	21,1	25,1	17,6	12,7	12,0	-0,8	-1,5
9	2,0	1,2	-0,1	0,2	9,2	11,7	19,1	19,0	23,5	18,9	11,5	8,9	-3,0	-2,2
10	0,3	-0,6	-0,2	-1,1	3,6	8,8	19,4	18,6	22,4	19,0	9,2	8,5	-6,8	-1,1
11	-0,8	-1,9	0,1	-2,3	3,3	9,9	19,6	18,7	26,3	19,1	12,5	11,0	-6,7	-2,3
12	-2,1	-2,6	-0,9	-0,8	8,4	11,2	18,7	18,5	24,1	22,4	14,4	9,6	-4,8	0,6
13	-0,3	-1,2	-1,7	-1,3	11,0	11,0	15,6	20,4	26,8	24,3	17,8	10,0	-4,3	-3,1
14	-0,3	-1,0	-1,8	-3,0	3,8	12,6	14,8	21,2	27,9	22,1	17,9	9,6	-1,5	-2,0
15	-2,2	-4,8	-3,7	-3,3	0,1	14,5	13,3	22,4	28,6	20,5	14,3	7,7	-0,1	-4,7
16	-4,6	-7,1	-4,6	1,0	3,3	13,7	11,1	21,3	28,3	23,2	16,6	7,4	-1,4	-7,1
17	-3,9	-6,0	-3,2	6,3	5,5	13,9	12,2	19,8	23,1	20,1	12,6	7,5	-3,1	-9,8
18	-1,1	-3,4	-1,2	1,7	9,2	16,4	12,1	18,7	23,9	15,4	10,8	5,2	-1,2	-9,9
19	-1,4	-3,2	-0,3	-1,4	7,2	19,4	13,0	20,5	24,9	15,7	12,3	5,7	-0,7	-2,1
20	-5,4	-6,1	-2,4	-2,2	11,0	18,9	15,6	16,4	21,8	18,8	13,5	5,4	-4,1	-1,2
21	-5,8	-6,9	-9,1	0,1	13,0	18,0	15,5	16,3	22,1	20,1	12,4	2,1	-9,0	-6,0
22	-4,2	-5,1	-10,0	1,6	13,0	17,5	15,4	18,5	23,6	21,4	12,6	1,2	-6,8	-1,6
23	-10,0	-13,7	-5,2	2,4	10,0	15,4	16,4	21,1	26,8	20,1	13,5	2,1	-8,6	2,0
24	-11,0	-13,2	-2,5	2,3	1,9	15,3	17,1	23,2	29,3	17,8	13,1	5,9	-9,8	0,9
25	-9,7	-11,7	-0,8	3,1	2,0	16,0	19,0	22,0	28,1	15,6	15,6	2,4	-6,9	0,2
26	-9,2	-10,0	-0,1	3,2	4,8	16,0	19,1	21,1	23,3	17,7	13,7	-3,1	0,3	-4,4
27	-13,0	-15,1	-3,8	4,4	6,2	17,5	20,4	20,0	26,7	13,2	15,8	-2,4	1,6	-0,9
28	-15,0	-19,4	-5,9	2,6	6,2	18,9	22,8	21,1	27,2	14,1	15,4	0,4	-2,5	1,7
29	-14,0	-17,1	-2,7	6,0	5,3	19,2	21,7	17,8	23,1	16,5	17,7	2,4	-1,6	-2,6
30	-9,9	-10,8		5,0	8,3	19,0	20,9	20,1	26,4	18,9	17,9	0,4	-1,6	3,0
31	-11,0	-12,7		5,2		19,0		15,1	23,4	15,3		-3,4		3,4
сер.		-							-					

24 липня 2009 М Вінниця						28 лютого 2009 М Вінниця					
Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %	Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %
00	Ясно	+21,0	2	732	61	00	Димка	0,0	4	732	94
03	Ясно	+20,0	2	732	67	03	Димка	0,0	4	732	92
06	Мінлива хмарність	+26,0	4	731	49	06	Мінлива хмарність	-1,0	4	732	88
09	Незначна хмарність	+30,0	5	730	40	09	Мінлива хмарність	+2,0	3	732	71
12	Незначна хмарність	+32,0	5	729	39	12	Сильний сніг	0,0	5	731	92
15	Незначна хмарність	+31,0	6	730	43	15	Зливовий сніг	0,0	5	731	91
18	Незначна хмарність	+23,0	9	732	64	18	Суцільна хмарність	0,0	6	732	93
21	Ясно	+19,0	2	734	80	21	Незначна хмарність	-2,0	5	734	88

Варіант II

Львів														
Місяць/ Число	I	I мін	II	III	IV	V	VI	VII	VII макс	VIII	IX	X	XI	XII
1	-2,4	-5,6	-3,7	-1,4	5,7	18,7	11,4	18,4	22,2	19,9	13,9	13,0	9,7	-3,0
2	-3,4	-7,6	-6,8	2,1	6,5	17,5	11,5	16,4	19,2	18,1	15,2	16,1	3,5	-1,4
3	-2,1	-5,2	-7,5	-0,5	9,4	15,2	14,3	17,3	22,0	20,3	13,6	18,4	2,8	-3,0
4	1,7	-0,4	-8,6	3,3	11,6	16,6	10,3	19,5	25,2	22,5	14,6	16,3	6,2	-6,4
5	0,3	-3,3	-4,1	3,2	12,8	17,7	10,8	18,2	24,2	21,6	16,5	11,9	4,5	-7,4
6	3,8	-1,8	2,7	0,3	7,1	16,1	12,8	19,8	25,9	18,8	15,0	9,9	2,8	-7,4
7	6,7	3,9	3,0	0,3	8,1	16,5	13,1	21,5	27,4	19,6	14,4	11,2	5,3	-14,4
8	7,9	5,6	2,9	2,8	11,2	16,7	15,4	21,4	28,0	21,0	13,2	13,6	7,2	-12,4
9	3,3	0,5	6,1	5,6	12,0	13,0	15,9	19,1	23,8	22,0	10,9	15,5	6,7	-11,9
10	1,3	-0,9	2,2	7,8	7,9	13,8	12,7	18,5	23,8	22,9	9,9	14,3	1,2	-8,8
11	-0,1	-1,6	0,9	8,4	8,1	12,3	15,7	20,9	26,9	15,4	8,6	12,2	-1,3	-3,2
12	-2,2	-3,9	1,3	10,1	7,6	9,6	12,8	17,4	22,5	15,4	9,9	11,0	2,9	-5,2
13	-2,9	-4,3	2,9	9,8	4,5	9,4	13,1	19,0	25,3	15,1	10,3	10,2	2,9	-16,1
14	-6,9	-11,4	1,5	7,6	0,9	11,2	16,5	23,0	28,9	17,4	13,3	11,1	0,6	-11,1
15	-3,6	-8,4	1,0	4,7	1,7	14,5	14,8	25,0	30,8	19,2	16,0	13,8	-0,1	-8,1
16	-3,6	-5,4	1,2	4,4	4,1	14,3	15,7	25,8	30,7	20,7	14,7	11,3	2,0	-8,6
17	-5,1	-6,0	-1,6	7,6	7,2	17,5	16,8	24,7	30,8	22,1	12,9	7,9	0,0	-17,3
18	-6,1	-8,8	-2,5	3,4	7,0	19,4	16,9	18,8	23,3	22,3	14,4	9,0	0,2	-6,3
19	-4,9	-5,8	-2,4	2,5	8,0	13,0	15,4	18,5	25,7	23,4	12,4	9,9	1,0	-1,4
20	-6,2	-8,2	-0,8	2,1	11,3	11,0	16,7	22,3	28,6	21,2	13,9	8,0	-1,7	-2,2
21	-5,7	-9,6	-0,2	-1,5	12,4	12,5	15,7	19,2	26,1	21,1	14,7	10,1	-3,5	-7,9
22	-6,3	-7,9	-1,6	-0,8	10,6	11,0	15,6	18,3	22,2	20,9	13,9	11,7	2,5	-4,1
23	-7,6	-9,6	-3,2	1,0	6,6	10,1	11,9	17,7	21,0	20,8	13,7	7,9	1,8	-4,9
24	-4,9	-6,7	-7,3	2,2	9,3	13,3	14,4	19,1	24,2	19,7	14,2	1,9	-0,6	-8,6
25	-4,7	-6,7	-10,3	4,1	9,6	15,7	16,4	17,7	19,8	19,7	11,9	1,3	-1,9	-5,8
26	1,2	-1,4	-8,1	-0,4	11,4	12,5	16,7	19,1	23,7	19,0	6,3	2,9	-1,8	-1,8
27	3,2	0,8	-7,1	-2,7	8,7	12,9	16,0	19,3	24,3	19,0	5,8	3,5	-2,8	-2,2
28	2,3	-0,6	-5,3	-3,3	10,8	14,3	17,6	19,4	21,1	15,5	7,8	3,6	-4,2	-3,9
29	2,0	-1,6		-2,1	13,9	15,7	17,9	21,2	25,9	11,4	7,9	6,9	-2,3	-0,7
30	0,0	-1,5		0,9	17,5	12,4	18,2	21,3	27,5	12,6	8,5	8,0	-2,5	-1,3
31	-1,2	-1,7		4,2		12,0		21,6	27,0	12,2		14,8		-3,7
сер.														

