

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки
Географічний факультет
Кафедра географії

І. М. НЕТРОБЧУК

ВИМІРЮВАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВЕЛИЧИН

Наочний посібник

Луцьк
Вежа-Друк
2015

УДК 551.508(07)
ББК 26.23я7
Н 57

*Рекомендовано до друку науково-методичною радою
Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки
(протокол № 8 від 16.04. 2014 р.)*

Рецензенти:

Зузук Ф. В. – доктор геологічних наук, завідувач кафедри географії Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки;
Федонюк В. В. – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології Луцького національного технічного університету.

Нетробчук І. М.

Н 57 Вимірювання метеорологічних величин : наоч. посіб. / Ірина Марківна Нетробчук. – Луцьк : Вежа-Друк, 2015. – 128 с.

ISBN 978-617-7272-12-9

У наочному посібнику подано опис будови метеорологічних приладів, що використовуються для вимірювання значень сонячної радіації, температури ґрунту та повітря, вологості, опадів, атмосферного тиску, швидкості й напрямку вітру на метеорологічних станціях. Розглянуто принцип роботи приладів і порядок проведення спостережень. Експлуатація приладів тісно узгоджується з тематикою практичних робіт теоретичного курсу “Метеорологія та кліматологія”.

Уміщено 49 рисунків, 50 фотографій, 5 таблиць, 7 бібліографічних джерел.

Рекомендовано студентам 1 курсу напряму підготовки 6.040104 “Географія” освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” денної й заочної форм навчання вищих навчальних закладів.

УДК 551.508(07)
ББК 26.23я7

ISBN 978-617-7272-12-9

© Нетробчук І. М., 2015
© Маліневська І. П. (обкладинка), 2015

ПЕРЕДМОВА

Пропонований наочний посібник “Вимірювання метеорологічних величин” є невід’ємною частиною дисципліни “Метеорологія та кліматологія”, що вивчається на географічних факультетах вищих навчальних закладів.

Дисципліна “Метеорологія та кліматологія” вимагає вміння і навичок визначення таких показників:

- сонячної радіації;
- температури ґрунту та повітря;
- вологості;
- опадів;
- атмосферного тиску;
- швидкості та напрямку вітру.

Мета посібника – допомогти студентам вивчити будову та принципи роботи основних метеорологічних приладів, що використовують в практиці спостережень на метеорологічних станціях для складання прогнозу погоди, а також для проведення відповідних практичних занять і польових практик.

Навчально-методичне видання укладене згідно робочої навчальної програми курсу. Опис і будова метеорологічних приладів узгоджуються з темами практичних робіт курсу “Метеорологія та кліматологія”, а також програми польової практики.

Інформація подана в наочному посібнику дасть можливість студентам географам:

- працювати з метеорологічними приладами;
- проводити метеорологічні спостереження;
- вести щоденник спостережень;
- здійснювати камеральну обробку матеріалів метеорологічних спостережень;

- аналізувати отримані результати та давати їм пояснення;
- визначати клас погоди.

При написанні наочного посібника були використані такі науково-методичні праці: “Метеорологические приборы” за ред. Стернзата (Л., 1953), та “Полевые практики из заального землезнавства” за ред. Я. О. Мольчака (Л., 1993). Окремі рисунки та їх опис подається за “Методика полевых физико-географических исследований” за ред. А. М. Архангельского (М., 1977).

Посібник охоплює 11 тем, де розглядається облаштування метеорологічної станції м. Луцьк та вимоги до проведення спостережень за метеорологічними величинами та подається опис приладів для вимірювання значень сонячної радіації, температури повітря і ґрунту, атмосферного тиску, вологості повітря, кількості опадів, швидкості та напрямку вітру. Значна увага приділяється зосередженню приладів та спостереженню за ними.

Для кращого засвоєння матеріалу подаються схеми, рисунки метеорологічних приладів та принципи їх роботи, а також світлини нового покоління.

Видання апробоване під час виконання практичних робіт з курсу “Метеорологія і кліматологія” та проходження навчальної науково-природничої практики студентами першого курсу денної й заочної форми навчання географічного факультету СНУ ім. Лесі Українки упродовж 2010-2013 рр. й адаптоване до сучасних вимог навчального процесу.

Автор виловлює щиру подяку старшому лаборанту кафедри географії Новосад О. В. за оформлення рисунків і фотографій методичного видання.

ТЕМА 1

МЕТЕОРОЛОГІЧНА СТАНЦІЯ “ЛУЦЬК” ТА ЇЇ ОБЛАШТУВАННЯ

1.1. МЕТЕОРОЛОГІЧНА СТАНЦІЯ “ЛУЦЬК”

Метеорологічна станція призначена для здійснення спостережень за погодою. У вузькому розумінні *метеостанція* – це установа, де відбуваються метеорологічні спостереження. Головним офіційним метеостанціям світу присвоюються синоптичні індекси. Метеостанції виконують різноманітні метеорологічні спостереження за своїм конкретним завданням, призначенням та технічними можливостями. Крім цього вони здійснюють агрометеорологічні, актинометричні спостереження, вимірювання випаровування ґрунтової вологи тощо. Залежно від установленого об’єму спостережень метеостанції поділяються на певні розряди.

Метеорологічні *станції I* розряду здійснюють вивчення метеорологічних умов та клімату території в зоні їх відповідальності, технічне керівництво прикріпленими до них метеорологічними постами, обслуговування зацікавлених організацій, підприємств, установ відомостями про метеорологічні умови та кліматичними даними.

З цією метою метеорологічні станції I розряду:

- 1) проводять комплекс метеорологічних спостережень, а також інші спостереження за станом навколишнього природного середовища;
- 2) організовують і проводять спостереження за програмою роботи станції та забезпечують передачу отриманої інформації;
- 3) забезпечують зацікавлені організації, підприємства та установи результатами метеорологічних та агрометеорологічних спостережень, матеріалами з клімату, а також прогнозами та попередженнями, отриманими від прогностичних оперативно виробничих організацій (ОВО);

4) проводять за завданням керівництва Держгідромету випробування нових приладів, обладнання та методів спостережень;

5) беруть участь в роботах з організації нових станцій та постів, раціоналізації діючої метеорологічної мережі, перевірках діяльності відомчих гідрометеорологічних станцій та постів.

Метеорологічні *станції II* розряду виконують цілодобові метеорологічні спостереження, передають інформацію за результатами спостережень, здійснюють обробку спостережень та виконують інші види робіт, в тому числі роботи, передбачені підпунктами 1-4 метеорологічної станції I розряду.

Метеорологічні *станції III* розряду виконують нецілодобові спостереження у вісім строків, здійснюють обробку спостережень та виконують інші роботи, що їм доручаються, в тому числі роботи, передбачені підпунктами 1-3 метеорологічної станції I розряду [7].

Спостереження за елементами погоди проводяться синхронно на метеостанціях усього світу через кожних три години за гринвіцьким часом. Отримані результати передаються телеграфом, телефоном, радіозв'язком та інтернет-мережею в організації служби погоди для складання відповідних синоптичних карт. Служба погоди виникла з метою надання своєчасної інформації населенню, адміністративним і господарським установам про стан погоди, її зміни та передбачення на майбутнє.

У Волинській області існує 6 метеорологічних станцій, що розміщені в с. Світязь, м. Ковель (проводяться актинометричні спостереження), смт. Любешів, смт. Маневичі, м. Луцьк та м. Володимир-Волинському (рис. 1). Вони створені для спостереження за метеорологічними величинами та явищами упродовж доби, а також систематизації та аналізу отриманої інформації для складання прогнозу погоди.



Рис. 1. Схема розміщення метеорологічних станцій Волинської області

Прогноз погоди – це науково обґрунтоване передбачення змін погоди, що є результатом аналізу великомасштабних атмосферних процесів із застосуванням відомих науці закономірностей їхнього розвитку. Прогноз погоди буває довготерміновим і короткотерміновим. Для збору й передачі метеоінформації між станціями використовується універсальний (міжнародний) синоптичний код.

Метеоінформація в зашифрованому вигляді, тобто *синоптичним кодом* передається з метеорологічних станцій Волинської області у Волинський обласний центр з гідрометеорології. Цифрами та значками ця інформація наноситься на синоптичні карти погоди, що складаються 4 рази на добу або за кожний термін спостережень. Нині карти формуються тільки в основних регіональних гідрометеоцентрах. На синоптичних картах показують такі синоптичні об'єкти, як розподіл тиску, особливості повітряних мас і фронти, розташування і властивості атмосферних збурювань, типи хмарності, особливості опадів, розподіл температури тощо. Синоптична карта (рис. 2) дає інформацію про стан погоди на момент спостережень, а серія таких карт показує зміни стану атмосфери, рух та еволюцію атмосферних процесів

(фото 1). Синоптичний код використовується на метеостанціях для завбачення погоди.

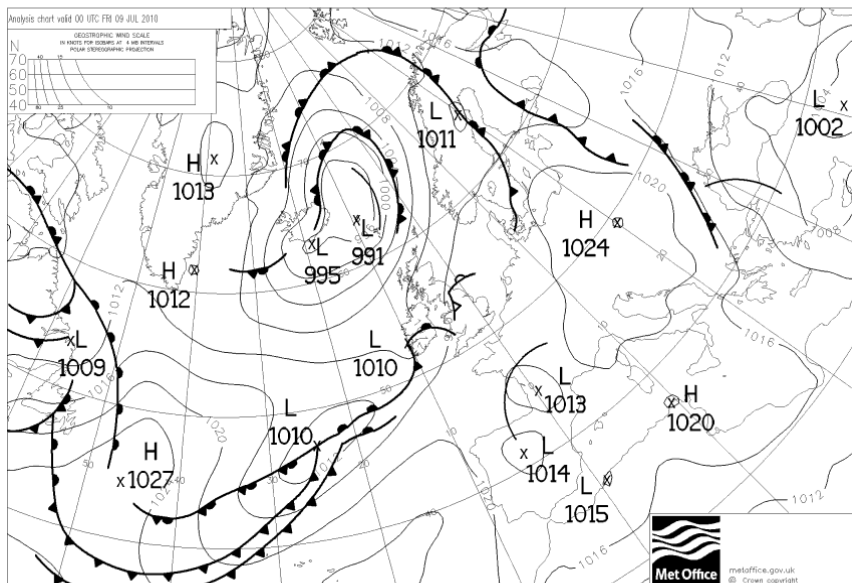


Рис. 2. Синоптична карта



Фото 1. Серія синоптичних карт

Український гідрометеорологічний центр (УГМЦ) здійснює міжнародне співробітництво в галузях погоди, клімату, гідрології і водних ресурсів і питань, що стосуються довкілля. Підпорядкованою організацією Українського гідрометеорологічного центру є **Волинський обласний центр з гідрометеорології**.

Робота Волинського обласного центру з гідрометеорології базується на проведенні різних кліматичних спостережень на метеорологічному майданчику з метою отримання необхідної інформації про режим погоди та

можливість завбачення подальших змін стану атмосфери. Результати записуються і зберігаються в архівах центру для подальшого їх використання.

Гідрометеорологічний центр розпоряджається такою інформацією:

✓ *інформація про стан погоди* Волинської області з урахуванням усіх метеорологічних показників: температури повітря упродовж доби (через певний проміжок часу), значення тиску, відносної вологості, напрямку та швидкості вітру, а також схід і захід Сонця, та завбачення погоди на наступні дні. Для швидкого та легкого сприйняття інформації використовують загально прийняті умовні позначення генералізації на карті;

✓ *інформація про штормові попередження;*

✓ *інформація про стан атмосфери*, типи хмарності, насування антициклонів і циклонів тощо, на даний час на території України чи конкретних її регіонів, областей, яка подається з космічних супутників;

✓ *радарна інформація*, в параметрах якої вказуються час знімку; відповідний регіон; зазначається тип карти для швидкого пошуку інформації в необхідний момент часу. Доповненням є також умовні позначення, призначенні для легкого читання радарної карти.

Метеорологічна станція Луцьк розміщена у с. Підгайці Луцького району (фото 2). До неї входить метеорологічний майданчик та службове приміщення. На майданчику розміщуються прилади, що фіксують метеорологічні показники, а в службовому приміщенні теж встановлені прилади та датчики, і крім того ведеться опрацювання результатів спостережень.

Метеорологічні прилади – це обладнання, яке використовується для вимірювання величин фізичного стану атмосфери на метеорологічних станціях. Остання має все необхідне для проведення необхідних спостережень. Для отримання точних результатів метеорологічні прилади повинні бути сертифіковані Гідрометцентром. Строкова повірка здійснюється в м. Києві.



Фото 2. Метеорологічна станція Луцьк

Метеорологічна станція “Луцьк” повністю забезпечує споживачів та мало ознайомлених людей у кліматичній сфері конкретними точними щоденними показниками про погоду та завбачення її змін.

На метеорологічній станції Луцьк працюють освічені спеціалісти, знавці своєї сфери діяльності. Кожен серед них має відповідні обов’язки та чітко встановлений розпорядок їх виконання. Працюють 6 метеорологів – начальник метеостанції, 5 технологів-спостерігачів, які ведуть цілодобові спостереження. Отриманні результати занотовуються для подальшого власного використання та заносяться до архівної бази даних – комп’ютерної книжки. Синоптиками ведеться основний документ – книжка КМ–1 метеорологічних спостережень (фото 3), в якій записується вся інформація про метеорологічні величини та атмосферні явища (туман, ожеледиця, паморозь, дощ тощо). Інформація подається у дев’яти варіантах, що теж відповідно вводиться в комп’ютер.

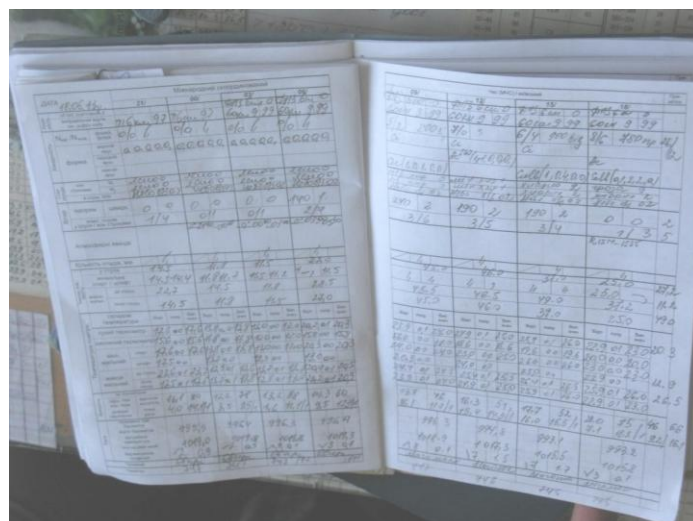


Фото 3. Книжка КМ– 1 для записування метеорологічних спостережень

1.2. ОБЛАШТУВАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНОГО МАЙДАНЧИКА

Під час облаштування метеомайданчика повинні витримуватися такі вимоги :

- ❖ розташування на рівній відкритій місцевості типовій для конкретного району за межами міста, що сприяє його продуванню та відсутності спотворень показників вимірювання;
- ❖ форма є прямокутна або квадратна із сторонами горизонту північ-південь та захід-схід;
- ❖ стандартні розміри 26 на 26 м, хоча можуть бути зменшені до 20 на 16 м, а на метеорологічних постах до 6 на 5 м;
- ❖ огорожується металевою сіткою, або штахетним парканом висотою 1,0 – 1,3 м;
- ❖ прилади встановлюються в певній послідовності;
- ❖ доріжки повинні бути доступні до приладів;
- ❖ розміщене обладнання і огорожа фарбуються у білий колір з метою їх збереження від впливу сонячних променів;
- ❖ відстань між приладами та огорожею 4 – 6 м [7].

Метеорологічний майданчик має бути розміщеним на типових формах рельєфу і знаходитись на значній відстані від:

- окремих невисоких будівель і споруд, груп дерев тощо (на відстані не менше, ніж 10 висот перепони);
- значних суцільних перепон, наприклад лісів, міських вулиць (на відстані не менше, ніж 20 середніх висот перепон);
- балок, улоговин тощо (не менше декількох десятків метрів);
- берегової лінії при максимальному рівні води в річці, озері, морі (не менше 100 м).

За станцією обов'язково закріплюється земельна ділянка розміром не менше 1 га (зазвичай 100 на 100 м), у центрі якої обладнують метеорологічний майданчик [4].

Схема розміщення приладів та обладнання на метеомайданчику подана на рис. 3.

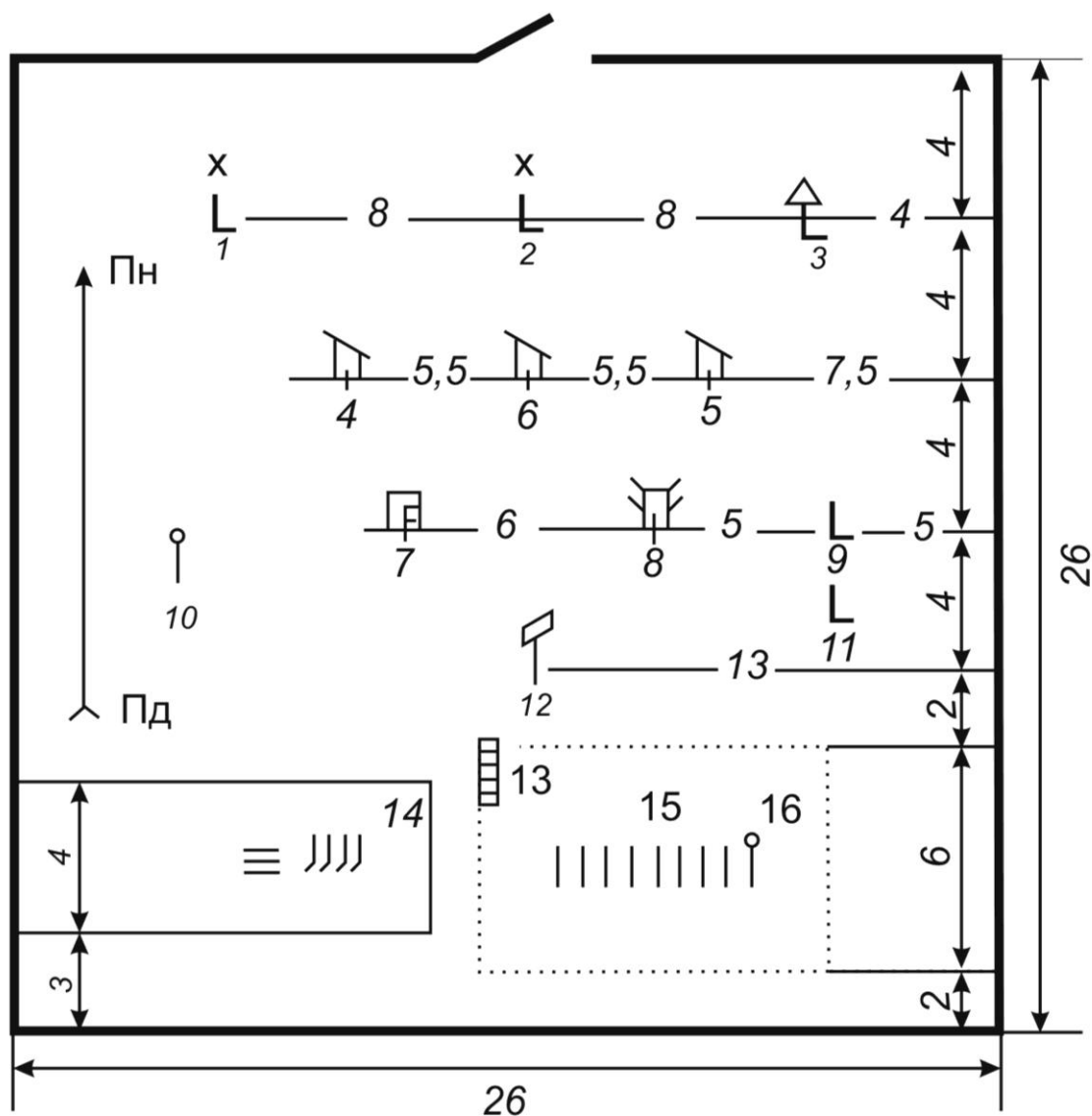


Рис. 3. Схема розміщення приладів та обладнання на метеомайданчику :
 1 – флюгер з легкою дошкою; 2 – флюгер з важкою дошкою або анеморумбометр; 3 - ожеледний станок; 4 – будка психрометрична; 5 – будка для самописів; 6 - будка психрометрична(запасна); 7 - плівіограф; 8 – опадомір; 9 – запасний стовп для опадоміра; 10 – стовп для теодоліта; 11 – льодоскоп; 12 – геліограф; 13 – снігомірна рейка; 14 - оголена ділянка для термометрів на поверхні ґрунту та колінчастих термометрів; 15 – ділянка з природним покривом для ґрунтоглибинних термометрів; 16 – мерзлотомір. Усі відстані між приладами подано в метрах.

Метеорологічний майданчик станції Луцьк має форму прямокутника з розмірами 16 на 20 м, одна із сторін якого зорієнтована з півночі на південь. Прилади та устаткування на ньому розміщуються у певній послідовності (фото 4). У північній частині майданчика на стовпі висотою 10-12 м розміщується флюгер “МАРК-60” (1) – прилад для визначення напрямку і швидкості вітру. Далі розташовується психрометрична будка (9), в якій розміщують психрометр Августа, максимальний і мінімальний термометри, волосяний гігрометр (узимку). Посередині майданчика знаходиться опадомір Третьякова (6) – прилад для вимірювання кількості опадів. У південній частині майданчика виділена ділянка (8) розміром 5 на 5 м для проведення спостережень за температурою поверхні ґрунту та на відповідних глибинах.



Фото 4. Майданчик метеорологічної станції Луцьк

1 – флюгер “МАРК-60”; 2 – прилад для вимірювання ожеледі та паморозі; 3 – підставка для дозиметра; 4 – прилад “ІВО” для вимірювання висоти хмар; 5 – прилад для визначення радіоактивного забруднення повітря; 6 – опадомір Третьякова; 7 – ємність для збору опадів з їх подальшим хімічним аналізом; 8 – ділянка для вимірювання температури ґрунту поверхні та відповідних глибинах; 9 – психрометрична будка.

На метеорологічному майданчику дозволяється ходити тільки доріжками або стежками, щоб не порушувати природного стану поверхні. Стежки роблять з утрамбованого ґрунту, а доріжки викладають щебенем, гравієм, цегляною крихтою тощо. Асфальтувати чи бетонувати не рекомендується. Метеорологічний майданчик має бути огорожений. Висота огорожі від 1,2 до 1,3 м. До метеорологічного майданчика підводиться струм з напругою 36 В, що безпосередньо використовується деякими приладами. Усі прилади на метеорологічному майданчику фарбуються в білий колір, крім щогли флюгера та огорожі, які можуть мати будь-яке інше забарвлення. Висота трави на майданчику не повинна перевищувати 20 см. У зв'язку з цим її періодично скошують, збирають і просушують в іншому місці. На території майданчика взимку не можна порушувати природний стан снігового покриву (навіть розчищати доріжки не варто). На станції необхідно систематично контролювати технічний стан діючих метеорологічних приладів, устаткування та правильність їх експлуатації [4].

1.3. ВИМОГИ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ СПОСТЕРЕЖЕНЬ

На метеорологічній станції ведуться спостереження за:

- температурою повітря;
- атмосферним тиском;
- вологістю повітря (пружністю водяної пари, абсолютною та відносною вологістю);
- вітром (вимірюється напрям, швидкість і сила);
- хмарністю (тип хмар, висота нижнього ярусу);
- опадами (встановлюється їх тип, сума та інтенсивність);
- горизонтальною видимістю;
- температурою ґрунту (на поверхні та різних глибинах);
- сніговим покривом (товщиною, щільністю та його поширенням).

Під час метеорологічних спостережень необхідно дотримуватися таких правил:

- строго дотримуватись використання загальноприйнятих термінів та встановленого порядку спостережень;
- записувати тільки те, що побачив сам (не можна записувати в книжку спостережень та інші документи інформацію припущень);
- інформацію про стихійні явища, як виняток, можна фіксувати зі слів очевидців, проте джерело цієї інформації варто вказувати;
- стежити за справністю вимірювальних приладів спостереження та вчасно віддавати їх на ремонт або замінювати їх;
- строго дотримуватися технології виконання вимірювань і візуальних спостережень, запису та обробки результатів спостережень, а також правил техніки безпеки, що подаються у відповідних документах – настановах, інструкціях тощо [4].

