

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/338633844>

МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ ТА ВИМІРЮВАННЯ

Book · January 2012

CITATIONS

0

READS

6,105

2 authors, including:



[Olga Shevchenko](#)

Taras Shevchenko National University of Kyiv

70 PUBLICATIONS 207 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Л.В. Паламарчук, О.Г. Шевченко

Метеорологічні прилади та вимірювання

**Київський національний університет
імені Тараса Шевченка**

Л.В.ПАЛАМАРЧУК, О.Г.ШЕВЧЕНКО

**МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ
ТА ВИМІРЮВАННЯ**

**КИЇВ
2012**

УДК 551.508(075.8)

ББК 26.23я73

П14

Рецензенти:

кандидат географічних наук, доцент Щербань І.М. (Київський національний університет імені Тараса Шевченка);

кандидат географічних наук Кульбіда М.І. (Український Гідрометеорологічний центр).

Рекомендовано до друку Вченою радою географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка 20 березня 2012 року

П14 Паламарчук Л.В., Шевченко О.Г.

Метеорологічні прилади та вимірювання / Паламарчук Л.В., Шевченко О.Г. – К.: Видавництво «Інтерконтиненталь-Україна», 2012. – 123 с.

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

Навчальний посібник містить інформацію про основні прилади і методики вимірювань метеорологічних величин (температури повітря та діяльного шару, вологості повітря, атмосферного тиску, характеристик вітру, кількості опадів, метеорологічної дальності видимості, сонячної радіації тощо) та спостережень за атмосферними явищами. Опис будови приладів проілюстрований рисунками. В додатках розміщено таблиці, необхідні для подальшої інтерпретації отриманих результатів спостережень. Наведено вимоги до метеорологічного майданчика і його облаштування, а також інформацію про дистанційні та автоматичні системи метеорологічних вимірювань.

Посібник буде корисним студентам-географам при вивченні дисципліни "Метеорологія та кліматологія", допоможе закріпити теоретичний матеріал з відповідного розділу програми, а також набути навиків роботи з метеорологічними приладами.

ISBN 978-966-97277-0-1

© Паламарчук Л.В., Шевченко О.Г., 2012

ЗМІСТ

| | |
|--|-----|
| ВСТУП | 4 |
| РОЗДІЛ 1. Організація та проведення метеорологічних спостережень | 6 |
| РОЗДІЛ 2. Вимірювання температури | 20 |
| 2.1. Вимірювання температури повітря | 26 |
| 2.2. Вимірювання температури діяльного шару | 32 |
| 2.3. Вимірювання температури води біля поверхні | 38 |
| РОЗДІЛ 3. Вимірювання вологості повітря | 40 |
| РОЗДІЛ 4. Будки жалюзійні (психрометричні) для метеорологічних приладів | 50 |
| РОЗДІЛ 5. Вимірювання атмосферного тиску | 53 |
| РОЗДІЛ 6. Визначення напрямку та швидкості вітру | 62 |
| РОЗДІЛ 7. Спостереження за атмосферними опадами та сніговим покривом | 71 |
| РОЗДІЛ 8. Спостереження за хмарністю | 84 |
| РОЗДІЛ 9. Визначення метеорологічної дальності видимості | 88 |
| РОЗДІЛ 10. Актинометричні прилади та методики проведення спостережень | 90 |
| РОЗДІЛ 11. Дистанційні та автоматичні системи метеорологічних вимірювань | 101 |
| Перелік використаних джерел | 110 |
| Додатки | 111 |

ВСТУП

Метеорологія – це наука про земну атмосферу, її будову, властивості, фізичні та хімічні процеси та 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 заданої місцевості, залежно від її географічного положення – клімат.

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 проводяться 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 та 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.

Навчальний посібник містить інформацію про основні прилади і методики вимірювань метеорологічних величин та спостережень за явищами, що використовуються на мережі метеостанцій України. Опис будови приладів проілюстрований рисунками. В додатках розміщено таблиці, що необхідні для подальшої інтерпретації отриманих результатів спостережень.

Посібник буде корисним студентам-географам при вивченні дисципліни "Метеорологія та кліматологія" (зокрема для підготовки до виконання практичних робіт), допоможе закріпити теоретичний матеріал з відповідного розділу програми, а також набути навиків роботи з метеорологічними приладами. Для перевірки правильності та успішності засвоєння навчального матеріалу студентам пропонуються запитання, розміщені в кінці кожного розділу.

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 у будівництві, розвитку транспорту, в комунальному господарстві, визначення тенденцій змін клімату. 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 метеорологічною інформацією, виконує низку міжнародних програм глобального мас-

штабу з вивчення атмосферних процесів, взаємозв'язку атмосфери та Світового океану.

В рамках ВМО створена Всесвітня служба погоди (ВСП), що є комплексною системою, до якої входять національні засоби та 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 входять близько 10000 метеорологічних станцій, що розташовані на суходолі, 1000 аерологічних станцій, 7300 морських суден, 3000 літаків, 900 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 формують 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 пого-

ди для своєї країни, а також забезпечують передачу інформації за глобальною системою 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 при вирішенні практичних проблем у різних галузях господарства.

Метеорологічні спостереження в Україні організовує Державна гідрометеорологічна служба. Усі спостереження здійснюються одночасно й однотипними приладами за єдиною програмою та методикою. Сучасна метеорологічна мережа в Україні складається зі 188 метеорологічних станцій II-го розряду. Актинометричні спостереження проводяться на 16 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 9 станціях.

Для обслуговування потреб сільськогосподарського виробництва на 145 діючих станціях здійснюються агрометеорологічні спостереження. До мережі спостережень за рівнем забруднення атмосфери входить 162 пости, що розміщені у 53 містах держави. Найбільша їх кількість розташована в Києві – 16, Харкові – 10, Одесі – 8, Дніпропетровську – 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, висувуються вимоги безвідмовної роботи за температур від -60 до $+60^{\circ}\text{C}$, за умов високої вологості, під час випадання твердих або рідких опадів, утворення туманів, 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 перевірки 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 менш ніж на 100 м.

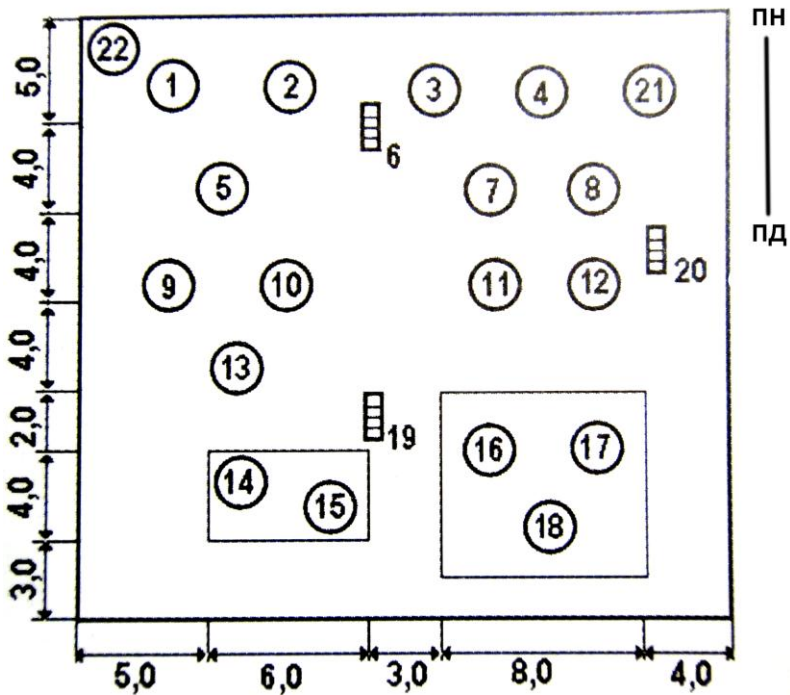
Для визначення висотного положення приладів і, зокрема, барометра в межах майданчика встановлюється репер. На метеомайданчику має бути проведене стаціонарне освітлення.

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

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;



- 1 – Флюгер Вільда
- 2, 3 – анеморумбометр
- 4 – ожеледний станок
- 5 – будка психрометрична
- 6, 19, 20 – снігомірні рейки
- 7 – будка психрометрична (запасна)
- 8 – будка для самописціє
- 9 – вимірювач МДВ
- 10 – опадомір
- 11 – плювіограф
- 12 – столик для радіометричних спостережень
- 13 – геліограф
- 14, 15 – оголена ділянка для термометрів на поверхні ґрунту (14) та колінчатих термометрів (15)
- 16, 17, 18 – ділянка з природним покривом для снігомірної рейки (16), ґрунтово-глибинних термометрів (17) і мерзлотоміра (18)
- 21 – льодоскоп
- 22 – репер

Рис.1. Схема метеорологічного майданчика

- 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 входять: 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, що використовуються при вимірюванні основних метеорологічних величин.

Таблиця 1

Одиниці метеорологічних величин

| Назва величини | | Одиниця вимірювання | |
|----------------|------------------------------------|----------------------------|------------|
| | | Назва | Позначення |
| 1 | Температура, t | градус Цельсія, Кельвін | °С К |
| 2 | Відносна вологість, f | відсоток | % |
| 3 | Парціальний тиск водяної пари, 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>I</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 та 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 вони розташовані. Мережу станцій необхідно створювати таким чином, щоб за її мінімальної густини 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. На території України функціонує

188 метеорологічних станцій, що рівномірно розташовані по території (рис. 2).

На більшості метеостанцій спостереження проводять у єдині стандартні строки спостережень: 21, 00, 03, 06, 09, 12, 15 та 18 годин за Міжнародним скоординованим часом (МСЧ). Станції, що не входять до опорної мережі, провадять спостереження в основні строки (00, 06, 12 та 18 годин за МСЧ) або в інші, визначені Державним комітетом з Гідрометеорології.

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.

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 вміти перейти від одного виду часу до іншого.

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. Визна-

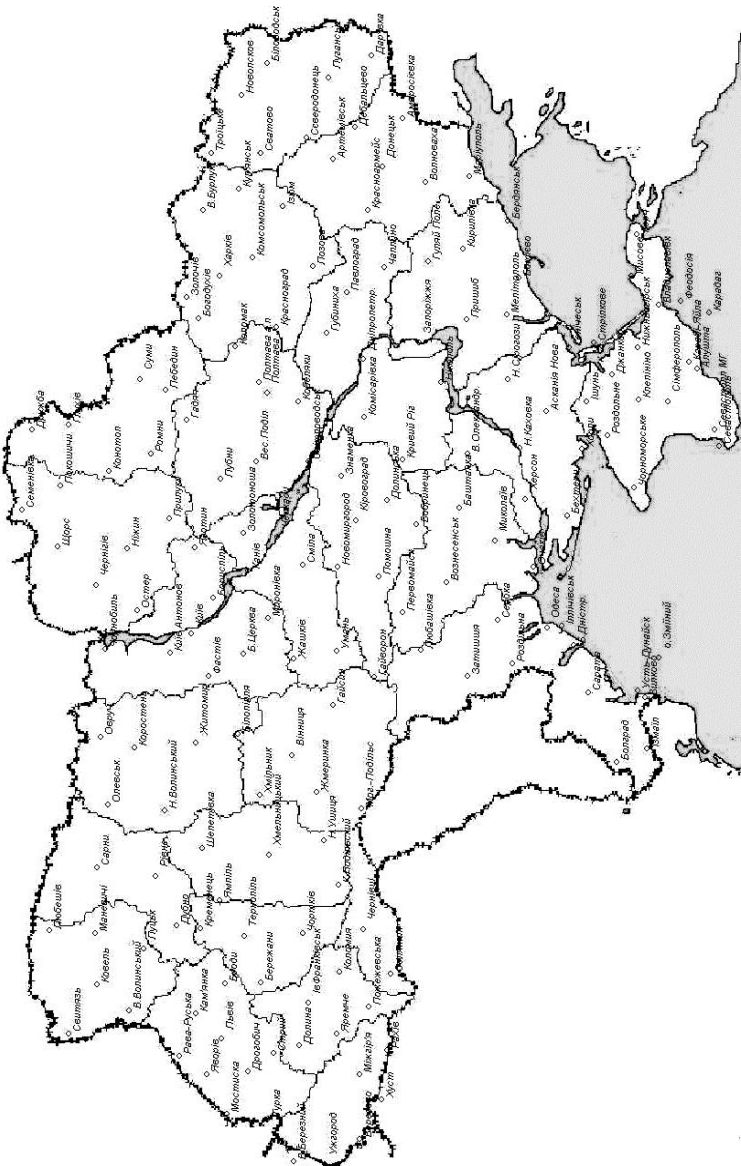


Рис.2. Карта мережі метеостанцій України

чається 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).

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 прийня-

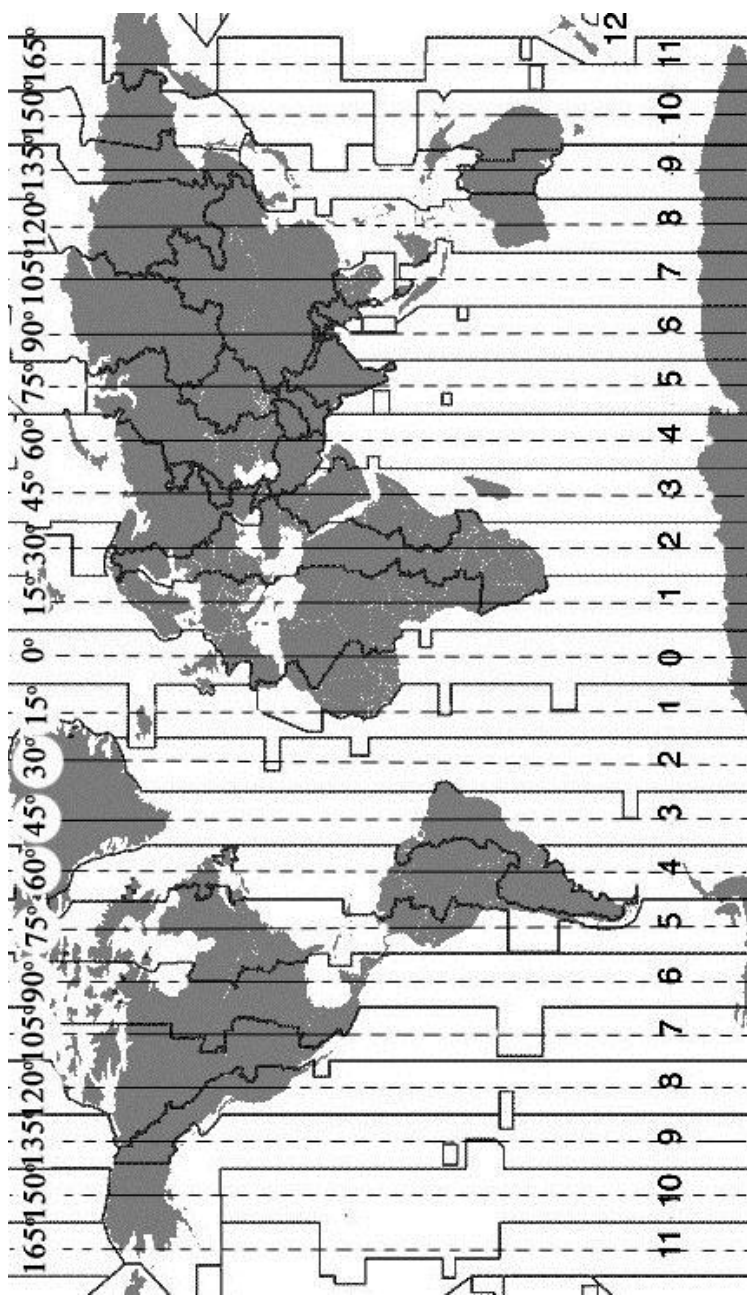


Рис. 3. Часові пояси Землі

тий той, центральний меридіан якого проходить через Гринвіч ($\lambda=0^\circ$). Межами нульового поясу є меридіани $7,5^\circ$ зх.д. і $7,5^\circ$ сх.д.; перший пояс – від $7,5^\circ$ сх.д. до $22,5^\circ$ 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.