15 серпня 2010 М Львів						01 січня 2010 М Львів					
Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %	Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %
00	Ясно	+21,0	3	734	81	00	Слабка мряка	0,0	0	728	0
03	Ясно	+18,0	0	735	86	03	Туман	0,0	1	729	0
06	Ясно	+23,0	4	734	73	06	Суцільна хмарність	0,0	2	729	0
09	Ясно	+28,0	2	733	51	09	Туман	0,0	2	730	95
12	Ясно	+32,0	4	732	46	12	Димка	0,0	3	730	93
15	Ясно	+31,0	4	731	47	15	Сильний сніг	0,0	2	732	95
18	Мінлива хмарність	+26,0	3	732	66	18	Суцільна хмарність	-1,0	2	732	94
21	Мінлива хмарність	+23,0	0	732	76	21	Слабкий сніг	-2,0	1	732	89

Варіант III

Харків														
Місяць/ Число	I	I мін	II	III	IV	V	VI	VII	VII макс	VIII	IX	X	XI	XII
1	-7,8	-11,2	-16,3	-0,3	8,4	8,9	21,1	25,0	31,2	22,0	18,2	14,6	-3,4	-7,5
2	-4,8	-12,4	-16,9	0,5	7,2	12,7	20,2	23,7	29,6	21,6	18,5	12,0	-3,3	-12,8
3	2,3	0,8	-15,5	-1,4	3,6	15,0	20,6	23,3	27,8	21,0	18,5	11,0	1,9	-15,3
4	3,8	2,6	-10,9	-0,2	5,7	15,5	19,2	24,8	31,4	21,6	18,9	9,8	-0,6	-11,9
5	3,8	3,0	-4,0	-0,1	8,0	15,7	18,8	25,0	29,5	18,1	16,7	9,1	0,3	-3,0
6	1,5	0,2	-0,2	-0,3	8,2	13,3	18,0	24,9	29,6	18,6	15,5	10,6	-0,7	1,5
7	1,4	0,0	-1,0	-0,7	8,7	11,2	18,3	23,2	27,4	17,0	15,6	11,7	0,0	0,7
8	1,0	0,1	0,2	1,3	9,9	13,5	19,3	22,4	27,0	16,5	13,7	12,2	-0,5	0,6
9	0,7	-0,3	0,3	-0,9	10,6	11,7	22,4	20,8	26,4	17,6	12,0	15,1	-2,2	-3,7
10	0,7	0,2	-1,4	-3,3	10,5	7,6	23,3	20,4	24,8	19,6	8,9	13,9	-7,0	-2,3
11	-1,4	-3,0	-2,4	-3,3	5,2	7,9	21,6	20,7	25,0	19,9	10,4	11,7	-9,8	-3,7
12	-4,5	-5,9	-4,4	-2,2	7,8	8,7	21,4	20,3	25,0	19,4	14,5	9,9	-6,9	-6,2
13	-3,3	-4,4	-5,2	-0,6	9,3	10,9	19,9	21,2	24,0	21,9	16,1	10,8	-8,6	-8,2
14	-6,2	-7,9	-10,9	-1,6	11,9	13,2	19,4	20,2	24,0	21,0	15,5	8,8	-0,5	-13,3
15	-8,4	-12,2	-10,5	-2,1	8,7	14,7	18,2	19,8	23,7	19,4	14,9	5,7	1,2	-7,8
16	-6,8	-7,3	-8,2	-1,6	4,4	16,9	16,5	22,8	28,5	18,8	15,7	5,4	0,4	-4,6
17	-8,9	-10,0	-2,7	5,5	7,8	17,7	14,7	24,1	29,7	21,9	15,1	5,8	-0,2	-6,2
18	-5,1	-8,3	-2,9	8,2	10,1	14,5	14,9	23,3	29,8	17,8	11,9	7,7	-0,4	-8,3
19	-1,6	-2,3	-1,7	3,5	12,3	14,6	14,7	21,9	24,8	15,8	10,4	7,7	-0,8	-7,1
20	-1,5	-2,2	-1,9	1,2	15,6	15,3	16,8	22,3	26,6	15,6	11,1	5,7	-3,3	-1,4
21	-3,0	-7,1	-1,0	0,2	15,8	17,3	16,8	21,7	27,2	17,1	11,4	1,9	-5,7	-1,6
22	-10,8	-13,8	-2,4	0,7	12,9	16,2	16,7	20,2	25,0	18,9	12,9	1,3	-6,3	-5,0
23	-11,6	-13,7	-4,8	1,6	11,5	15,7	19,3	20,0	25,4	19,9	9,2	2,0	-7,1	0,8
24	-17,4	-20,7	-4,9	4,4	7,3	17,1	21,1	21,4	26,8	21,0	9,5	6,0	-7,2	1,3
25	-19,3	-21,6	-5,2	6,2	4,1	17,4	22,2	22,4	25,4	22,7	11,7	2,9	-5,1	1,1
26	-20,1	-23,0	-7,2	4,7	6,3	18,4	22,2	22,0	26,6	19,6	10,1	-2,2	-2,7	-5,1
27	-19,1	-22,6	-9,7	5,3	9,3	18,4	21,6	21,3	24,2	16,5	10,5	-2,7	0,3	-11,8
28	-16,9	-19,0	-6,6	5,0	4,7	18,7	23,0	22,9	28,0	14,9	14,1	-1,1	-2,8	-2,3
29	-19,6	-22,6	-2,3	6,9	3,7	19,1	21,4	21,9	26,9	15,8	14,5	2,8	-6,4	-10,0
30	-21,5	-25,0		6,7	5,1	20,9	24,1	20,8	26,0	16,6	14,3	2,2	-0,7	-5,0
31	-18,4	-22,4		7,2		20,9		21,9	28,2	17,7		-2,8		0,3
сер.		-							-					