Терміни і порядок вимірювань на метеорологічних станціях визначаються згідно “Настанов гідрометеорологічних станцій та постів”. Вони повинні здійснюватися з метою організації та забезпечення єдності вимірювань всіх метеостанцій [7]. Порядок виконання спостережень (їх послідовність) встановлюється залежно від місцевих умов при обов’язковому дотриманні установлених правил, основними серед них є вимірювання температури повітря за 8 – 10 хв до терміну, тобто у 50 – 52 хв минулої години; тиск, що показує барометр, необхідно відраховувати якомога ближче до 00 хвилин терміну. Під терміном спостереження розуміють не один момент – 00 хвилин, а проміжок часу, що починається за десять хвилин і закінчується чітко в 00 хвилин, тобто від 50 до 60 хв минулої години. Стандартні приземні метеорологічні спостереження здійснюються на всіх станціях у вісім однакових термінів через кожні 3 години: **00:00, 3:00, 6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00.**

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення метеорологічної станції?
2. Скільки метеорологічних станцій існує у Волинській області? Де вони розміщені?
3. Які синоптичні об'єкти показуються на синоптичних картах?
4. Якою метеорологічною інформацією розпоряджається гідрометцентр Волинської області?
5. Дайте визначення метеорологічним приладам.
6. Назвати вимоги щодо облаштування метеомайданчика.
7. Як розміщуються метеорологічні прилади та устаткування на метеорологічній станції Луцьк?
8. Які ведуться спостереження за метеорологічними величинами на метеорологічній станції?
9. Яких правил необхідно дотримуватись під час метеорологічних спостережень?
10. Як Ви розумієте “термін спостереження”?
11. В які години здійснюють метеорологічні спостереження на метеостанціях світу та за яким часом?

ТЕМА 2

ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИЧИН СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ

Для вимірювання потоків сонячної радіації використовують *актинометричні прилади*, складовою частиною яких є термоелементи. За їх допомогою енергія випромінювання перетворюється в енергію електричного струму – термострум. Явище термоструму полягає в тому, що в замкненому ланцюзі, утвореному із двох різнорідних провідників, виникає електричний струм, якщо температура місць з'єднань (спаїв) різна. Якщо температури спаїв однакові, то електричний струм у ланцюзі буде відсутній.

Величина електрорушійної сили термоструму пропорційна різниці температур спаїв. З'єднані послідовно термоелементи утворюють термобатарей. У термобатарей усі непарні спаї розташовують так, щоб вони мали однакову температуру, яка відрізняється від температури парних спаїв, розміщених у досліджуваному середовищі. В термоелементах використовують манганін (сплав міді, марганцю і нікелю) та константан (сплав міді і нікелю). Приймачем випромінювання найчастіше використовують затемнені пластинки, що поглинають 94 – 97 % попадаючої радіації на них. Для вимірювання сили термоструму застосовують гальванометр ГСА – 1 із стрілкою. Він дозволяє вимірювати слабкий струм, що виникає в термобатарейх актинометричних приладів [1].

Сучасні актинометричні прилади дозволяють вимірювати сонячну радіацію у значеннях:

- абсолютних (*піргеліометр, геліограф*), тобто пряму сонячну радіацію в теплових одиницях (калоріях) і тривалість сонячного сяйва в годинах;
- відносних (всі інші прилади), тобто лише відносні значення сонячної радіації, які потім необхідно переводити в абсолютні величини.

На метеорологічних станціях застосовують зазвичай, прилади, що дозволяють визначати відносні значення сонячної радіації, які вимірюються в

поділках шкали гальванометра. Для одержання абсолютних величин сонячної радіації число поділок гальванометра множать на перевідний множник. Останній визначають шляхом порівняння показів приладу з показами повіреного еталону (піргеліометра).

2.1. ПІРГЕЛІОМЕТР КОМПЕНСАЦІЙНИЙ ОНГСТРЕМА

Піргеліометр (від др. – грец. πῦρ (рῦγ) – вогонь, ἥλιος (hélios) – Сонце і μέτρον (metréo) – вимірюю) – прилад для вимірювання прямої сонячної радіації, що перпендикулярно падає на поверхню Землі (максимально можлива кількість енергії наявна біля поверхні Землі). Абсолютний компенсаційний піргеліометр створив шведський геофізик Кнут Ангстрем у 1896 р., а в 1905 р. Міжнародна метеорологічна конференція запатентувала цей прилад як еталон (фото 5, 6).



Фото 5. Зовнішній вигляд DR01 піргеліометра



Фото 6. Сучасний піргеліометр фірми Hukseflux

Будова приладу. Піргеліометр поглинає сонячні промені двома однаковими тонкими затемненими манганіновими пластинами, що розміщені в головці приладу 6 (рис. 4). Протилежна, не освітлена радіацією сонця сторона пластин вкрита ізоляційним шаром, поверх якої наклеєні спаї та термоелемент, що складається із пари мідь-константан. Верхні частини пластин з'єднуються з контактами і перемикачем 7, що знаходяться в головці піргеліометра. Ця головка вставляється в трубку 4, в середині якої

знаходяться 2–3 діафрагми. Трубка закріплена на штативі, де розміщуються гвинти 11 і 12. Гвинти за допомогою натискача можуть відключатись і трубку можна повертати вручну. За допомогою пучка сонячного проміння, яке пройшло через отвір в цілику 3 і падає на центр хрестика, що знаходиться в мушці 5, трубка піргеліометра встановлюється віссю на сонце. Трубка налаштовується гвинтом 12 штатива на зміну положення її за висотою, та гвинтом 11 – за азимутом. Спереду трубка закривається кришкою 1, на якій розміщені два щілинних приймальних отвори, розташованих навпроти пластин на відстані 52 мм. Таким чином, кут отвору цього піргеліометра за вертикальним напрямом становить 13° , а за горизонтальним – 5° . Під кришкою встановлений щиток, що обертається на осі, і виступає назовні у вигляді гачка 2. Повертаючи щиток вправо, чи вліво або вперед можна затінити праву або ліву манганінові пластини або освітити їх сонцем.

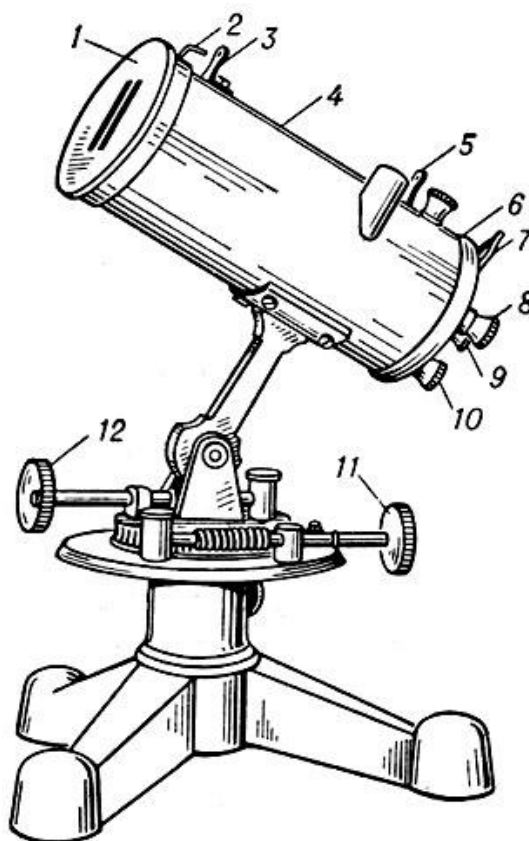


Рис. 4. Будова піргеліометра Онгстрема: 1 – кришка трубки з щілинними отворами; 2 – гачок щитка; 3 і 5 – цілик і мушка; 4 – трубка приладу; 6 – головка приладу; 7 – перемикач; 8, 9 і 10 – клема для підключення приладу до гальванометра; 11 і 12 – гвинти для зорієнтування приладу на Сонце.

Принцип дії. Принцип дії заснований на вимірюванні кількості тепла, що утворюється при поглинанні сонячного випромінювання. Якщо у націленого на сонці піргеліометра освітити обидві пластини, то вони нагріються однаково, оскільки кожна з них отримує однакову кількість тепла, що дорівнює потоку поглинутої радіації. При однакових температурах пластин термопара не дає струму. Якщо одна з пластин нагрівається сонячним випромінюванням, а друга, захищена від нього, нагрівається електричним струмом. Кількість сонячної радіації, поглиненої першою пластиною визначається за значенням струму, що подається на другу пластину для компенсації різниці температур. Отже, коли права пластина залишеться освітленою пучком сонячної радіації, а ліва – затінена щитком, тоді гальванометр покаже термострум. Будемо нагрівати пропусканням електричного струму затінену ліву пластину, причому силу струму підберемо таку, щоб струм через гальванометр знову зник. Тоді температура пластин буде знову однакова, а отже, дорівнюватиме кількості тепла, що отримується обома пластинами за 1 хв. Звідси випливає, що інтенсивність радіації пропорційна квадрату сили струму. Отже, всі величини, що входять у формулу Ленца-Джоуля визначаються в результаті фізичних вимірювань, тобто піргеліометр – прилад, що вимірює абсолютну кількість сонячної радіації.

2.2. ГЕЛІОГРАФ УНІВЕРСАЛЬНИЙ

Геліограф призначений для автоматичної реєстрації тривалості сонячного сяйва в годинах упродовж дня, тобто коли Сонце не закрито хмарами. Відомі такі системи геліографів: геліограф Перса, геліограф Марвіна, геліограф Величко, проте найзручніший у користуванні універсальний *геліограф Кемпбелла-Стокса ГУ-1* (фото 7, 8). Геліограф сконструював у 1853 р. Джон Френсіс Кемпбелл. Через декілька років він був дещо модифікований Джорджем Габріелем Стоксом. З першопочаткової

ідеї Кемпбелла сфера лежала в дерев'яній чаші та випалювала лінії в ній. Згодом схема була покращена.



Фото 7. Універсальний геліограф Кемпбелла-Стокса ГУ-1



Фото 8. Установа геліографа

Принцип дії. Основу геліографа становить скляна куля 1 (рис. 5), що збирає в своєму фокусі падаючу на неї пряму сонячну радіацію. Куля затиснута між сферичними опорами. На відстані головного фокусу розміщується дугоподібна сферична чаша 2. На внутрішній поверхні останньої є вирізані пази для закладання картонних стрічок. На стрічках білим кольором нанесені поділки, що відповідають годинам і півгодинам. Сонячні промені, проходячи крізь кулю, заломлюються, збираються у фокусі на стрічці та пропалюють її. Якщо хмари закривають сонце, то пропалювання припиняється. визначають тривалість сонячного сяйва впродовж дня. Тривалість сонячного сяйва (в годинах) визначають за довжиною лінії пропаленої стрічки та годинникової розмітки з точністю до 0,1 год. Надалі підраховують суми тривалості сяйва за день, місяць, рік [2].

Будова приладу. Сферична чаша геліографа обертається навколо вертикальної осі, до нижньої частини якого закріплений диск (рис. 5). На диску є отвір, в якому простежуються чотири літери А, Б, В, Г. Під цим диском знаходиться ще один нижній диск, нерухомий відносно верхнього, проте може обертатися навколо горизонтальної осі. Цей же диск нерухомо скріплений зі шкалою 4 на якій показана широта місцевості. Пропалювання

на стрічці залежить від географічної широти місцевості. Для цього чашу приладу нахиляють відповідно до географічної широти місця спостереження, яка відраховується на шкалі 4 за індексом покажчика 5 і закріплюється гвинтом 6. Згодом кулю разом із чашою встановлюють в одне із чотирьох положень, які фіксують літерами А, Б, В, Г і закріплюють штифтом 3. При цьому одна із літер диску буде розташована проти покажчика 5.

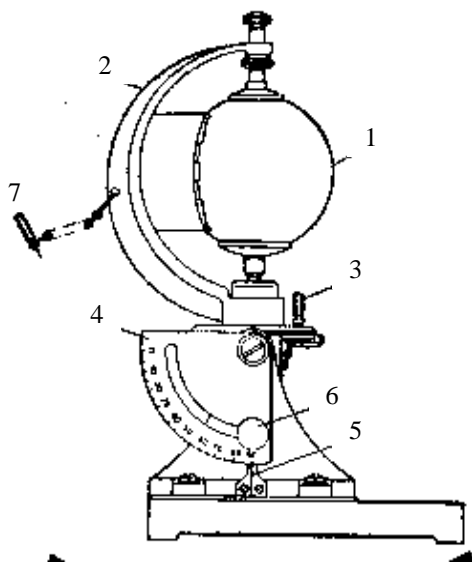


Рис. 5. Будова геліографа

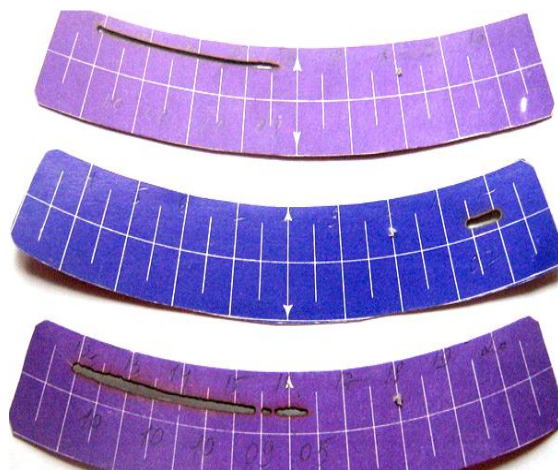


Фото 9. Стрічки з лініями просвітлення

Установка геліографа. Геліограф на метеорологічному майданчику розміщують так, щоб він не був закритий тінню з інших предметів упродовж дня в усі місяці року, тобто освітлювався Сонцем. Його встановлюють строго горизонтально на стовпі висотою не менше ніж 2 м від підстилаючої поверхні (фото 8). Якщо таке місце відсутнє, то прилад встановлюють на спеціальній вищці або на даху службового приміщення метеорологічної станції. На стовпі закріплюють дошку в горизонтальному положенні, що перевіряється рівнем.

З метою правильності розташування місця пропалення на стрічці необхідно вертикальну та горизонтальну осі розміщувати відносно сторін горизонту світу. В істинний полудень геліограф закріплюють на дошці і встановлюють його за меридіаном відкритою стороною кулі на південь (у положенні Б). Потім прилад повертають так, щоб в істинний полудень фокус

був проти полудневої поділки на стрічці. У цьому положенні геліограф закріплюють гвинтами. Після цього прилад встановлюють за географічною широтою місця. Для цього ослаблюють гвинт 4 і повертають верхню частину приладу до співпадання з установленою широтою.

Враховуючи те, що висота сонця над горизонтом і тривалість дня упродовж року змінюються необхідно вкладати стрічку різної довжини (влітку довшу, взимку коротшу). Для спостереження за геліографом в пази сферичної чаші вкладають стрічки згідно з порою року. У верхній паз – зимою (з 16 жовтня до кінця лютого), у середній паз – весною і восени (з 1 березня по 15 квітня і з 1 вересня по 15 жовтня), у нижній паз – влітку (з 16 квітня по 31 серпня). Загалом весною та восени використовуються прямі стрічки, зимою й літом – дугоподібні (фото 9).

Стрічки закладають таким чином, щоб середня її поділка точно співпадала з рисою, що знаходиться посередині чашки. Стрічка проколється спеціальною голкою 7, що забезпечує контроль і фіксацію положення стрічки на чаші. При правильній установці прокол голки припадає на другу часову поділку від середини стрічки.

У короткі дні, коли Сонце знаходиться над горизонтом не більше 9 год, стрічку міняють один раз на добу – після заходу Сонця. Куля при цьому повернута на південь (в положенні Б). У цьому випадку чаша 2 встановлюється в положення, яке показане на рис. 5 (на північ), що фіксується конічним штифтом 3. Остання проходить через отвір верхнього диска у південний отвір нижче розташованого диска. Диск ставиться буквою Б проти покажчика. При тривалості дня від 9 до 18 год стрічку міняють двічі на добу: перший раз – після заходу Сонця; другий – о 12 год. При цьому змінюють положення кулі: у вечірню пору при зміні стрічки кулю повертають на схід (у положення А); у полудень – на захід (у положення В). При великій тривалості дня понад 18 год (північніше 60° літом) зміна стрічки і поворот кулі проводиться тричі на добу о 4, 12 і 20 год, причому геліограф ставиться чашою 2 на південь буквою Г до покажчика. При зміні стрічки о 4

год кулю повертають на схід (у положення А), в 12 год – на захід (у положення В) і в 20 год – на північ (у положення Г). При денній зміні стрічок спостерігач затінює кулю [2].

Стрічки змінюють у всіх випадках, навіть коли на ній відсутня лінія пропалу (в хмарні дні). На звороті стрічки простим олівцем записують назву станції, рік, місяць, число, години і хвилини закладання стрічки в паз, а після зняття – число, години і хвилини.

Під час спостережень за геліографом контролюють його горизонтальність. При правильній установці лінія пропалу на стрічці паралельна зрізам стрічки і обидва кінця лінії в день із ясним сходом і заходом Сонця повинні бути на однаковій відстані від середини лінії.

Необхідно перевіряти правильність установки приладу на полудневій лінії і географічній широті місця, а також утримувати кулю в чистоті. При необхідності її протирають м'якою ганчіркою. Якщо куля покрита інеєм або памороззю, ганчірку змочують спиртом або авіаційним бензином.

Недолік геліографа полягає в тому, що лінія пропалу на стрічці з'являється при інтенсивності радіації $150 - 250 \text{ Вт/м}^2$. Лінія пропалу (фото 9) починається пізніше сходу Сонця і закінчуються раніше, коли Сонце ще над горизонтом. Тому виміряна тривалість сонячного сьйва може бути меншою за фактичну. В гарячі літні дні з мінливою купчастою хмарністю діаметр окремих миттєвих пропалів на стрічці засвідчує перебільшену картину тривалості сьйва. До недоліків відносять ще поріг чутливості ($0,25 - 0,4 \text{ кал/см}^3 \text{ за хв}$), що залежить від кольору скла та матеріалу стрічки, а також від вологості повітря.

2.3. ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ АКТИНОМЕТР САВІНОВА

Актинометр – прилад для вимірювання прямої сонячної радіації, що прямовисно поступає на поверхню Землі.

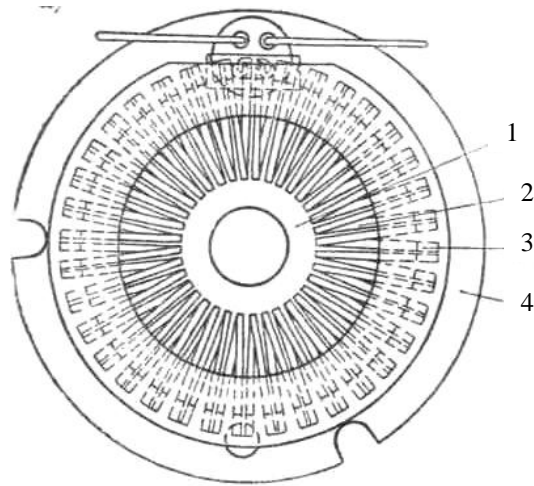
Актинометр термоелектричний Савінова–Янишевського є приладом (рис. 6, в), що дає можливість опосередковано визначити кількість прямої

сонячної радіації. Значення останньої не отримуються в калоріях, а розраховуються за величиною зафіксованого електричного струму гальванометром, що виник у термопарах під дією сонячної радіації. Отримане значення перемножують на перевідний коефіцієнт гальванометра (0,02 або 0,04).

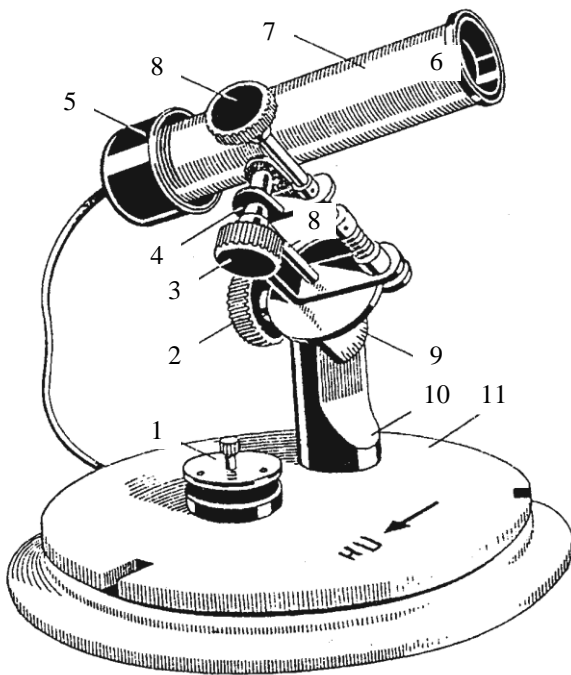
Будова приладу. Частина актинометра Савінова конструкції Янишевського, що поглинає сонячні промені, складається з тонкого срібного затемненого зі сторони сонця диска *1* (рис. 6, а). З іншого боку диска через паперову ізоляційну прокладку *3* приклеєні центральні (активні) спаї *36* термоелементів *2* з манганіну та константу. Периферійні (пасивні) спаї приклеєні до мідного кільця *4* також через паперову ізоляційну прокладку.

Диск знаходиться в чашці *5*, що вмонтовується на трубі (циліндрі) *7* актинометра (рис. 6, б). В тильній частині чашки актинометра знаходяться контактні проводи від термобатарей диску та дроти для з'єднання гальванометра. Всередині труби знаходиться п'ять діафрагм, розміщених в порядку зменшення їх діаметрів від 20 до 10 мм в напрямку диску. Вони захищають термобатарей від впливу розсіяної, відбитої сонячної радіації та впливу вітру. Між спостереженнями труба актинометра закривається кришкою *1*, захищаючи диск від забруднення. Вона встановлена на паралактичному штативі *9, 10*, який кріпиться на основі *11*. Основа та штатив повинні бути зорієнтовані на північ. Вісь штативу *8* встановлюється гвинтом *6* з нахилом, що дорівнює географічній широті місця, висоті та азимуту Сонця, і закріплюється гвинтом *2* [3].

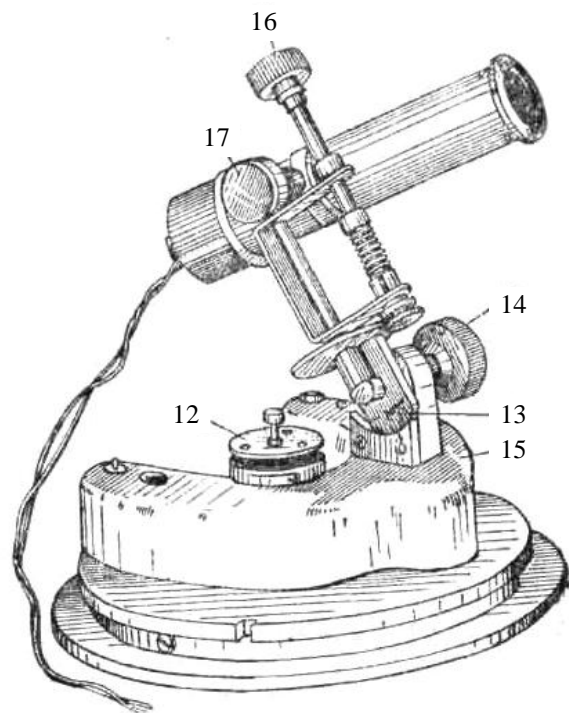
Принцип дії. Під час вимірювань срібний диск поглинає сонячну радіацію. Внаслідок цього температура диску та центральних спаїв термобатарей зростає. Периферійні спаї мають температуру корпусу, яка близька до температури навколишнього повітря. За різницею температур спаїв в термобатарей виникає термострум, який вимірюється гальванометром.