Проте провести межі поясів строго по вказаних меридіанах в густозаселених 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 $30^\circ 29'$ сх.д.).

1. Київ перебуває у другому часовому поясі (центральний меридіан $30^\circ 00'$) 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:

$$30^{\circ}29' - 30^{\circ}00' = 00^{\circ}29'$$

Тепер переводимо отримане значення різниці в час:

$$29' \times 4 \text{ с} = 116 \text{ с} = 1 \text{ хв } 56 \text{ с}$$

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 16 хв 56 с.

Запитання для самоперевірки

- 1. Які види спостережень входять до комплексу наземних метеорологічних?*
- 2. Яким чином має бути розташований метеомайданчик для отримання репрезентативної інформації?*
- 3. Що таке строк спостереження?*
- 4. Назвіть стандартні строки спостережень на метеостанціях.*
- 5. Назвіть строки проведення актинометричних спостережень.*
- 6. Наскільки міжнародний скоординований час відрізняється від Київського поясного?*
- 7. Поясніть відмінність між істинним та середнім сонячним часом.*
- 8. Що таке поясний час? Поясніть його переваги перед середнім сонячним.*

РОЗДІЛ 2

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 базується 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 базується 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 розташований 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 одноступінні 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 Габрієлем 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 по шкалі Кельвіна (T) та шкалі 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, а в США, Великій Британії та деяких інших країнах – шкалою Фаренгейта. 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 дозволить отримати вищу чутливість термометра, мала питома теплоємність та значний коефіцієнт теплопровідності рідини знижують інерцію термометра. Однак

висока здатність рідини до змочування скла може призвести до зниження 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 – $-38,9^{\circ}$, тому для вимірювання низьких температур краще застосовувати спиртові термометри (спирт замерзає при $-117,3^{\circ}$). Оскільки точка кипіння спирту становить $+78,5^{\circ}$, для вимірювання високих температур користуються ртутними термометрами (точка кипіння ртуті $+356,9^{\circ}$).

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 склянну 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 по шкалі беруться з точністю до $0,1^{\circ}\text{C}$. 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 проводиться перевірка приладів, у процесі якої встановлюють похибки вимірювань конкретним приладом в усьому діапазоні його шкали. По-

хибки вказуються у повірочному свідоцтві і враховуються при визначенні температури.

Деформаційні термометри. При проведенні метеорологічних вимірювань застосовують переважно біметалеві деформаційні термометри. Термометричним елементом таких приладів є пластинка, зроблена з двох металів, які мають різні коефіцієнти теплового розширення. Зазвичай використовують інвар та 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 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 та 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 дровові 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 та 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 термоелектричного струму 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 термочувливих елементів від змін температури. Можуть застосовуватися в діапазоні температур від -70°C до $+200^{\circ}\text{C}$.

2.1. 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 закріплений металевий ковпачок. Числові позначки шкали нанесені 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 -25°C до $+50^{\circ}\text{C}$. Похибки вимірювань при температурах від 0°C до $+50^{\circ}\text{C}$ не перевищують $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$, а при температурах 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. 4) має вставну шкалу довжиною 340 мм, діаметром 18 мм, резервуар циліндричної форми 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 кінця 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 помахів, щоб перегнати частину ртуті із капіляра у резервуар. Після цієї процедури покази максимального термометра не повинні відрізнятися від показів психрометричного термометра більш, ніж на $0,2^{\circ}\text{C}$. Потім термометр повертають на

місце у психрометричній будці, встановлюючи 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 строками спостережень). Цей термометр (рис. 5) 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 температурах, нижчих від -60°C – не більше $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Всередині капіляра у спирті розміщений невеликий штифт, що має потовщення на обох кінцях і може вільно переміщуватися капіляром.

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 усередині капіляра. Під час зростання температури спирт, розширюючись, вільно обтікає штифт, який не змінює свого місцезнаходження. Таким чином, дальший від резервуару кінець штифта ("правий" – для спостерігача) показуватиме мінімальну температуру між спостереженнями.

Термометр ртутний метеорологічний (термометр-праць). Такий термометр (рис. 6) використовується для вимірювання температури повітря при проведенні 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 – $1,0^{\circ}\text{C}$. Термометром можна виміряти температуру в межах від -30°C до $+50^{\circ}\text{C}$; або від -35°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Похибка вимірювання при

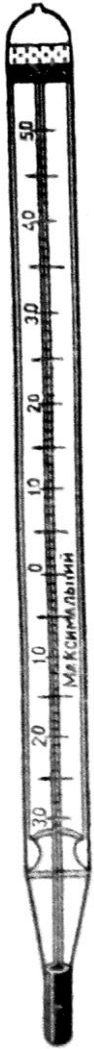


Рис. 4.
Термометр
максимальний

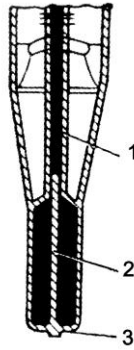


Рис. 4-а

1-резервуар
2-штифт
3-капіляр

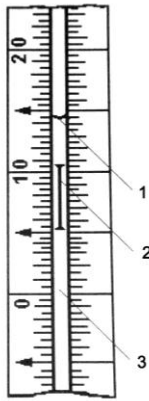


Рис. 5-а

1-капіляр
2-штифт
3-меніск стовпчика спирту

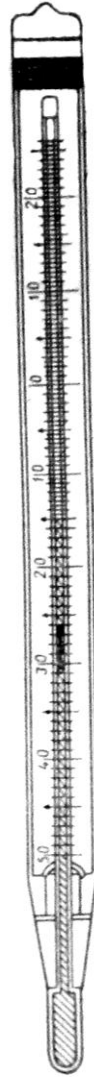


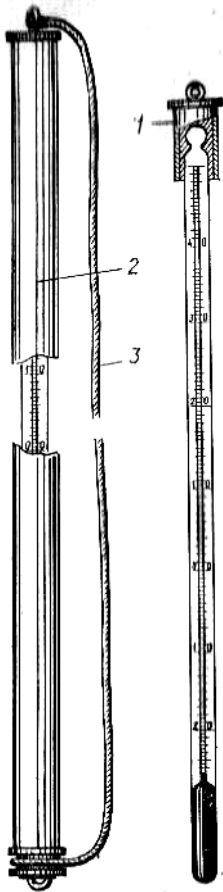
Рис. 5.
Термометр
мінімальний

температурах від -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$ не перевищує $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, якщо температура нижча -10°C , похибка може становити $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$.

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 $0,2-0,3^{\circ}\text{C}$ для послідовних вимірювань.

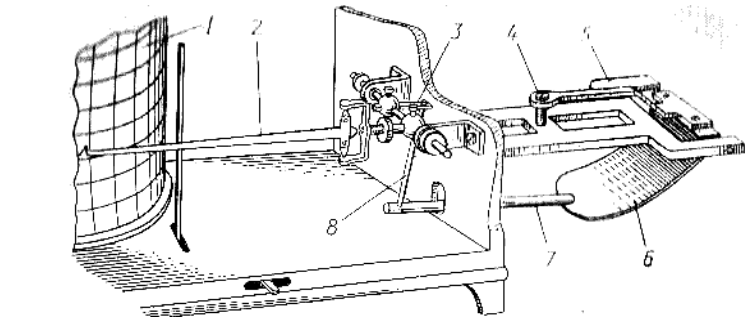
Термограф метеорологічний. Використовується для безперервної реєстрації змін температури повітря в межах від -45°C до $+55^{\circ}\text{C}$, похибка вимірювань становить $\pm 1,0^{\circ}\text{C}$.

Прилад складається з таких блоків: термо-чутливого елементу (біметалевої пластини), передавального механізму, реєструючої частини та корпусу (рис. 7). Біметалева пластина реагує на зміну температури повітря відповідними деформаціями, які через систему важелів передаються на стрілку, що закінчується пером у вигляді невеличкої 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 барабану 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



- 1 – оправа з кільцем для прив'язання шнурка
- 2 – футляр для термометра
- 3 – шнурок для обертання термометра при проведенні спостережень

Рис. 6. Термометр-прац з футляром



- 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. 7. Термограф метеорологічний

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.

2.2. 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 поверхню 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 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 нижчих температур – $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$. 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 наведені в пункті 2.1.

Вимірювання температури поверхні ґрунту проводяться 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 – макси-

мальний. 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 при вимірюванні 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. 8). Це комплект, що складається із чотирьох термометрів для вимірювання температури ґрунту на глибинах 5, 10, 15 та 20 см. Шкали термометрів відповідають діапазонаві 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° щодо 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 термо-

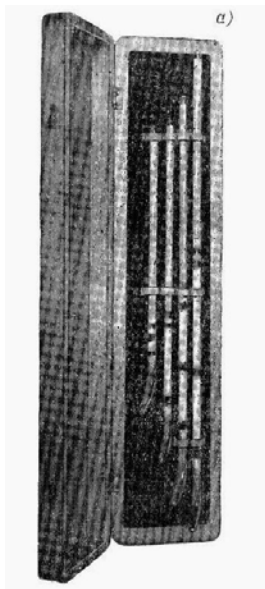
метрах Савінова капіляри на ділянці від резервуару до початку шкали вкриті теплоізоляційною оболонкою для зменшення впливу на покази термометра того шару ґрунту, що розташований вище резервуару.

Встановлюють термометри Савінова на тому ж майданчику, де розташовані термометри для визначення температури поверхні ґрунту (рис. 9). 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 в приміщенні метеорологічної станції. Встановлюють весною, після тання снігу.

При проведенні спостережень з використанням колінчатих термометрів та для вимірювання температури на поверхні ґрунту – застосовують відкидний дерев'яний рейковий настил, який після проведення кожного спостереження приймають (рис. 9).

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

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



8-а) комплект термометрів Савінова



8-б) термометр Савінова

Рис. 8. Термометри Савінова.

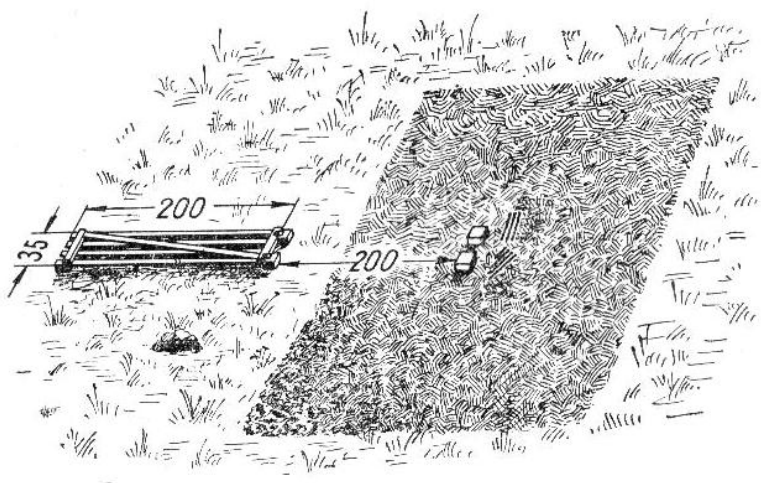


Рис. 9. Ділянка для встановлення ґрунтових термометрів, термометрів Савінова та рейковий настил до них.

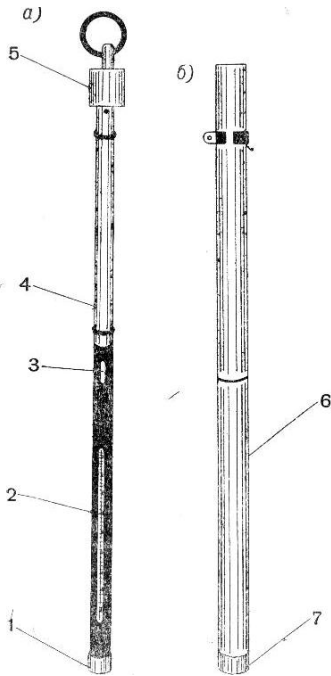
показів термометра до моменту, коли його виймуть із труби й знімуть відліки.

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 виставляються в одну лінію, зі сходу на захід, на відстані 50 см один від одного. Вимірюється температура на глибинах 0,2; 0,4; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4; 3,2 м. Термометри розміщуються у порядку зростання глибини.

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. 11).

Спостереження за змінами температури ґрунту на глибинах проводиться впродовж усього року. Щоденно, в усі вісім строків спостережень, вимірюється температура на глибинах 0,2 та 0,4 виключення 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, найближчий до 13-ї години того часового поясу, в якому розташована метеорологічна станція. Взимку, крім вимірювань температури ґрунту, проводиться також визначення висоти снігового покриву за снігомірною рейкою, що встановлена біля витяжних термометрів.



а) термометр витяжний ґрунтово-глибинний

- 1 – масивний металевий накінецьник
- 2 – оправа
- 3 – поздовжній проріз для штифта
- 4 – дерев'яний стрижень
- 5 – металевий ковпачок з кільцем

б) трубка, що закопується в землю

- 6 – ебонітова (вініфлексова) трубка
- 7 – мідний або латунний накінецьник

Рис. 10. Термометр витяжний ґрунтово-глибинний.