9 серпня 2010 М Харків						03 січня 2011 М Харків					
Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %	Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт. ст	F, %
00	Ясно	+24,0	0	747	58	00	Суцільна хмарність	-6,0	9	747	88
03	Незначна хмарність	+22,0	0	747	68	03	Суцільна хмарність	-6,0	9	747	91
06	Незначна хмарність	+27,0	0	747	35	06	Слабкий поземок	-6,0	11	747	91
09	Ясно	+34,0	1	746	18	09	Слабкий сніг	-4,0	10	747	88
12	Незначна хмарність	+38,0	3	745	15	12	Слабкий поземок	-4,0	11	747	88
15	Ясно	+37,0	4	744	18	15	Слабкий поземок	-6,0	10	748	86
18	Ясно	+31,0	2	744	31	18	Суцільна хмарність	-7,0	10	749	86
21	Ясно	+26,0	2	744	48	21	Слабкий сніг	-7,0	10	749	86

Варіант IV

Полтава														
Число/ Місяць	I	I мін	II	III	IV	V	VI	VII	VII макс	VIII	IX	X	XI	XII
1	-8,4	-12,8	-2,7	2,2	11,8	12,9	16,2	22,6	28,8	20,9	16,4	17,0	6,4	-0,2
2	-9,7	-14,4	-4,2	4,9	9,7	14,2	14,3	24,3	30,4	16,9	14,4	19,5	8,0	3,0
3	-4,0	-6,4	-14,3	3,8	9,5	12,1	15,0	24,2	28,8	15,8	14,6	20,5	8,6	1,6
4	-1,0	-2,1	-11,9	7,2	7,3	7,5	17,5	23,2	28,2	17,1	16,6	21,8	7,6	1,6
5	-1,3	-1,9	-0,6	8,5	1,8	4,2	19,9	25,6	30,0	17,2	17,8	19,7	6,0	2,6
6	1,0	-1,3	0,7	9,3	3,5	4,0	21,6	26,8	32,6	19,5	19,9	20,5	1,4	0,4
7	3,0	2,0	-1,7	7,9	9,1	6,7	23,2	28,5	33,8	21,2	22,6	20,6	-0,9	-2,8
8	2,6	-0,2	-3,2	3,0	12,7	11,8	24,6	29,4	34,4	23,1	21,6	19,6	-1,5	0,5
9	-1,5	-2,8	-1,9	-2,9	12,2	12,4	24,7	28,8	35,0	22,5	23,0	11,6	-7,4	2,0
10	-0,4	-1,9	-3,1	-3,6	12,2	10,6	26,0	23,8	30,6	25,1	21,4	9,1	-6,1	1,0
11	-5,1	-9,8	2,5	0,6	14,5	14,3	27,1	21,5	26,4	27,5	17,9	8,0	-4,8	2,6
12	-9,7	-14,1	2,0	1,7	12,7	14,4	26,4	22,3	27,2	22,7	12,5	7,4	1,1	3,7
13	-2,9	-5,9	1,2	1,6	10,2	7,2	23,9	24,2	30,6	23,4	9,7	9,0	3,6	0,8
14	-0,4	-1,0	0,4	0,9	10,8	6,4	21,8	26,2	31,2	21,5	9,1	7,1	5,7	0,7
15	1,4	-1,0	0,8	-2,3	12,9	9,2	21,0	26,7	32,6	18,6	10,9	5,7	4,3	2,3
16	-0,3	-1,2	0,1	-3,6	14,8	12,2	23,5	27,5	33,4	20,1	10,5	5,4	-2,7	3,6
17	-0,3	-0,6	-0,7	-5,8	15,9	12,1	25,5	27,2	33,2	19,9	11,2	3,9	-6,7	1,3
18	-2,3	-3,0	-0,1	-3,4	17,0	9,2	26,3	26,6	33,4	19,4	13,4	3,5	-4,2	-1,5
19	-3,7	-4,3	-0,6	-1,5	16,5	10,0	26,2	21,2	24,8	20,8	12,7	1,9	-1,8	0,3
20	-5,3	-6,4	-3,9	0,1	12,1	11,9	24,6	18,4	20,4	24,3	12,5	1,5	-4,0	1,5
21	-5,5	-8,0	-5,9	0,0	10,8	12,7	22,1	18,8	22,4	21,2	11,8	1,2	-2,4	-0,3
22	-4,3	-8,1	0,2	1,7	12,6	14,3	21,5	21,7	27,6	19,6	11,7	-0,3	-3,0	-5,5
23	-5,1	-7,0	3,3	2,4	11,8	15,7	24,7	25,0	30,4	18,4	12,9	0,2	-3,3	-9,9
24	-1,6	-2,9	3,3	5,1	11,6	17,5	25,0	27,0	33,4	16,5	14,2	0,7	-9,9	-5,9
25	-1,5	-2,9	1,3	4,7	12,1	18,7	24,4	26,7	31,0	17,5	14,6	0,8	-13,1	-6,9
26	0,7	-0,1	-0,1	5,1	15,1	20,0	23,9	25,4	29,4	16,9	15,9	2,3	-16,5	-3,6
27	1,3	1,0	-2,6	7,8	17,4	16,0	23,7	26,1	31,8	17,4	19,0	8,8	-12,0	0,1
28	2,1	1,1	-0,6	8,5	18,9	17,5	22,4	28,4	35,8	17,6	16,5	8,0	-9,1	-0,6
29	3,6	3,1		9,5	15,4	18,4	22,8	29,6	35,0	17,5	16,9	5,1	-5,7	-0,3
30	3,3	2,8		10,8	12,5	19,9	24,4	25,7	31,4	17,4	18,1	6,2	-0,8	0,4
31	2,6	1,6		10,7		21,7		23,1	28,5	17,7		6,4		-2,2
сер.		-							-					