а) срібний затемнений диск актинометра



б) будова термоелектричного актинометра АТ- 50



в) будова термоелектричного актинометра Савінова конструкції Янішевського

Рис. 6. Актинометри

Установка приладу. Актинометр встановлюють на спеціальній актинометричній підставці метеорологічного майданчика або на горизонтальному майданчику відповідно до широти місця і за напрямом полудневої лінії. Диск повинен бути розташований перпендикулярно до сонячних променів. Для цього трубу 7 приладу гвинтами 3, 6 націлюють на Сонце. Можна обернути гвинт 6 і направляти трубу за Сонцем, коректуючи її

нахил на осі 4, відповідно магнітного азимуту. З метою точного націлювання в зовнішній діафрагмі є отвір. Напроти цього отвору в нижній частині труби знаходиться білий екран. За правильної установки приладу сонячне проміння, що проникає через цей отвір, повинно дати світлу пляму (зайчик) в центрі екрана.

Повірка актинометра полягає у визначенні перевідного множника гальванометра, з'єданого з актинометром. Для цього за умов доброї прозорості атмосфери проводять одночасно спостереження прямої сонячної радіації актинометром і піргеліометром або добре провіреним актинометром. Визначивши інтенсивність радіації в $\text{кал}/\text{см}^2$ за хв і поділивши її на виправлений відлік за гальванометром, отримуємо перевідний множник гальванометра з актинометром в $\text{кал}/\text{см}^2 \cdot \text{хв}$ на 1 поділку. Виписуються три значущі цифри. Повторивши цю повірку при різних температурах, будують залежність перевідних множників від температури.

Спостереження здійснюються таким чином [1].

1. Націлюють прилад на Сонце при знятій кришці з труби актинометра.
2. Надягають кришку на трубу і через 25 – 30 с виконують відлік нульового положення за гальванометром (n_1^0).
3. Знімають кришку з труби і перевіряють точність націлювання на Сонце.
4. Знімають 3–5 показів гальванометра з інтервалом 25– 30 с (n_1, n_2, n_3).
5. Повторно одягають кришку на трубу і визначають місце нуля за гальванометром (n_2^0).
6. Визначають температуру гальванометра за його термометром.

Актинограф – прилад для вимірювання безперервної реєстрації інтенсивності прямої сонячної радіації (фото 10).



Фото 10. Актинограф

2.4. ПІРАНОМЕТР ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ ЯНИШЕВСЬКОГО

Піранометр призначений для вимірювання сумарної й розсіяної радіації (фото 11). Завдяки будові піранометра ним можна вимірювати три потоки сонячної радіації:

- а) при відкритому приймачі – сумарну радіацію;
- б) при затемненні приймача екраном – розсіяну радіацію;
- в) при повороті приймача до ґрунту (універсальний прилад М-80) – відбиту радіацію (рис. 7).



Фото 11. Піранометри

Будова приладу. В цьому приладі приймачем радіації слугує термоелектрична батарея, сформована з манганінових і константанових термоелементів, сполучених послідовно (рис. 8). Термобатарея має квадратну форму. Термоелементи батареї утворюють термопари, число яких вибирається залежно від чутливості гальванометра (відповідно 28; 87 або 112). Парні спаї термобатареї покриваються сажею, а непарні – білою магнезією. Термоелементи згруповані так, що чорні (сажа) і білі (магнезія) поля чергуються в шаховому порядку і межа фарбування проходить посередині між спаями. Термобатарея захищена від дії інфрачервоної радіації атмосфери, вітру і опадів скляним напівсферичним ковпаком. Скло поглинає частину короткохвильової радіації з довжиною хвилі 0,3 – 0,4 та 2,5 – 4,0 мкм. Ковпак не вносить суттєвих похибок у вимірювання, бо на цих ділянках спектру інтенсивність прямої й розсіяної радіації дуже мала. Сонячна радіація поглинається сажею значно більше, чим магнезією, тому між спаями виникає різниця температур і збуджується термоелектричний струм, пропорційний падаючій кількості радіації, який вимірюється гальванометром. Довгохвильову радіацію сажа і магнезія поглинають однаково [2].

Скляний ковпак 8 (рис. 8) одягнутий на корпус, що утримується на металевій підставці. Знизу до корпусу прикріплена сушилка 12. Вона заповнена гігроскопічною речовиною, яка вбирає вологу. Це зберігає внутрішню поверхню скляного ковпака та саму батарею від конденсації водяної пари.

Для вимірювання та реєстрації сумарної радіації піранометр встановлюють горизонтально за рівнем 10 гвинтами 15. З боку труби до горизонтального стержня прикріплена гвинтом 18 легка труба 17, що має великий щиток 16 з діаметром, що відповідає діаметру ковпака. Довжина труби становить 5,7 діаметра щитка, завдяки чому його видно з центра батареї під кутом 10° . Під час затемнення щитком отримують розсіяну

радіацію, а без затемнення – сумарну радіацію сонця та неба на горизонтальну поверхню. Рівень з'єднаний з планкою 11.

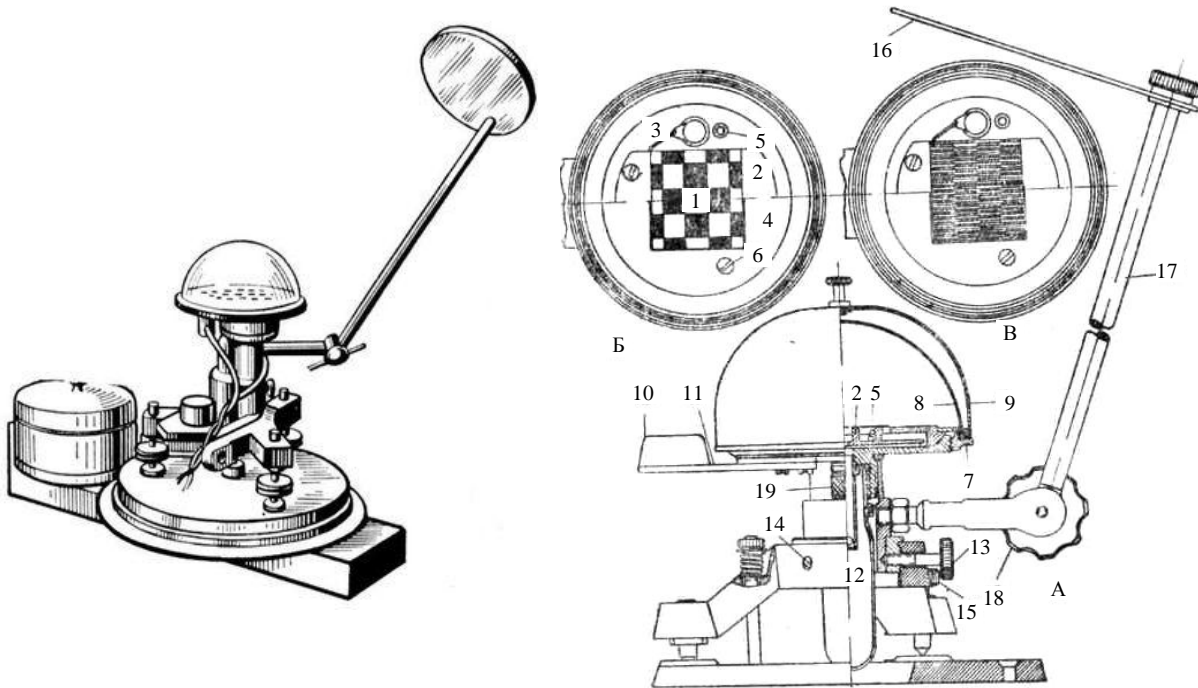


Рис. 7. Піранометр термоелектричний **Рис. 8. Піранометр Янишевського універсальний М-80**

Крім того, універсальний термоелектричний піранометр М-80 (рис. 7) використовується як *стаціонарний альбедометр* для вимірювання також відбитої радіації.

Установка піранометра. Спостереження або реєстрація сумарної радіації здійснюється на метеорологічних станціях або на відкритій місцевості. Піранометр встановлюють на висоті 1,5 м від земної поверхні. Під час спостережень він спрямовується в бік Сонця однією і тією ж стороною і закріплюється гвинтом 13. Під час реєстрації ця сторона повертається на південь. Гальванометр встановлюють з північної сторони від піранометра. При реєстрації розсіяної радіації застосовується безперервне затінення піранометра тіньовим кільцем (фото 12).

Спостереження за піранометром здійснюють за середнім сонячним часом [1]. Порядок спостереження такий.

1. Перевіряють установку приладу за рівнем і відносно Сонця.

2. Закріплюють тіньовий щиток.
3. Закривають кришкою термобатарей і при замкнутому ланцюгу піранометра і гальванометра визначають місце нуля гальванометра.
4. Знімають кришку піранометра з термобатарей при тіньовому щитку і визначають відлік гальванометра щодо розсіяної радіації через 25–30 с.
5. Відводять тіньовий щиток і беруть відлік гальванометра за сумарною радіацією через 25 – 30 с.
6. При тіньовому щитку беруть відлік гальванометра щодо розсіяної радіації через 25 – 30 с.
7. Відводять щиток, закривають кришкою термобатарей і повторно визначають місце нуля гальванометра.
8. Визначають температуру гальванометра.
9. Знімають тіньовий щит і піранометр закривають футляром.



Фото 12. Тіньове кільце з піранометром для реєстрації розсіяної радіації

2.5. АЛЬБЕДОМЕТР ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ

Термоелектричний альбедометр – універсальний прилад, призначений для вимірювання сумарної, розсіяної й відбитої радіації (фото 13). За його показниками можна, використовуючи відповідні формули, розрахувати величину прямої та поглинутої радіації, а також альbedo підстилаючої

поверхні. Сьогодні на практиці використовують похідні альбедометри (рис. 10), в основі яких є піранометр Ю. Д. Янишевського на трубковій карданній підвісці 2 (рис. 9).

Будова приладу. Частиною альбедометра, що поглинає сонячну радіацію є термоелектрична батарея піранометра 1 (рис. 9, фото 14), прикріплена на втулці 2 до трубки 4 на якій переміщується муфта. Ця муфта коливається на двох штифтах, з'єднаних з рамкою як на осі. На двох інших штифтах разом з віссю, рамка коливається, що перпендикулярна до першої, і з'єднаних з кільцем і рукояткою 3. Всередині трубки 4 на стержні переміщується свинцева вага, яка завжди рухається вниз при повертанні приладу рукояткою 3. Це надає можливість піранометру зайняти горизонтальне положення і бути повернутим вгору (рис. 10, а). Під час повертання рукоятки 3 на 180° піранометр знову займає горизонтальне положення, проте повернутий вниз (рис. 10, б). Клеми піранометра з'єднуються з проводами, що кріпляться до рукоятки. На кінцях трубки підкладена гума для пом'якшення ударів під час повертання приладу [2,3].

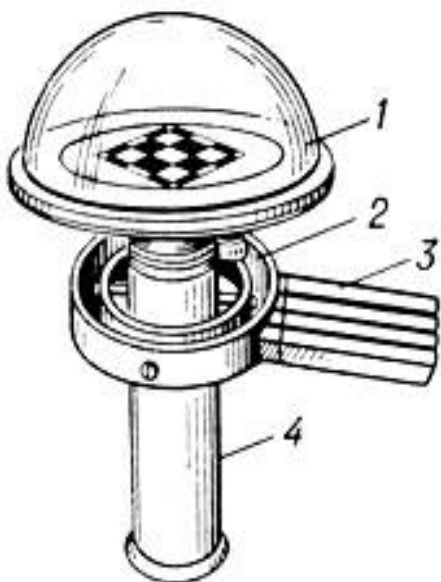


Рис. 9. Альбедометр Янишевського–Білова:
1 – термоелектрична батарея піранометра;
2 – карданна підвіска; 3 – рукоятка;
4 – трубка



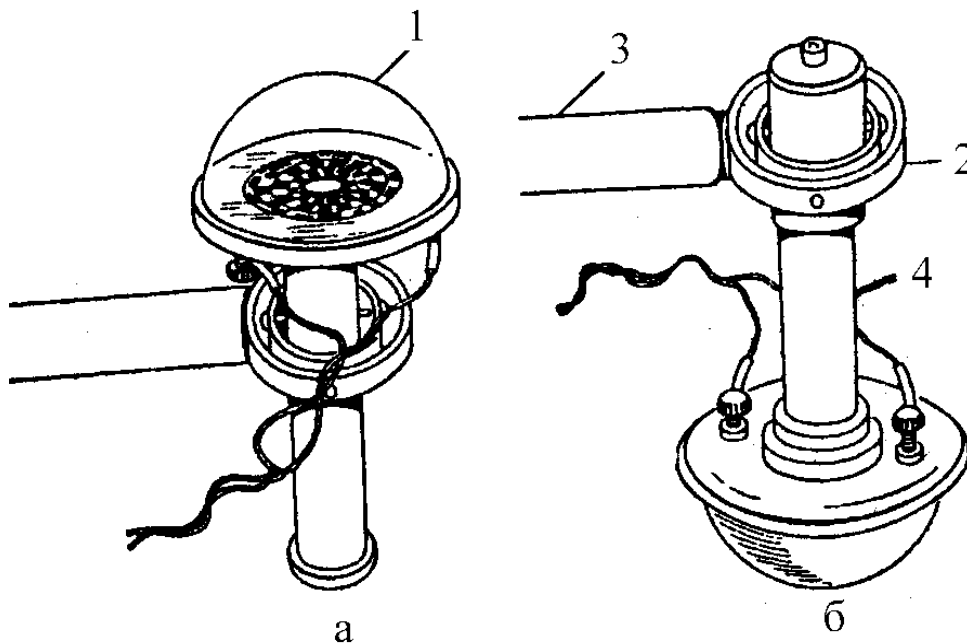
Фото 13. Вигляд сучасного альбедометра

Спостереження за альбедометром проводяться за середнім сонячним часом у такому порядку [1]:

1. Закривають кришкою термобатарей і при замкнутому ланцюгу альбедометра і гальванометра визначають місце нуля останнього;
2. Знімають кришку з термобатарей, повертають її до земної поверхні і послідовно через 25 – 30 с беруть відлік гальванометра для відбитої радіації;
3. Повертають термобатарей до небесного схилу і послідовно через 25 – 30 с визначають відлік за гальванометром для сумарної радіації;
4. Повертають термобатарей до земної поверхні і послідовно через 25 – 30 с беруть відлік за гальванометром для відбитої радіації;
5. Закривають кришкою термобатарей і повторно відмічають місце нуля гальванометра;
6. Визначають температуру гальванометра.



Фото 14. Термоелектрична батарея піранометра



а) положення піранометра зверху

б) положення піранометра знизу

Рис. 10. Похідні альбедометри

2.6. ВИМІРЮВАННЯ ДОВГОХВИЛЬОВОЇ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ ТА РАДІАЦІЙНОГО БАЛАНСУ

Прилади для вимірювання довгохвильової радіації повинні бути абсолютно чорними з відкритими приймачами. Основна відмінність їх конструкції полягає в методиці виключення впливу вітру на їх показники. Вони поділяються на 3 основні групи: 1) балансоміри, що вимірюють миттєве значення радіаційного балансу, тобто інтенсивність залишкової радіації для природної земної поверхні; 2) піргеометри, що вимірюють інтенсивність ефективної радіації, тобто залишкової радіації для чорного тіла; 3) радіаційні термометри або спрямовані піргеометри, що вимірюють ефективну радіацію в межах вузького тілесного кута.

2.6.1. ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ БАЛАНСОМІР ЯНИШЕВСЬКОГО

Термоелектричний балансомір використовується для вимірювання різниці приходу й витрати променистої енергії, тобто радіаційного балансу (фото 15). Працює на принципі поглинання різних потоків сонячної радіації затемненими пластинами (верхньої і нижньої) приймальних частин і перетворення їх в електричну енергію.



Фото 15. Термоелектричні балансоміри

Будова приладу. Дві мідні тонкі пластинки, що повернуті затемненими сторонами верх 1 і вниз 2, приклеєні через ізольовані прокладки 11 з паперу до

спай 3 і 4 термобатареї 10 (рис. 11, а). Всього в балансомірі знаходиться 10 батарей з 50 витками-термоелементами на кожному бруску. Рамки корпуса балансоміра 5 зовні залужені; корпус має вигляд круглого диска 3-5 (рис. 11, б). Загальна пластинка 1 для всіх батарей, що приймає промені, має форму квадрата. Виводи батареї 2 пропущені в рукоятку 4, в кінці якої є втулка з різьбою. Чутливість балансоміра становить 7-9 мВ на 1 кал/см² за хв при опорі 60-70 ом. Чутливість його падає при збільшенні швидкості вітру, тому показники балансоміра перемножують на першопочатковий множник, значення якого відповідають штильовим умовам [2].

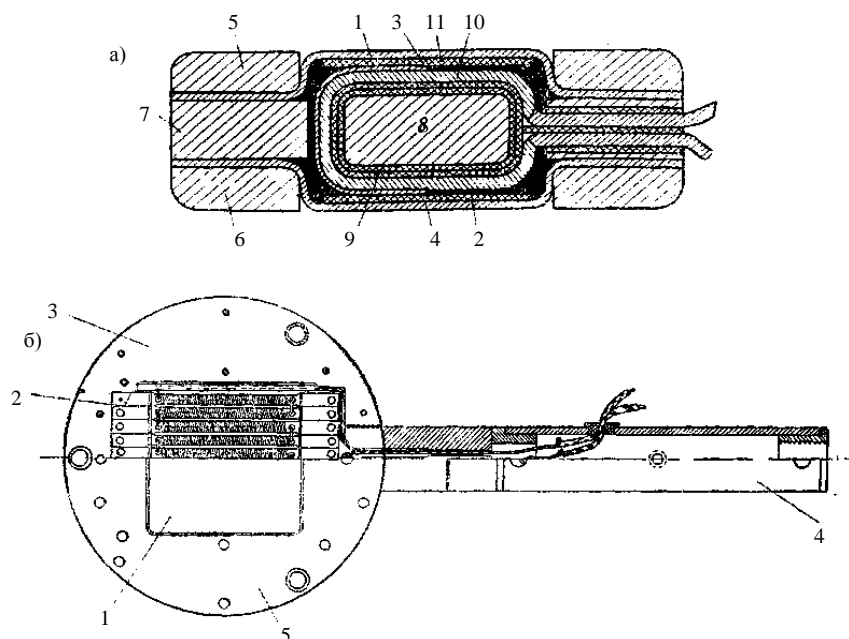


Рис. 11. Схема термоелектричного балансоміра Янишевського

Установка балансоміра здійснюється на шарнірі 5 з допомогою пластинки, що закріплена на рейці на висоті 1,5 м від поверхні землі. До шарніру рукояткою 3 кріпиться балансомір овальної форми 1, в середині якого розміщується квадратна термобатарея 2. Балансомір в неробочому стані закривається кришкою 4. Зазвичай балансомір затінюється від прямої сонячної радіації круглим щитком 6 закріпленому на стержні, що встановлений на шарнірі (рис. 12). Пряма радіація вимірюється окремо актинометром. На деякій відстані на рівні балансоміра встановлюється вітрометр. Балансомір з'єднується з гальванометром. Місце нуля гальванометра визначається під час з'єднання гальванометра манганіновим проводом з опором, що збігається з

таким опором балансоміра. Між спостереженнями балансомір захищається кришкою від опадів і пилу [3].

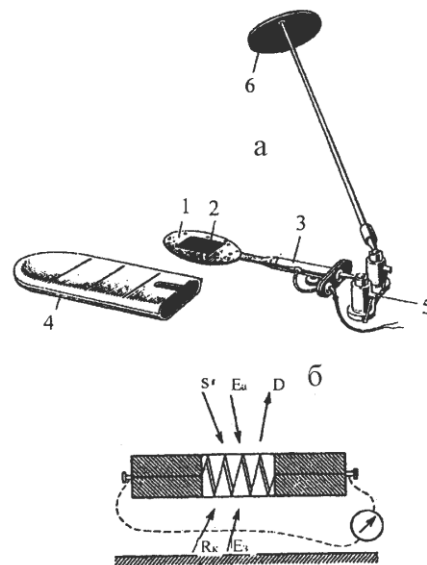


Рис. 12. Установка балансоміра: а) загальний вигляд, б) схема батареї

Спостереження проводяться в декілька етапів. Окремі заміряні значення з гальванометра спотворюються висхідними або низхідними холодними потоками повітря. При кожному відліку з гальванометра береться відлік з вітрометра. Середнє вираховуване із всіх (3-5) відліків балансоміра виправляється. За значенням з вітрометра знаходимо пересічну на підставі останньої знаходимо поправочний множник. Виправлене пересічне значення з гальванометра множиться на поправочний і перевідний множники. Таким чином отримуємо інтенсивність радіаційного балансу без прямої сонячної радіації. Знак результату визначається за освітленістю сонцем верхньої сторони балансоміра або, в холодну погоду, за наближенням руки.

2.6.2. ПІРГЕОМЕТР САВІНОВА

Піргеометр – прилад для вимірювання довгохвильового ефективного випромінювання Землі. Існує декілька моделей приладу: піргеометр Савінова, піргеометр компенсаційний Онгстрема, термоелектричний піргеометр Янишевського, денні піргеометри з фільтрами, диференціальний піргеометр Лайхтмана-Кучерова тощо. Піргеометр Савінова використовується на актинометричних станціях з 1914 р.

Будова та принцип дії приладу. Приймач приладу складається з чорних (жорстких) і нікельованих (блискучих) пластинок, що чергуються. Унаслідок відмінності їх випромінюючої і поглинаючої здатності створюється різниця температур і виникає термострум, що вимірюється гальванометром. Під час вимірювання ефективного випромінювання поверхню піргеометра, що приймає на себе довгохвильове випромінювання поперемінно повертають то до неба, то до підстилаючої поверхні землі (рис. 13). Різниця отриманих величин відповідає ефективному випромінюванню земної поверхні [2].

Отож енергія, що попадає на приймач, нагріває чорні пластини сильніше, ніж нікелеві через різну їх поглинаючу здатність. Самі пластини нагрівшись, теж випромінюють теплову енергію, причому чорні пластини сильніше нікелевих. Це відповідно призводить до виникнення різниці в їх поглинанні. Покази піргеометра є пропорційними різниці температур і термоелектрорушійної сили.

У сучасній моделі термоелектричного піргеометра Савінова, вдосконаленого Ю. Д. Янишевським, зміни температури пластин, що припаяні до корпусу, забезпечують деяке її зниження, зумовлене потоком тепла, що проходить через термоелементи. Зараз широке використання в мережі актинометричних станцій мають піргеометри Савінова з четвертинним приймачем конструкції Янишевського (рис. 13).

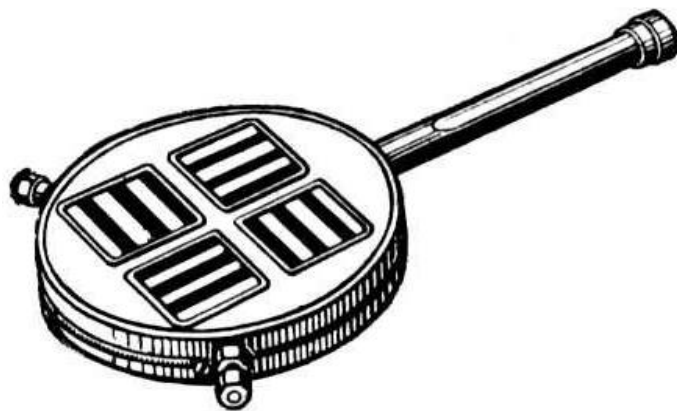


Рис. 13. Піргеометр Савінова

Особливістю цих піргеометрів є мала довжина пластин – 28 мм і термоелементів батареї – 4,5 мм. Плоска батарея всією поверхнею приклеєна

до нижньої поверхні приймальних пластин. Вони припаяні своїми кінцями до країв чотирьох квадратних отворів. Завдяки збільшенню тепловіддачі теплопровідністю зменшується конвекцією віддача повітря. За рахунок цього знижується температурний коефіцієнт перевідного множника піргеометра до 1,4 % на 10°, поправочний множник для приведення показників при вітрі до шттилю – до 1 +0,07 в та інерція піргеометра – до 7-9 с. Чутливість піргеометрів дорівнює 11 мв на 1 кал/см² за хв при опорі 36 ом. У піргеометрів Савінова будь-яких моделей залишається різниця між перевідним множником α_D для довгохвильової ефективної радіації і множником α_K для сумарної короткохвильової радіації, причому

$$\alpha_D = \alpha_K(0,58 + 0,01n),$$

де n – хмарність в балах [2].