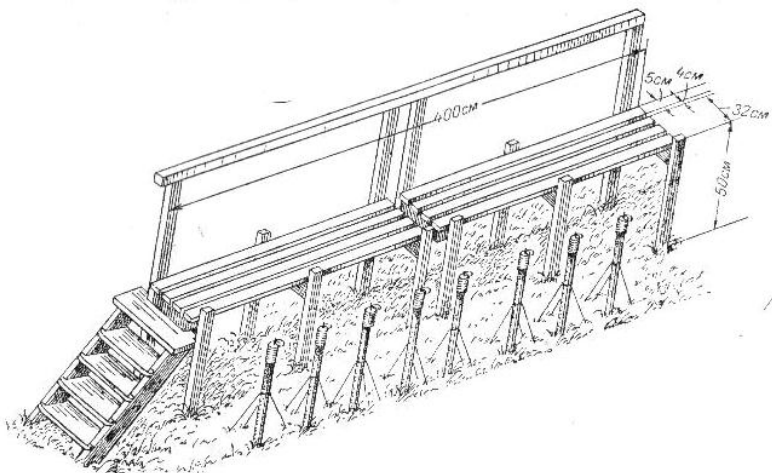


Рис. 11. Схема установки витяжних ґрунтово-глибинних термометрів.

2.3. Вимірювання температури води біля поверхні

Для таких спостережень використовують ртутний термометр з ціною поділки $0,2^{\circ}\text{C}$ та шкалою від -5°C до $+35^{\circ}\text{C}$. 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. При зануренні 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.

Запитання для самоперевірки:

- 1. Назвіть найпоширеніші типи термометрів.*
- 2. Що таке коефіцієнт термічної інерції термометра?*
- 3. Що таке чутливість термометра?*
- 4. Які температурні шкали можуть використовуватися під час проведення метеорологічних спостережень?*
- 5. Чому в мінімальних термометрах в якості термометричної рідини застосовують спирт?*
- 6. Яка послідовність проведення вимірювань температури ґрунту за допомогою ґрунтово-глибинних термометрів?*
- 7. Як мають бути розташовані мінімальний та максимальний термометри в психрометричній будці?*
- 8. Чому термометри Савінова знімають з ділянок для вимірювання температури ґрунту у холодну пору року?*
- 9. Чому термометри для вимірювання температури повітря встановлюють у психрометричній будці?*
- 10. Навіщо під час вимірювання температури повітря в польових умовах спостерігач "розкручує" термометр-прац протягом 2–3 хвилин над головою?*
- 11. Поясніть принцип дії приймальної частини термографа.*

12. Якого розміру має бути ділянка, на якій встановлені термометри для вимірювання температури поверхні ґрунту?

13. Назвіть глибини, на яких вимірюють температуру ґрунту за допомогою ґрунтово-глибинних термометрів.

РОЗДІЛ 3

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 найточнішим 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 наступним 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 базується 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 обернений 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 $^{\circ}\text{C}$; $(1 + 0,00115t')$ – величина, що враховує залежність теплоти випаровування від температури.

Станційний психрометр. Цей прилад складається з двох ртутних (психрометричних) термометрів, які підбираються 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 огортають батистом, кінці якого опускають у стакан із дистильованою водою. Таким чином забезпечується безперервне 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 батистові до резервуара і вільна циркуляція повітря навколо нього. Для психрометрів використовують спе-

ціальний батист із необхідними гігроскопічними властивостями.

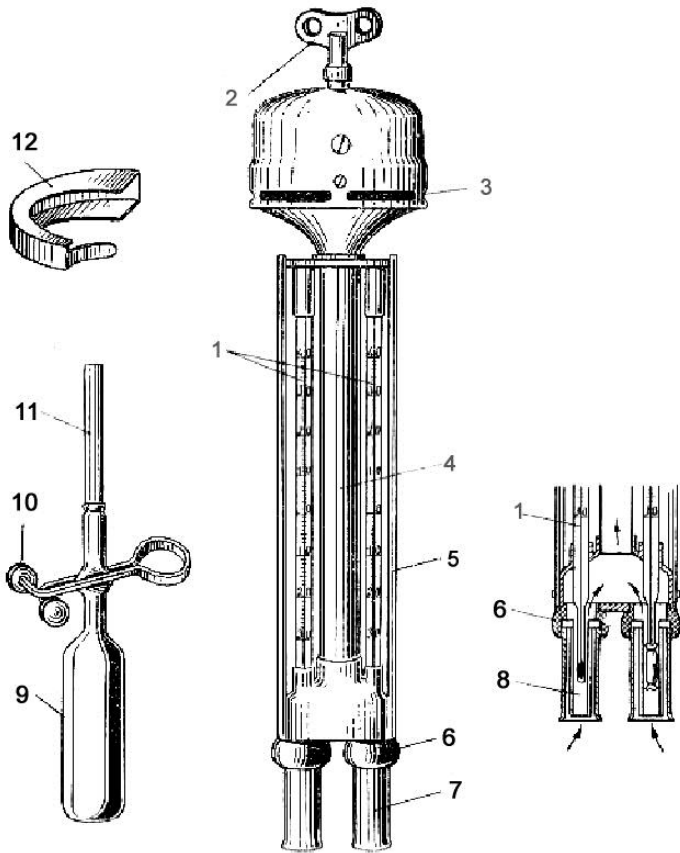
Для станційного психрометра, розташованого в жалюзійній (психрометричній) будці, величина $A=7,947 \times 10^{-4}$, що відповідає швидкості вентиляції 0,8 м/с. За дотримання всіх вище зазначених правил вологість повітря станційним психрометром можна визначити за додатних температур повітря та за від'ємних 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 швидкість 2 м/с.

Прилад складається з двох однакових ртутних термометрів, які вміщені у металеву оправу (рис. 12). Межі шкал термометрів від -31 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 термометра від радіаційних потоків, в них же забезпечується вентиляція повітря навколо резервуарів термометрів. Резервуар правого (змоченого) термометра огорнутий батистом, який закріплений у верхній та нижній частинах резервуара ниткою, кінці батисту коротко підрізані під резервуаром.

Верхній кінець трубки з'єднаний 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 альbedo приладу та зводить до мінімуму нагрівання його корпусу.



- 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 – зажим
 11 – скляна піпетка
 12 – захист, який вдягається на аспіратор з навтряного боку за швидкості вітру понад 4 м/с

Рис. 12. Психрометр аспіраційний

Для проведення вимірювань аспіраційний психрометр встановлюють на стовпі за допомогою спеціального гака таким чином, щоб резервуари термометрів перебували на висоті двох 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 аспілятора 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. 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 береться рівною 2 м/с. Для встановлення відповідності фактичної швидкості вказаному значенню психрометр встановлюють вертикально і при повністю заведеній пружині встановлюється час одного оберту барабана пружинного механізму. Секундоміром відлічують два послідовні проміжки часу, коли вертикальна риска на барабані співпадає з рискою на віконці в корпусі аспілятора. 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.

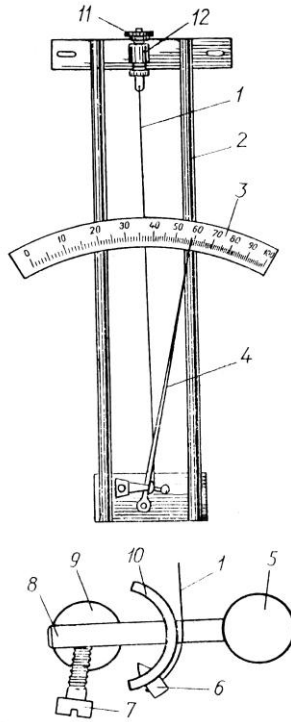
Гігрометр волосяний метеорологічний. Використовується для визначення величини відносної вологості повітря і є найпоширенішим гігрометричним приладом у мережі метеостанцій України. Принцип дії приладу ґрунтується на здатності людської волосини змінювати свою довжину залежно від зміни вологості повітря.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

Гігрометр являє собою рамку з прикріпленою до неї шкалою та знежиреною волосиною, що закріплена вертикально (рис. 13). 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 напруженому 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 вказує фактичне значення відносної вологості. 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 до $+55^{\circ}\text{C}$. Межі вимірювань відносної вологості від 30 до 100 %, похибка вимірювання ± 10 %, ціна поділки шкали – 1 %. Під час спостережень фіксуються лише цілі значення величини.

При температурах повітря нижчих від -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 гігро-



- 1 – знежирена людська волосина
- 2 – металева рамка
- 3 – шкала з діленнями 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. 13. Волосяний гігрометр

метром і станційним психрометром та порівняння отриманих результатів. За даними спостережень будується графік кореляційного зв'язку, з якого і визначають величини поправки. Тривалість паралельних спостережень 1–1,5 місяця в період перед настанням температур повітря нижче -10°C .

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 круглї діафрагми, і виготовлений з органічної плівки, *передавального* пристрою, стрілки та металевї рамки, на якій закріплені усі деталі. Постійний натяг плівки забезпечується тягарцем.

Гігрометр розрахований на роботу за температур повітря від -60 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 ± 10 %, ціна поділки шкали – 1 %.

Гігрограф метеорологічний. Цей прилад використовують для безперервної реєстрації значень відносної вологості повітря. Чутливим елементом прилада 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 установочним гвинтом.

Гігрограф не є абсолютним приладом, тому до значень відносної вологості, визначених з його допомо-

гою, 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 базується 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 електроліта (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.

Запитання для самоперевірки

- 1. В чому суть психрометричного методу визначення вологості повітря?*
- 2. Чому при вимірюваннях за допомогою психрометра варто враховувати агрегатний стан води?*
- 3. Від чого залежить величина психрометричної різниці температури?*
- 4. Поясніть суть гігрометричного (сорбційного) методу визначення вологості повітря.*
- 5. Чим можна пояснити нерівномірність розташування поділок на шкалі волосяного гігрометра?*
- 6. В чому полягає основна відмінність станційного та аспіраційного психрометрів?*
- 7. Для чого призначений гігрограф метеорологічний? Пояснити його принцип дії.*

РОЗДІЛ 4

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. 14).

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 встановлюються на підставках, а для зручності проведення спостережень кожна оснащується 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. 15).

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.

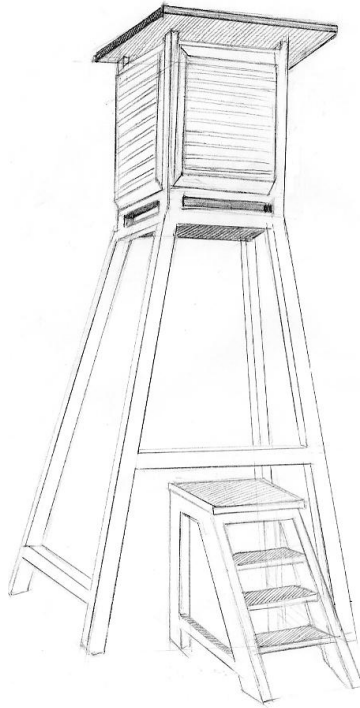


Рис. 14. Психрометрична будка для метеорологічних приладів.

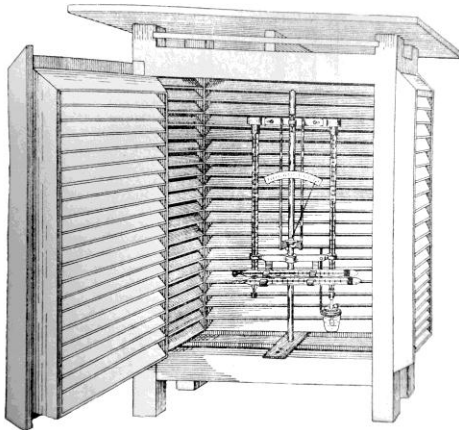


Рис. 15. Розташування приладів у психрометричній будці.

В будці для самописців розташовані термограф та гігрограф. Термограф встановлюється на підлозі будки, необхідно, щоб чутливий елемент термографа (біметалева пластина) знаходився на висоті 2 м над землею поверхнею. Гігрограф встановлюється 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 штифту);
 - за максимальним термометром;
 - струшують максимальний термометр та роблять відлік після струшування;
 - підводять штифт мінімального термометра до меніску спирту в капілярі;
 - роблять повторний відлік за сухим термометром.

За температур -20°C і нижчих одночасно з відліками за психрометричними термометрами роблять відлік і за спиртовим низькотемпературним термометром.

Запитання для самоперевірки

1. Які типи захисних жалюзійних будок можуть бути встановлені на метеомайданчику? Чим вони відрізняються між собою?

2. Опишіть будову психрометричної будки.

3. Як мають бути розташовані прилади в психрометричній будці?

4. В якій послідовності знімають відліки та записують покази приладів, що встановлені у психрометричній будці?

5. Які прилади встановлюються в будці для самописців?

РОЗДІЛ 5

Вимірювання атмосферного тиску

Величина атмосферного тиску буде дорівнювати вазі стовпа атмосферного повітря одиничного перерізу, що розташований вище за рівень, 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, визначені 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 прилада "барометр" приписують Роберту Бойлю (1665 р.), до того часу прилад називали "Торічеллевою трубкою".

Принцип дії ртутного барометра базується на врівноваженні атмосферного тиску вагою ртутного стовпчика. Якщо скляну трубку, що з одного кінця запаяна і наповнена ртуттю, іншим 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 через співвідношення:

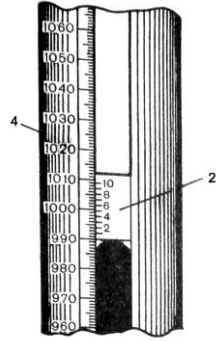
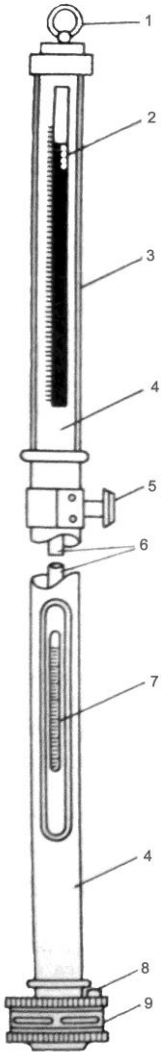
$$p_a = \rho g H$$

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

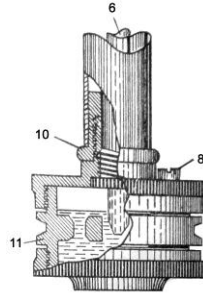
При зміні атмосферного тиску рівновага постійно порушуватиметься, відповідно буде змінюватися і висота ртутного стовпчика.

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 до 1070 гПа, для другого – від 680 до 1070 гПа. Максимальна похибка вимірювань після введення усіх поправок не перевищує $\pm 0,5$ гПа.