4 серпня 2010 М Полтава						03 січня 2011 М Полтава					
Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %	Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %
00	Ясно	+21,0	1	741	52	00	Слабкий сніг	-1,0	7	734	96
03	Незначна хмарність	+20,0	2	741	55	03	Слабкий сніг	-1,0	5	735	98
06	Незначна хмарність	+26,0	2	741	44	06	Суцільна хмарність	-2,0	6	738	97
09	Мінлива хмарність	+34,0	4	741	25	09	Слабкий поземок	-2,0	5	739	95
12	Незначна	+36,0	4	741	19	12	Слабкий поземок	-2,0	6	741	86
15	Мінлива хмарність	+36,0	9	741	17	15	Слабкий поземок	-3,0	5	743	90
18	Мінлива хмарність	+30,0	2	741	27	18	Суцільна хмарність	-4,0	4	744	87
21	Ясно	+26,0	1	741	39	21	Суцільна хмарність	-5,0	2	746	89

Варіант V

Лубни														
Місяць/ Число	I	I мін	II	III	IV	V	VI	VII	VII макс	VIII	IX	X	XI	XII
1	-4,6	-5,3	-0,3	3,4	6,3	13,6	11,7	23,1	28,6	18,8	15,7	14,7	7,0	2,7
2	-6,1	-6,5	-1,0	3,3	12,9	8,5	11,7	21,6	29,6	18,1	16,7	12,2	8,1	-1,4
3	-6,0	-6,3	-2,1	0,4	16,4	7,5	12,4	21,9	27,4	15,6	16,1	5,8	6,5	-2,0
4	-9,7	-14	-0,4	-0,9	14,2	13,8	13,1	23,2	28,5	16,6	11,5	8,0	8,7	-1,7
5	-9,7	-16	-0,8	1,8	12,5	15,1	16,5	25,8	31,3	18,9	10,1	9,6	8,4	0,4
6	-7,9	-9,3	-0,1	4,2	9,8	15,5	14,6	24,0	31,3	19,0	11,8	10,4	4,1	0,3
7	-4,7	-7,0	-1,3	3,9	13,1	17,8	15,4	22,8	27,6	20,9	12,8	15,6	2,4	-1,4
8	-2,2	-2,7	-2,5	3,1	10,4	18,2	18,3	17,9	24,6	21,7	14,2	15,3	0,8	-3,5
9	-3,3	-5,7	1,2	8,7	1,7	12,6	16,4	15,9	21,1	22,1	14,3	11,8	0,9	-2,3
10	-0,1	-1,3	1,6	5,4	0,3	16,0	14,3	20,4	26,2	22,2	12,6	8,5	2,7	-1,8
11	0,0	-2,6	2,5	2,7	2,1	18,2	14,3	23,3	30,0	19,5	10,7	9,8	4,4	-0,9
12	2,7	1,8	0,2	6,9	5,1	18,4	15,1	18,7	24,4	19,6	10,8	11,9	2,6	0,6
13	0,9	-0,3	-0,3	5,0	6,6	16,1	14,6	18,3	23,4	18,5	10,3	6,7	1,8	0,9
14	1,3	0,2	1,3	-0,7	7,1	15,2	16,0	20,4	26,6	17,8	10,7	4,7	1,8	0,3
15	-3,4	-5,9	1,6	-2,2	7,9	16,9	15,9	17,1	21,3	19,8	11,4	7,4	2,6	-0,5
16	-0,3	-1,6	0,4	-0,5	10,0	17,5	16,6	16,4	23,1	21,0	13,2	11,7	4,5	-2,2
17	3,4	0,3	-1,2	7,2	12,3	17,0	15,2	20,7	27,0	22,3	11,2	11,7	4,5	-2,7
18	3,6	1,5	-1,2	9,4	12,9	16,1	17,4	17,7	22,4	22,7	10,0	12,1	6,2	-6,4
19	0,4	-1,1	-0,7	10,4	11,3	11,0	18,3	18,1	24,8	17,8	9,4	10,6	3,6	-7,3
20	0,5	-0,2	-0,2	12,0	12,0	6,9	18,5	19,6	25,7	15,9	12,6	9,6	4,0	-5,1
21	0,5	-0,2	-0,4	11,3	11,6	9,1	18,7	18,2	24,5	17,2	14,0	7,2	4,9	-6,0
22	0,4	0,0	3,6	10,0	11,7	12,1	16,7	18,0	22,7	16,0	13,1	0,9	7,5	-4,4
23	-1,6	-3,6	3,5	11,0	11,8	15,1	17,4	18,7	24,6	14,4	11,7	-0,9	4,3	-2,7
24	-0,9	-2,5	5,9	8,0	11,0	17,2	17,2	18,5	24,6	15,1	16,1	3,9	6,7	-7,3
25	0,2	-1,0	7,0	11,6	10,3	18,6	15,3	17,9	24,1	15,7	15,4	5,7	6,8	-9,6
26	0,3	-3,0	9,3	9,1	9,6	15,2	15,8	15,4	18,3	18,1	11,9	4,5	5,8	-9,9
27	2,5	1,4	5,4	9,6	8,1	13,6	18,3	15,5	20,8	16,0	9,8	4,1	7,2	-7,7
28	1,2	-0,5	3,7	9,0	10,1	10,7	20,5	16,3	22,1	13,9	7,7	3,5	5,8	-0,5
29	1,3	-0,4		3,8	9,8	11,9	22,2	16,2	20,1	14,7	7,7	2,8	6,0	-0,1
30	2,5	1,6		4,6	12,2	11,1	23,1	16,1	21,7	16,9	12,9	5,1	5,4	-2,5
31	0,5	-0,2		7,2		11,2		18,1	22,6	16,8		7,1		1,3
сер.		-							-					

26 серпня 2011 М Лубни						8 грудня 2010 М Лубни					
Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %	Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %
00	Ясно	+13,0	0,0	755	67	00	Димка	0,0	2	747	92
03	Ясно	+12,0	0,0	755	71	03	Димка	0,0	2	747	94
06	Ясно	+18,0	1,0	756	50	06	Мінлива хмарність	0,0	2	747	85
09	Ясно	+22,0	2,0	756	34	09	Мінлива хмарність	+2,0	3	746	89
12	Ясно	+23,0	2,0	755	29	12	Суцільна хмарність	+2,0	3	745	89
15	Ясно	+24,0	0,0	754	35	15	Суцільна хмарність	+3,0	3	744	87
18	Ясно	+18,0	0,0	755	63	18	Суцільна хмарність	+3,0	3	744	87
21	Ясно	+15,0	1,0	756	59	21	Димка	+3,0	3	744	93