Спостереження. Внаслідок відмінностей перевідних множників для сонячної радіації з різною довжиною хвилі денні спостереження піргеометром можуть бути виконані тільки при паралельному спостереженні короткохвильової радіації D піранометром. Для підвищення точності спостережень піргеометр і піранометр однаково затіняються від впливу прямої сонячної радіації. Тоді довгохвильова ефективна радіація за піргеометром Савінова визначається за виразом:

$$E_D = \alpha_D N - \alpha_D / \alpha_K D,$$

де N – відлік за гальванометром із затемненим піргеометром, α_D – повна ефективна радіація або залишок з різниці випромінення чорного тіла від суми інтенсивності всієї падаючої радіації:

$$E = \alpha_D N + (1 - \alpha_D / \alpha_K) D + S',$$

де S' – пряма сонячна радіація на горизонтальну поверхню.

Прилад градується в абсолютних величинах (кал/см²·хв) шляхом порівняння із показниками піргеометра компенсаційного Онгстрема або за випромінюванням абсолютно чорного тіла.

Недоліком піргеометра Савінова є зміна з часом його чутливості внаслідок старіння нікелевої поверхні, а також випадання гідрометеорів на нікелеві пластини та впливу вітру.

Питання для самоконтролю

1. Що таке актинометричні прилади? Суть принципу їх дії.
2. Як поділяються актинометричні прилади?
3. Охарактеризувати піргеліометр Онгстрема: будова та принцип дії приладу.
4. Яка будова геліографа? Принцип його дії.
5. Як здійснюються спостереження геліографом?
6. Охарактеризувати будову актинометра.
7. Як устанавлюється актинометр та як ним здійснюються спостереження ?
8. Яке призначення та будова піранометра?
9. Охарактеризувати устанавку та спостереження за піранометром.
10. Яка будова альбедометра?
11. Охарактеризувати порядок спостереження за альбедометром.
12. Яка будова термоелектричного балансоміра Янишевського?
13. Як здійснюється устанавка та спостереження балансоміром?
14. Охарактеризувати будову та принцип дії піргеометра Савінова.

ТЕМА 3

ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ

Для вимірювання температури повітря використовують наступні прилади:

1. *Строкові рідинні термометри.*
2. *Психрометричний ртутний термометр*
3. *Екстремальні термометри: максимальний (ртутний), мінімальний (спиртовий)..*
4. *Термограф-самописець (біметалевий, або манометричний).*
5. *Термометр-прац ртутний.*
6. *Цифрові термометри.*

3.1. СТРОКОВИЙ РІДИННИЙ ТЕРМОМЕТР

Строковий термометр (від слова „строк чи термін вимірювання”) показує реальну (фактичну) температуру повітря, води, ґрунту на час вимірювання, наприклад 03 год, 09 год, 15 год, 21 год тощо.

Найпоширенішим приладом для вимірювання температури повітря є **рідинні термометри**. Принцип їх роботи ґрунтується на властивості рідини змінювати свій об'єм (розширюватись або звужуватись) залежно від змін температури повітря, води, ґрунту. В конструюванні метеорологічних термометрів використовують спирт і ртуть. Специфіка використання цих речовин зумовлена з деякими їх фізичними властивостями, зокрема температурою замерзання та кипіння. Температура *замерзання* ртуті становить ($- 38,9^{\circ} \text{C}$), температура *кипіння* – $+ 356,9^{\circ} \text{C}$. Температура *замерзання* спирту сягає ($- 117,3^{\circ} \text{C}$), а температура *кипіння* – $+ 78,5^{\circ} \text{C}$.

Як видно з поданих числових показників, взимку, навіть при температурах, типових для помірного кліматичного поясу (не кажучи про Антарктику чи Арктику) є ймовірність замерзання ртуті і, відповідно, руйнування капіляру термометра. Спирт при високих температурах повітря

починає надзвичайно інтенсивно випаровуватися, що впливає на точність показників термометра. Тому загальноприйнятим є використання ртутних термометрів у теплий період року (літо) та спиртових – у холодний (зима).

Елементами **будови** будь-якого *рідинного термометра* є:

1. Корпус.
2. Пластинка, на якій нанесена температурна шкала з поділками. Пластинка з'єднана з резервуаром і капіляром.
3. Капіляр – тонка трубка, з'єднана з резервуаром з якого рухається рідина.
4. Скляний резервуар з рідиною.
5. Власне рідина (найчастіше – ртуть або спирт).

Для вимірювання строкових температур використовують психрометричний термометр.

3.2. ПСИХРОМЕТРИЧНИЙ ТЕРМОМЕТР

Психрометричний ртутний термометр визначає температуру і вологість повітря (рис. 14). Загальна довжина термометра може бути від 390 до 430 мм. Резервуар термометра кулеподібної форми з діаметром від 9 до 12 мм. Межі шкали психрометричних термометрів: верхня від +41 до +50° С і нижня від – 31 до – 35° С. Поділки на шкалі нанесені через 0,2°. Отож відлік до 0,1° легко береться візуально. Цифрові відмітки нанесені на шкалі через 5° С. Для установки термометра на верхньому кінці захисної трубки закріплений металевий ковпачок. Психрометричні термометри встановлюють у вертикальному положенні в психрометричних будках. Для вимірювання температури повітря нижче – 38° С використовують замість ртуті спирт [5].

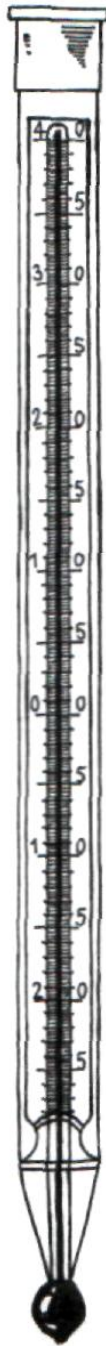


Рис. 14. Психрометричний ртутний термометр

3.3. МАКСИМАЛЬНИЙ РТУТНИЙ ТЕРМОМЕТР

Максимальний ртутний термометр призначений для вимірювання найвищої температури за певний період часу (переважно – за 3 год, стандартний проміжок часу між метеоспостереженнями). Максимальний термометр (рис. 15) має довжину від 320 до 360 мм. Поділки на шкалі

нанесені через $0,5^{\circ}$. Межі шкали від (-36) до $+51^{\circ}\text{C}$ або від -21 до $+71^{\circ}\text{C}$.

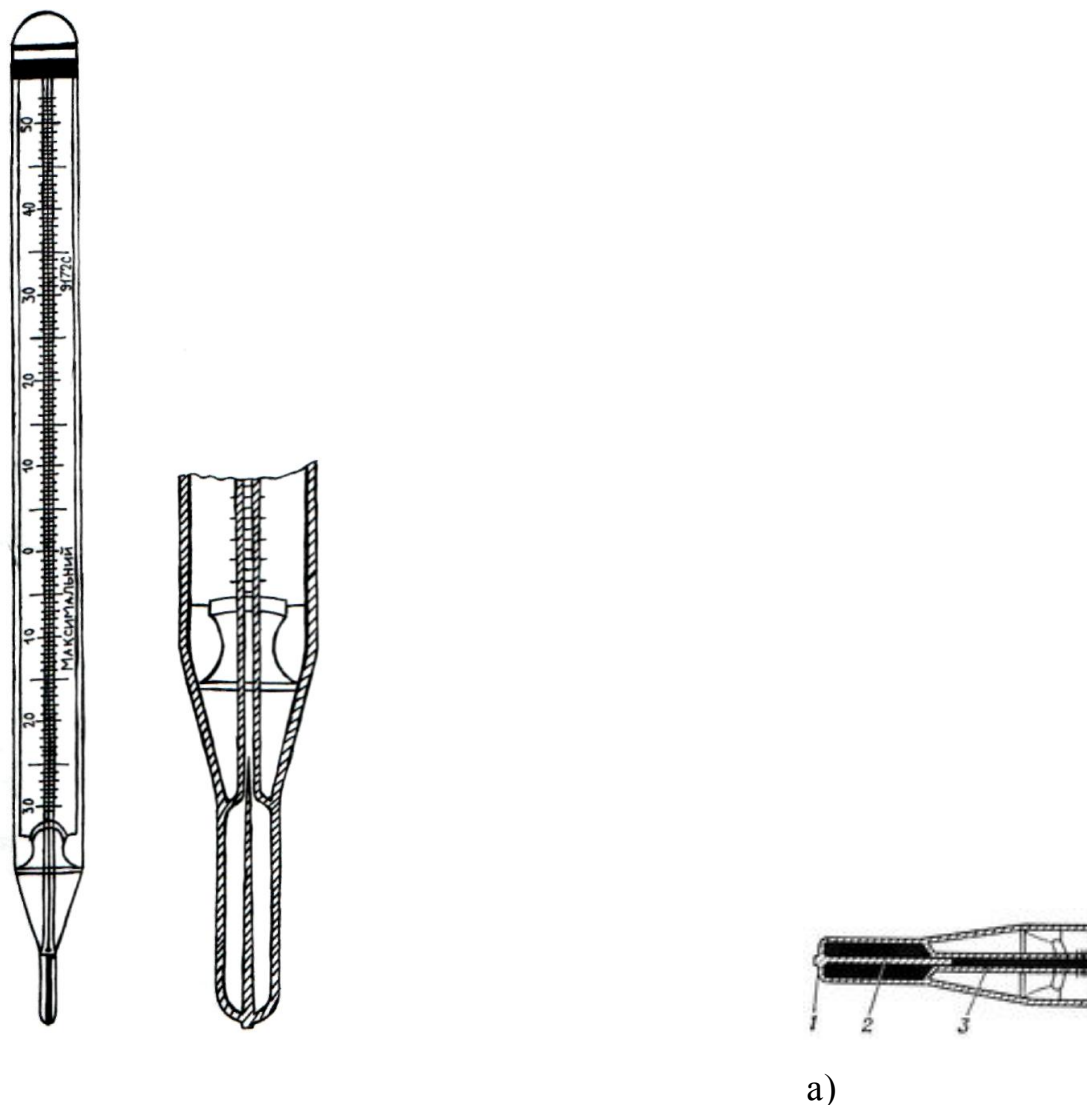


Рис. 15. Максимальний термометр: а) фрагмент будови максимального термометра, що забезпечує збереження максимальних показів

Під час спостережень максимальний термометр встановлюється горизонтально. Збереження максимальних показників температури досягається за допомогою спеціального штифта 2 (рис. 15, а), один кінець якого впаяний в дно резервуара 1, а другий кінець входить щільно в капіляр 3. Отож отримується звуження в капілярі, яке в перерізі має форму неправильного кільцевого отвору. Отже, штифт забезпечує збереження показників максимальних значень температури термометра. З підвищенням температури ртуть в резервуарі термометра буде розширюватись і, долаючи сили тертя в місці звуження, буде протікати між стінками капіляра і скляним штифтом 2. Таким чином, максимальний

термометр досягне тієї найвищої температури, яка буде зафіксована за даний проміжок часу. Подальше зниження температури термометра приведе до зменшення об'єму ртуті та її повернення з капіляра в резервуар. Ртуть в місці звуження зазнає впливу сил тертя, які сприяють її розриву. Внаслідок цього стовпчик ртуті не опускається з капіляра в резервуар при зниженні температури, показуючи найвищу температуру, яка була зафіксована під час спостереження [2, 5].

Для *підготовки максимального* термометра до наступного спостереження необхідно взяти його за середину і, тримаючи резервуаром донизу, зробити декілька різких розмахів рукою, струшуючи термометр, щоб перегнати частину ртуті з капіляра в резервуар. Струшування проводять до тих пір, поки показники термометра не будуть відповідати показникам сухого психрометричного термометра. Після струшування показники максимального термометра записують в книжку спостереження, а термометр встановлюють в будку. Струшування проводять швидко, показники беруть в тіні будки, не торкаючись резервуара рукою, щоб не нагріти його.

3.4. МІНІМАЛЬНИЙ СПИРТОВИЙ ТЕРМОМЕТР

Мінімальний спиртовий термометр призначений для вимірювання найнижчої температури за певний період часу (фото 16). Це – спиртовий термометр, поділки шкали останнього дорівнюють $0,5^{\circ}$ (рис. 16). У капілярі мінімального термометра заповненому спиртом *1* вільно плаває невеликий (12-13 мм) металевий (або пластиковий) штифтик з темного скла, який на своїх кінцях має потовщення у вигляді булавочних головок *2* (рис. 16, а). Загальна довжина термометра від 320 до 360 мм. Циліндричний резервуар повинен мати діаметр не більше 10 мм. Межі шкали мінімального термометра: верхня від $+21$ до $+30^{\circ}$ і нижня від -41 до -75° . При вимірюванні термометр встановлюється горизонтально [5].

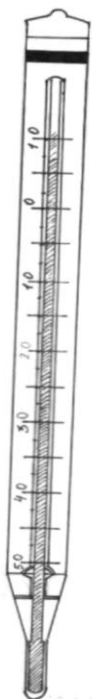
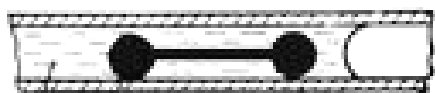


Фото 16. Зовнішній вигляд мінімальних спиртових термометрів



а) 1 2

Рис. 16. Мінімальний термометр: а) фрагмент будови мінімального термометра, що забезпечує збереження мінімальних показів

Перед спостереженням резервуар мінімального термометра піднімають вертикально та очікують, щоб штифтик дійшов до кінця стовпчика спирту в капілярі. Потім термометр кладуть горизонтально. Дійшовши до кінця стовпчика спирту, штифтик зупиняється, оскільки він настільки легкий, що не може прорвати поверхневий натяг спирту. Із зниженням температури спиртовий стовпчик вкорочується, плівка поверхневого натягу спирту просуває штифтик до резервуару, тобто в сторону зменшення показників температури, бо сила тертя головок штифтика об стінки капіляра значно менша сили опору поверхневої плівки, оскільки штифтик не може прорвати плівку поверхневого натягу, то він буде наближатись до резервуару. Внаслідок цього головка штифтика, що знаходиться з протилежного боку резервуару,

буде показувати найнижчу (мінімальну) температуру за проміжок часу, коли здійснювалося вимірювання. Якщо температура повітря почне підвищуватись, то спиртовий стовпчик видовжується, проте штифтик залишається на місці, оскільки сили тертя головок штифтика об стінки капіляра цілком достатні для його утримування на місці при обтіканні спирту. Внаслідок цього кінець штифтика, що віддалений від резервуара, зафіксує найнижчу температуру, що була з моменту попереднього спостереження [2].

Для *подальшої роботи* мінімального термометра необхідно, записати показник кінця штифтика протилежного резервуара (мінімум), знову довести штифтик до кінця стовпчика спирту і залишити термометр в горизонтальному положенні. Поряд з вимірюванням мінімальної температури за положенням кінця штифтика, що знаходиться з протилежного боку від резервуара, можна брати показник термометра за кінцем спиртового стовпчика, який відповідає строковій температурі повітря в момент спостереження. Потім ці показники строкової температури мінімального термометра звіряють з показниками ртутного сухого психрометричного термометра з метою достовірності замірів, бо спирт може частково випаровуватись і переходити у верхню частину капіляра, осідаючи там у вигляді дрібних краплин.

3.5. ТЕРМОГРАФ

Вимірювання температури в окремі моменти часу не завжди є достатніми для вивчення її впродовж доби. Для реєстрації варіацій температури у часі в метеорології використовують самописці, так звані – **термографи**, що дозволяють безперервно фіксувати температуру повітря як упродовж доби, так і впродовж тижня. Найпоширенішими є термографи метеорологічні з біметалевим приймачем (рис. 17, фото 17).

Будова приладу. Термограф складається з корпусу, що закривається кришкою. На кронштейні 2 (рис. 17) прикріплена біметалева пластинка 1, що фіксується у заданому положенні закріплюючим гвинтом 8. Важіль 5 закріпів стрілки 3 пера 4.

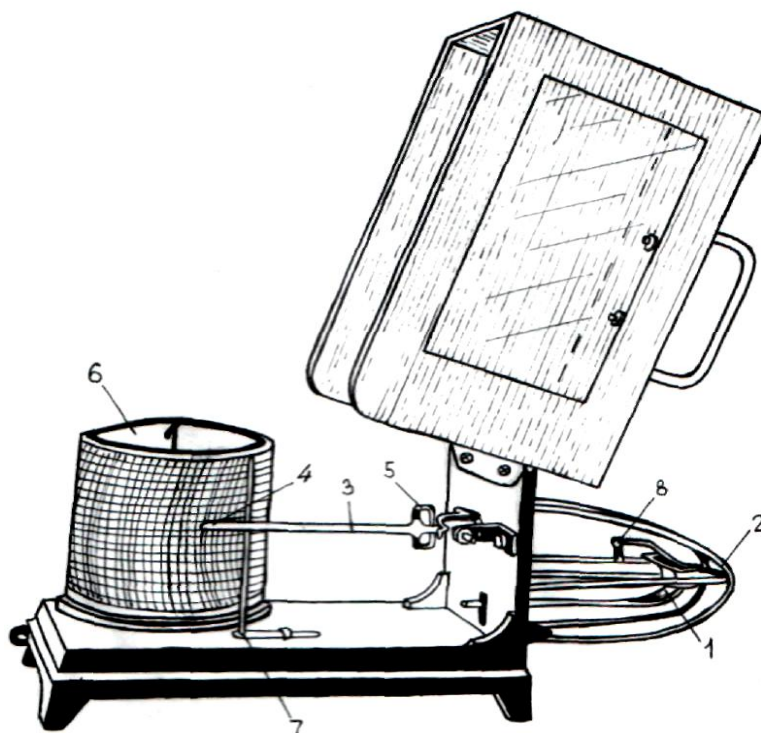


Рис. 17. Будова термографа: 1 – біметалева пластинка; 2 – кронштейн; 3 – стрілка; 4 – перо; 5 – важіль; 6 – барабан; 7 – аретир; 8 – закріплюючий гвинт.

Складовими елементами **термографа** є приймаюча, передаюча та записуюча частини. *Приймаючою* частиною біметалевих термометрів є подвійна (біметалева) пластинка. Вона складається з двох різнорідних металевих стрічок (заліза та міді, причому залізо має менший коефіцієнт розширення і розташоване зверху), що мають різні термічні коефіцієнти лінійного розширення. Стрічки спаюються або зварюються між собою. При зміні температури біметалева пластинка вигинається внаслідок різного розширення її двох складових. Зміна температури повітря відбивається на зміні радіусу кривизни біметалевої пластини, що *передаючою (важільною) системою* переміщує перо на спеціальній стрічці барабана 6. Запис відбувається на барабані 6. Він обертається як годинниковий механізм навколо нерухомої осі, закріпленої до основи корпусу. Барабан може здійснювати повний оберт за добу (добове заведення) або за тиждень (тижневе заведення). Гвинт 8 встановлює початкове положення пера відносно стрічки барабана. З допомогою аретира 7 (у вигляді вертикального стержня) можна перо 4 відхилити від стрічки і припинити запис [6].

Стрічка для здійснення запису на термографі розграфлена прямими лініями, паралельними її довжині. Останні перетинаються дугами, що знаходяться на однаковій відстані одна від одної. Прямі лінії є основою для відліку температури при записі термографа. Кожна поділка відповідає зміні температури на 1° (1 мм відповідає 1°). Цілі десятки градусів на стрічці мають цифрові позначення. Шкала всієї стрічки термографа розрахована на амплітуду коливань температури до 80° . Вертикальні дуги показують відлік часу. На стрічках для добового термографа відстань між двома сусідніми дугами відповідає 15 хв (1 мм відповідає 1 хв), а на стрічках для тижневого термографа – 2 годинам (1 мм відповідає 1 хв).

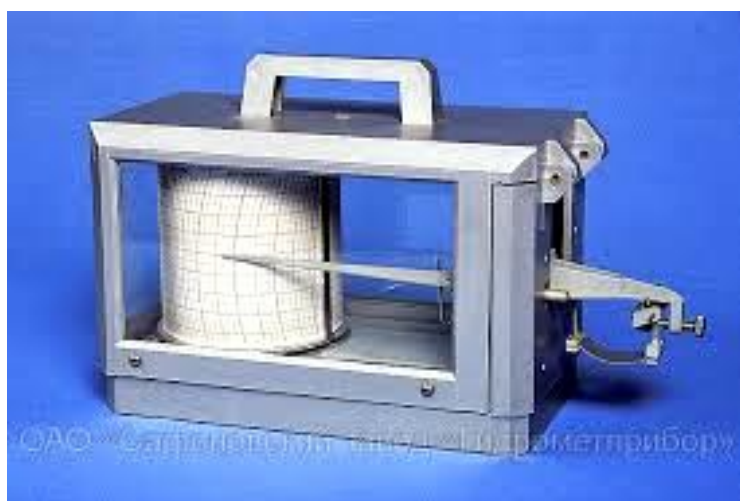


Фото 17. Зовнішній вигляд термографа

3.6. ТЕРМОМЕТР-ПРАЩ РТУТНИЙ

Термометр-пращ ртутний призначений для вимірювання температури повітря в експедиційних умовах, зокрема під час визначення висоти місцевості за допомогою анероїда. У термометрі міститься товстостінний капіляр, один кінець якого роздутий в резервуар циліндричної форми, а інший запаяний і містить вушко, яке закріплене на металевому ковпачку *1* (рис. 18). Капіляр заповнений ртуттю. Довжина термометра–праща від 170 до 190 мм. Поділки на шкалі термометра нанесені через $0,5^{\circ}$. Межі шкали: верхня від $+41$ до $+51^{\circ}$ С, нижня від -31 до -36° С. Термометр знаходиться у металевому або дерев'яному футлярі *2* із шнурком *3* (рис. 18). **У рисунку проставити цифри.**

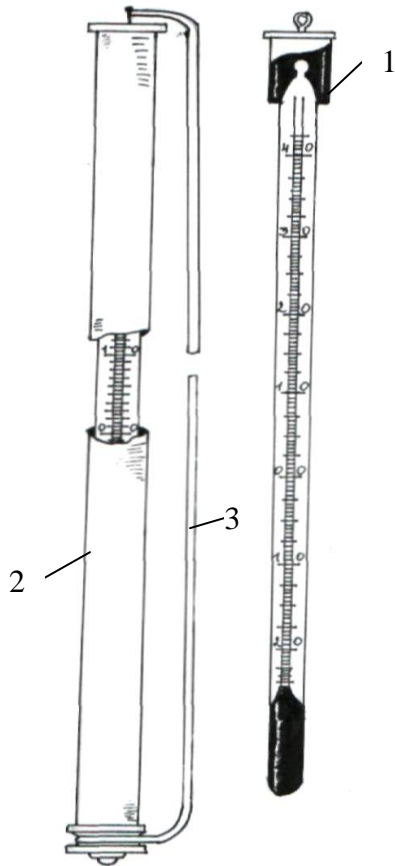


Рис. 18. Термометр-прац



Фото 18. Капілярний рідинний термометр

Спостереження. Температуру повітря термометром-працом визначають наступним чином. У вушко термометра-праца протягується міцний, тонкий шнурок, кінці якого зав'язуються вузлом, з витягнутою із нього петлею. Довжина подвійного шнурка повинна бути до 80 см. Одягнувши на вказівний палець петлю шнурка і витягнувши руку над головою (2 м), починають крутити термометр у горизонтальному колі. Обертання термометра потрібно здійснювати повільно, зі швидкістю не більше 1-2 обертів за секунду. Через хвилину обертання термометра заупиняють і, швидко знімають показники, процедуру продовжують через 15-20 с, до тих пір, поки покази термометра не будуть постійними. Для зупинки обертання термометра-праца піднімають вказівний палець руки, що тримає мотузку, верх і дають можливість останній обвитися навколо пальця, після чого беруть показники [2].

Спостереження краще проводити в тіні власного тіла. Необхідно стежити за тим, щоб під час знімання показників не торкатися пальцями резервуара термометра. Вимірювання температури цим термометром дає приблизні результати порівняно із спостереженнями в психрометричній будці.