Ці барометри (рис. 16) мають калібровану скляну трубку діаметром 7,2 мм довжиною 800 мм. Верхній кінець трубки запаяний і трубка під вакуумом заповнена очищеною ртуттю. Нижній кінець трубки опущений в чашку, яка складається з трьох частин. Середня частина чашки має діафрагму з отворами, що запобігає потраплянню повітря в барометричну трубку та зменшує коливання ртуті. З атмосферним повітрям барометр контактує через отвір, що знаходиться у кришці чашки. За потреби отвір закривається гвинтом. Барометрична трубка захищена металевою оправою, на яку нанесена шкала. У прорізі оправи 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 закріплений також і термо-



16-а) шкала і ноніус



16-б) чашка барометра

- 1 – кільце
- 2 – ноніус
- 3 – захисне скло
- 4 – оправа
- 5 – гвинт кремальєри
- 6 – барометрична трубка
- 7 – термометр
- 8 – гвинт
- 9 – чашка
- 10 – шайба-втулка
- 11 – середня частина чашки з діафрагмою

Рис. 16. Барометр станційний чашковий ртутний

метр (так званий – термометр-аташе), що використовується для визначення температури ртуті у барометрі. Зверху на металевій оправі є спеціальне кільце для підвішування барометра в місці установки.

Барометр встановлюється 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 зашклені шафки.

Вимірювання проводять у такій послідовності:

- відкривають дверцята шафи;
- беруть відлік значення температури за термометром-аташе з точністю до $0,1^{\circ}\text{C}$;
- 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 і відповідатиме значенню десятих часток величини атмосферного тиску.

При вимірюванні 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 індивідуальні 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.

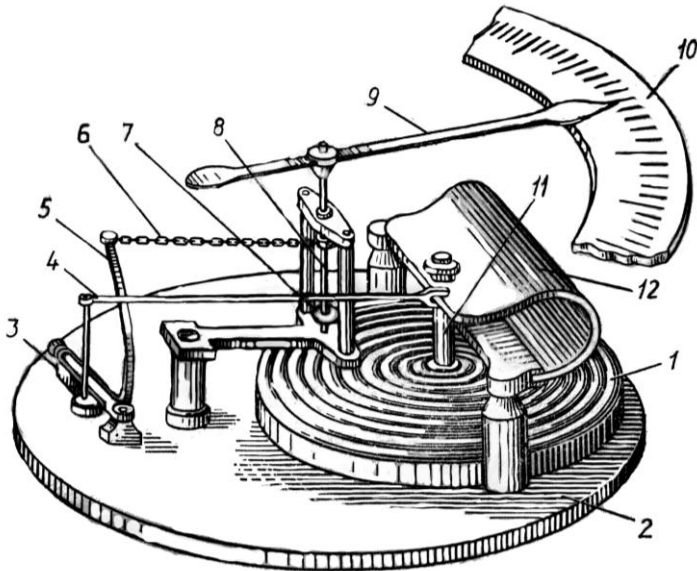
3. Поправка на приведення показів барометра до температури 0°C , (оскільки питома вага ртуті залежить від температури).

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

Після введення усіх 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. 17) є анероїдна коробка – пружна гофрована металева коробка, з якої відкачане 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.

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



- 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 поділка 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. 17. Барометр-анероїд.

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 при температурі 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 індивідуальні особливості приладу, що можуть призводити до похибок в межах стандартної шкали даного типу приладів. В повірочному свідоцтві записані шкалові поправки для усієї шкали через кожні десять 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

у стандартних метеорологічних спостереженнях 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, які при вимірюваннях допускають похибки в межах $\pm 0,8$ гПа і працюють у діапазоні температур від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$.

Барограф метеорологічний. Прилад використовують для безперервної реєстрації значень атмосферного тиску. Барограф може вимірювати тиск в межах від 780 до 1060 гПа, похибка вимірювань $\pm 1-2$ гПа, працює в температурному діапазоні від -10 до $+45^{\circ}\text{C}$. Чутливим елементом барографа є блок, що складається із анероїдних коробок. З цих коробок викачане 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 виключення 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).

Діаграмна стрічка поділена 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

установочного гвинта, відмітка часу – натисканням кнопки на корпусі.

Барограф встановлюють в приміщенні станції на поличці, 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.

Запитання для самоперевірки

- 1. Назвіть основні одиниці для вимірювання атмосферного тиску.*
- 2. Які прилади можуть використовуватися для вимірювання атмосферного тиску?*
- 3. Що таке ноніус барометра і які його функції при визначенні атмосферного тиску?*
- 4. Навіщо в барометрі термометр-аташе?*
- 5. Які існують вимоги до розташування станційного ртутного барометра?*
- 6. Назвіть послідовність проведення вимірювань за чашковим ртутним барометром.*
- 7. Які поправки вводять до показів ртутного барометра?*
- 8. Поясніть принцип дії барометра-анероїда.*
- 9. Які поправки вводять до результатів вимірювання, отриманих за допомогою барометра-анероїда?*
- 10. Який прилад використовують для безперервної реєстрації значень атмосферного тиску? Поясніть принцип на чому ґрунтується його принцип дії.*

РОЗДІЛ 6

Визначення напрямку та швидкості вітру

Вітром називають горизонтальне переміщення повітря відносно земної поверхні. Характеристиками такого переміщення є швидкість та напрямок. Швидкість вітру на метеорологічних станціях вимірюють в 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.

Таблиця 2

Назви, 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 | – | – | – | – |

Внаслідок процесів турбулентності у нижньому шарі атмосфери швидкість та напрямок вітру безперервно змінюються. У зв'язку з цим при проведенні метеорологічних спостережень визначають середню швидкість у м/с за 10 хв та максимальну за цей же інтервал часу, тобто швидкість вітру при максимальному пориві. Встановлюють також максимальну швидкість між строками спостережень, тобто за 3 год при стандартних спостереженнях. Визначають напрямок вітру, встановлюючи його середнє значення за 2–3 хв (румб, або азимут).

Характеристики вітру на метеорологічних станціях вимірюються 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.

Флюгер. Цей прилад був запропонований професором Вільдом у кінці 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 напрямок вітру.

На нижній нерухомій трубі флюгера (рис. 18) закріплені стрижні, що вказують на сторони світу. Стрижень, що вказує на північ позначають буквою «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 невеличкими 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 дошками на метеорологічному майданчику встановлюються на окремих металевих щоглах (поруч) на висоті 10–12 м. В темний період доби прилади освітлюються прожектором.

Швидкість вітру визначають за відхиленням дошки відносно стрижнів дугоподібної шкали (показника швидкості), а напрямок вітру – за положенням противаги флюгарки відносно стрижнів, що вказують сторони світу (показника напрямку). При визначенні швидкості вітру потрібно впродовж двох хвилин спостерігати відхилення 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 хвилин спостерігають за положенням противаги флюгарки відносно показника напрямку. Визначають середнє положення і записують румб у 16-ти-румбовій системі.

Таблиця 3

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

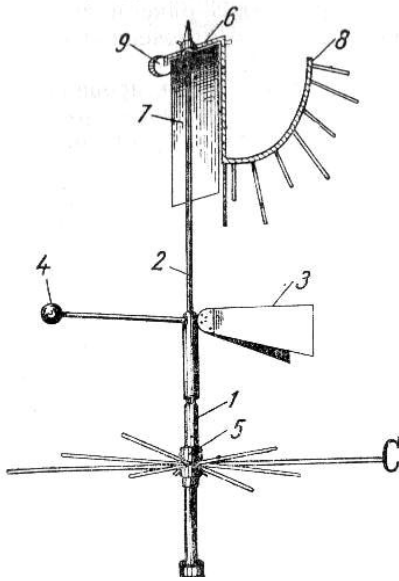
| Номер штифта | Швидкість вітру (м/с) для флюгера з | |
|--------------|-------------------------------------|---------------|
| | легкою дошкою | важкою дошкою |
| 0 | 0 | 0 |
| 0–1 | 1 | 2 |
| 1 | 2 | 4 |
| 1–2 | 3 | 6 |
| 2 | 4 | 8 |
| 2–3 | 5 | 10 |
| 3 | 6 | 12 |
| 3–4 | 7 | 14 |
| 4 | 8 | 16 |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

| | | |
|-----|----|----|
| 6 | 14 | 28 |
| 6-7 | 17 | 34 |
| 7 | 20 | 40 |

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. Визначається також осереднений напрям вітру. На мережі метеорологічних станцій цей дистанційний комплекс (рис. 19) є основним засобом визначення характеристик вітру. Комплекс складається з блоку датчиків, що визначають напрямок та швидкість вітру, вимірювального пульта та блоку живлення. Принцип дії анеморумбометра полягає у перетворенні вимірюваних характеристик вітру в електричні величини, що 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.

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 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 напрямком – 1° . Допустима відстань від станції 5 км.



- 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 врівноважує дугу 8

Рис. 18. Флюгер Вільда

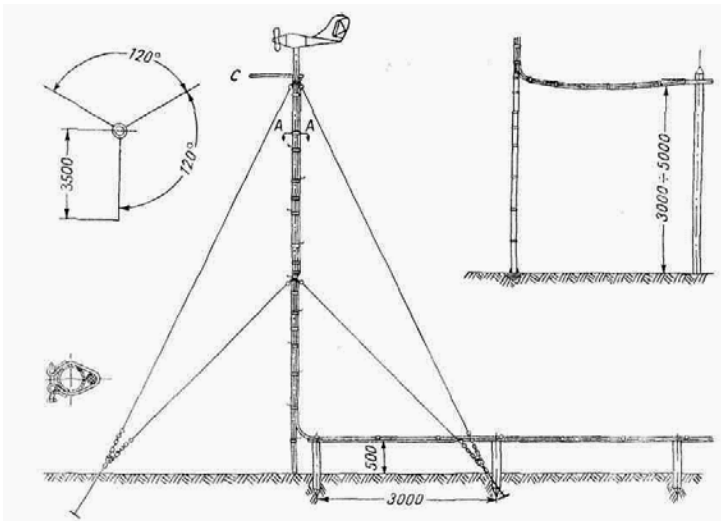


Рис. 19. Анеморумбометр

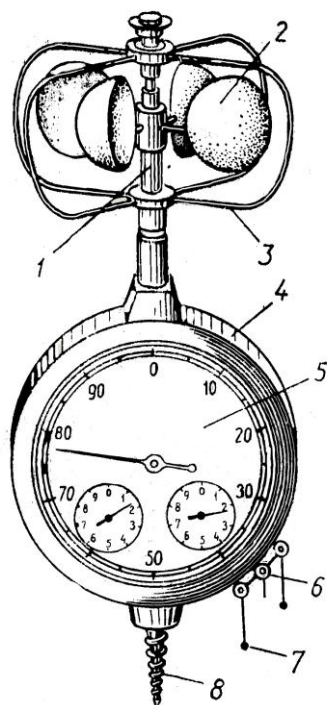
Вимірювальний пульт встановлюють в приміщенні метеорологічної станції. Це настільний прилад, на передній панелі якого розміщені шкали швидкостей та напрямків вітру, кнопки вмикання приладу, перемикачів шкал, скидання показів, інші індикатори.

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

Для безперервної 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 до 20 м/с, початкова чутливість приладу 0,8 м/с, а похибка вимірювань $\pm (0,3 + 0,06v)$, м/с.

Приймальною частиною анемометра (рис. 20) є хрестовина (вертушка) з чотирма порожніми півкулями, оберненими опуклостями в один бік. Хрестовина вільно обертається навколо вертикальної осі. Під впливом повітряного потоку хрестовина завжди обертається в один бік – у напрямку спрямування опуклостей півкуль, оскільки тиск повітряного потоку на чашки з опуклого боку буде меншим, ніж на чашки, повернуті до повітряного потоку внутрішнім (увігнутим, порожнім) боком. Хрестовина з чашками-півкулями захищена від механічних пошкоджень двома рамками з товстого дроту, що розміщені навхрест. Верхній та нижній кінці осі, що тримає хрестовину, опираються 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, що розміщений на корпусі приладу (поворот за годинниковою стрілкою вмикає лічильник, а у зворотному напрямку – вимикає).



- 1 – вертикальна вісь, на якій кріпиться хрестовина
 2 – хрестовина з чотирма порожнистими півкулями, випуклі поверхні яких спрямовані в один бік
 3 – дуги, що захищають напівкулі від механічних пошкоджень
 4 – корпус
 5 – циферблат лічильного механізму
 6 – рухоме кільце аретира для вмикання та вимкнення 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. 20. Анемометр ручний чашковий.

По обидва боки від аретира є металеві вушка, крізь які можна пропустити шнур, і за його допомогою вмикати та вимикати лічильник.

При проведенні 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 хвилин.

Перед початком спостережень записують покази стрілок на усіх трьох циферблатах. Потім анемометр виставляють під потік повітря, швидкість якого хочуть визначити. 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 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 вісі, яку потрібно орієнтувати за напрямком вітру з відхиленням, що не перевищує $\pm 15^\circ$. Діапазон вимірювань швидкості від 0,3 до 5 м/с, точність вимірювань досить висока і перевищує точність вимірювань чашковим анемометром.

Запитання для самоперевірки

- 1. Які характеристики вітру вимірюють на метеостанціях?*
- 2. Які прилади для вимірювання характеристик вітру Ви знаєте?*
- 3. Чому на метеостанціях використовуються одночасно два флюгери – з легкою та важкою дошкою?*
- 4. Яким чином за флюгером визначають напрямок вітру?*
- 5. Які характеристики вітру можна визначити за допомогою анеморумбометра?*
- 6. Поясніть принцип дії та особливості встановлення анемометра ручного чашкового.*

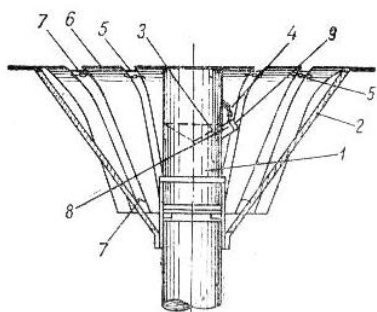
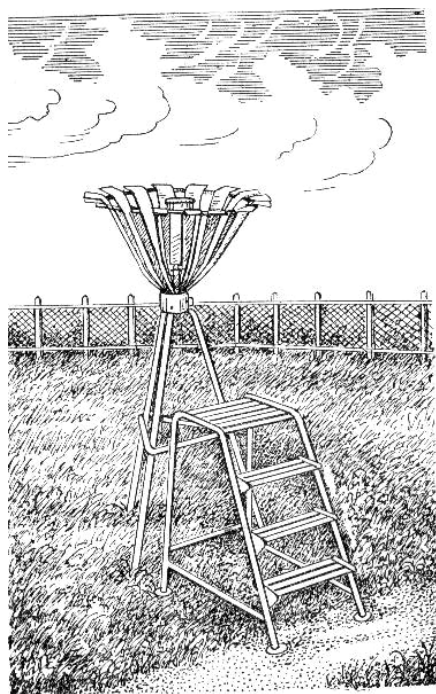
РОЗДІЛ 7

Спостереження за атмосферними опадами та сніговим покривом

Атмосферними опадами називають продукти конденсації чи сублімації водяної пари, що в рідкому, або твердому стані випадають на земну поверхню. Кількість рідких та 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. 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. 21) є циліндричне відро, яке у середній частині перегороджене конусоподібною діафрагмою з отвором посередині. Площа приймальної поверхні відра становить 200 см^2 , висота 40 см. В 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 жаркі літні дні, коли відро сильно нагрівається. В холодний період року лійку в діафрагму не вставляють.