Варіант VI

Одеса														
Число	I	I мін	II	III	IV	V	VI	VII	VII макс	VIII	IX	X	XI	XII
1	-2,9	-3,5	1,5	5,2	11,9	11,8	14,5	24,2	27,8	22,2	20,6	16,4	14,0	6,3
2	-2,8	-3,2	1,8	7,1	13,4	11,5	13,5	24,2	26,9	21,7	21,8	17,3	13,1	1,1
3	-3,5	-5,2	0,1	5,4	12,5	7,6	12,5	23,6	26,9	19,0	20,6	10,9	10,8	1,2
4	-5,4	-8,5	1,4	2,3	9,5	11,9	15,6	24,2	26,7	20,2	16,9	12,3	12,5	1,3
5	-6,7	-9,6	4,2	6,0	7,7	14,2	16,8	24,1	27,9	21,3	15,2	14,4	12,4	3,1
6	-4,2	-6,5	2,3	7,4	7,7	15,9	18,9	21,5	25,7	21,7	19,7	14,9	6,2	1,4
7	-2,4	-5,9	-0,4	8,4	8,2	16,3	18,3	21,4	24,8	22,8	17,0	16,0	4,9	2,9
8	-1,0	-2,0	-0,5	7,0	9,1	14,9	17,9	18,4	23,5	23,0	17,2	17,7	5,1	5,3
9	-2,8	-6,8	3,4	10,9	5,4	12,9	18,9	18,9	22,5	23,3	17,7	14,1	4,7	4,7
10	0,4	-2,4	5,2	9,7	3,4	14,1	21,3	20,6	23,5	23,3	16,9	11,4	4,3	3,0
11	2,4	-0,6	3,1	3,9	3,8	17,8	18,7	23,1	28,7	21,9	16,8	12,3	6,6	6,7
12	4,5	0,7	1,7	11,5	5,8	19,7	16,8	22,9	27,4	22,5	15,5	15,3	5,2	6,9
13	3,9	0,4	3,2	10,9	8,9	20,5	18,9	21,6	25,7	21,7	14,5	13,5	5,3	8,0
14	4,3	2,8	4,1	5,1	8,7	16,8	18,6	21,8	24,4	23,0	12,3	9,9	6,5	5,9
15	1,6	-0,2	3,9	0,6	10,4	15,3	20,0	20,5	25,6	23,2	13,6	11,3	8,2	8,0
16	0,6	-1,4	3,7	1,8	9,3	17,0	18,8	19,3	23,2	23,5	16,4	10,6	10,1	4,5
17	6,7	1,8	2,5	6,3	11,8	19,1	18,9	21,1	24,5	24,9	15,1	11,1	10,0	0,9
18	6,6	3,2	2,5	13,5	12,1	19,8	18,3	22,0	24,6	25,0	13,6	13,6	9,9	1,4
19	2,8	0,5	4,3	11,6	12,1	16,3	21,1	22,2	27,3	23,2	15,0	11,1	10,4	-0,5
20	1,5	0,0	3,6	11,3	11,2	12,8	21,7	23,0	29,0	20,2	14,3	11,3	8,0	-0,4
21	1,3	-0,6	2,5	11,1	12,1	12,6	22,3	23,2	26,6	22,0	15,1	10,6	11,7	-0,3
22	2,4	1,0	4,8	11,0	10,6	13,0	21,7	21,7	27,1	19,0	18,9	3,5	11,5	-0,5
23	1,0	-0,6	8,2	10,1	10,8	13,4	20,9	22,6	29,0	18,7	18,9	3,7	10,9	-0,5
24	1,6	-1,4	10,4	10,8	11,9	14,6	22,0	21,2	23,7	19,0	19,2	5,4	11,4	-1,7
25	3,5	1,6	12,0	9,2	13,1	15,9	16,7	22,0	26,6	18,8	18,9	5,5	11,4	-3,8
26	3,8	0,8	11,1	8,6	14,5	19,0	17,2	19,4	23,6	19,1	15,9	7,2	10,7	-4,0
27	5,6	3,9	12,2	10,8	12,9	14,7	19,5	20,2	26,0	20,8	14,8	8,6	10,7	2,3
28	5,0	1,9	6,5	10,2	11,0	13,0	22,1	20,6	25,0	17,4	10,4	8,7	12,0	5,9
29	4,6	3,0		8,6	9,2	13,1	23,4	22,3	28,6	18,3	10,7	8,1	9,2	1,7
30	4,0	2,0		6,7	8,9	12,2	25,1	21,0	24,1	18,8	14,6	11,6	7,1	0,9
31	2,1	1,4		10,2		13,7		23,7	27,8	20,3		12,6		3,6
сер.		-							-					

20 липня 2009 М Одеса						7 вересня 2009 М Одеса					
Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %	Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %
00	Мінлива хмарність	+23,0	3	750	67	00	Мінлива хмарність	+2,0	4	755	68
03	Невелика хмарність	+20,0	5	752	79	03	Мінлива хмарність	+1,0	4	755	91
06	Мінлива хмарність	+23,0	2	753	60	06	Мінлива хмарність	+2,0	5	756	78
09	Мінлива хмарність	+25,0	5	753	50	09	Мінлива хмарність	+3,0	5	756	89
12	Невелика хмарність	+28,0	2	753	38	12	Мінлива хмарність	+4,0	3	756	77
15	Невелика хмарність	+27,0	3	753	40	15	Суцільна хмарність	+2,0	3	756	91
18	Ясно	+23,0	2	754	48	18	Мінлива хмарність	+2,0	4	756	96
21	Ясно	+21,0	1	756	57	21	Невелика хмарність	+3,0	2	756	98