3.7. ЦИФРОВІ ТЕРМОМЕТРИ

Цифрові електронні термометри призначені для вимірювання температури в діапазоні від -50°C до $+300^{\circ}\text{C}$ (фото 19, 24). Точність вимірювань коливається: від

-50°C до $+20^{\circ}\text{C}$

-20°C до $+200^{\circ}\text{C}$

200°C до $+300^{\circ}\text{C}$

Функції цифрових термометрів. На початку і при завершенні роботи з термометром натискаємо клавішу ON/OFF. Спочатку на екрані висвітляться всі елементи. Після другого натиснення клавіши ON починається вимірювання температури. Для фіксації показників температури необхідно натиснути клавішу HOLD. Для наступного вимірювання температури, натисніть клавішу HOLD повторно. Щоб зафіксувати максимальну виміряну температуру, натисніть клавішу MAX/MIN один раз, при повторному натисненні, на екрані висвітлиться найменша виміряна температура. Для зміни шкали вимірювання (Цельсія або Фаренгейта) натисніть клавішу C/F. Для заміни батареї обережно відкрийте кришку знизу і закладіть батарею (LR1130 або AG13).

Увага. Не торкайтесь вимірювального щупу після закінчення визначення температури. Зберігайте термометр в чистоті, старанно мийте щуп відразу після закінчення вимірювання температури.



Фото 19. Цифрові електронні термометри

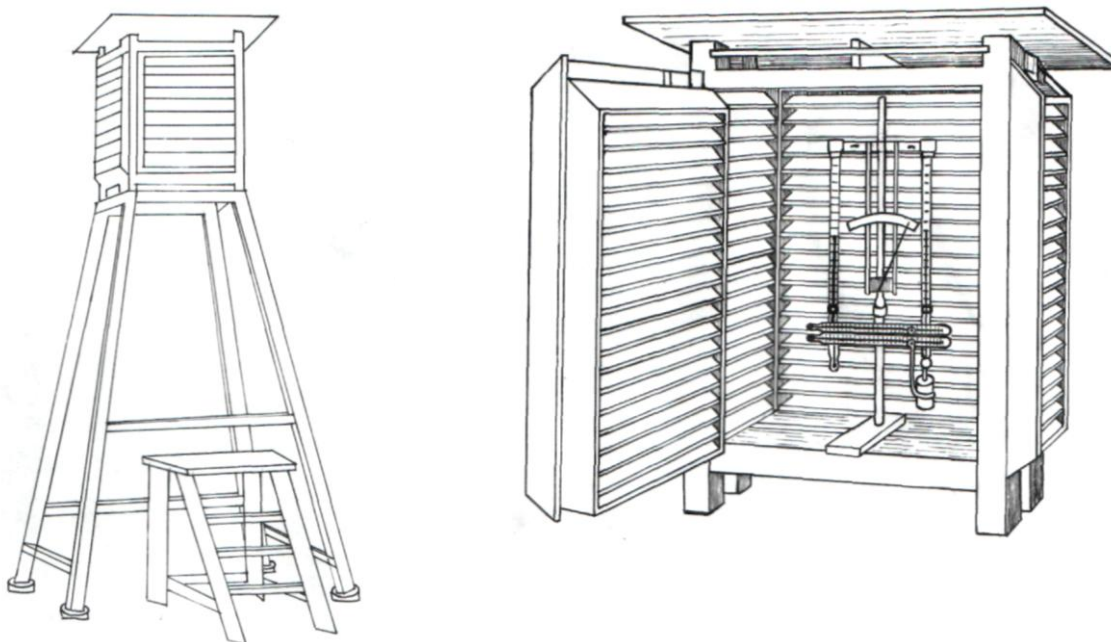
3.8. ПСИХРОМЕТРИЧНА БУДКА

Для достовірних показників температури повітря з метою захисту термометрів від попадання прямих сонячних променів, їх встановлюють в спеціальну психрометричну будку, що розміщується на висоті 2 м від поверхні ґрунту (рис. 19, фото 20). На такій висоті значно послаблений вплив підстилаючої поверхні. Висота будки 525 мм, ширина 460 мм, глибина 290 мм. Всі чотири стінки виготовлені з подвійних жалюзей. Пластинки жалюзей

кріпляться на відстані 25 мм одна від одної та кутом 45° з горизонтальною площиною. З кожного боку будки закріплено 20 пластинок жалюзей. Ці жалюзі захищають термометри від попадання прямої сонячної радіації і дозволяють вільний доступ повітря. Дах будки суцільний, дно складається з трьох дошок, причому середня розташована дещо вище двох бокових [5].



Фото 20. Внутрішній вигляд психрометричної будки



**Рис. 19. Психрометрична будка
(зовнішній та внутрішній вигляд)**

Установка приладів. Прилади в будці встановлюються на штативі 6 (рис. 20). Психрометричні термометри закріплюються вертикально в кільця

поперечних перекладин: зліва – сухий 1, і справа – змочений 2. Між ними на верхній перекладині кріпиться волосяний гігрометр 7. Максимальний 4 і мінімальний 5 термометри кладуть горизонтально на лапки, прикріплені до нижньої перекладини резервуарами на схід. На нижній перекладині штатива прикріплене кільце, де кріпиться склянка з водою для змочування батиста [3].

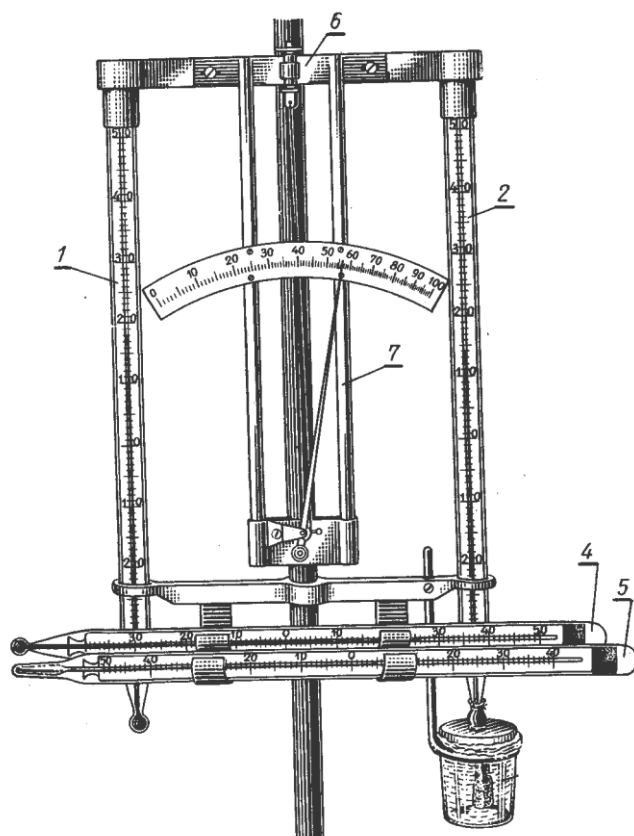


Рис. 20. Установка термометрів в психрометричній будці

Для зменшення нагрівання вся будка повинна бути пофарбована цинковою фарбою. Будка кріпиться на металевих стояках, що мають вигляд зрізаної піраміди. Вона орієнтується дверцятами на північ, щоб під час записування показників сонячні промені не могли попадати на термометри. З метою зручності взяття показників температури до будки кріпляться східці (рис. 19).

Спостереження за термометрами в психрометричній будці здійснюються в такому порядку:

1) послідовно беруться і записуються показники сухого та зволоженого психрометричних термометрів, гігрометра, мінімального і максимального термометра;

2) максимальний термометр струшується та записуються його показники;

3) підводиться штифт мінімального термометра до меніска спирту;

4) виконується повторний відлік показників сухого термометра.

Питання для самоконтролю

1. Які використовують прилади для вимірювання температури повітря?
2. Суть принципу роботи рідинного термометра.
3. Що є елементами будови рідинного термометра?
4. Яка будова та принцип дії максимального ртутного термометра?
5. Яка будова та принцип дії мінімального спиртового термометра?
6. Охарактеризувати будову термографа.
7. Яка будова термометра-праща?
8. Як здійснюються спостереження термометром-пращом?
9. Яке облаштування психрометричної будки та її призначення?
10. Як здійснюються спостереження за термометрами в психрометричній будці?

ТЕМА 4

ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ҐРУНТУ

На метеорологічних станціях для вимірювання температури ґрунту використовують :

- *строкові, мінімальні, максимальні* термометри (фото 23);
- *колінчасті термометри Савінова* – в поверхневих шарах ґрунту на глибині 5 – 20 см;
- *витяжні ґрунтоглибинні термометри* – на глибинах понад 20 см;
- *термометр-щуп* – в експедиційних, похідних умовах (фото 24).

Для вимірювання температури поверхневого шару ґрунту використовуються термометри: *строковий, мінімальний та максимальний*.

Ґрунтові термометри встановлюються на метеомайданчику, де готується ділянка розміром 2 м на 1 м, що повністю звільняється від рослинності та дернини, а ґрунт розпушується та вирівнюється (фото 21). Термометри розміщують в центрі ділянки з півночі на південь резервуарами на схід на відстані 5-6 см один від одного. З півночі перший строковий, потім мінімальний, за ним максимальний (фото 23). Термометри повинні лежати так, щоб резервуар і зовнішній їх бік були наполовину занурені в ґрунт і щільно прилягали до нього. Зимою термометри встановлюють в такій же послідовності тільки на поверхні снігу.



Фото 21. Ділянка для вимірювання температури ґрунту

4.1. КОЛІНЧАСТІ ТЕРМОМЕТРИ САВІНОВА

Колінчасті ртутні термометри Савінова призначені для вимірювання температури ґрунту на глибинах 5, 10, 15, 20 см (фото 22).

Комплект складається з термометрів довжиною 210, 350, 450, 500 мм (рис. 21). Ціна поділки шкали термометра $0,5^{\circ}\text{C}$. Термометри вимірюють температуру ґрунту від -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$.

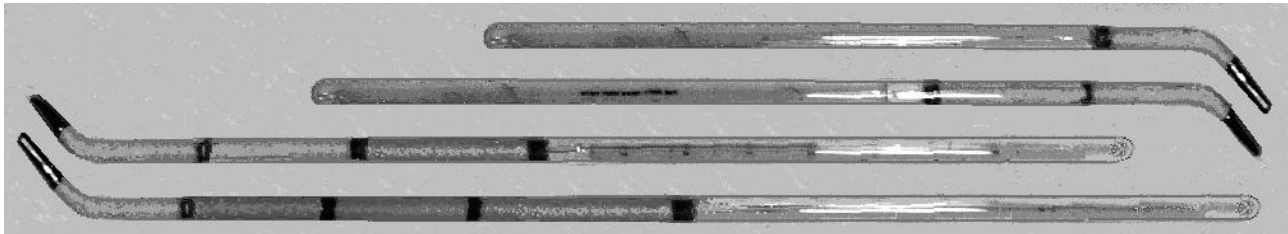


Рис. 21. Колінчасті термометри Савінова



Фото 22. Колінчасті термометри Савінова



Фото 23. Максимальний та мінімальний термометри для вимірювання температури поверхні ґрунту

Установка термометрів. Для установки колінчастих термометрів викопується траншея у вигляді трапеції ABCD (рис. 22). Північна сторона AB

траншеї прямовисна. В ній у заглиблення, паралельно поверхні ґрунту, встановлюють резервуари термометрів у вертикальному положенні з наростаючою глибиною 5, 10, 15, 20 см у напрямку зі сходу на захід. Відстань між ними 10 см. Правильно встановлені термометри повинні бути похилені до поверхні ґрунту під кутом 45° . Потім траншею засипають. Під час вимірювання спостерігач стає з північного боку та послідовно знімає покази, починаючи з термометра, який знаходиться на глибині 5 см [5].

Для вимірювання температури ґрунту термометри заглиблюють в ґрунт так, щоб резервуар із ртуттю був розташований горизонтально на заданій глибині (рис. 22). Шкала термометра знаходиться над поверхнею ґрунту, тому покази можна записувати, не витягуючи їх на поверхню. Звичайно на термометрі є мітка, що показує до якої глибини він повинен бути заглиблений в ґрунт. Термометр дещо вище резервуару з ртуттю зігнутий під кутом 135° , що забезпечує міцне утримування приладу в ґрунті, його опірність до поривів вітру тощо. Резервуар відділений від верхньої частини приладу шаром теплоізоляційного матеріалу (скловати тощо).

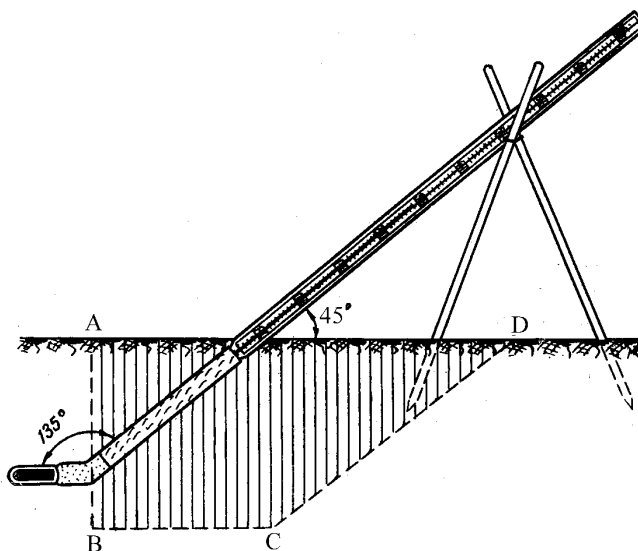


Рис. 22. Установка колінчастого термометра

4.2. ВИТЯЖНИЙ ГРУНТОГЛИБИННИЙ ТЕРМОМЕТР

Витяжний ґрунтоглибинний термометр використовується для вимірювання температури ґрунту на глибинах від 20 до 320 см. Ці термометри – психрометричні, їх довжина коливається від 350 до 370 мм при ціні поділки $0,2^\circ \text{C}$, а межа вимірювання: нижня – від -10° до -20°C , верхня – від $+31^\circ$ до $+41^\circ \text{C}$.

Будова приладу. Комплект складається з двох частин: жердини з термометром і вініпластикової трубки (рис. 23). Резервуар термометра знаходиться у вініпластиковій оправі 1, що оточена мідними опилками, насипаними через отвір 2, який після цього замазується воском. Вони призначені для теплового контакту з металевим ковпачком вініпластикової оправы, що дозволяє зберегти покази термометра під час витягування його з ґрунту для зняття показів. Вініпластикова оправа з термометром прикручується до дерев'яної жердини 3, верхній кінець останньої закінчується ковпачком 4 з кільцем, що дає можливість виймати термометр з траншеї для реєстрації показників. Дерев'яну жердину з термометром у вініпластиковій оправі вставляють в ебонітову трубку 5, закриту з нижнього кінця металевим ковпачком 6. Жердина повинна вільно входити в ебонітову трубку. Останню закопують у ґрунт на таку глибину, на якій необхідно виконати вимірювання його температури [2, 3].

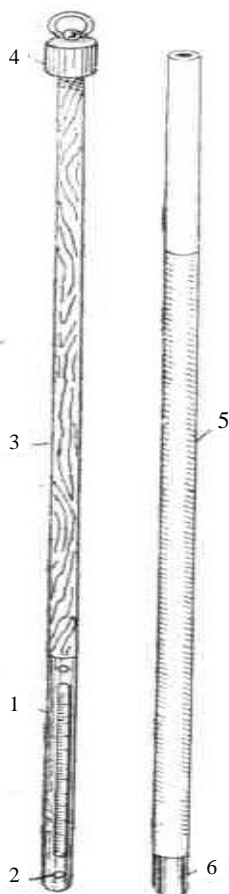
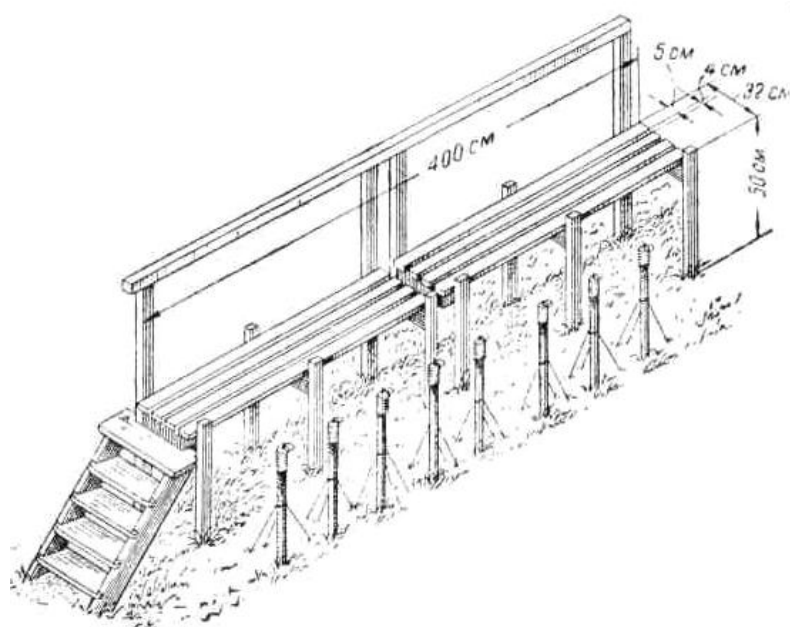


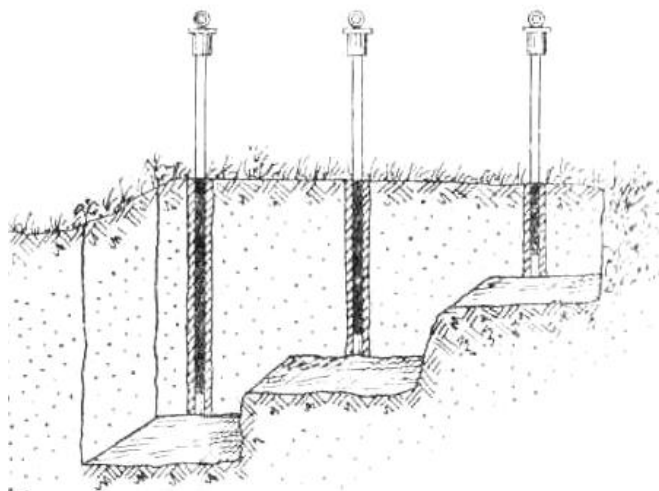
Рис. 23. Витяжний ґрунтоглибинний термометр

Установка ґрунтоглибинних термометрів здійснюється на відкритому, не затіненому природному ґрунті. Ебонітові трубки розташовуються в один

ряд в порядку зростання глибини 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4; 3,2 м зі сходу на захід на відстані 0,5 м одна від одної у спеціальних траншеях (рис. 24, а). З метою збереження стану поверхні ґрунту (особливо з південної сторони) для спостереження за температурою ґрунту на різних глибинах з північної сторони визначеного ряду згаданих термометрів обладнується спеціальний відкидний наміст на висоті 0,5 м (рис. 24, а), з якого беруться відліки термометрів. Заглиблення трубок в ґрунті здійснюється спеціальними бурами, щоб менше порушити природний стан ґрунту. За відсутності бура викопується вузька траншея, в якій прикріплюють на потрібній глибині на південній непорушеній стінці ями термометри (рис.24, б).



а) загальний вигляд рейкового настилу і встановлених витяжних ґрунтоглибинних термометрів



б) схема встановлення витяжних ґрунтоглибинних термометрів
Рис. 24. Установка ґрунтоглибинних термометрів

4.3. ТЕРМОМЕТР - ЩУП

Термометр-щуп призначений для вимірювання температури ґрунту на глибинах від 0,03 до 1,6 м в польових умовах (рис. 25, а). Він був сконструйований Б. Г. Івановим.

Будова. Прилад складається з круглої дерев'яної оправи 1 (палки) довжиною 1,7 м. На одному з кінців оправи вмонтований термометр 2, резервуар якого виступає з оправи та вкритий металевим ковпачком 3. Простір між резервуаром і ковпачком заливається смолою. Для вимірювання температури ґрунту на необхідну глибину пробурюється вертикальна свердловина за допомогою залізної штанги 4 (рис. 25, б) з потовщеним (булавоподібним) кінцем. В цю свердловину встановлюється термометр-щуп, але так, щоб ковпачок тільки злегка вдавлювався в дно свердловини. Після 20 хвилинної витримки прилад швидко виймають із свердловини та залежно від можливості швидко знімають відліки, щоб вони не встигли змінитися [2].

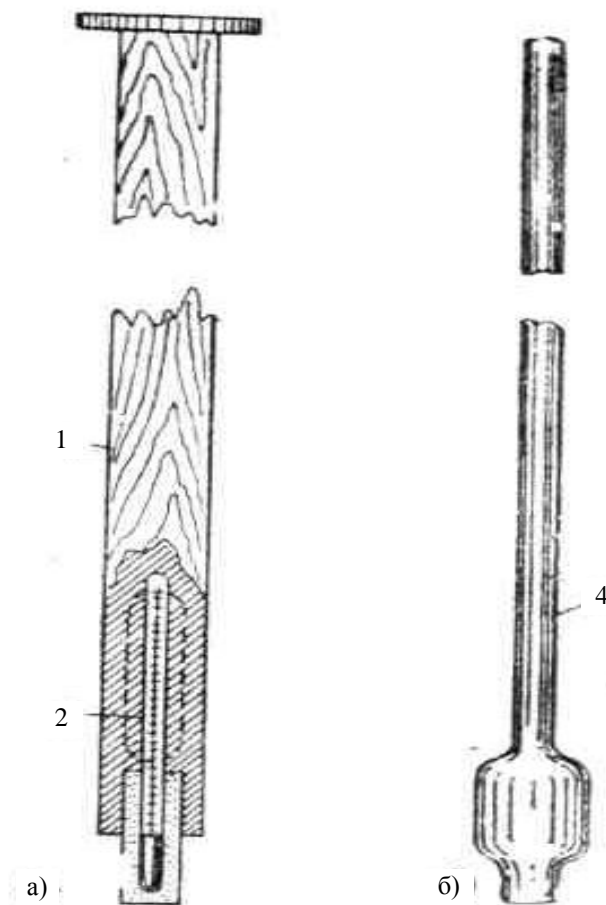


Рис. 25. Термометр-щуп Б. Г. Іванова



Фото 24. Електронний термометр – щуп



Фото 25. Прилад для вимірювання вологості, рН ґрунту та освітленості

4.4. ВИМІРЮВАЧ ДЛЯ ГРУНТУ

Для вимірювання вологості, кислотності ґрунту та освітленості території використовують прилад (фото 25), який має три режими роботи.

Режим управління приладом такий:

1. Освітленість

Встановіть перемикач приладу в режим LIGHT. Направте тестер з фотоелементом (N) в напрямку джерела світла. Зніміть показники приладу (верхня шкала) і визначте в якому діапазоні освітленості (min і max) знаходиться певна територія.

2. Вологість ґрунту

Для вимірювання вологості ґрунту (необхідний вирізаний блок ґрунту висотою 35 см) треба встановити перемикач приладу в режим MOIST і вставити два електроди в ґрунт між краєм і центром на $\frac{3}{4}$ довжини електрода. Зняти показники приладу (центральна шкала).

3. Кислотність

Встановити перемикач приладу в режим рН. Вставити два електроди в мокрий ґрунт. Через 1 с зняти показники приладу (нижня шкала).

Показники: лужне середовище – 8,0; кисле середовище – 3,5. Оптимальне значення знаходиться в межах 7 – 6,5. Якщо середовище кисле – треба додати вапно. Якщо середовище лужне – треба додати торф.

Догляд за приладом: повинен бути завжди сухим; користуватись потрібно обережно, не кидати; тримати в чистоті; протирати електроди вологою ганчіркою (не користуватися ніякими розчинниками, крім води), а потім сухою.

Питання для самоконтролю

1. Які термометри використовують для вимірювання температури ґрунту?
2. Яка будова колінчастих термометрів Савінова?
3. Як установлюють колінчасті термометри Савінова?
4. Охарактеризувати будову та установку ґрунтоглибинних термометрів, що витягаються
5. Яка будова термометра-щупа?

ТЕМА 5

ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ

Для вимірювання вологості повітря користуються психрометрами двох видів: *стаціонарний Августа* і *аспіраційний Асмана*, а також волосяним гігрометром і гігрографом.