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 15 вигнутих металевих пластин, що мають форму рівнобедреної трапеції. Пластини закріплюються на рівних відстанях одна від одної, кут нахилу до горизонту – 70° , угорі та вниз 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



- 1 – посудина для збору опадів
- 2 – кріплення опадоміра до стовпа
- 3 – діафрагма у вигляді пійки
- 4 – ланцюжок для кріплення ковпачка до носика опадоміра
- 5 – металеве кільце для кріплення планкового захисту
- 6 – вітровий планковий захист (15 планок)
- 7 – ланцюжок для кріплення планкового захисту
- 8 – носик для зливання зібраних опадів
- 9 – ковпачок для закривання носика

Рис. 21. Опадомір Третякова

біля приймальної частини приладу. Така висота стовпа обирається для того, щоб приймальна частина приладу розташовувалася на висоті 2 м над землею 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 місцевим сонячним 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, який входить до комплексу 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 виміряної 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 випадання твердих або змішаних опадів величина поправки становитиме 0,1 мм незалежно від їхньої кількості.

Добову суму опадів отримують як суму результатів вимірювань за усі строки спостережень.

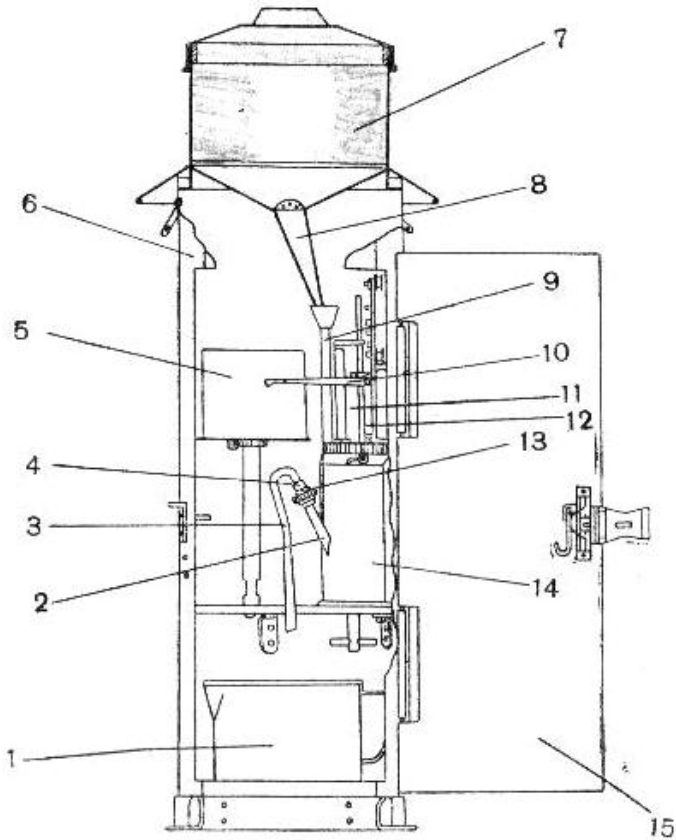
Плювіограф. Прилад призначений для реєстрації кількості та інтенсивності рідких опадів. Приймальною частиною приладу (рис. 22) є відкрита посудина циліндричної форми з поперечним перерізом площею 500 см². Дощова вода, що тут збирається, стікає по трубці у розташовану нижче водозбірну посудину, де знахо-

диться 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 полягають у щоденних спостереженнях, які здійснюються на метеорологічних станціях у холодну пору року та періодичних ландшафтно-маршрутних снігомірних зйомках 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.



- 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

Рис. 22. Плувіограф

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

За щоденних спостережень вимірюють висоту снігового покриву, використовуючи три постійні снігові рейки. Вони встановлюються в 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 місцевим часом.

Постійна снігомірна рейка – це дерев'яний брусок, довжина якого 2 м, ширина – 5–6 см та товщина – 2–3 см. Рейка пофарбована у білий колір, з лицьового боку нанесена шкала в сантиметрах. Кожна непарна поділка фарбується 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 район з розчленованим рельєфом), або 1000 м – рівнинні райони. При проведенні 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 до 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 залежатиме від висоти снігового покриву та його щільності і визначається за наступним 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 встановлюватиметься як сума щільностей 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 гамма-променів, що 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 гамма-випромінювання. Шкала приладу градуйована у

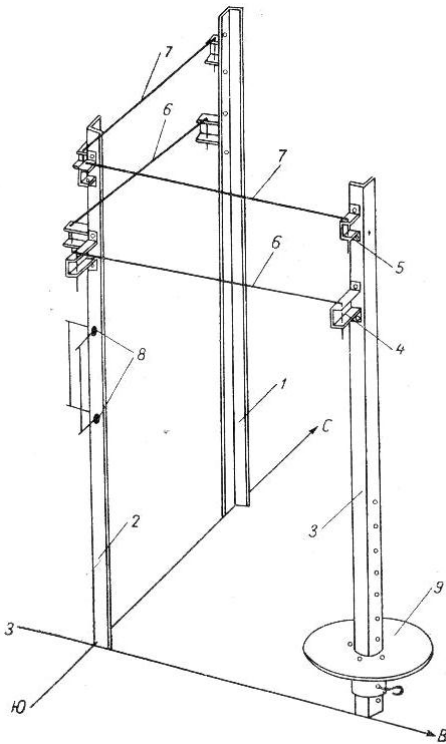
сантиметрах шару води, що відповідає запасам води у сніговому покриві.

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. 23), що 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.

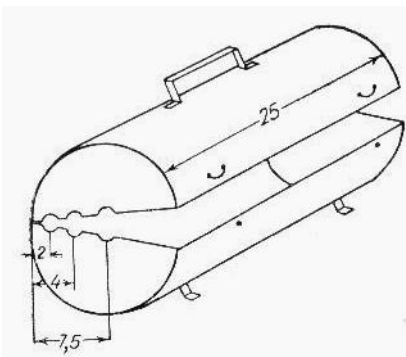
Нижні дроти при проведенні спостережень не знімаються, і на них визначають поперечні розміри відкладів. Верхні дроти знімаються для визначення маси відкладів. Додатковим пристроєм є спеціальна ванна, яку вдягають на знятий верхній дріт з відкладами. Ванну разом із дротом переносять у приміщення метеостанції,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

Масу відкладів на ділянці дроту довжиною 25 см (така довжина ванни), що перебуває у ванні, визначають після їх танення, вимірюючи кількість води (см³) мірним стаканом. Маса відкладів у грамах у числовому



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 проволоч
 для льодоскопу
 9 – фанерний круг
 льодоскопа

23-а) будова ожеледного станка



23-б) ванночка для розморожування ожеледних відкладів

Рис. 23. Ожеледний станок.

вираженні дорівнюватиме об'єму води, що утворилася після танення льоду, у кубічних сантиметрах. Збільшуючи отриманий результат у чотири рази, встановлюють величину маси відкладів, що припадає на 1 м довжини дроту.

Розміри відкладів та їхню масу визначають після закінчення зростання 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 водойм чи ґрунту, необхідне для вирішення багатьох наукових та 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 збігатимуться, після цього закривають клапан, через який вода надходила до бюретки.

За допомогою мірного стакана встановлюють 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 із випарником. 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 співвідношенням:

$$Z = \Delta h + X$$

де: Z – шар води, що випаровувалася, 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 на водоймах 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 проводиться вимірювання опадів

дощоміром. Випаровування визначається за співвідношенням:

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

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 до безперервної реєстрації величини випаровування.

Запитання для самоперевірки

1. Що таке атмосферні опади?
2. Назвіть основні прилади, які використовуються в мережі метеостанцій, для вимірювання кількості опадів.
3. Що таке поправка на змочування опадомірного відра? Навіщо вона вводить до показів і чому дорівнює?
4. Для чого призначений плевіограф? Поясніть його будову та принцип дії.
5. Що таке россограф, і які характеристики можна виміряти за допомогою цього приладу?
6. Яким може бути характер залягання снігового покриву?
7. Що собою являє снігомірна рейка?
8. В які строки і з якою точністю проводяться спостереження за висотою снігового покриву?
9. Що таке маршрутна снігомірна зйомка? Яка основна мета її проведення?
10. Яким чином за допомогою вагового снігоміра визначають щільність снігу?
11. За яким співвідношенням розраховують запас води у сніговому покриві?
12. Опишіть будову ожеледного станка?

РОЗДІЛ 8

Спостереження за хмарністю

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

Характеристики хмарності важливі для прогнозування погоди й опису стану атмосфери в конкретний момент часу. Дані про характеристики хмарності та її динаміку широко використовуються в народному господарстві, особливо при обслуговуванні авіаційного транспорту.

На метеорологічних станціях при проведенні спостережень визначають такі характеристики хмарності: 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 здійснюються кожні три години – у стандартні строки для проведення метеорологічних спостережень.

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

8/3 Ci, Ac, Cu – загальна (усього) хмарність 8 балів, спостерігаються хмари верхнього (Ci), середнього (Ac) ярусів та 3 бали хмар нижнього ярусу (у даному випадку хмар вертикального розвитку) Cu;

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 землею поверхнею. В основному вимірюють висоту нижньої межі хмар нижнього та середнього ярусів (не вище 2500 м), а практично визначають найчастіше 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. У цьому разі 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.

$$H = ct / 2$$

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

Цей метод реалізується у 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 температур від -50 до $+50^{\circ}\text{C}$. Пульти управління знаходяться в приміщенні метеорологічної станції на відстані 100 м. За допомогою додаткових блоків дистанційність може бути збільшена до 10 км. Можливим є також встановлення датчиків безперервної 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 хмарності.

За відсутності установки ВВХ визначення висоти хмарності 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 у 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 визначати висоту нижньої межі хмар можна, використовуючи *триангуляційний метод*. Для цього використовують прожекторну установку, яка створює потужний вузький промінь світла. Промінь прожектора спрямовується строго вертикально, а за допомогою кутомірного пристрою, що встановлений на відомій відстані S від прожектора, визначають кут α , під яким видно центр світлового кола на хмарі, яке утвори-

лося 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.

Запитання для самоперевірки

- 1. Які характеристики хмарності визначають на метеостанціях при проведенні спостережень?*
- 2. Які з цих характеристик визначають візуально?*
- 3. В яких одиницях вимірюється кількість хмар?*
- 4. Який метод є основним для визначення нижньої межі хмар? Поясніть принцип дії приладів, що ґрунтуються на цьому методі.*
- 5. Яким чином з використанням кулі-пілота можна визначити висоту хмар?*

РОЗДІЛ 9

Визначення метеорологічної дальності видимості

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 прилада 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 ба-

зується на залежності між метеорологічною дальністю видимості та прозорістю повітря. Чим менша прозорість атмосфери, а значить і дальність видимості, тим інтенсивнішим буде розсіювання жмутка світла 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 безперервні вимірювання МДВ та реєструвати значення на стрічці. Використовуються в метеорологічному обслуговуванні авіації.

Запитання для самоперевірки

- 1. Що таке метеорологічна дальність видимості?*
- 2. Які методи для вимірювання метеорологічної дальності видимості використовують на метеостанціях?*
- 3. Поясніть, на чому базується робота реєстраторів дальності видимості.*

РОЗДІЛ 10

Актинометричні прилади та методики проведення спостережень

Актинометричними називають прилади, що 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 прилада 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 у електричну – виникає термострум. Величина термоструму буде пропорційною інтенсивності випромінювання (потоків 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. 24) розташована у ковпачку трубки, чутливий елемент має форму диску діаметром 11 мм. Диск виготовлений зі срібної фольги, а бік диску, обернений до Сонця – затемнений. Зі зворотнього боку до диска прикріплені активні спай термобатареї. Під дією поглинутої прямої сонячної радіації температура затемненого боку диска та активних спаяв термобатареї підвищується порівняно з пасивними спаями термобатареї, які прикріплені до корпусу прилада,

а отже, мають однакову з ним температуру. Завдяки такій різниці температур у кожній із термопар, що об'єднані у термобатарей, виникає термострум. Його величина пропорційна інтенсивності сонячного випромінювання і вимірюється високочутливим гальванометром.

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 світу, 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 термоструму, що вимірюється гальванометром. На основі проведених вимірювань та поправок, що наводяться у повірочному свідоцтві прилада, визначають виправлений відлік показів гальванометра.

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

де: $N_{\text{ср.}}$ – 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 співвідношенням:

$$S = aN_{\text{випр.}}$$

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 із формули:

$$S_i = S \sin h_{\odot}$$

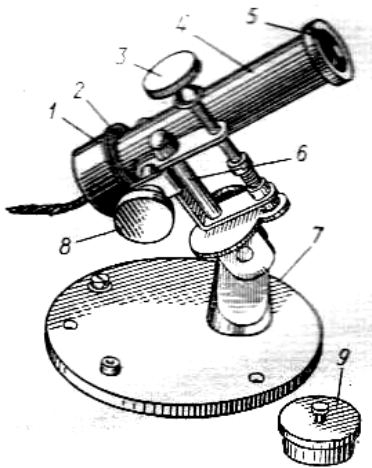
де: S_i – величина потоку інсоляції; h_{\odot} – висота (кут) Сонця у момент проведення спостережень.

Чутливість термоелектричного актинометра становить 8–11 мВ на 1 кВт/м²; інерція приладу 25 с. Прилад може працювати за температури повітря від -60 до +60°C.

Піранометр термоелектричний універсальний.

Прилад використовується для вимірювання сумарної, розсіяної та відбитої короткохвильової радіації. Основною частиною приладу (рис. 25) 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 до 3,0 мкм. Піранометрична головка за допомогою гвинтів закріплюється строго горизонтально.

Приймач радіації виготовлений у вигляді пластинки з чорними та білими квадратами і подібний до фрагмента шахової дошки. Зі зворотнього боку до пластинки кріпляться спаї 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



- 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. 24. Актинометр Савінова-Янішевського

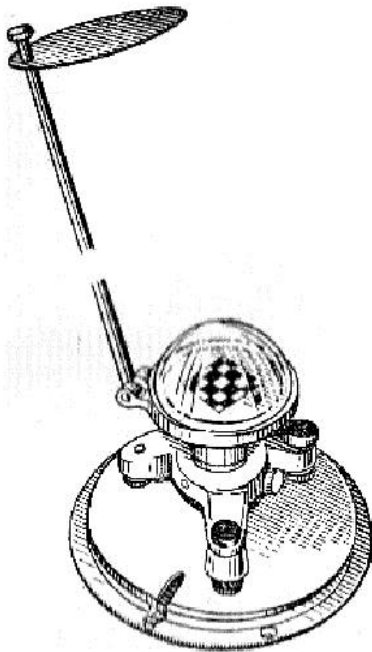


Рис. 25. Піранометр термоелектричний універсальний.