Варіант VII

Генічеськ														
Число	I	I мін	II	III	IV	V	VI	VII	VII макс	VIII	IX	X	XI	XII
1	-1,0	-1,7	-9,5	-4,0	0,6	11,0	16,7	22,7	27,8	22,9	16,8	10,9	3,2	3,9
2	1,1	-1,3	-4,8	-10,6	1,5	10,3	17,3	23,8	31,2	22,4	14,5	9,8	3,9	6,7
3	-3,5	-6,6	-5,5	-9,5	1,4	8,5	16,8	25,3	29,5	22,0	15,8	8,3	3,5	4,5
4	-12,0	-13,0	-5,9	-12,1	1,3	7,7	14,8	24,4	27,7	23,1	18,4	9,6	4,5	0,6
5	-12,0	-15,0	-5,1	-10,0	0,8	8,5	16,4	23,1	28,6	23,4	17,3	10,3	3,5	-1,3
6	-5,6	-13,0	-6,7	-9,2	2,8	10,6	17,2	20,8	26,2	25,7	15,1	9,8	4,5	-0,7
7	0,2	-0,7	-3,7	-9,2	7,2	11,6	16,1	18,4	23,4	19,6	16,6	12,2	6,2	2,3
8	-4,6	-11,0	0,6	-5,6	8,4	13,3	17,1	20,3	27,5	21,3	17,3	12,3	7,4	3,9
9	-11,0	-12,1	-3,8	-4,3	10,7	9,9	17,5	22,8	28,7	22,6	18,5	13,3	6,7	-2,0
10	-11,0	-16,5	-4,4	-5,7	5,0	10,5	19,5	23,4	26,5	19,4	18,9	12,2	2,4	-6,4
11	-9,4	-19,3	-3,7	-11,0	2,6	9,7	20,7	24,2	28,4	21,4	16,6	12,9	3,5	-2,1
12	0,6	-1,9	1,7	-13,2	1,3	12,5	21,3	23,6	28,8	20,8	16,8	11,9	5,5	-0,4
13	1,4	-3,6	0,2	-12,4	1,7	12,1	21,0	24,8	32,3	19,7	18,2	12,4	7,3	-3,5
14	-1,1	-4,9	-0,5	-8,3	3,1	15,2	22,2	25,8	32,7	18,5	22,3	12,8	7,6	-1,1
15	-4,2	-8,0	-0,1	-7,9	3,5	15,3	22,9	24,2	29,2	19,4	23,5	12,1	11,2	2,6
16	-6,8	-7,8	0,1	-7,6	5,3	15,6	22,2	22,9	28,3	19,9	18,5	12,5	10,7	1,4
17	-3,8	-5,5	0,0	-3,9	7,2	17,3	22,7	23,5	28,1	17,6	15,1	11,7	6,1	-1,4
18	-6,6	-8,5	0,4	-5,7	8,8	19,9	23,4	23,6	28,5	15,3	12,6	12,2	4,9	-3,5
19	-6,2	-9,5	0,7	-2,8	4,7	18,8	19,4	25,5	31,6	18,7	14,3	11,9	3,4	-0,9
20	-5,5	-7,3	0,2	-2,2	5,4	18,5	15,6	23,3	27,2	17,6	16,9	11,7	3,1	2,3
21	-5,8	-9,3	2,1	0,5	8,3	17,5	18,8	23,8	28,9	18,5	15,6	11,9	2,9	1,4
22	-11,0	-13,0	3,2	1,9	7,2	15,2	21,1	26,9	33,0	18,5	10,8	10,3	4,3	0,5
23	-8,9	-11,3	4,4	0,0	6,3	13,3	20,7	25,1	27,7	20,7	12,4	8,9	7,4	-3,3
24	-7,1	-8,6	-0,7	-0,3	3,2	14,1	20,8	26,7	29,2	20,2	14,6	7,3	7,2	-9,8
25	-12,0	-16,1	-6,6	-0,2	8,5	17,8	22,3	27,6	32,7	19,7	13,7	6,0	5,8	-9,6
26	-3,0	-14,3	-5,3	-0,3	11,2	15,5	22,4	27,5	33,4	21,9	16,5	6,6	5,5	-7,8
27	-2,2	-7,2	-9,5	-0,2	8,8	14,7	23,4	27,3	32,7	22,1	20,7	5,0	4,7	-1,7
28	-3,5	-8,7	-8,8	-0,3	7,9	15,4	23,3	24,3	29,8	22,2	19,7	3,4	4,4	1,1
29	-2,7	-6,5		-0,3	7,8	15,8	23,5	23,3	30,7	20,5	13,1	1,5	4,4	1,0
30	-8,3	-13,2		0,9	10,1	17,3	20,6	21,6	28,0	16,8	12,5	4,0	4,1	-2,3
31	-12,0	-17,4		1,1		17,4		22,2	29,1	17,4		4,1		3,7
сер.		-							-					

24 липня 2009 М Генічеськ						18 листопада 2010 М Генічеськ					
Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %	Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %
00	Ясно	+20,0	2	759	94	00	Невелика хмарність	+11,0	5	761	96
03	Ясно	+20,0	2	759	72	03	Мінлива хмарність	+11,0	6	761	94
06	Ясно	+26,0	2	759	63	06	Суцільна хмарність	+10,0	10	762	96
09	Ясно	+29,0	4	759	66	09	Димка	+10,0	10	763	93
12	Ясно	+29,0	4	758	57	12	Димка	+10,0	10	762	91
15	Ясно	+27,0	4	756	64	15	Мінлива хмарність	+10,0	7	762	90
18	Ясно	+25,0	4	756	70	18	Невелика хмарність	+11,0	10	764	86
21	Ясно	+25,0	2	756	81	21	Зливовий дощ	+11,0	8	765	87

Варіант VIII

Київ														
Число	I	I мін	II	III	IV	V	VI	VII	VII макс	VIII	IX	X	XI	XII
1	-3,0	-4,2	-4,5	-7,8	10,2	13,6	25,2	18,3	21,5	19,1	18,4	14,4	8,7	3,4
2	-0,4	-1,3	-3,7	-5,6	11,1	15,1	25,1	17,5	23,1	20,1	17,0	10,0	7,8	3,0
3	-3,0	-4,8	-2,7	-1,7	8,0	11,7	25,0	15,2	18,4	17,3	16,3	9,8	6,2	2,6
4	-4,3	-5,8	0,4	-0,6	5,7	13,2	21,6	15,6	22,3	13,6	16,1	15,2	4,7	4,3
5	-6,8	-9,3	2,1	1,1	6,4	9,2	20,4	17,0	19,1	16,7	16,8	18,2	3,8	9,3
6	-10,3	-13,7	4,8	-0,2	9,6	5,7	22,7	16,4	19,6	18,1	17,6	15,0	3,2	4,9
7	-9,1	-13,2	1,4	-3,0	11,6	5,9	24,7	17,8	21,5	19,7	16,6	16,2	0,4	0,9
8	-2,3	-6,1	5,4	-3,4	7,3	9,2	25,7	21,0	25,7	22,4	16,0	14,5	2,1	0,4
9	0,4	-0,7	3,5	-3,2	4,9	16,6	24,6	21,8	25,7	20,8	12,5	7,1	5,3	1,4
10	1,0	0,6	-2,1	-2,9	4,0	15,9	23,6	23,9	30,2	16,2	14,2	7,3	2,7	2,2
11	1,1	0,6	-4,2	-0,7	3,3	16,8	20,6	25,2	30,4	16,7	14,8	7,8	1,6	1,9
12	-0,7	-2,1	-1,8	4,7	4,7	18,4	21,2	22,1	27,5	18,6	17,5	11,9	0,9	1,4
13	1,3	-0,5	-9,8	5,6	5,2	19,9	18,7	23,3	28,0	22,1	20,1	5,8	1,4	2,5
14	1,0	0,0	-13,2	7,2	7,1	15,3	20,3	25,1	31,1	23,6	21,6	5,8	0,5	4,5
15	0,2	-1,0	-13,8	10,6	6,3	14,4	20,8	25,0	30,5	21,4	18,2	4,3	0,7	4,3
16	-2,2	-4,4	-11,8	3,0	7,6	16,4	22,4	25,8	31,7	22,2	14,7	3,1	0,7	6,1
17	-0,9	-4,9	-10,4	-0,6	9,4	14,2	22,6	25,3	29,4	19,3	13,7	2,8	-1,3	6,2
18	3,6	2,1	-9,9	-0,7	12,8	17,6	25,5	25,7	30,9	18,5	14,2	3,3	-1,1	4,4
19	1,7	1,3	-9,5	-0,6	12,1	20,1	25,4	25,5	31,5	18,9	15,1	3,4	-0,8	1,3
20	1,8	0,1	-10,8	1,3	8,4	21,0	18,6	24,0	30,2	18,8	15,9	7,8	1,4	1,1
21	-0,2	-1,5	-11,5	2,2	8,5	21,7	16,5	24,8	32,1	17,2	18,2	7,4	3,1	0,4
22	-1,2	-2,2	-11,2	4,6	11,1	23,0	19,6	21,2	26,6	18,1	18,4	6,2	4,4	-1,5
23	-2,5	-3,1	-11,1	7,8	12,7	22,3	22,4	19,4	22,8	21,3	16,7	4,2	1,9	-2,2
24	-3,7	-5,2	-9,7	6,0	15,0	20,8	21,9	19,6	24,6	17,6	13,6	5,9	-2,8	-2,8
25	-5,5	-7,5	-8,8	3,9	16,9	19,2	16,8	22,1	27,0	18,8	12,5	5,9	0,1	-4,8
26	-6,4	-8,8	-9,7	1,9	17,6	14,2	14,6	25,0	31,0	18,5	13,1	3,3	2,3	1,3
27	-5,4	-7,8	-10,3	-0,9	18,0	16,7	14,0	23,7	29,5	18,3	17,2	3,7	3,3	5,9
28	-4,3	-6,2	-8,5	-0,7	17,0	20,1	16,8	22,5	27,5	19,7	14,8	4,0	6,0	4,7
29	-6,2	-9,4		3,3	17,1	22,3	16,5	21,7	26,6	20,5	11,1	3,5	3,6	0,1
30	-5,9	-8,0		7,9	16,8	22,6	19,0	22,0	26,5	21,9	11,0	4,9	2,7	1,4
31	-2,0	-3,9		8,7		24,5		19,9	24,2	22,5		5,7		0,7
сер.		-							-					