5.1. ПСИХРОМЕТР СТАЦІОНАРНИЙ АВГУСТА

Психрометр стаціонарний – прилад, який складається з двох однакових ртутних психрометричних термометрів, встановлених поруч на штативі в психрометричній будці (рис. 26, а, фото 26). Лівий термометр називається “сухим” і показує фактичну температуру повітря в період спостереження, а правий - “змочений”, резервуар якого обв’язаний зволоженим кусочком батисту, кінець якого опущений у склянку з дистильованою водою. Склянка встановлюється в спеціальному дротяному кільці, що закріплюється на штативі за допомогою гвинта *1*. Відстань верхнього краю склянки від резервуара термометра має бути не менше 2-3 см, забезпечуючи вільний обмін повітря. З поверхні резервуара цього термометра відбувається випаровування води, інтенсивність якого буде залежити від вологості повітря. Чим менше насичене повітря вологою, тим інтенсивніше буде відбуватись випаровування зі зволоженого термометра і тим нижчі будуть його показники, оскільки на випаровування витрачається тепло [2].

Отже, різниця в показниках сухого і змоченого термометрів залежить від вологості повітря. Сухий термометр показує фактичну температуру повітря, а змочений – температуру, яка залежить від випаровування, що відбувається з поверхні зволоженого термометра. Вона дещо нижча, ніж сухого, чим сухіше повітря, тим більша різниця в показниках цих термометрів. Для отримання точних показників температури повітря потрібен належний догляд за психрометром, зокрема за змоченим батистом на

термометрі. Батист завжди повинен бути чистим, м'яким, вологим і щільно прилягати до резервуару.



Фото. 26. Психрометр стаціонарний Августа

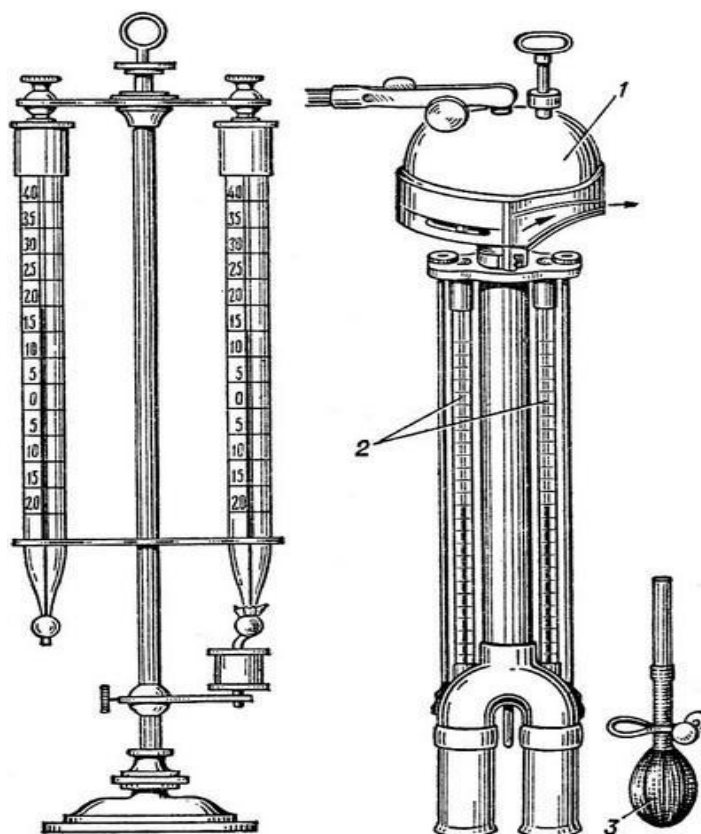
Порядок вимірювання. У теплу погоду перед зняттям показів температури сухого й змоченого термометрів необхідно переконатися в тому, що батист добре змочений. Після чого дуже швидко знімаються показники. Далі використовуючи психрометричні таблиці (табл. 5.1), визначають показники вологості повітря. Для цього у психрометричній таблиці знаходять рядок, що відповідає виміряному значенню температури сухого термометра, наприклад, $t=12,0^{\circ}\text{C}$. Потім для неї у колонці відшуковують показники температури зволоженого термометра (t'), наприклад, $t'=10,3^{\circ}\text{C}$ і тоді з цього рядка виписують значення показників вологості повітря: температуру точки роси (t_d), парціальний тиск (e), відносну вологість повітря (f), дефіцит вологості (d).

Таблиця 5.1

Показники вологості повітря

t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d	t'	t_d	e	f	d
12,0 °C					12,1 °C					12,2 °C				
10,5	9,0	11,5	82	2,5	10,6	9,2	11,6	82	2,5	10,7	9,3	11,7	82	2,5
10,4	8,8	11,3	81	2,7	10,5	8,9	11,4	81	2,7	10,6	9,0	11,5	81	2,7
10,3	8,6	11,2	80	2,8	10,4	8,6	11,2	79	2,9	10,5	8,8	11,3	80	2,9
10,2	8,4	11,0	79	3,0	10,3	8,5	11,1	79	3,0	10,4	8,6	11,2	79	3,0
10,1	8,1	10,8	77	3,2	10,2	8,2	10,9	77	3,2	10,3	8,4	11,0	77	3,2
10,0	8,0	10,7	76	3,3	10,1	8,0	10,7	76	3,4	10,2	8,1	10,8	76	3,4

Варто пам'ятати, що при температурах нижче нуля пружність водяної пари має досить низькі значення й різниця в показниках сухого й змоченого термометра буде незначною. До того ж варто врахувати в якому стані перебуває вода на батисті – твердому або рідкому, що також фіксується в записях книжки метеостанції. При дотриманні всіх правил при здійсненні спостережень в умовах від'ємних температур, такі заміри на зволоженому термометрі можна виконувати лише до температури не нижче -10°C . Спостереження за сухим термометром при мінусових температурах повітря ведуться до -36°C , оскільки руть при температурі -38°C замерзає.



а) психрометр Августа

*б) психрометр Асмана: 1 – вентилятор;
2 – психрометричні термометри;
3 – піпетка для змочування вологого
термометра*

Рис. 26. Будова психрометрів

5.2. ПСИХРОМЕТР АСПІРАЦІЙНИЙ АСМАНА

Психрометр аспіраційний працює за тим же принципом, що й стаціонарний. Він обладнаний пристроєм (вентилятором), використання якого сприяє вирівнюванню показників, їх репрезентативності. Психрометри бувають *електричні* (з електричним вентилятором) та з *механічним вентилятором*. Аспіраційний психрометр з ручним встановленням вентиляції використовується зазвичай в експедиційних умовах.

Будова психрометра аспіраційного (рис. 26, б; 27, фото 27). Два ртутних термометри 1 і 2 прикріплені до металевої оправи 3 (рис. 27). Між термометрами знаходиться центральна трубка 6. Нижня частина трубки розділяється на дві вужчі подвійні металеві трубки 4 і 5, у які вставляються резервуари термометрів. Верхній кінець трубки з'єднаний з аспіратором 7 через прорізи в ньому просмоктується навколишнє повітря через розгалужені трубки 4 і 5 мимо резервуарів термометрів. Аспіратор має пружинний механізм, який заводиться ключем. Аспіратор забезпечує постійну швидкість руху повітря 2 м/с біля резервуара змоченого термометра. Подвійні металеві трубки приєднуються до центральної трубки за допомогою пластмасових кілець 8 і 9. Резервуар одного із термометрів (правий 2) обгорнутий зволоженим батистом. Психрометр аспіраційний має залізний стержень-підвіс 13, що дає можливість вкручувати його в дерево або підвішувати на штативі (фото 27). Психрометр не вимагає якого небудь додаткового захисту і може встановлюватись цілком відкрито, тому що на правильність показників цього приладу не має впливу пряма сонячна радіація. Це досягається високим рівнем його поверхні, що забезпечує значне відображення сонячних променів, завдяки чому прилад мало нагрівається. При роботі з цим приладом необхідно звертати увагу на збереженість його полірування, на справність захисних трубок і постійність аспірації [3].



Фото 27. Аспраційний психрометр Асмана

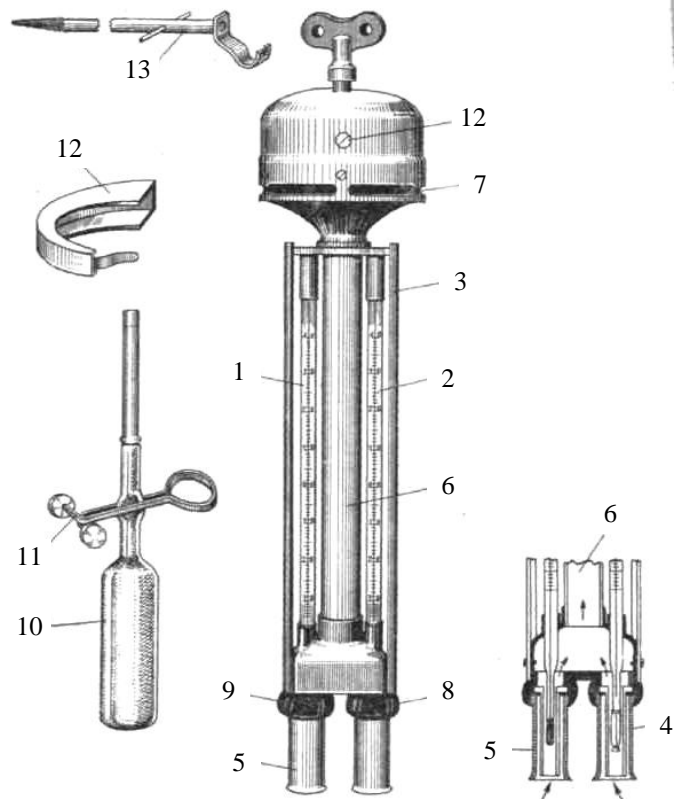


Рис. 27. Аспраційний психрометр Асмана:

1 – сухий термометр; 2 – зволожений термометр; 3 – металева оправа; 4 і 5 – подвійні металеві трубки; 6 – центральна трубка; 7 – прорізи в аспіраторі; 8 і 9 – ебонітові кільця; 10 – гумова груша; 11 – затискач; 12 – щиток; 13 – стержень-підвіс.

Спостереження за психрометром аспраційним. Психрометр виносять з приміщення та встановлюють в тому місці, де визначається вологість, зимою за півгодини, а літом за 15 хвилин до моменту спостережень. Прилад краще встановлювати на окремому стовпі або дереві з навітряної сторони, так щоб повітря йшло від приладу до стовпа, а не навпаки. Після цього приступають до змочування термометра, обв'язаного батистом, причому змочування зимою здійснюють за 30 хв, а літом за 4 хв до моменту спостережень. Для змочування беруть гумову грушу 10 наповнюють її дистильованою водою та злегка натискаючи доводять воду в скляній піпетці до мітки та утримують її на цьому рівні затискачем 11. Змочив термометр, ключем заводять вентилятор, який в момент відліку повинен працювати на всю потужність. Потім беруть показники у

градусах сухого і змоченого термометрів і записують їх. При цьому необхідно стежити, щоб під час зняття відліків вітер не дув від спостерігача до приладу, а навпаки, дув на спостерігача від приладу. Така міра застереження є необхідною, оскільки у психрометра аспіраційного відбувається засмоктування повітря, і якщо не дотримуватися відповідних застережень результати можуть бути спотворені [2].

5.3. ГІГРОГРАФ

Гігрограф – призначений для безперервної реєстрації змін вологості повітря (фото 28).

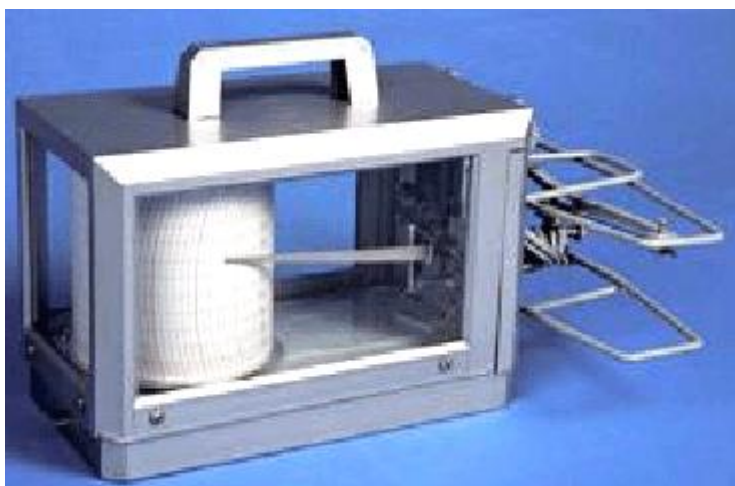


Фото 28. Гігрограф

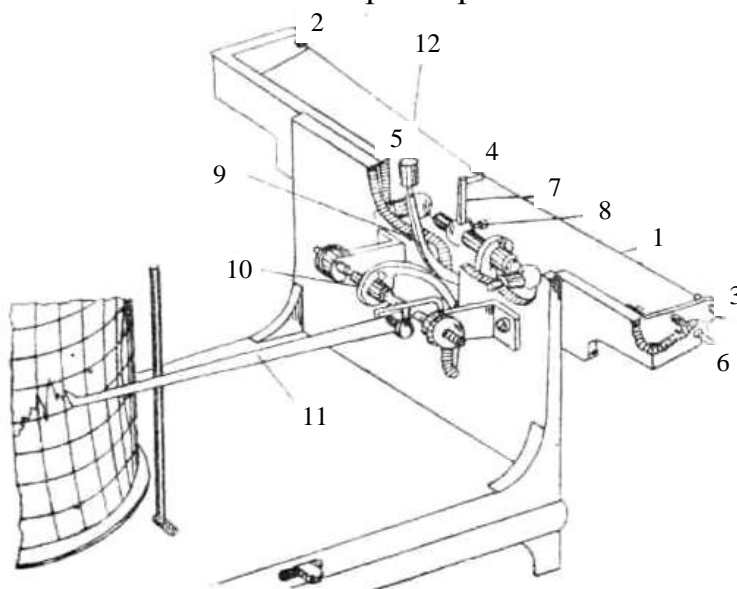
Будова приладу. *Приймальною частиною* гігрографа є обезжирений пучок людського волосся *1*, натягнутого на рамку *5* і закріпленого в точках *2* і *3* з допомогою ебонітових втулок (рис. 28, а). Довжина пучка приблизно 20 см. Пучок волосин відтягнутий за середину гачком *4*, що з'єднаний з віссю кулачка *9* з противагою *12*. Отже пучок волосин завжди знаходиться при визначеному натязі, що зумовлено противагою кулачка *9*. Зміна довжини пучка волосин в гігрографі важельно-кулачковим механізмом передається записуючому перу. Із зростанням відносної вологості пучок волосин видовжується, розвантажуючи важель *7*, при цьому кулачок *9* і противага *12* своєю вагою тиснуть на кулачок *10*, переміщуючи його вниз, а важель *11* з пером піднімається в верх стрічкою барабана. При зменшенні вологості пучок волосин скорочується, навантажуючи

при цьому важель 7 і піднімаючи кулачок 9, тобто розвантажуючи кулачок 10, який під впливом ваги важеля 11 з пером піднімається вгору до упору в кулачок 9, при цьому важель 11 з пером стрічкою барабана переміщується вниз [2, 3].

Така кулачкова система передачі виключає можливість обривання волосини при випадковому натискуванні на важель пера 11. Якщо натиснути важель 11 вниз, кулачок 10 піднімає кулачок 9 вгору – волосини при цьому повністю розвантажуються. Якщо підняти важель 11 вгору, то кулачок 10 опуститься вниз і при цьому волосини будуть завантажені тільки під впливом сили ваги кулачка 9 і противаги 12.

Реєструючою частиною гігрографа є барабан. Запис змін вологості повітря фіксується на стрічці, надягнутій на барабан, всередині якого знаходиться годинниковий механізм, що обертається навколо нерухомої осі. Залежно від швидкості обертання барабана гігрограф може бути добовим або тижневим. На стрічці паралельні горизонтальні лінії відповідають відносній вологості повітря в процентах, вертикальні дуги – часу; на добових стрічках одна поділка дорівнює 15 хв, а на тижневих – 2 год [6].

Гігрограф записує не дійсні значення вологості повітря, а його коливання. Останні встановлюються шляхом опрацювання стрічки гігрографа на основі порівняння з відповідними показниками психрометра.



а) схема механізму волосяного гігрографа

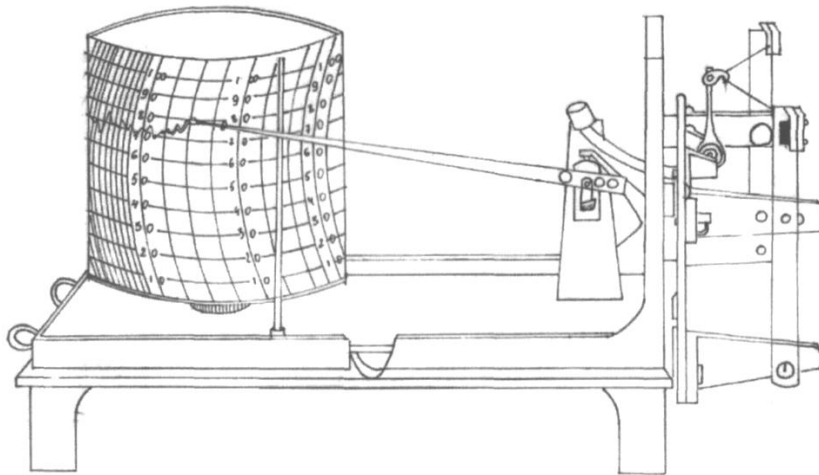


Рис. 28. Будова гігрографа

5.4. ГІГРОМЕТР

Гігрометри бувають двох типів: *волосяний* – чутливий елемент – людське волосся; *плівковий* – чутливий елемент – органічна плівка.

Волосяний гігрометр (рис. 29, фото 29) є відносним приладом, призначеним для вимірювання вологості повітря взимку при температурах нижче -10°C , хоча спостереження можуть проводитись упродовж року.

Будова приладу. На металевій рамці 7 (рис. 29) довжиною 27 см, прикріплена людська обезжирена волосина 1. Верхній кінець якої закріплений гвинтом 2, що знаходиться на верху металевої рамки. Нижній кінець волосини закріплений регулятором 3 на горизонтальній осі 4, до якої кріпиться стрілка 5. На середині рамки прикріплена шкала 6, на якій рухається кінець стрілки. На шкалі нанесені сто різної величини поділок, кожна з яких відповідає 1% відносної вологості. Вони поступово зменшуються від 0 до 100, що зумовлено змінами вологості. Відліки беруться з точністю до цілої поділки. Із збільшенням відносної вологості повітря волосина видовжується і стрілка рухається вправо, при зменшенні – вона вкорочується і стрілка рухається вліво.

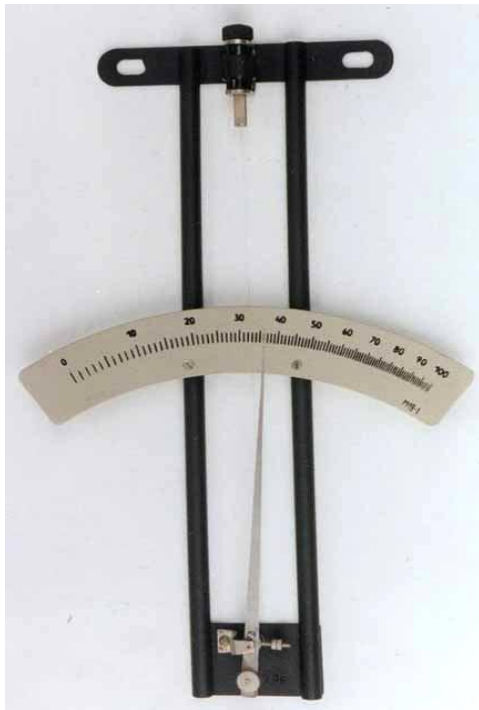


Фото 29. Волосяний гігрометр

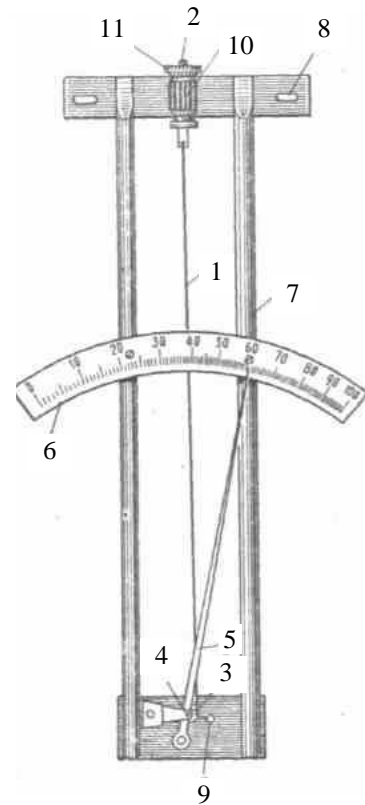


Рис. 29. Волосяний гігрометр : 1 – обезжирений волос; 2 – гвинт; 3 – регулятор; горизонтальна вісь; 5 – стрілка; 6 – шкала; 7 – рамка; 8 – отвори на рамці; 9 – вантажик; 10 – гайка; 11 – контргайка.

Волосяний гігрометр не визначає абсолютних значень. Для отримання істинних показників вологості повітря необхідно вносити поправки, визначені в результаті порівняння показників гігрометра з показниками психрометра, що визначається графічним шляхом [3, 5]. Гігрометр теж встановлюють в психрометричних будках поруч з стаціонарним психрометром, і кріпиться на штативі між сухим і змоченим термометром (рис. 19).

Крім волосяних гігрометрів існують плівкові гігрометри (рис. 30). Відмінність полягає в тому, що вологість сприймається плівкою гігрометра, а це мембрана з гігроскопічної тваринної плівки, яка обтягує металеве кільце [6].

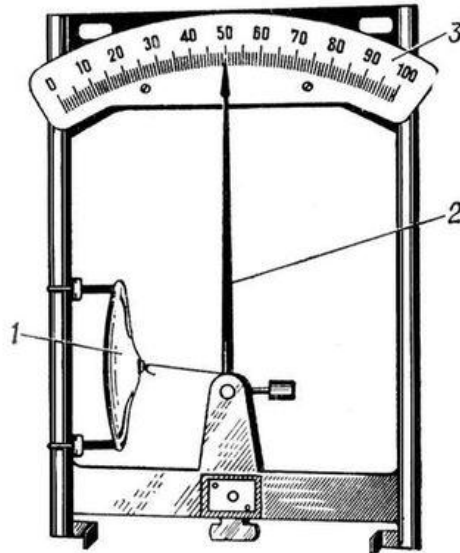


Рис. 30. Плівковий гігрометр: 1 – мембранна плівка; 2 – стрілка



Фото 30. Гігрометр

Гігрометр вимірює відносну вологість повітря. Оптимальне співвідношення температури та вологості залежно від типу приміщення:

Приміщення	Температура, °С	Вологість, %
Коридори та сходи	15	40...60
Спальня, кухня, столова	16...18	50...70
Вітальня	20	40...60
Ванна	23	50...70

Догляд і збереження приладу. Прилад повинен бути завжди сухим. Поводьтесь з приладом обережно, не кидайте його. Утримуйте корпус в чистоті. Протирайте корпус і скло шматком вологої тканини, не

використовуйте ніяких розчинників, крім води. Захищайте прилад від дощу та вологи. Не потрібно встановлювати прилад поблизу джерел тепла або під прямим сонячним промінням.

Питання для самоконтролю

1. Назвати прилади для вимірювання вологості повітря.
2. Яка будова стаціонарного психрометра Августа?
3. Який порядок вимірювання показників вологості повітря за психрометричними показниками?
4. Охарактеризувати будову аспіраційного психрометра Асмана.
5. Яка будова гігрографа?
6. Які бувають гігрометри?
7. Яка будова волосяного гігрометра?
8. В чому полягає відмінність волосяного гігрометра від плівкового?

ТЕМА 6

ВИМІРЮВАННЯ ВЕЛИЧИН ВИПАРОВУВАННЯ

З приладів, що визначають величину випаровування з поверхні ґрунту заслуговують на увагу ґрунтові випаровувачі системи *М. А. Рикачова та В. І. Попова*.

6.1. ГРУНТОВИЙ ВИПАРОВУВАЧ ПОПОВА

Розглянемо ґрунтовий випаровувач *В.І. Попова*.