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 прилада 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 до $+60^\circ\text{C}$.

Альбедометр термоелектричний похідний. Прилад використовують для вимірювання таких самих потоків радіації, які можна виміряти за допомогою стаціонарного піранометра. Конструкція прилада (рис. 26) 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, яка наведена у свідоцтві; N_0 – місце нуля на

шкалі гальванометра (середнє значення з кількох відліків).

Інтенсивність потоку радіації визначають за формулою:

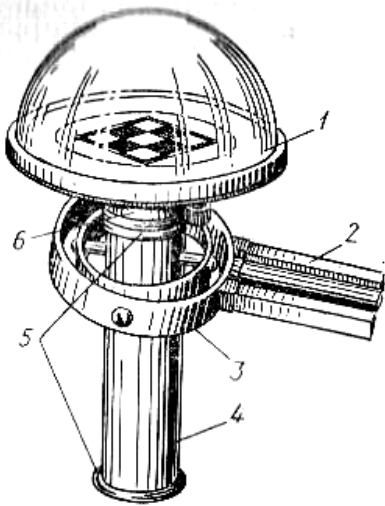
$$Q(D, R_k) = a_n N_{\text{випр.}}$$

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).

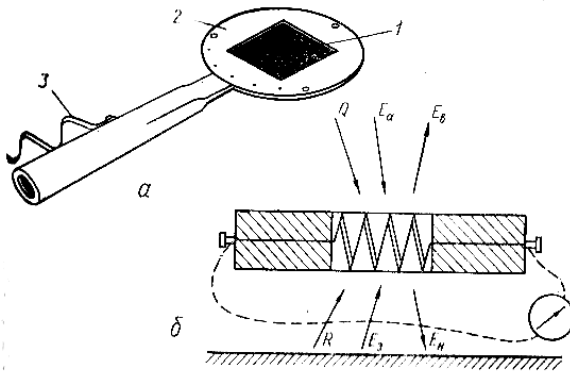
Балансомір термоелектричний. Прилад являє собою круглу пласку пластину діаметром 100 мм з двома затемненими приймачами потоків радіації, що спрямовані у протилежні боки (рис. 27). При здійсненні вимірювань один приймач повертають донизу, до земної поверхні, і до нього надходить короткохвильова відбита радіація R_k , довгохвильове випромінювання земної поверхні E_z , відбита довгохвильова радіація R_d та випромінювання навколишніх предметів. Інший приймач буде спрямований догори і прийматиме потік сумарної короткохвильової радіації $Q = S_i + D$, а також довгохвильове випромінювання атмосфери E_a .

Термобатарей приладу розміщені між двома приймачами і з'єднані таким чином, що за відмінностей величин зустрічних потоків виникає різниця температур на спаях терморпар, створюється електрорушійна сила та термострум, величина якого вимірюється гальванометром. У разі, коли інтенсивність зустрічних потоків радіації однакова, стрілка гальванометра не відхиляється. За нерівності потоків покази гальванометра будуть пропорційні різниці значень інтенсивності потоків, що надходять на верхній та нижній приймач, тобто будуть пропорційні величині радіаційного балансу. Вели-



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

Рис. 26. Альбедометр термоелектричний похідний.



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

Рис. 27. Балансомір термоелектричний.

чина радіаційного балансу змінюється впродовж доби та впродовж року і може набувати додатних та від'ємних значень.

Величина радіаційного балансу B визначається за співвідношенням:

$$B = S_i + D + E_a - (R_d + E_3 + R_k)$$

Інколи вимірювання проводять при затіненому балансомірі – для того, щоб виключити значення 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:

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

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

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

$$N_{\text{ум}} = N_{\text{випр.}} k$$

Потім розраховують величину радіаційного балансу:

$$B = aN_{\text{ум}}$$

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

Чутливість балансоміра 5–6 мВ на 1 кВт/м^2 , інерція прилада – 12 с, розрахований на роботу за температур повітря від -60 до $+60^\circ\text{C}$.

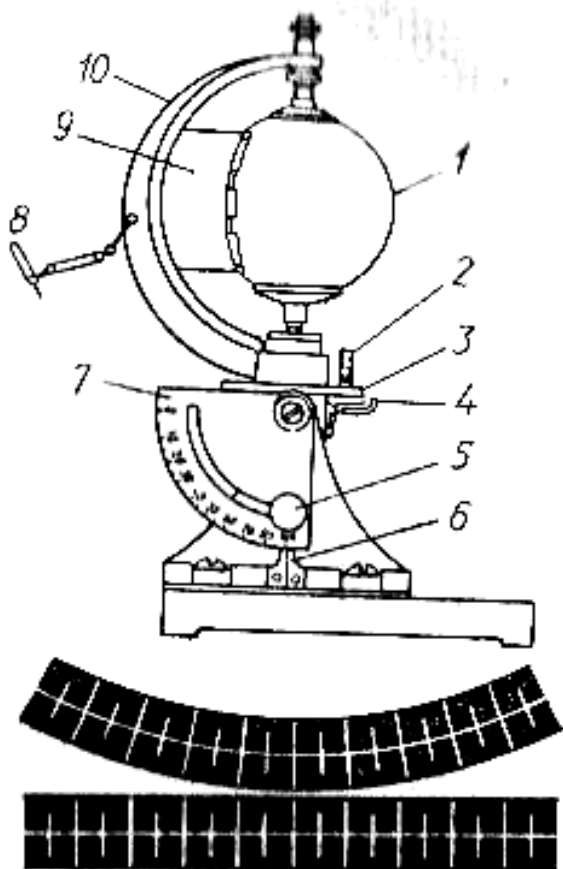
Для проведення спостережень актинометричні прилади встановлюють на спеціальній дерев'яній стійці на метеорологічному майданчику. Одночасно з вимірюванням радіаційних потоків актинометричними приладами проводять додаткові спостереження: визначають кількість та форму хмар, колір неба в зеніті, ступінь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

Геліограф універсальний. Прилад використовується для реєстрації тривалості сонячного сяйва (визначається тривалість часу, коли сонячний диск не закритий хмарами, а інтенсивність прямої сонячної радіації становить не менше, ніж $0,21 \text{ кВт/м}^2$).

Принцип дії геліографа (рис. 28) 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 вкрите хмарами і, відповідно, інтенсивність потоку сонячної радіації була не меншою ніж $0,21 \text{ кВт/м}^2$.

Скляна куля прилада 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 вісі обертання Землі.

Сферична чаша (екран), що розміщена за кулею має три пази для розміщення паперових стрічок. В середній паз вставляється пряма стрічка (стрічка рівнодення), у верхній паз ставляться стрічки у зимовий період, а у нижній паз – літні стрічки. Дві останні стрічки – криволі-



- 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 прилада за широтою місцевості
- 8 – спеціальна голка для фіксації стрічки на екрані
- 9 – сферичний екран
- 10 – дугоподібний тримач

Рис. 28. Універсальний геліограф та стрічки до нього

нійні. 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 прилада на визначені фіксовані кути, що позначені на установочному диску буквами 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.

Запитання для самоперевірки

1. *Що таке актинометричні прилади?*
2. *В чому полягає відмінність абсолютних та відносних актинометричних приладів?*
3. *Інтенсивність якого виду сонячної радіації можна виміряти за допомогою термоелектричного актинометра?*
4. *Опишіть порядок проведення вимірювань за допомогою актинометра.*
5. *Що таке місце нуля гальванометра, і навіщо його визначають при проведенні спостережень актинометром та піранометром?*
6. *Яким чином можна розрахувати виправлений відлік показів гальванометра?*
7. *Що таке перевідний множник, і яка його роль при розрахунках прямої та сумарної сонячної радіації?*
8. *Що таке інсоляція, і яким чином вона може бути розрахована?*
9. *Навіщо використовується тіньовий екран піранометра?*
10. *За допомогою якого приладу можна виміряти величину радіаційного балансу?*
11. *Які додаткові спостереження мають проводитися одночасно з вимірюваннями радіаційних потоків актинометричними приладами?*
12. *Назвіть строки проведення актинометричних спостережень.*
13. *Який прилад використовується для реєстрації тривалості сонячного сяйва? Поясніть його будову та принцип дії.*

РОЗДІЛ 11

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 виміряних метеорологічних величин у пропорційні електричні імпульси, які в закодованому вигляді передаються каналами з'язку. До АМС також належать автоматичні радіометеорологічні станції (АРМС), що 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 до $+50^{\circ}\text{C}$, максимальної вологості повітря – 100%, відкладах ожеледі до 25 мм. В автономному режимі станція може працювати рік, визначаючи від 10 до 20 метеорологічних величин.

У великих аеропортах, для створення умов безпеки польотів, використовують комплексні радіотехнічні автоматичні метеорологічні станції (КРАМС), які дозволяють виміряти метеорологічні величини за даними

значної кількості датчиків, розташованих по території аеродрому.

Радіолокаційні метеорологічні спостереження. Метеорологічні радіолокатори (МРЛ) використовуються 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 базується 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 безперервно. Результатами спостережень є вертикальні та горизонтальні розрізи атмосфери до висот 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 та твердих опадів за наступними градаціями: слабкі, помірні, сильні та дуже сильні. Радіолокаційні спостереження дають змогу уточнювати вертикальний розподіл температури, виявляючи шари ізомермії та інверсій.

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

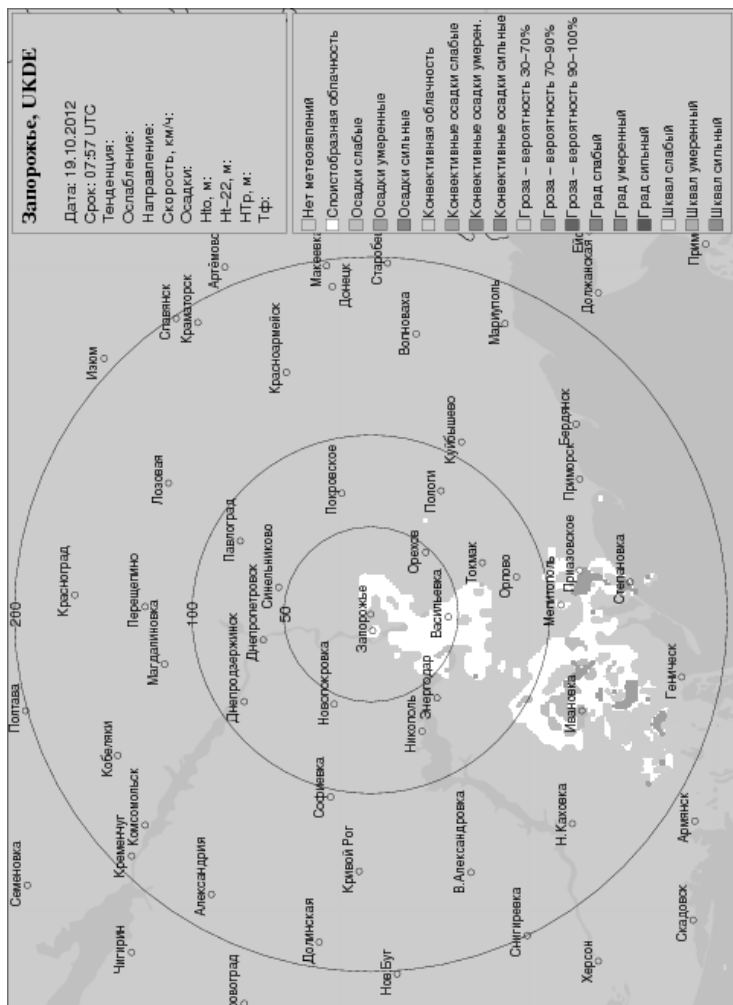


Рис. 29. Радиолокаційна карта метеорологічних явищ (МРЛ Запоріжжя).

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.

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 напрямок вітру на різних висотах визначають за координатами радіозонда, які отримують від супровідного радіолокатора або як результати 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 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 перебувати у межах: для температури повітря – $\pm 0,5^\circ\text{C}$, для вологості – $\pm 5\%$, а 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 не-

наповненому 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 – 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 напрямок 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.

Літакозондування атмосфери. Такий вид дослідження атмосфери здійснюють з використанням спеціально обладнаних літаків-лабораторій. Літаки, що зондують атмосферу обладнані приладами для вимірювання температури та вологості повітря, атмосфер-

ного тиску, мікроструктури та водності хмар, турбулентності, радіаційно-оптичних характеристик, вмісту аерозолі 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 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.

При вертикальному зондуванні атмосфери літак набирає висоту, переміщуючись по спіралі, до 7–9 км. Набираючи висоту, літак перебуває 2–3 хв у горизонтальному польоті з кроком за висотою від 100 до 1000 м. Саме в горизонтальному польоті і визначаються значення метеорологічних величин для відповідного рівня. Маршрут при горизонтальному зондуванні, залежно від поставлених вимог, 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 включають термосферу й екзосферу.

Для вивчення середньої атмосфери використовують метеорологічні ракети на рідкому та твердому паливі, що можуть підійматися 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, що здатні підійматися 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, що приймають радіотелеметричну інформацію та 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 – геостаціонарний. 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, що 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 густота мережі станцій недостатня; відстежувати розвиток та 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.

Запитання для самоперевірки

1. Для чого застосовуються метеорологічні радіолокатори? Як використовуються результати радіолокаційних спостережень?

2. Що таке радіозонд, і для яких спостережень його використовують?

3. Що входить до складу аерологічного інформаційно-обчислювального комплексу?

4. Які види зондування атмосфери є найбільш поширеними при літакозондуванні атмосфери?

5. До яких висот можна проводити дослідження атмосфери з використанням ракетного зондування?

6. Які складові системи ракетного зондування?

7. Для чого може застосовуватися інформація, що надходить від метеорологічних штучних супутників Землі?

Перелік використаних джерел

1. Городецкий О.А., Гуральник И.И., Ларин В.В. Метеорология. Методы и технические средства наблюдений. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 336 с.
2. Кедролыванский В.Н., Стернзат М.С. Метеорологические приборы. Измерение метеорологических элементов. – Л.: Гидрометеоздат, 1953. – 544 с.
3. Колесник П.И. Метеорология: Практикум. – К.: "Вища школа", 1986. – 176 с.
4. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии: Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 752 с.
5. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3, ч.1: Метеорологічні спостереження на станціях. – К.: Ніка-Центр, 2011. – 280 с.
6. Сніжко С.І., Паламарчук Л.В., Затула В.І. Метеорологія. – К.: Видавничо-полвграфічний центр «Київський університет», 2010. – 592 с.
7. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 391 с.
8. Хромов С.П. Метеорология и климатология – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 455 с.