2 серпня 2010 М Київ						23 червня 2010 М Київ					
Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %	Час, год	Характеристики погоди	T, °C	V, м/с	P, мм.рт.ст	F, %
00	Ясно	+25,0	4,0	742	60	00	Мінлива хмарність	+19,0	1,0	736	77
03	Ясно	+23,0	3,0	742	72	03	Мінлива хмарність	+19,0	2,0	735	73
06	Ясно	+25,0	4,0	742	67	06	Хмарно	+19,0	2,0	735	80
09	Імла	+29,0	3,0	741	54	09	Слабкий дощ	+20,0	2,0	735	72
12	Ясно	+33,0	3,0	741	45	12	Мінлива хмарність	+20,0	2,0	735	76
15	Ясно	+32,0	4,0	741	43	15	Мінлива хмарність	+20,0	2,0	735	77
18	Мінлива хмарність	+29,0	5,0	741	52	18	Хмарно	+19,0	2,0	735	86
21	Гроза	+27,0	3,0	741	59	21	Хмарно	+19,0	2,0	735	86

Додаток 8.
Варіанти для виконання завдання № 16 практичної роботи № 6

Варіант I (Чернігів, 8 липня 2015 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
T, °C по сухому термометру	15,1°C	13,0°C	12,2°C	24,4°C	28,0°C	30,3°C	30,0°C	26,7°C
T, °C по змоченому термометру	12,8°C	11,4°C	10,9°C	17,7°C	17,8°C	20,1°C	21,2°C	21,9°C
Варіант II (Суми, 12 липня 2015 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
T, °C по сухому термометру	12,2°C	12,0°C	12,0°C	14,5°C	17,3°C	19,8°C	19,4°C	14,1°C
T, °C по змоченому термометру	11,0°C	11,3°C	11,0°C	12,5°C	14,0°C	16,4°C	15,5°C	12,5°C
Варіант III (Луцьк, 24 липня 2012 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
T, °C по сухому термометру	17,2°C	16,0°C	15,7°C	19,3°C	23,5°C	24,1°C	25,0°C	23,8°C
T, °C по змоченому термометру	15,6°C	15,2°C	15,2°C	15,6°C	16,9°C	16,7°C	16,9°C	17,6°C
Варіант IV (Рівне, 3 серпня 2010 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
T, °C по сухому термометру	18,3°C	17,2°C	24,7°C	28,0°C	31,4°C	30,1°C	26,8°C	22,2°C
T, °C по змоченому термометру	17,6°C	16,8°C	22,4°C	21,8°C	22,2°C	20,4°C	22,0°C	20,1°C
Варіант V (Житомир, 7 вересня 2015 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
T, °C по сухому термометру	12,4°C	12,1°C	10,0°C	12,8°C	15,3°C	16,5°C	16,1°C	13,6°C
T, °C по змоченому термометру	11,9°C	11,1°C	9,3°C	11,3°C	11,8°C	12,1°C	12,1°C	11,4°C
Варіант VI (Київ, 3 серпня 2010 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
T, °C по сухому термометру	25,1	23,0	27,4	31,6	35,3	34,0	29,1	26,0
T, °C по змоченому термометру	21,1	20,3	21,0	22,1	23,4	21,8	20,2	19,5
Варіант VII (Львів, 14 червня 2011)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
T, °C по сухому термометру	9,1	8,0	16,3	20,9	22,2	22,1	20,3	15,2
T, °C по змоченому термометру	8,4	7,5	11,4	13,5	14,1	14,4	14,2	13,5
Варіант VIII (Хмельницький, 20 травня 2012 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
T, °C по сухому термометру	15,4	15,2	15,3	18,7	23,5	25,6	23,9	19,1
T, °C по змоченому термометру	14,6	14,9	14,5	17,0	18,8	19,9	19,5	16,7
Варіант IX (Полтава, 9 серпня 2014 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
T, °C по сухому термометру	24,4	21,7	19,5	26,1	30,3	32,9	31,0	27,1
T, °C по змоченому термометру	18,0	17,1	16,2	18,9	19,5	20,9	19,5	18,8

Варіант X (Харків, 15 серпня 2010 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
Т, °С по сухому термометру	23,4	21,1	26,5	33,4	34,1	33,2	29,6	24,0
Т, °С по змоченому термометру	17,1	16,1	18,2	19,5	19,3	19,2	18,6	15,8
Варіант XI (Тернопіль, 5 вересня 2016 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
Т, °С по сухому термометру	19,6	18,4	16,3	17,1	26,8	24,3	21,7	18,2
Т, °С по змоченому термометру	15,2	15,5	14,3	15,4	18,5	18,2	18,2	16,2
Варіант XII (Черкаси, 11 серпня 2015 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
Т, °С по сухому термометру	20,3	18,4	18,1	26,7	32,0	34,2	33,6	26,2
Т, °С по змоченому термометру	17,4	16,8	16,9	22,1	21,6	22,2	22,0	20,9
Варіант XIII (Луганськ, 15 серпня 2010 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
Т, °С по сухому термометру	25,1	22,4	27,8	32,3	35,0	34,2	28,6	24,5
Т, °С по змоченому термометру	16,7	16,2	18,7	21,0	21,1	21,0	19,4	16,7
Варіант XIV (Вінниця, 5 квітня 2016 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
Т, °С по сухому термометру	10,1	7,0	5,0	8,9	15,2	19,3	19,1	12,0
Т, °С по змоченому термометру	6,5	4,7	3,8	7,5	10,9	13,6	13,4	9,7
Варіант XV (Івано-Франківськ, 3 травня 2009 р.)								
Строк спостережень	0	3	6	9	12	15	18	21
Т, °С по сухому термометру	7,0	5,1	12,4	17,9	19,2	19,3	15,7	7,0
Т, °С по змоченому термометру	5,0	4,4	8,9	10,4	10,7	10,7	9,6	5,4

Додаток 9.