Будова приладу. Він складається з двох циліндричних металевих посудин, що щільно входять одна в одну. Внутрішній циліндр 1 (рис. 31, а) є випаровувачем. Він має дно з комірками розміром 1 мм². Верхній край циліндра має заплечики, що виступають при установці його в зовнішній циліндр, закриваючи щілину між ними, забезпечуючи зовнішній циліндр від попадання в нього опадів. Виступ на верхньому краї внутрішнього циліндра має чотири вушка, куди вставляється ручка для витягування циліндра. У внутрішній циліндр поміщають спеціально вирізаний цілий брусок ґрунту. Для нарізання такого моноліту застосовують особливий струг (рис. 31, б), що складається із залізного каркасу, що закінчується ножем і циліндра, вставлених в каркас. Спочатку в ґрунті лопатою приблизно окопується моноліт, діаметром дещо більшим, ніж циліндр, а потім за допомогою накладеного зверху струга, поступово його обрізають і після цього циліндр цілим перекладають у випаровувач. Вирізання моноліта ґрунту здійснюють зранку [2].

Зовнішній циліндр 2 (рис. 31, в), що слугує футляром для внутрішнього має глухе дно. Діаметр зовнішнього цидіндра на 2 мм більший, ніж внутрішній, тобто становить 254 мм при висоті 305 мм. Зовнішній циліндр встановлюється в ґрунт так, щоб дашок, що знаходиться у верхній частині футляра, збігається з рівнем поверхні ґрунту. З цією метою на вибраній для спостереження рівній ділянці лопатою викопується яма дещо більшого діаметру, ніж футляр. Потім

його вставляють згідно рівня. Щілина навколо футляра засипається землею, яку при підсипанні поступово втрамбовують. Вставлений в ґрунт циліндр утримується трьома лапками, прикріпленими у верхній його частині. Лапки прикручують до дерев'яних кілочків, вбитих у землю. Краї зовнішнього циліндра, після того як його вставляють в ґрунт, виступають над поверхнею на 5 мм. Після того як зовнішній циліндр буде встановлений в ґрунт, на дно його ставиться водозбірна посудина 3 (рис. 31, г), а потім вкладають внутрішній циліндр з монолітом ґрунту (рис. 32).

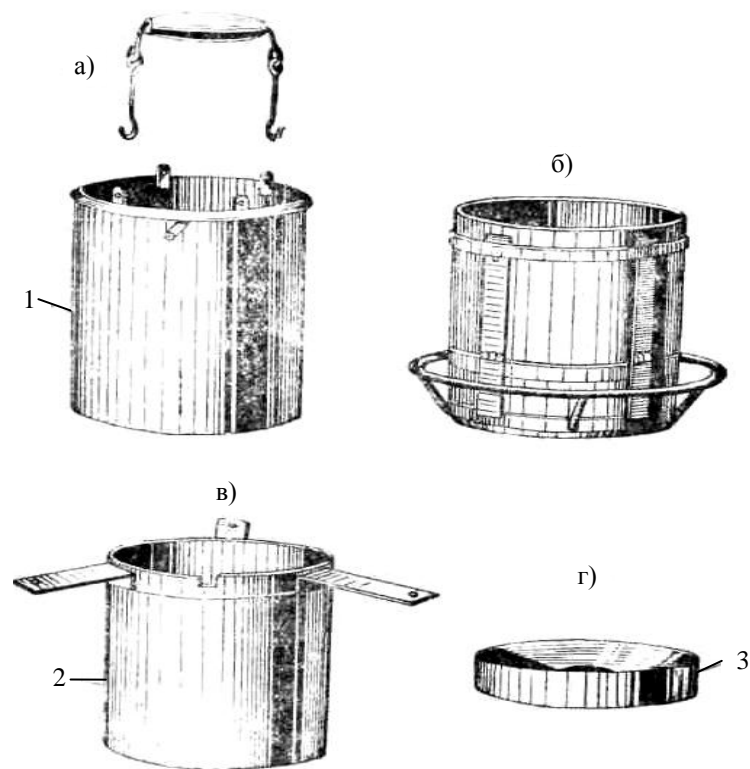


Рис. 31. Випаровувач Попова

Спостереження за випаровувачем полягає в щоденному зважуванні о 19 год внутрішнього циліндра з монолітом ґрунту. Зважування проводять на вагах з точністю до 5 г, що відповідає шару випарованої води товщиною в 0,1 мм. Зміна ваги моноліта ґрунту та виміряна дощоміром кількість опадів, а також кількість просоченої у водозбірну посудину води дає можливість визначити величину випарованої води з випаровувача.

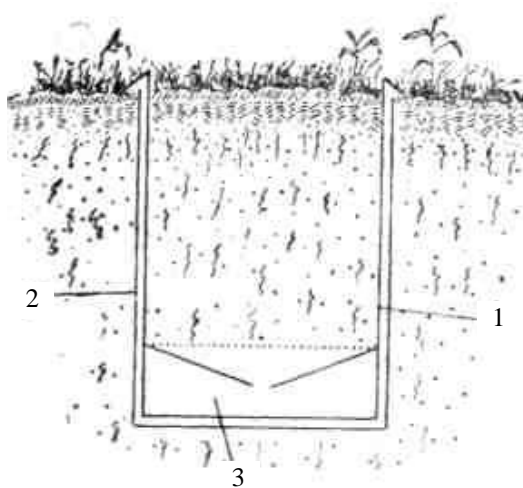


Рис. 32. Схема установки випаровувача Попова

Випаровувач Попова може використовуватись як лізиметр, тобто прилад для визначення опадів через верхні шари ґрунту.

Для цих спостережень зовнішню посудину 2 в яку вставлена посудина 1 з монолітом ґрунту не має суцільного дна, а сітчасте дно, як і посудина 1. Висота зонішнього циліндра для лізиметричної устоновки становить 255 мм. У випадках, коли ведуться спостереження не тільки за випаровуванням, а й за просочуванням повинно бути три парні установки: дві лізиметричні і одна евапарометрична (випаровувальна). Одна лізиметрична залишається весь час незмінною, тоді посудини з монолітами ґрунту двох установок щоденно міняються місцями. Після зважування внутрішнього циліндра, що знаходиться в евапарометричному положенні, переставляється в лізиметричний, а циліндр із лізиметричної переставляється в евапарометричну. Величину випаровування в мм у випаровувачі Попова можна визначити за формулою:

$$E = (K + c) - d,$$

де E – випаровування за добу (в мм), K – різниця у вазі внутрішнього циліндра з попереднім (в лізиметричному положенні) і за поточний день (при евапарометричному положенні), c – кількість опадів (в мм), d – кількість води в мм шару у водозбірній склянці [2].

Величина просочування обчислюється за формулою:

$$f = (K_1 - E) + c,$$

де f – просочування води за добу (в мм), K_1 – різниця у вазі постійної лізиметричної установки, E - випаровування за добу, c - кількість опадів в мм.

6.2. ВИПАРОВУВАЧ ШУЛЕЙКІНА

Випаровувач Шулейкіна використовується для вимірювання випаровування у морі. Суть методу за Шулейкіним полягає у визначенні зниження температури деякої кількості води, з поверхні якої відбувається випаровування за рахунок тепла, що витрачається на випаровування. На випаровування витрачається теплова енергія, причому на випаровування одиниці маси води при конкретній температурі потрібно витратити визначену кількість тепла. Знаючи величину втрати тепла, отриманого від випаровуваної води, можна підрахувати, яка кількість води при цьому випарувалась. Для цього розрахунку необхідно, щоб випаровувана маса води, з поверхні якої відбувається випаровування, не віддавала і не отримувала тепла ззовні. Знаючи кількість випарованої води і величину поверхні випаровувача, з якої вона випаровується можна отримати значення шару випарованої води, вираженого в мм. Прилад, розроблений Шулейкіним для вимірювання випаровування води влаштований таким чином (рис. 33).

Будова приладу. В дюарівську посудину налито визначену кількість води M . Зверху посудину закривають двома кришками, що розсуваються 1 . Через ці кришки проходить термометр 2 , резервуар якого занурений у воду. Вся посудина тримається на кардановому підвісі в штативі, причому вантажик 3 , який знаходиться під посудиною надає звисаюче положення приладу. У приладі встановлюється анемометр 4 [2].

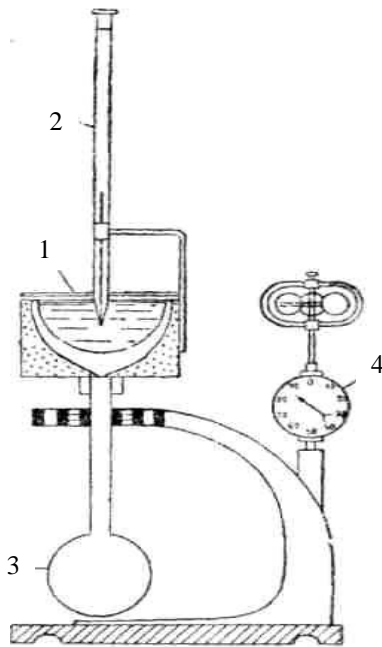


Рис. 33. Випаровувач Шулейкіна

Спостереження за випаровувачем Шулейкіна. Прилад встановлюється на палубі у тіні з навітряної сторони і наповнюється морською водою, що взята з поверхні моря відром. Взявши відлік термометра перший раз при закритих кришках випаровувача, та другий – через декілька хвилин після того, як кришки були відкриті можна на основі різниці цих показників, визначити кількість випарованої води. Проте за такого способу спостережень можливі великі неточності, що зумовлені низкою обставин. Охолодження води у випаровувачах залежить не тільки від випаровування, а й від теплообміну між повітрям і водою. У випадку коли температура води вище температури повітря, то очевидно, що вода втрачає тепло не тільки на випаровування, а й віддає його шляхом теплообміну холоднішому повітря. Коли температура води нижча температури повітря, частина тепла, що втрачене водою на випаровування буде замінюватись теплом теплішого повітря. Таким чином, згадані вище розрахунки справедливі тільки тоді, коли температура води і повітря однакові.

Щоб отримати величину випаровування власне для цих моментів, Шулейкін побудував «криві охолодження» води у випаровувачі. З цією метою відліки термометра 2, після того як відкривались кришки випаровувача здійснювались через невеликі проміжки часу (декілька секунд), причому одночасно брались

показники анемометра 4, розміщеного поруч з випаровувачем. На основі цієї інформації будувалась крива, причому на осі ординат відкладалась – температура води, а на осі абсцис – відстань, яку пройде повітря від початку спостережень до моменту відліку (за показами анемометра). Проводячи дотичну до кривої в точці, що відповідає збігу температур повітря і води, можна визначити швидкість охолодження води у випаровувачі. Знаючи об'єм води M у випаровувачі і швидкість її охолодження, можна обчислити кількість теплоти, що утрачається на випаровування, а значить і кількість випарованої води за одиницю часу, тобто швидкість випаровування [2].

Питання для самоконтролю

1. Які прилади використовують для вимірювання величин випаровування з поверхні ґрунту?
2. Яка будова ґрунтового випаровувача В.І. Попова?
3. Як здійснюються спостереження випаровувачем В.І. Попова?
4. В чому полягає суть методу випаровувача Шулейкіна?
5. Яка будова випаровувача Шулейкіна?
6. Як здійснюються спостереження випаровувачем Шулейкіна?

ТЕМА 7

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ХМАРНІСТЮ

Визначення форми і кількості хмар. Відповідно до Настанови гідрометеорологічним станціям і постам на метеорологічних станціях визначають кількість, форму та висоту (нижньої межі) хмар. Кількість і форму хмар виявляють візуально, а висоту хмар – інструментальними методами. Форми хмар визначають згідно з міжнародною класифікацією хмар і «Атласом хмар». Кількість хмар підраховують візуально за ступенем закриття небосхилу у балах (від 0 до 10). Реєструють загальну кількість хмар на видимому небосхилі та (окремо) кількість хмар у нижньому ярусі. Якщо під час проведення спостережень внаслідок туману або заметілі з випаданням снігу не видно неба, то варто вважати, що весь небосхил закритий хмарами, записати 10 балів і зазначити «хмарно», як для загальної кількості хмар, так і для хмар нижнього ярусу.

Реєструються усі форми хмар, їх види і різновиди як присутні на момент спостереження, навіть якщо їх дуже мало (але більше ніж 0,5 бала). У книжці спостерігача записують: кількість хмар – загальну і нижнього ярусу; форми хмар верхнього, середнього і нижнього ярусів; висоту нижньої межі хмар. Рекомендації з визначення форм хмар та їх кількості викладені у Настанові гідрометеорологічним станціям і постам [4].

Визначення висоти нижньої межі хмар. Під висотою хмар розуміють висоту їхньої подошви над поверхнею землі. Найчастіше вимірюють висоту хмар нижнього і середнього ярусів (не вище 2500 м), при цьому визначають висоту найнижчих хмар. За наявності туману вважається, що висота хмар дорівнює нулю. На наземних станціях висоту нижньої межі хмар визначають за допомогою світлолокаційного вимірювача висоти нижньої межі хмар (ІВО) і куль-пілотів.

Метод світлолокації. За цим методом висоту нижньої межі хмар визначають, враховуючи проходження світлом шляху від випромінювача світла до хмари і назад. Висоту хмари H обчислюють за формулою

$$H = c \cdot \tau / 2,$$

де c – швидкість світла ($3 \cdot 10^8$ м/с), τ – час (вимірюють з точністю 10^{-7} с).

Світловий імпульс надсилається випромінювачем і після віддзеркалення від хмар надходить до приймача. Вимірювання можна виконувати у будь-який період доби.

Вимірювач висоти нижньої межі хмар ІВО-1М (фото 32, 33) складається з випромінювача і приймача світлових імпульсів (фото 31), пульта керування (фото 32) і комплекту з'єднувальних кабелів. На метеомайданчику стоять два прилади "ІВО-1М". Один з них випускає у небо промені, інший їх приймає. Інформація подається на спеціальний вимірювач, який і визначає висоту хмар (фото 32, 33). Випромінювач надсилає до хмар світлові імпульси, що генеруються світловою лампою. Термін служби лампи 40 годин, а вимірювання триває майже 10 с (з частотою світлових імпульсів 20 Гц). Приймач перетворює віддзеркалений від хмари світловий імпульс у електричний сигнал, посилює і передає його на пульт керування. Приймач має фотоелектронний помножувач ФЕП-1 і ламповий підсилювач [7].

Визначення часу між моментом випромінювання імпульсу і моментом надходження сигналу відбувається на екрані електронно-променевої трубки пульта керування. Відстань від початку розгортки до середини фронту віддзеркаленого імпульсу пропорційна висоті хмар. Це дозволяє отримати показник висоти нижньої межі хмар безпосередньо в метрах. Випромінювач і приймач змонтовані в металевих корпусах з кришками, що відкриваються дистанційно (фото 31). Корпуси датчиків встановлені на опорних ніжках. У випромінювачі у фокусі дзеркала розташована газорозрядна лампа, а в приймачі в фокусі дзеркала – фотопомножувач ФЕП-1.



Фото 31. Приймач для вимірювання висоти хмар

Конструкція пульта керування подібна до конструкції звичайного електронно-променевого осцилографа. Пульт має два яруси. У нижньому ярусі розташовані трансформатори, дросель високої напруги, високовольтні фільтрові конденсатори. У нижньому – електричні схеми генератора горизонтальної розгортки, калібровки підсилювача, електронно-променевої трубки з елементами живлення, потенціометри настроювання та регулювання. На передній панелі пульта розташовані екран електронно-променевої трубки, контрольно-вимірювальний прилад, ручки керування і сигнальні лампи (фото 32, 33). Випромінювач і приймач з'єднано з пультом керування за допомогою кабеля. Керування ними, зокрема відкриття і закриття кришок, здійснюється дистанційно. Випромінювач і приймач можуть працювати при температурі – 50...+50 °С. Пульт керування працює у приміщенні при температурі повітря +5...+50 °С. Прилад ІВО-1М дозволяє визначити висоту нижньої межі хмар у діапазоні від 50 до 2000 м з похибкою 10...15 % [4].



Фото 32. Пульт керування приладу ІВО-1М



Фото 33. Вимірювач висоти нижньої межі хмар ІВО-1М

Метод куль-пілотів. Висоту нижньої межі хмар можна визначити за допомогою куль-пілота. Куля-пілот – це невелика гумова куля, заповнена воднем. У вільному польоті вона переноситься у горизонтальному напрямку і одночасно, під дією вільної сили підняття, переміщується вгору. Вільна сила підняття дорівнює різниці маси оболонки кулі з воднем і маси витисненого повітря. Швидкість підняття кулі W залежить від вільної сили підняття A і визначається за виразом

$$W = k \cdot \pi \cdot \sqrt{A} / C,$$

де k – аеродинамічний коефіцієнт, який залежить від значення A ; C – довжина кола кулі. На метеорологічних станціях величину A визначають шляхом створення рівноваги між заповненою кулею і наважками, а C вимірюють за допомогою мірної стрічки. Користуючись спеціальними таблицями, за значеннями A і C знаходять швидкість підняття кулі W (м/хвилину). Спостерігаючи за кулею-пілотом, що летить (користуються біноклем або візуально), за допомогою секундоміра визначають час від моменту запуску до того моменту, коли куля зайде в хмару. Висоту H нижньої межі хмари визначають (у метрах) за формулою

$$H = W \cdot \tau,$$

де W – вертикальна швидкість кулі-пілота, м/хв; τ – час, хв.

У темний період доби, коли кулю не видно, до неї прикріплюють легке джерело світла (спеціальний ліхтарик з лампочкою і батарейкою). Цей метод є

достатньо простим. Його недоліки: значна похибка, тривала і затратна підготовка до вимірювань, обмеженість застосування при хмарності менше ніж 5 балів і напрямків вітру, коли кулю відносить від хмар (до просвітлення).

Питання для самоконтролю

1. Як визначають кількість і форму хмар.
2. Як здійснюється визначення висоти нижньої межі хмар?
3. В чому суть методу світлолокації?
4. З чого складається прилад вимірювач висоти нижньої межі хмар “ІВО-1М”?
5. Охарактеризувати метод куль-пілотів.
6. Які методи використовують для визначення висоти нижньої межі хмар?

ТЕМА 8

ВИЗНАЧЕННЯ ДАЛЬНОСТІ ВИДИМОСТІ ГОРИЗОНТУ

На метеостанціях визначають дальність видимості, що залежить від прозорості атмосфери. Коли йде дощ, випадає туман, метеорологи візуально визначають видимість, дивлячись на орієнтири, що розміщені за один-шість кілометрів від станції. Така інформація дуже важлива для тих, хто збирається в дорогу. Визначають її візуально та за допомогою приладів. Найпоширенішим є візуальний метод. Для візуального визначення видимості в світлову частину дня та оцінки її в балах вибирають 9 об'єктів, що знаходяться на відстані 50, 200, 500 м та 1, 2, 4, 10, 20, 50 км від пункту спостережень. Об'єкти для спостережень (орієнтири видимості) повинні відповідати таким вимогам: 1) бути якомога темнішими; 2) мати кутові розміри не менше $0,5^\circ$ і розташовуватись переважно в північній частині горизонту, щоб сонячне світло під час спостережень не засліплювало очі; 3) проектуватись за можливості на фоні неба; 4) бути видимими з місця спостереження під кутом не більше $5-6^\circ$ до площини горизонту [5].

Спостереження зводяться до визначення того інтервалу відстані (проміжка між видимим і невидимими об'єктами), в якому знаходиться величина метеорологічної видимості в конкретний момент. Цей інтервал визначається за найдальшим з видимих об'єктів і найближчим із невидимих. При цьому видимий об'єкт вважається тоді, коли можна розрізнити його хоча б у вигляді слабо помітної плями. За результатами спостережень інтервал відстаней дальності метеорологічної видимості оцінюється в балах згідно поданої шкали (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Шкала балів метеорологічної видимості

Бал метеорологічної видимості	Відстань до вибраного об'єкта, км	
	Видно	не видно
0	–	0,050
1	0,050	0,200
2	0,200	0,500
3	0,500	1
4	1	2
5	2	4
6	4	10
7	10	20
8	20	50
9	50 і більше	–

Для визначення дальності видимості горизонту використовують вишку (фото 34).



Фото 34. Вишка для визначення видимості горизонту

Питання для самоконтролю

1. Як визначають дальність видимості горизонту?
2. Яким вимогам повинні відповідати орієнтири видимості?
3. Як здійснюються спостереження за видимістю горизонту?
4. В чому оцінюється метеорологічна видимість?
5. Що використовують для визначення дальності видимого горизонту?
6. Що таке інтервал видимості?

ТЕМА 9

ВИМІРЮВАННЯ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ

На метеостанціях кількість рідких і твердих опадів вимірюють за допомогою **опадоміра Третякова** та самописного приладу – **плювіографа**.

9.1. ОПАДОМІР ТРЕТЬЯКОВА

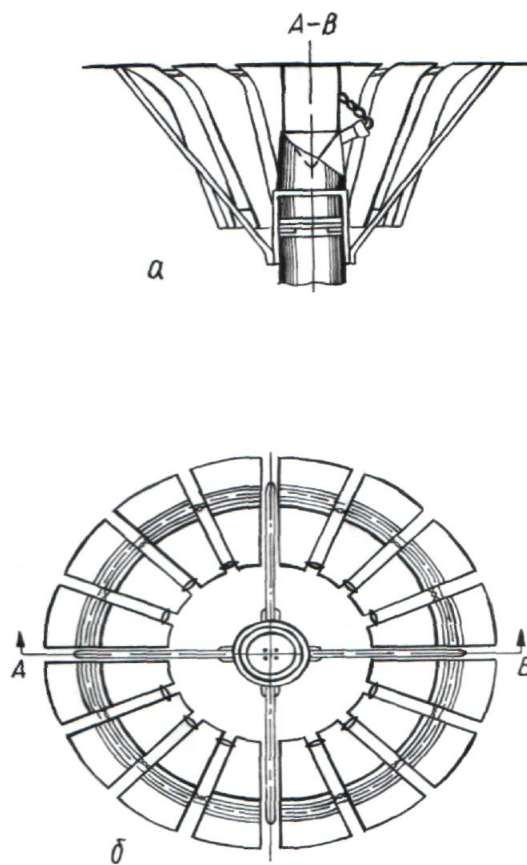
Опадомір – складається з двох металевих відер, кришки, тагана, чотирьох відкосів, кільця дроту для підвішування планок захисту, 16 планок захисту з невеликими ланцюжками для їх закріплення та вимірювальної склянки. Загальний вигляд опадоміра поданий на фото 35, рис. 34.

Будова приладу. Відро опадоміра циліндричної форми діаметром 159,5 мм, площею 200 см^2 та висотою 40 см. У середині відра впаяна діафрагма у вигляді зрізаного конуса з отворами для стікання опадів. Для зменшення випаровування опадів з відра в літній період отвір діафрагми прикривається корком-лійкою. Із зовнішньої сторони до відра припаяний носик для зливу зібраних опадів (фото 37). Носик закривається ковпачком, прикріпленим ланцюжком до відра. Відро ставиться в таган, що кріпиться до стовпа або металевої підставки. Вітровий захист опадоміра здійснюється з 16 трапецієподібних вигнутих планок, підвішених на металевому кільці, яке за допомогою кронштейна кріпиться з таганом до стовпа (рис. 34, б). Верхні кінці планок вигнуті в зовнішній бік, а в зібраному опадомірі знаходяться на однаковій горизонтальній площині (фото 36). Планки розташовані на однаковій відстані одна від одної, зверху та знизу стягнуті між собою ланцюжком [2].

Установка приладу. Опадомір встановлюється на металевій підставці на висоті 1,6 м від землі. Висота частини опадоміра для приймання опадів (верхній переріз відра) повинна бути на висоті 2 м від поверхні землі. Біля опадоміра ставиться драбина, яка не повинна впиратись у підставку. Опадомір розташовують у такому місці, де вітер значно послаблений (фото 35).



Фото 35. Опадомір Третьякова



**Рис. 34. Схема опадоміра:
а – розріз по АВ; б – вигляд зверху**



Фото 36. Вигляд зверху



Фото 37. Відро

Вимірювання опадів проводять щоденно двічі на добу: в 7 і 19 год за місцевим часом, незалежно від того, випадали опади або ні в строки і між строками спостережень. Вимірювальна склянка опадоміра використовується для вимірювання опадів, які попали у відро (рис. 35, фото 38). Вона має 100 і більше поділок. Ціна кожної поділки становить 2 см^3 . Площа приймання відра 200 см^2 . Одна поділка склянки відповідає $0,1 \text{ мм}$ висоти шару води у відрі.