Додаток 1

РІВНЯННЯ ЧАСУ

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

| Дата | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|----------------------|---------------------------------|----|----|-----|----|----|----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Невисоко- ний рік | Високо- ний 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.

Додаток 2

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

| Дата | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII |
|---------------|--------------------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| Невисокий рік | Високий 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.

Додаток 4

**ТАБЛИЦЯ БЕМПОРАДА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ МАС
АТМОСФЕРИ**

| Висота Сонця | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 26,96 | 26,06 | 25,20 | 24,40 | 23,63 | 22,91 | 22,22 | 21,57 | 20,94 | 20,35 |
| 2 | 19,79 | 19,25 | 18,74 | 18,25 | 17,78 | 17,33 | 16,90 | 16,49 | 16,10 | 15,72 |
| 3 | 15,36 | 15,02 | 14,69 | 14,37 | 14,06 | 13,76 | 13,48 | 13,20 | 12,94 | 12,68 |
| 4 | 12,44 | 12,20 | 11,97 | 11,75 | 11,54 | 11,33 | 11,13 | 10,94 | 10,75 | 10,57 |
| 5 | 10,40 | 10,22 | 10,06 | 9,90 | 9,74 | 9,59 | 9,45 | 9,30 | 9,17 | 9,03 |
| 6 | 8,90 | 8,77 | 8,65 | 8,53 | 8,41 | 8,30 | 8,19 | 8,08 | 7,97 | 7,87 |
| 7 | 7,77 | 7,67 | 7,57 | 7,48 | 7,39 | 7,30 | 7,21 | 7,13 | 7,04 | 6,96 |
| 8 | 6,88 | 6,81 | 6,73 | 6,66 | 6,58 | 6,51 | 6,44 | 6,37 | 6,31 | 6,24 |
| 9 | 6,18 | 6,11 | 6,05 | 5,99 | 5,93 | 5,87 | 5,82 | 5,76 | 5,70 | 5,65 |
| 10 | 5,60 | 5,55 | 5,50 | 5,45 | 5,40 | 5,35 | 5,30 | 5,26 | 5,21 | 5,16 |
| 11 | 5,12 | 5,08 | 5,03 | 4,99 | 4,95 | 4,91 | 4,87 | 4,83 | 4,79 | 4,75 |
| 12 | 4,72 | 4,68 | 4,64 | 4,61 | 4,57 | 4,54 | 4,50 | 4,47 | 4,44 | 4,40 |
| 13 | 4,37 | 4,34 | 4,31 | 4,27 | 4,25 | 4,22 | 4,19 | 4,16 | 4,13 | 4,10 |
| 14 | 4,07 | 4,05 | 4,02 | 3,99 | 3,97 | 3,94 | 3,92 | 3,89 | 3,86 | 3,84 |
| 15 | 3,82 | 3,79 | 3,77 | 3,74 | 3,72 | 3,70 | 3,68 | 3,65 | 3,63 | 3,61 |
| 16 | 3,59 | 3,57 | 3,55 | 3,53 | 3,50 | 3,48 | 3,46 | 3,44 | 3,43 | 3,41 |
| 17 | 3,39 | 3,37 | 3,34 | 3,33 | 3,31 | 3,30 | 3,28 | 3,26 | 3,24 | 3,23 |
| 18 | 3,21 | 3,19 | 3,18 | 3,16 | 3,14 | 3,13 | 3,11 | 3,10 | 3,08 | 3,06 |
| 19 | 3,05 | 3,03 | 3,02 | 3,00 | 2,99 | 2,98 | 2,96 | 2,95 | 2,93 | 2,92 |
| 20 | 2,90 | 2,89 | 2,88 | 2,86 | 2,85 | 2,84 | 2,82 | 2,81 | 2,80 | 2,78 |
| 21 | 2,77 | 2,76 | 2,75 | 2,74 | 2,72 | 2,71 | 2,70 | 2,69 | 2,68 | 2,66 |
| 22 | 2,65 | 2,64 | 2,63 | 2,62 | 2,61 | 2,60 | 2,59 | 2,58 | 2,57 | 2,56 |
| 23 | 2,55 | 2,54 | 2,53 | 2,52 | 2,51 | 2,50 | 2,49 | 2,48 | 2,47 | 2,46 |
| 24 | 2,45 | 2,44 | 2,43 | 2,42 | 2,41 | 2,40 | 2,39 | 2,38 | 2,37 | 2,36 |
| 25 | 2,36 | 2,35 | 2,34 | 2,33 | 2,32 | 2,31 | 2,31 | 2,30 | 2,29 | 2,28 |
| 26 | 2,27 | 2,27 | 2,26 | 2,25 | 2,24 | 2,23 | 2,23 | 2,22 | 2,21 | 2,20 |
| 27 | 2,20 | 2,19 | 2,18 | 2,17 | 2,16 | 2,16 | 2,15 | 2,14 | 2,14 | 2,13 |
| 28 | 2,12 | 2,12 | 2,11 | 2,10 | 2,10 | 2,09 | 2,08 | 2,08 | 2,07 | 2,06 |
| 29 | 2,06 | 2,05 | 2,04 | 2,04 | 2,03 | 2,02 | 2,02 | 2,01 | 2,01 | 2,00 |
| 30 | 2,00 | 1,99 | 1,98 | 1,98 | 1,97 | 1,97 | 1,96 | 1,95 | 1,95 | 1,94 |

| Висота Сонця | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 30 | 2,00 | 1,94 | 1,88 | 1,83 | 1,78 | 1,74 | 1,70 | 1,66 | 1,62 | 1,62 |
| 40 | 1,55 | 1,52 | 1,49 | 1,46 | 1,44 | 1,41 | 1,39 | 1,37 | 1,34 | 1,32 |
| 50 | 1,30 | 1,28 | 1,27 | 1,25 | 1,24 | 1,22 | 1,20 | 1,19 | 1,18 | 1,17 |
| 60 | 1,15 | 1,14 | 1,13 | 1,12 | 1,11 | 1,10 | 1,09 | 1,09 | 1,08 | 1,07 |
| 70 | 1,06 | 1,06 | 1,05 | 1,05 | 1,04 | 1,04 | 1,04 | 1,03 | 1,02 | 1,02 |
| 80 | 1,02 | 1,01 | 1,01 | 1,01 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

Додаток 5

АЛЬБЕДО РІЗНИХ ВИДІВ ПІДСТИЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ

| Поверхня | Альbedo, % | Поверхня | Альbedo, % |
|--------------------|------------|--|------------|
| Ґрунти | | Рослинний покрів | |
| Чорноземи сухі | 14 | Жито і пшениця в різних стадіях зрілості | 10-25 |
| Чорноземи вологі | 8 | Зелена трава | 26 |
| Ґлина суха | 23 | Суха трава | 19 |
| Ґлина волога | 16 | Ліс | 10-18 |
| Поле сухе | 8-12 | Сніговий покрів | |
| Поле вологе | 5-7 | Сніг сухий чистий | 84-95 |
| Зоране поле вологе | 14 | Сніг вологий, чистий | 63 |
| Пісок жовтий | 35 | Сніг дрібнозернистий, вологий | 40-60 |
| Пісок білий | 34-40 | Сніг просочений водою, брудний | 29-48 |
| Пісок річковий | 43 | Морський лід | 36 |

Додаток 6

**ЗАЛЕЖНІСТЬ АЛЬБЕДО ВОДНОЇ ПОВЕРХНІ ВІД
ВИСОТИ СОНЦЯ**

| <i>h</i> | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0 | 100,0 | 89,6 | 80,6 | 72,0 | 65,0 | 58,6 | 52,9 | 47,6 | 42,8 | 38,6 |
| 10 | 35,0 | 31,4 | 28,8 | 26,0 | 23,8 | 21,5 | 19,6 | 17,8 | 16,2 | 14,8 |
| 20 | 13,6 | 12,4 | 11,4 | 10,4 | 9,6 | 8,8 | 8,2 | 7,5 | 7,0 | 6,6 |
| 30 | 6,2 | 5,8 | 5,4 | 5,0 | 4,7 | 4,4 | 4,2 | 4,0 | 3,8 | 3,6 |
| 40 | 3,5 | 3,4 | 3,2 | 3,1 | 3,0 | 2,9 | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 2,5 |
| 50 | 2,5 | 2,5 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,4 | 2,3 | 2,3 | 2,3 | 2,3 |
| 60 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,2 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 70 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 80 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| 90 | 2,1 | | | | | | | | | |

Додаток 7

МАКСИМАЛЬНА ПРУЖНІСТЬ ВОДЯНОЇ ПАРИ Е
(в мілібарах)

А) Над льодом

| t° | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| -30 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,37 | 0,37 | 0,37 | 0,36 | 0,36 | 0,35 | 0,35 |
| -29 | 0,43 | 0,42 | 0,42 | 0,41 | 0,41 | 0,41 | 0,40 | 0,40 | 0,39 | 0,39 |
| -28 | 0,47 | 0,46 | 0,46 | 0,46 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,44 | 0,44 | 0,43 |
| -27 | 0,52 | 0,52 | 0,51 | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,49 | 0,49 | 0,48 | 0,48 |
| -26 | 0,58 | 0,57 | 0,57 | 0,56 | 0,56 | 0,55 | 0,55 | 0,54 | 0,53 | 0,53 |
| -25 | 0,64 | 0,63 | 0,63 | 0,62 | 0,62 | 0,61 | 0,60 | 0,60 | 0,59 | 0,59 |
| -24 | 0,71 | 0,70 | 0,69 | 0,69 | 0,68 | 0,67 | 0,67 | 0,66 | 0,65 | 0,65 |
| -23 | 0,78 | 0,77 | 0,77 | 0,76 | 0,75 | 0,74 | 0,74 | 0,73 | 0,72 | 0,71 |
| -22 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,80 | 0,79 |
| -21 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 |
| -20 | 1,05 | 1,04 | 1,03 | 1,02 | 1,01 | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,96 |
| -19 | 1,15 | 1,14 | 1,13 | 1,12 | 1,11 | 1,10 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,06 |
| -18 | 1,26 | 1,25 | 1,24 | 1,23 | 1,22 | 1,21 | 1,19 | 1,18 | 1,17 | 1,16 |
| -17 | 1,39 | 1,38 | 1,36 | 1,35 | 1,34 | 1,33 | 1,31 | 1,30 | 1,29 | 1,28 |
| -16 | 1,52 | 1,51 | 1,50 | 1,48 | 1,47 | 1,46 | 1,44 | 1,43 | 1,41 | 1,40 |
| -15 | 1,67 | 1,66 | 1,64 | 1,63 | 1,61 | 1,60 | 1,58 | 1,57 | 1,55 | 1,54 |
| -14 | 1,83 | 1,81 | 1,80 | 1,78 | 1,77 | 1,75 | 1,73 | 1,72 | 1,70 | 1,69 |
| -13 | 2,00 | 1,99 | 1,97 | 1,95 | 1,93 | 1,92 | 1,90 | 1,88 | 1,86 | 1,85 |
| -12 | 2,19 | 2,17 | 2,15 | 2,14 | 2,12 | 2,10 | 2,08 | 2,06 | 2,04 | 2,02 |
| -11 | 2,40 | 2,38 | 2,36 | 2,34 | 2,32 | 2,29 | 2,27 | 2,25 | 2,23 | 2,21 |
| -10 | 2,62 | 2,60 | 2,57 | 2,55 | 2,53 | 2,51 | 2,49 | 2,46 | 2,44 | 2,42 |
| -9 | 2,86 | 2,84 | 2,81 | 2,79 | 2,76 | 2,74 | 2,71 | 2,69 | 2,67 | 2,64 |
| -8 | 3,12 | 3,09 | 3,07 | 3,04 | 3,02 | 2,99 | 2,96 | 2,94 | 2,91 | 2,88 |
| -7 | 3,40 | 3,37 | 3,34 | 3,32 | 3,29 | 3,26 | 3,23 | 3,20 | 3,18 | 3,15 |
| -6 | 3,70 | 3,67 | 3,64 | 3,61 | 3,58 | 3,55 | 3,52 | 3,49 | 3,46 | 3,43 |
| -5 | 4,03 | 4,00 | 3,97 | 3,93 | 3,90 | 3,87 | 3,84 | 3,80 | 3,77 | 3,74 |
| -4 | 4,39 | 4,35 | 4,31 | 4,28 | 4,25 | 4,21 | 4,17 | 4,14 | 4,10 | 4,07 |
| -3 | 4,77 | 4,73 | 4,69 | 4,65 | 4,62 | 4,58 | 4,54 | 4,50 | 4,46 | 4,43 |
| -2 | 5,18 | 5,14 | 5,10 | 5,06 | 5,02 | 4,98 | 4,93 | 4,89 | 4,85 | 4,81 |
| -1 | 5,63 | 5,58 | 5,54 | 5,49 | 5,45 | 5,40 | 5,36 | 5,32 | 5,27 | 5,23 |
| 0 | 6,11 | 6,06 | 6,01 | 5,96 | 5,91 | 5,86 | 5,82 | 5,77 | 5,72 | 5,67 |