Варіанти для виконання завдання № 17 практичної роботи № 10

Місяць	Повторюваність (%) напруму вітру та штилю								
	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
Варіант I (Чернігів)									
I	9,8	8,3	14,1	9,9	17,5	14,8	15,3	10,3	14,9
VII	19,5	10,8	6,5	4,8	8,8	10,9	21,4	17,3	25,7
Рік	12,7	9,2	11,5	10	14,9	13,1	16,7	11,9	19,1
Варіант II (Суми)									
I	7,6	8,8	13,7	19,5	13,5	11,9	13,9	11,1	3,3
VII	14,1	11,1	9,5	10,5	7,6	8,5	19	19,7	7,9
Рік	9,4	9,2	13,6	17,5	12,1	10,5	15	12,7	4,9
Варіант III (Луцьк)									
I	4	3,2	11	18,5	18,7	14,6	18,8	11,2	6,2
VII	11,7	5,8	8,1	8,7	9	11,5	25,2	20	14,4
Рік	8	5,2	11	15,7	15,2	12,5	18,8	13,6	10,1
Варіант IV (Рівне)									
I	5,3	3,5	12,8	16,7	12,5	14,7	26,6	7,9	7,4
VII	11,4	5,9	8,5	7,7	6,7	12,6	29,9	17,3	15,5
Рік	8,1	5,6	12,1	14,6	11,1	12,8	25	10,7	10,7
Варіант V (Житомир)									
I	6,8	6,4	9,9	15,1	13	14,4	19,5	14,9	7,4
VII	11,9	7,9	5,5	6,7	7,7	9,4	24,7	26,2	14,6
Рік	9,3	7,7	8,7	13,5	12,8	11,5	18,9	17,6	11
Варіант VI (Київ)									
I	12,1	6,8	10,2	15,1	12,5	12,8	18,2	12,3	8,8
VII	18,3	9,8	5,4	5,9	9,9	10,4	20,9	19,4	15,5
Рік	13,6	9,1	8,8	12,8	13	11,5	17,7	13,5	13
Варіант VII (Львів)									
I	3,7	3,5	8,6	26,1	8,5	15	24,5	10,1	13
VII	10,9	5,2	7,4	11	6,3	9,2	29,8	20,2	23,2
Рік	7,4	5,7	9,5	20,9	8,9	11,7	23,3	12,6	16,9
Варіант VIII (Хмельницький)									
I	5,1	5,1	6,8	20,4	18,8	8,3	18,1	17,4	17,3
VII	11,7	8	6,5	7,8	7,7	7	19	32,3	29,8
Рік	7,7	7,1	7,8	18	14,5	7,6	16,3	21	23
Варіант IX (Полтава)									
I	7,5	12,8	16,4	11,8	14	12,5	14,7	10,3	3
VII	17,1	15,2	9,1	4,4	6,5	9	21,3	17,4	7,7
Рік	10,6	14,1	14,3	10,5	11	11,9	15,8	11,8	5,1
Варіант X (Харків)									
I	8,1	9,9	20	15,1	10,5	13	14,5	8,9	11,7
VII	16,9	14,2	11,1	7,8	6	7,6	18,5	17,9	20,5
Рік	10,1	11,2	18,6	13,9	9,4	11,2	14,7	10,9	14,8

Повторюваність (%) напряду вітру та штилю									
Місяць	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Штиль
Варіант XI (Тернопіль)									
I	6,9	2,8	6,3	25,6	11,7	8,5	23	15,2	16
VII	11,1	4,5	5,1	8,3	6,6	6,6	28,6	29,2	23,8
Рік	8,9	5,4	6,5	19,5	11,3	7,2	23,1	18,1	19,7
Варіант XII (Черкаси)									
I	12,4	7,5	15	8,5	14,2	17,2	12,6	12,6	14,4
VII	19,6	11,6	9,7	3,4	6	8,8	16,4	24,5	28,1
Рік	14,3	9,1	14,4	8,1	12,2	13,6	13,6	14,7	20,4
Варіант XIII (Луганськ)									
I	3,2	9,8	24,8	14,3	8,8	10,8	19	9,3	21,6
VII	8,4	12,7	14,6	7,5	8,9	9,5	24,5	13,9	30,7
Рік	5,5	10,6	24,8	12,1	8,1	10,9	18,4	9,6	24,1
Варіант XIV (Вінниця)									
I	11	6,5	9,2	13,9	15,4	12,8	17,8	13,4	11,9
VII	14,2	8,1	7,4	6,7	9,2	9,7	19,1	25,6	20,7
Рік	11,3	7,6	9,9	13,5	14,3	11	16	16,4	16,2
Варіант XV (Івано-Франківськ)									
I	3,8	1,6	14,3	22,5	4,3	10,2	23,8	19,5	33,5
VII	7,3	3,2	8,7	8,1	4,4	10,1	28,8	29,4	27,1
Рік	5,8	3,1	15,8	16,6	4,5	9,6	23,4	21,2	29,4
Варіант XVI (Кропивницький)									
I	12,7	8,4	12,3	12,8	17,5	7,4	13,1	15,8	6,8
VII	20,1	10,6	7,9	6,2	10	4,8	15,8	24,6	12,2
Рік	14,3	9,1	12,2	12,7	15,1	7	13,3	16,3	9,4
Варіант XVII (Дніпро)									
I	14	13,2	14,3	14,1	12,4	11	13,6	7,4	8,1
VII	29,6	12,9	8,3	5,7	6,5	7,6	15,8	13,6	19
Рік	17,8	12,6	14,1	12	11,1	10,4	12,8	9,2	12,9
Варіант XVIII (Донецьк)									
I	6,6	10,3	18,5	22,8	10,5	11,1	13,6	6,6	6,5
VII	14,1	19,1	14,6	9,4	8,7	9,8	13,4	10,9	18,7
Рік	8,6	11,9	20	17,9	10,3	10,8	12,9	7,6	10,6
Варіант XIX (Ужгород)									
I	11	5,8	12,2	38,2	11,6	3,3	5,4	12,5	27,3
VII	16,7	13,5	14,3	14,1	9,7	6,6	8,5	16,6	19,7
Рік	12,2	9,9	15,7	26,2	11,2	5,2	6,6	13	20,4
Варіант XX (Чернівці)									
I	4,2	1,3	24,1	16,9	4,9	5,7	8,6	34,3	8,4
VII	9,1	3,4	9,4	8,1	5,2	7,7	15,9	41,2	10,9
Рік	6,8	2,7	20,4	15,2	4,8	7	10,9	32,2	10,4

Навчальне видання

**Шевченко Ольга Григорівна
Сніжко Сергій Іванович
Круківська Алла Володимирівна**

Практикум з метеорології та кліматології

Навчальний посібник

Підписано до друку 11.01.2018 р.
Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Ум. друк. арк. 14,0.
Наклад 300 прим.

ФО-П Маслаков Руслан Олексійович
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців, виготівників
і розповсюджувачів видавничої продукції
ДК №4726 від 29.05.2014 р.
Тел. (095) 699-25-20, (098) 366-48-27.
E-mail: osvita2005@gmail.com, www.rambook.com.ua

Виготовлювач: ФО-П Поліщук О.В.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №2142 від 31.03.2005
07400, м. Бровари, вул. Незалежності, 2, кв. 148
тел. (044) 592-13-49