Б) Над водою

| t° | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -30 | 0,51 | 0,50 | 0,50 | 0,49 | 0,49 | 0,48 | 0,48 | 0,47 | 0,47 | 0,46 |
| -29 | 0,58 | 0,55 | 0,55 | 0,54 | 0,54 | 0,53 | 0,53 | 0,52 | 0,52 | 0,51 |
| -28 | 0,61 | 0,61 | 0,60 | 0,59 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,57 | 0,57 | 0,56 |
| -27 | 0,67 | 0,66 | 0,66 | 0,65 | 0,65 | 0,64 | 0,63 | 0,63 | 0,62 | 0,62 |
| -26 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,71 | 0,71 | 0,70 | 0,70 | 0,69 | 0,68 | 0,68 |
| -25 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,78 | 0,77 | 0,76 | 0,76 | 0,75 | 0,74 |
| -24 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,86 | 0,85 | 0,84 | 0,83 | 0,83 | 0,82 | 0,81 |
| -23 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,90 | 0,89 |
| -22 | 1,05 | 1,04 | 1,03 | 1,02 | 1,01 | 1,01 | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,97 |
| -21 | 1,15 | 1,14 | 1,13 | 1,12 | 1,11 | 1,10 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,06 |
| -20 | 1,25 | 1,24 | 1,23 | 1,22 | 1,21 | 1,20 | 1,19 | 1,18 | 1,17 | 1,16 |
| -19 | 1,36 | 1,35 | 1,34 | 1,33 | 1,32 | 1,31 | 1,29 | 1,28 | 1,27 | 1,26 |
| -18 | 1,48 | 1,47 | 1,46 | 1,45 | 1,44 | 1,42 | 1,41 | 1,40 | 1,39 | 1,37 |
| -17 | 1,61 | 1,60 | 1,59 | 1,58 | 1,56 | 1,55 | 1,54 | 1,52 | 1,51 | 1,50 |
| -16 | 1,76 | 1,74 | 1,73 | 1,71 | 1,70 | 1,68 | 1,67 | 1,66 | 1,64 | 1,63 |
| -15 | 1,91 | 1,89 | 1,88 | 1,86 | 1,85 | 1,83 | 1,82 | 1,80 | 1,79 | 1,77 |
| -14 | 2,07 | 2,05 | 2,04 | 2,02 | 2,01 | 1,99 | 1,97 | 1,96 | 1,94 | 1,92 |
| -13 | 2,25 | 2,23 | 2,21 | 2,19 | 2,18 | 2,16 | 2,14 | 2,12 | 2,11 | 2,09 |
| -12 | 2,44 | 2,42 | 2,40 | 2,38 | 2,36 | 2,34 | 2,32 | 2,30 | 2,29 | 2,27 |
| -11 | 2,64 | 2,62 | 2,60 | 2,58 | 2,56 | 2,54 | 2,52 | 2,50 | 2,48 | 2,46 |
| -10 | 2,86 | 2,84 | 2,81 | 2,79 | 2,77 | 2,51 | 2,73 | 2,71 | 2,68 | 2,66 |
| -9 | 3,09 | 3,07 | 3,05 | 3,02 | 3,00 | 2,98 | 2,95 | 2,93 | 2,91 | 2,88 |
| -8 | 3,34 | 3,32 | 3,29 | 3,27 | 3,24 | 3,22 | 3,19 | 3,17 | 3,14 | 3,12 |
| -7 | 3,61 | 3,59 | 3,56 | 3,53 | 3,51 | 3,48 | 3,45 | 3,43 | 3,40 | 3,37 |
| -6 | 3,90 | 3,87 | 3,84 | 3,82 | 3,79 | 3,76 | 3,73 | 3,70 | 3,67 | 3,64 |
| -5 | 4,21 | 4,18 | 4,15 | 4,12 | 4,10 | 4,06 | 4,03 | 4,00 | 3,96 | 3,93 |
| -4 | 4,54 | 4,51 | 4,48 | 4,44 | 4,41 | 4,38 | 4,34 | 4,31 | 4,28 | 4,24 |
| -3 | 4,90 | 4,86 | 4,82 | 4,79 | 4,75 | 4,72 | 4,68 | 4,65 | 4,61 | 4,58 |
| -2 | 5,27 | 5,24 | 5,20 | 5,16 | 5,12 | 5,08 | 5,05 | 5,01 | 4,97 | 4,93 |
| -1 | 5,68 | 5,64 | 5,60 | 5,56 | 5,51 | 5,47 | 5,43 | 5,39 | 5,35 | 5,31 |
| -0 | 6,11 | 6,06 | 6,02 | 5,98 | 5,93 | 5,89 | 5,85 | 5,81 | 5,76 | 5,72 |
| 0 | 6,11 | 6,15 | 6,20 | 6,24 | 6,29 | 6,33 | 6,38 | 6,42 | 6,47 | 6,52 |
| 1 | 6,56 | 6,61 | 6,66 | 6,71 | 6,76 | 6,80 | 6,86 | 6,90 | 6,95 | 7,00 |
| 2 | 7,05 | 7,10 | 7,16 | 7,21 | 7,26 | 7,31 | 7,36 | 2,42 | 7,47 | 7,52 |
| 3 | 7,58 | 7,63 | 7,68 | 7,74 | 7,79 | 7,85 | 7,90 | 7,96 | 8,02 | 8,07 |
| 4 | 8,13 | 8,19 | 8,24 | 8,30 | 8,36 | 8,42 | 8,48 | 8,54 | 8,60 | 8,66 |
| 5 | 8,72 | 8,78 | 8,84 | 8,91 | 3,97 | 9,03 | 9,09 | 9,16 | 9,22 | 9,28 |
| 6 | 9,35 | 9,41 | 9,48 | 9,54 | 9,61 | 9,68 | 9,74 | 9,81 | 9,88 | 9,95 |
| 7 | 10,02 | 10,08 | 10,15 | 10,22 | 10,29 | 10,36 | 10,44 | 10,51 | 10,58 | 10,65 |
| 8 | 10,72 | 10,80 | 10,87 | 10,95 | 11,02 | 11,10 | 11,17 | 11,25 | 11,32 | 11,40 |
| 9 | 11,48 | 11,56 | 11,63 | 11,71 | 11,79 | 11,87 | 11,95 | 12,03 | 12,11 | 12,20 |

| t° | 0,0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10 | 12,28 | 12,36 | 12,44 | 12,53 | 12,61 | 12,70 | 12,78 | 12,87 | 12,95 | 13,04 |
| 11 | 13,13 | 13,21 | 13,30 | 13,39 | 13,48 | 13,57 | 13,66 | 13,75 | 13,84 | 13,93 |
| 12 | 14,03 | 14,12 | 14,21 | 14,31 | 14,40 | 14,50 | 14,59 | 14,69 | 14,78 | 14,88 |
| 13 | 14,98 | 15,08 | 15,18 | 15,28 | 15,38 | 15,48 | 15,58 | 15,68 | 15,78 | 15,88 |
| 14 | 15,99 | 16,09 | 16,20 | 16,30 | 16,41 | 16,51 | 16,62 | 16,73 | 16,84 | 16,95 |
| 15 | 17,06 | 17,17 | 17,28 | 17,39 | 17,50 | 17,61 | 17,73 | 17,84 | 17,96 | 18,07 |
| 16 | 18,19 | 18,30 | 18,42 | 18,54 | 18,66 | 18,78 | 18,90 | 19,02 | 19,14 | 19,26 |
| 17 | 19,38 | 19,51 | 19,63 | 19,76 | 19,88 | 20,01 | 20,13 | 20,26 | 20,39 | 20,52 |
| 18 | 20,65 | 20,78 | 20,91 | 21,04 | 21,17 | 21,30 | 21,41 | 21,58 | 21,71 | 21,85 |
| 19 | 21,98 | 22,12 | 22,26 | 22,40 | 22,54 | 22,68 | 22,82 | 22,96 | 23,10 | 23,25 |
| 20 | 23,39 | 23,54 | 23,68 | 23,83 | 25,98 | 24,13 | 24,28 | 24,43 | 24,58 | 24,73 |
| 21 | 24,88 | 25,04 | 25,19 | 25,35 | 23,50 | 25,66 | 25,82 | 25,98 | 26,13 | 26,29 |
| 22 | 26,46 | 26,62 | 26,78 | 26,94 | 27,11 | 27,27 | 27,44 | 27,61 | 27,77 | 27,94 |
| 23 | 28,11 | 28,28 | 28,46 | 28,63 | 28,80 | 28,98 | 29,15 | 29,33 | 29,50 | 29,68 |
| 24 | 29,86 | 30,04 | 30,22 | 30,40 | 30,59 | 30,77 | 30,96 | 31,14 | 31,33 | 31,51 |
| 25 | 31,70 | 31,89 | 32,08 | 32,27 | 32,47 | 32,66 | 32,86 | 33,05 | 33,25 | 33,44 |
| 26 | 33,64 | 33,84 | 34,04 | 34,24 | 34,45 | 34,65 | 34,86 | 35,06 | 35,27 | 35,48 |
| 27 | 35,68 | 35,90 | 36,11 | 36,32 | 36,53 | 36,75 | 36,96 | 37,18 | 37,40 | 37,62 |
| 28 | 37,84 | 38,06 | 38,28 | 38,50 | 38,73 | 38,95 | 39,18 | 39,41 | 39,64 | 39,87 |
| 29 | 40,10 | 40,33 | 40,56 | 40,80 | 41,03 | 41,27 | 41,51 | 41,75 | 41,99 | 42,23 |
| 30 | 42,48 | 42,72 | 42,97 | 43,21 | 43,46 | 43,71 | 43,96 | 44,21 | 44,46 | 44,72 |
| 31 | 44,98 | 45,23 | 45,49 | 45,75 | 46,01 | 46,27 | 46,54 | 46,80 | 47,06 | 47,33 |
| 32 | 47,50 | 47,87 | 48,14 | 48,42 | 48,69 | 48,96 | 49,24 | 49,52 | 49,80 | 50,08 |
| 33 | 50,36 | 50,64 | 50,93 | 51,21 | 51,50 | 51,79 | 52,08 | 52,37 | 52,67 | 52,96 |
| 34 | 53,26 | 53,55 | 53,85 | 54,15 | 54,46 | 54,76 | 55,06 | 55,37 | 55,68 | 55,99 |
| 35 | 56,30 | 56,61 | 56,92 | 57,24 | 57,55 | 57,87 | 58,19 | 58,51 | 58,84 | 59,16 |
| 36 | 59,49 | 59,81 | 60,14 | 60,47 | 60,80 | 61,14 | 61,47 | 61,81 | 62,15 | 62,49 |
| 37 | 62,83 | 63,17 | 63,52 | 63,86 | 64,21 | 64,56 | 64,91 | 65,26 | 65,62 | 65,98 |
| 38 | 66,33 | 66,69 | 67,05 | 67,42 | 67,78 | 68,15 | 68,52 | 68,89 | 69,26 | 69,63 |
| 39 | 70,01 | 70,38 | 70,76 | 71,14 | 71,52 | 71,91 | 72,29 | 72,68 | 73,07 | 73,46 |

Додаток 8

ЗМІНА АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ НА 1м ВИСОТИ

| Темпе- ратура повітря, ° С | Тиск, гПа | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 930 | 940 | 950 | 960 | 970 | 980 | 990 | 1000 |
| 30 | 0,1045 | 0,1057 | 0,1069 | 0,1080 | 0,1091 | 0,1104 | 0,1115 | 0,1127 |
| 28 | 0,1052 | 0,1062 | 0,1076 | 0,1087 | 0,1099 | 0,1111 | 0,1122 | 0,1134 |
| 26 | 0,1060 | 0,1072 | 0,1084 | 0,1095 | 0,1107 | 0,1119 | 0,1130 | 0,1142 |
| 24 | 0,1068 | 0,1080 | 0,1092 | 0,1103 | 0,1115 | 0,1127 | 0,1138 | 0,1150 |
| 22 | 0,1076 | 0,1088 | 0,1100 | 0,1111 | 0,1123 | 0,1135 | 0,1146 | 0,1158 |
| 20 | 0,1084 | 0,1096 | 0,1108 | 0,1119 | 0,1131 | 0,1143 | 0,1154 | 0,1166 |
| 18 | 0,1092 | 0,1104 | 0,1115 | 0,1127 | 0,1139 | 0,1150 | 0,1162 | 0,1174 |
| 16 | 0,1099 | 0,1111 | 0,1123 | 0,1035 | 0,1146 | 0,1158 | 0,1170 | 0,1182 |
| 14 | 0,1107 | 0,1119 | 0,1130 | 0,1142 | 0,1154 | 0,1166 | 0,1178 | 0,1190 |
| 12 | 0,1115 | 0,1127 | 0,1139 | 0,1151 | 0,1163 | 0,1175 | 0,1187 | 0,1199 |
| 10 | 0,1122 | 0,1134 | 0,1147 | 0,1159 | 0,1171 | 0,1183 | 0,1195 | 0,1207 |
| 8 | 0,1131 | 0,1143 | 0,1155 | 0,1167 | 0,1180 | 0,1192 | 0,1204 | 0,1216 |
| 6 | 0,1138 | 0,1150 | 0,1163 | 0,1175 | 0,1187 | 0,1200 | 0,1212 | 0,1224 |
| 4 | 0,1147 | 0,1159 | 0,1171 | 0,1184 | 0,1196 | 0,1208 | 0,1220 | 0,1233 |
| 2 | 0,1155 | 0,1167 | 0,1180 | 0,1192 | 0,1205 | 0,1217 | 0,1230 | 0,1242 |
| 0 | 0,1163 | 0,1176 | 0,1188 | 0,1201 | 0,1213 | 0,1226 | 0,1238 | 0,1251 |
| -2 | 0,1173 | 0,1185 | 0,1198 | 0,1210 | 0,1223 | 0,1236 | 0,1248 | 0,1261 |
| -4 | 0,1181 | 0,1194 | 0,1206 | 0,1219 | 0,1232 | 0,1245 | 0,1257 | 0,1270 |
| -6 | 0,1190 | 0,1203 | 0,1216 | 0,1229 | 0,1242 | 0,1254 | 0,1267 | 0,1280 |
| -8 | 0,1199 | 0,1212 | 0,1224 | 0,1237 | 0,1250 | 0,1263 | 0,1276 | 0,1289 |
| -10 | 0,1208 | 0,1221 | 0,1234 | 0,1247 | 0,1260 | 0,1273 | 0,1286 | 0,1299 |

Додаток 9

ПРИВЕДЕННЯ ПОКАЗІВ БАРОМЕТРА ДО 0°C

| Тем- пера- тура, ° С | 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 |

Додаток 10**ПРИВЕДЕННЯ ПОКАЗІВ БАРОМЕТРА ДО НОРМАЛЬНОЇ СИЛИ ТЯЖІННЯ**

А) поправка на широту

| Широта, ° | | Покази барометра, гПа | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Віднімати | Додувати | 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 | | | | | | | | | | |

Додаток 11
ДОВЖИНИ ХВИЛЬ (мкм), ЩО ВІДПОВІДАЮТЬ РІЗНИМ
КОЛЬОРАМ

| Колір | Межі діапазону | Середина діапазону |
|---------------|----------------|--------------------|
| Червоний | 0,76–0,63 | 0,70 |
| Оранжевий | 0,63–0,60 | 0,62 |
| Жовтий | 0,60–0,57 | 0,59 |
| Зелений | 0,57–0,50 | 0,54 |
| Синьо-зелений | 0,50–0,45 | 0,48 |
| Синій | 0,45–0,43 | 0,44 |
| Фіолетовий | 0,43–0,40 | 0,42 |

Навчальне видання

**Паламарчук Людмила Василівна
Шевченко Ольга Григорівна**

Метеорологічні прилади та вимірювання

Навчальний посібник

Підписано до друку 2.11.2012
Формат 60x90/16. Папір офсетний.
Гарнітура Arial. Друк офсетний.
Ум.др.арк. 7,17. Обл.-вид.арк. 4,43
Наклад 300 прим. Зам. №1381

Видавництво: ТОВ «Інтерконтиненталь-Україна»

Свідоцтво Держкомтелерадіо України

ДК №4408 від 03.09.12

м. Київ, вул. Академіка Богомольця, 6

Тел.: 360-00-85, тел./факс: 239-97-88.

e-mail: inter-ua@ukr.net

<http://printstore.com.ua>