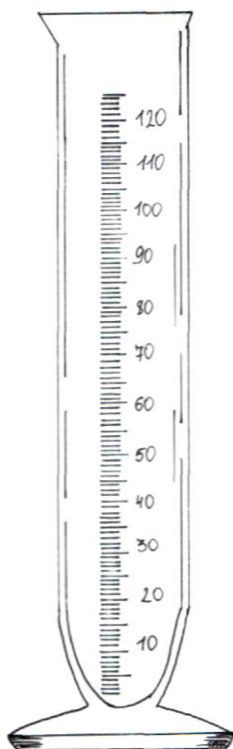


Рис. 35. Вимірювальна склянка



Фото 38. Вимірювальна склянка

У випадку випадання твердих опадів (снігу), для вимірювання їх кількості необхідно внести відро в тепле приміщення, щоб розтанув сніг. З цією метою в набір входить 2 відра. Після танення снігу об'єм отриманої води вимірюють відповідною склянкою. Якщо кількість вилитої з дощоміра води не показує навіть половини нижньої поділки склянки, то в книжці записують 0 (нуль), що засвідчує малу кількість опадів. Якщо опадів у відрі не виявиться зовсім, то в книжці графа не заповнюється. Бувають випадки, коли при вимірюванні опадів в дощомірі виявляється більше води як 120 поділок склянки. Тоді вимірювання потрібно проводити в декілька етапів, зливаючи воду декілька разів в склянку і записуючи відповідні поділки склянки. Для контролю правильності запису в книжці фіксують окремі відліки та їх суму, вказуючи в дужках скільки разів була наповнена склянка, наприклад: $83+70+12=165$ (3 рази).

Під час танення снігу дощомірне відро обов'язково повинно бути закритим кришкою, також закривається ковпачком носик для зливу. Не рекомендується ставити відро в дуже теплому місці, щоб не відбувалось значного випаровування опадів. Коли тверді опади розтануть, вимірювання здійснюються в такому ж порядку, як і рідких.

9.2. ПЛЮВІОГРАФ

Плювіограф – прилад призначений для вимірювання тільки рідких опадів – загальної кількості та інтенсивності їх випадання за одиницю часу (1 хв) (фото 40).

Будова приладу. Основними елементами плювіографа є: *приймач, записуюча частина і сифон*. Плювіограф має циліндричну форму (рис. 36, а), що знаходиться в металевому футлярі, збоку якого є дверцята, що дозволяють знімати стрічку самописця, звільняти від нагромаджених опадів водозбірну посудину і т.д.

Дощомірна посудина V з площею приймання в 500 см^3 прикріплена на циліндричній шафі. Нижня частина дощомірної посудини переходить в

конус, який закінчується зливною трубкою. Остання вставляється у лійку трубки 2, що йде від посудини 3, яка нижнім гвинтом прикріплюється на полиці всередині шафи (рис. 36, б). У середині посудини 3 знаходиться порожній металевий поплавок 4, що містить вісь 5 із стрілкою 6 і закінчується пером. Збоку посудини 3 є невелика трубка 7, куди вставляється скляний сифон 8. Барабан 9 з годинниковим механізмом прикріплений на тій же полиці, що і посудина 3. На нього одягнута розграфлена стрічка. На дні шафи стоїть відро 10, куди із сифона зливаються опади. Під час випадання дощу вода, стікаючи зливною трубкою дощомірної посудини, попадає в посудину 3 і заповнює її. Поплавок 4 починає підніматись, і перо 6, буде на стрічці записувати криву, що підніматиметься вгору, причому підняття цієї кривої тим крутіше, чим інтенсивніше випадатимуть опади [2, 7].

Стрічка розграфлена так, що вертикальна лінія відповідає часу, а горизонтальна – кількості опадів в десятих долях міліметра. Якщо опади наповнять посудину 3 до верху, то почне діяти сифон 8, який швидко звільнить посудину від води. Опади ще будуть продовжувати поступати з дощомірної посудини, заставляють поплавок знову підніматись. Приклад запису подано на фото 39. За пловіограмою можна визначити кількість та інтенсивність випадання опадів за добу.

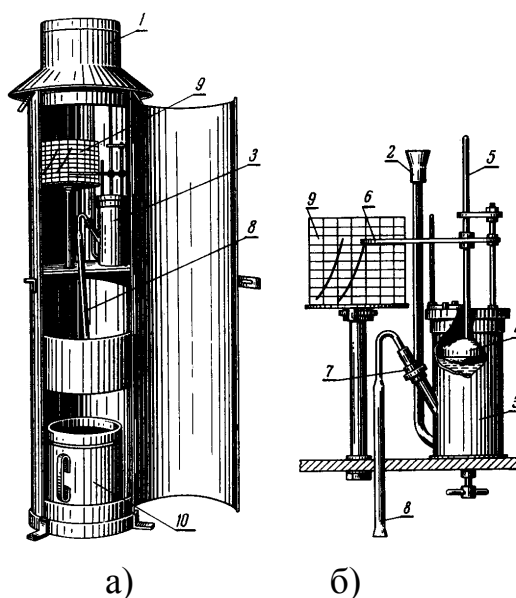


Рис. 36. Схема пловіографа

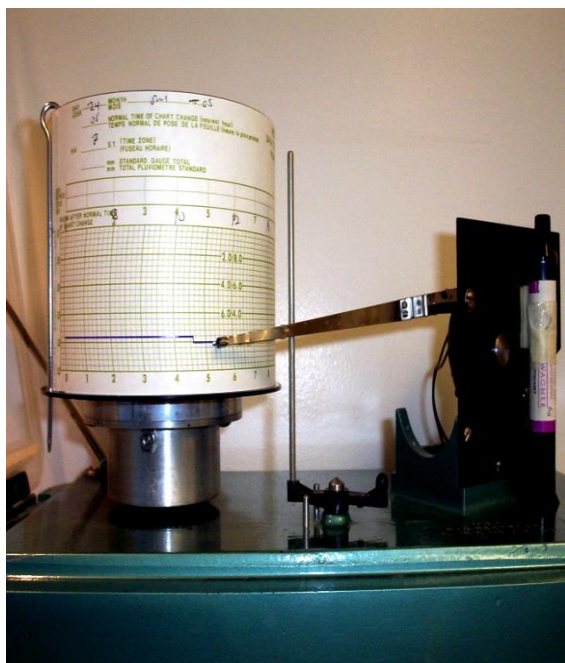


Фото 39. Плувіограма



Фото 40. Плувіограф

Для визначення шару опадів в польових умовах використовують польовий дощомір Давітая – це циліндрична склянка з площею приймання 30 см^2 і висотою 37 см. Склянка проградуйована, де кожна поділка відповідає шару води висотою в 1 мм. У верхній частині склянки встановлена лійка для зменшення випаровування опадів, які знаходяться в дощомірі. Польовим дощоміром Давітая вимірюють опади, які випали шаром тільки до 65 мм. Встановлюють опадомір на підставці так, щоб верх склянки відповідав висоті 1,5 м над поверхнею ґрунту [6].

9.3. СՆІГОВИЙ ПОКРИВ

Спостереження за сніговим покривом полягає у визначенні ступеня покриття снігом околиць станцій та особливостей залягання снігового покриву, вимірювання висоти та щільності; структури снігу, наявності льодяної кірки, стан ґрунту під снігом. Основними величинами, що визначають сніговий покрив є висота та щільність, за якими обчислюють запас води в снігу.

Ступінь покриття та характер залягання снігового покриву визначається щоденно в ранковий строк спостереження або дещо пізніше, коли виднося. Це здійснюється візуально при огляді видимої околиці станції. Ступінь покриття землі сніговим покривом оцінюється візуально за 10-бальною шкалою, вважаючи, що 1/10 частина видимої околиці дорівнює одному балу. Результати ступеня покриття записуються у відповідні графі книжки. Якщо снігом вкрита вся околиця, то записується 10; якщо вкрита 0,6 видимої околиці, то записується 6 і т.д.

Особливості залягання снігового покриву визначаються п'ятьма градаціями: 1) рівномірний (без наметів); 2) помірно нерівномірний (невеликі намети) без оголених місць або з оголеними місцями; 3) дуже нерівномірний (великі немети) без оголених місць або з оголеними місцями; 4) з проталинами; 5) лежить тільки місцями [5].

9.3.1. ВИМІРЮВАННЯ ВИСОТИ СНІГОВОГО ПОКРИВУ

Для вимірювання висоти снігового покриву використовують або постійну або переносну рейку.

Установка приладу. *Постійна снігомірна рейка* встановлюється з осені, коли ще немає снігового покриву. Обравши місце, вбивають в землю дерев'яний загострений брусок довжиною 40-60 см, на якому є заріzana сходи́нка (рис. 37). До бруска прикручують снігомірну рейку, зроблену із дерев'яного бруска довжиною біля 2 м і шириною не менше 5 см. На бруску-рейці попередньо роблять розмітку і розфарбовують через сантиметр. При взятті відліку не потрібно підходити до рейки ближче, ніж на 5-6 кроків, щоб не порушити стану снігового покриву біля рейки і точніше взяти відлік. Потрібно проводити відліки з одного і того ж самого місця. Відраховують в цілих сантиметрах ту поділку, на яку припадає загальний рівень снігового покриву, що лежить біля рейки. Під час спостереження необхідно врахувати, що біля самої рейки утворюється від вітру лунка, завдяки якій можуть бути

спотворені відмітки висоти снігового покриву. Тому око краще завжди тримати якомога ближче до поверхні снігового покриву.

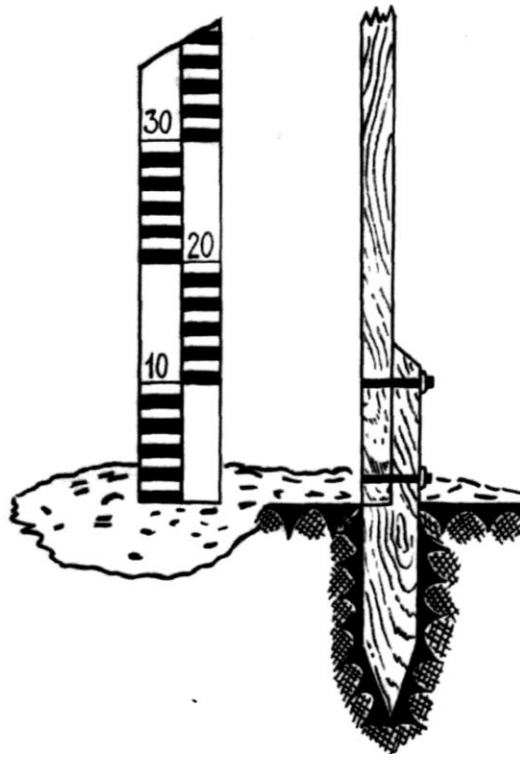


Рис. 37. Постійна снігомірна рейка

Переносна снігомірна рейка (рис. 38) - прямокутний брусок довжиною 180 см, шириною 4 см і товщиною 2 см, виготовлений з сухого, просякнutoго маслом дерева. На одній стороні рейки нанесені сантиметрові поділки. Кінець рейки, від якої починаються поділки, містить залізний наконечник, прикріплений таким чином, що початок поділок (ноль) співпадає з нижнім обрізом наконечника. Випускаються також металеві переносні рейки. Визначення висоти снігового покриву з допомогою переносної рейки відбувається шляхом її втикання загостреним кінцем у сніг. Причому необхідно бути впевненим, що рейка дійшла до поверхні ґрунту, але не ввійшла у землю. Рейка при вимірюваннях ставиться абсолютно вертикально. Якщо при вимірюваннях переносної рейки виявилось, що під шаром снігу поверхня ґрунту вкрита льодом, то необхідно, вимірявши товщину снігу розгребсти його та виміряти товщину льоду, зробивши при цьому відповідні відмітки в спостережуваній книжці [2].

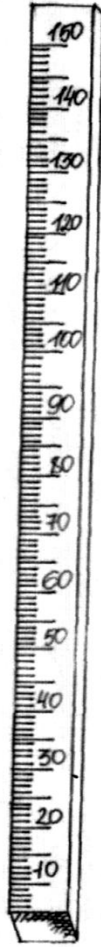


Рис. 38. Переносна снігомірна рейка

Місце і порядок спостережень над висотою снігового покриву. На кожній метеорологічній станції спостереження за висотою снігового покриву ведуться на двох ділянках: захищеній та відкритій. Ділянка №1 – захищена, що обирається в місці, де вплив вітру буде послаблений оточуючими деревами або забудовами. Вибране місце повинно бути таким, щоб сніговий покрив на ньому лягав рівномірно. Найкращим місцем для такої ділянки є широка лісова галявина розміром не менше 400 м², оточена чагарниками або лісом. Ділянка №2 – відкрита, яка обирається на місці, цілком доступному вільному впливу вітру, серед обширної луки або на розореному полі. На такій ділянці сніг залягає не тільки безпосередньо з хмар, з яких він випав, але і на наметеному вітром полі. Спостереження для порівняння повинні проводитись весь час на одних і тих же ділянках. На кожній вибраній ділянці встановлюється з осені

три постійних рейки. Вони розташовуються на середині ділянки у вигляді рівностороннього трикутника. Відстань між ними не менше 10 м. Рейки встановлюються прямовисно. Спостереження на обох ділянках ведуться щоденно вранці, коли стає достатньо світло. Відліки потрібно брати на кожній рейці з одного і того ж самого місця, підходити до рейки не ближче 2-3 м, щоб не порушити сніговий покрив. Відліки на всіх рейках на кожній ділянці записуються в книжку. Якщо висота снігового покриву біля рейки менше половини поділки, то в книжку записують нуль (0), якщо ж снігового покриву не має ставлять риску (-). За відліками трьох рейок обчислюється середня висота снігового покриву окремо для кожної з двох ділянок.

9.3.2. ВИМІРЮВАННЯ ЩІЛЬНОСТІ СНІГОВОГО ПОКРИВУ

Для визначення щільності снігового покриву використовують **об'ємний та ваговий снігомір**.

Об'ємний стаціонарний снігомір призначений для визначення щільності снігу в стаціонарних умовах. Взята проба снігу повинна бути розтанута, після чого визначають її щільність.

Будова приладу. Прилад складається з цинкового циліндра 1 (рис. 39), висотою 50-60 см, закінчується товстим латунним заточеним кільцем. Діаметр кільця становить 112,8 мм, що дає площу основи циліндра в 100 см². Зверху циліндра є дві ручки, за допомогою яких циліндр зручно вдавлювати в сніговий покрив. Знизу циліндра є щілина, в яку вставляється лопатка 2. Збоку циліндра прикріплена латунна шкала з поділками через сантиметр, при чому нуль цієї шкали в точності співпадає з верхнім обрізом щілини. До снігоміра додається дві металевих посудин з кришками і вимірювальна склянка.

Спостереження. Для визначення щільності снігу потрібно вибрати місце. Потім вийнявши лопатку, занурюють снігомір в сніг до тих пір, поки нижній обріз заточеного кільця не дійде до поверхні ґрунту.

Переконавшись, що кільце дійшло до поверхні ґрунту, лопаткою обережно з одного боку снігоміру відкопують сніг до щілини в циліндрі, куди і вставляють цю лопатку. Потім, відрахувавши за шкалою снігоміра висоту вирізаної снігового стовпчика, виймають снігомір із снігу, утримуючи лопатку в щілині. Підносять його до посудин і, вийнявши лопатку, пересипають сніг з циліндра в посудину, закриваючи його кришкою.

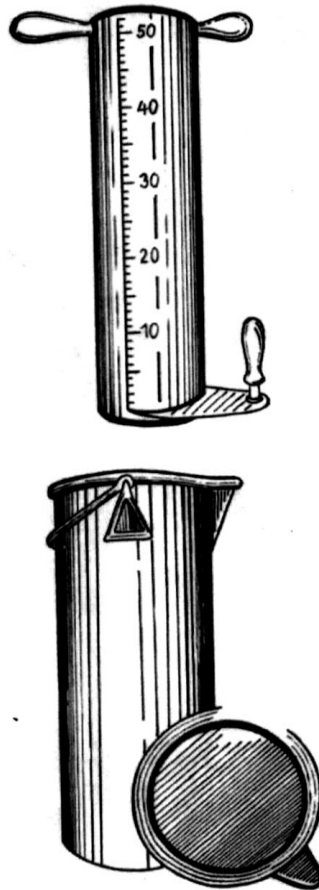


Рис. 39. Об'ємний снігомір

Для контролю визначення щільності снігу потрібно брати дві проби. Вносячи посудини в опалювальне приміщення, чекають поки сніг в ньому розтане. Після цього вимірюють воду, що утворилася із взятої проби снігу, дощомірною склянкою. Щільність снігу визначається згідно відповідних розрахунків. Снігомір для спостережень потрібно виносити завчасно (за 1/3 години), щоб він отримав температуру навколишнього повітря, інакше при роботі сніг буде прилипати до стінок циліндра. При взятті проб снігоміром

необхідно провести контрольні заміри висоти снігового покриву за допомогою похідної рейки. Проби беруться кожний раз в такому місці, де сніговий покрив не був порушений [2].

Похідний ваговий снігомір використовується під час снігомірних зйомок з метою взяття проб снігу в пунктах віддалених від метеорологічної станції, причому взята проба не розтаює, а зважується (фото 41).

Будова приладу. Похідний ваговий снігомір складається з металевого циліндра 1 і ваги (рис. 40). Циліндр вагового снігоміра має на одному кінці товсте кільце з гострим заточеним краєм 2 у вигляді пили, а на іншому кінці циліндра може бути одягнута кришка 3, яка закривається за допомогою штикового затвора. Збоку циліндра нанесена шкала, нулем якої є нижній обріз заточеного кільця. Висота циліндра снігоміра 60 см, площа поперечного перерізу 50 см^2 , діаметр 79,8 мм. На середині циліндра прикріплена дужка 4, за яку підвішується циліндр. Ваги снігоміра складаються з латунної лінійки 6 з нанесеними на ній поділками. На одному кінці лінійки ваги прикріплена призма, повернута гострим ребром вверху. На призму спирається гачок 5, до якого за дужку підвішується циліндр. Деяко відступивши від цієї призми, прикріплена друга призма з ребром, повернутим донизу. На цій призмі за допомогою підвіски 8 з кільцем вага з циліндром утримується в підвішеному стані. Для зрівноваження ваги призначений вантаж 7, який рухається лінійкою ваги. Вантаж має виріз, і через нього видно поділки шкали. На скошеному краї вирізу нанесена риска, що служить для відліку поділок на шкалі ваги. Кожна поділка лінійки відповідає вантажу в 5 г. Рівновага ваги визначається за допомогою вказівника, що є на лінійці. При встановленні рухомого вантажа на нульовій поділці лінійки пустий циліндр, підвішений на гачку, повинен зрівноважувати ваги [2, 5].

Спостереження. Перед спостереженням перевіряють рівновагу ваги снігоміра, підвішуючи до нього пустий циліндр, при рівновазі вантажу риска не суміщається з нульовою поділкою шкали, її нове положення приймають за

нульове. Потім знявши кришку, циліндр снігоміра занурюють в сніг тим кінцем, на якому прикріплено кільце із заточеним краєм.

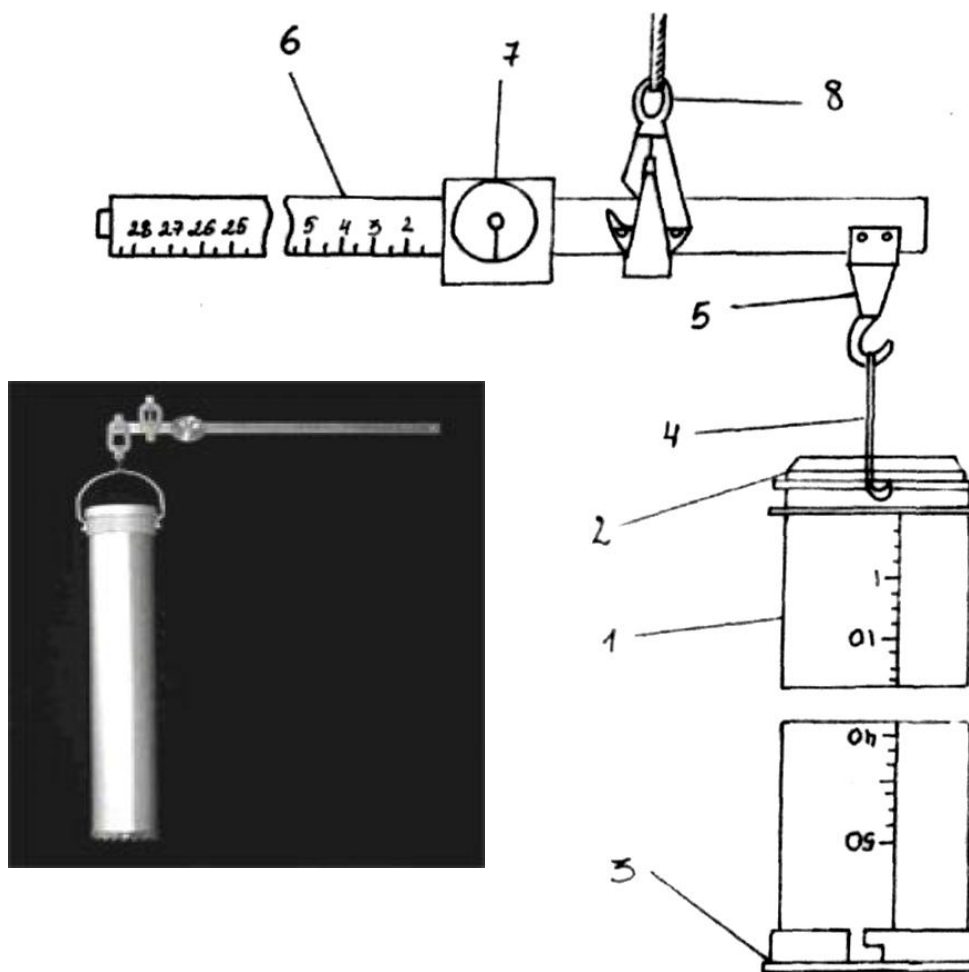


Фото 41. Ваговий снігомір

Рис. 40. Ваговий снігомір: 1 – циліндр; 2 – кільце із загостреним краєм; 3 – кришка; 4 – дужка на рухомому кільці; 5 – гачок ваги; 6 – лінійка; 7 – рухомий вантаж; 8 – підвіска.

Якщо сніговий покрив менше 60 см, то, завантаживши циліндр в сніг до дотику його нижнього краю з поверхнею ґрунту, відраховують висоту снігового покриву боковими шкалами цидіндра. Для контролю необхідно перед взяттям проби визначити товщину снігового покриву з допомогою переносної рейки. Після того як висота снігового покриву буде відрахована за шкалою цидіндра, лопаткою, прикладеною до снігоміра, очищають сніг з одного боку снігоміра й старанно підсовують його під циліндр так, щоб весь сніг, вміщений в ньому, там залишився. Не забираючи лопатки, виймають циліндр із снігу і перевертають його кришкою донизу. Очистивши ззовні циліндр від снігу, що прилип, підвішують снігомір за дужку до гачка ваги,

потім, ставши спиною до вітру і тримаючи в руці ваги за кільце зрівноважують циліндр зі снігом з допомогою рухомого вантажу. Зрівноваживши циліндр, записують число поділок ваги, яке показував вказівник в рухомому вантажі.

Розрахунок щільності снігу визначається за вагою і об'ємом його проби, причому вага взятої проби дорівнює $5n$, де n – число поділок, які відраховані на лінійці ваги, а об'єм її становить $50h \text{ см}^3$, де h – висота взятої проби. Далі щільність визначається відповідними формулами. Визначення щільності снігового покриву проводять один раз в 5 днів (5, 10, 15, 20, 25 і в останній день кожного місяця), а також в дні після великих снігопадів і хуртовин. В період танення снігу виміри потрібно проводити щоденно. Місце спостережень для визначення щільності снігу те саме, де проводять визначення висоти снігового покриву, тобто ділянки захищені й відкриті [2].

Взимку можуть утворюватися такі гідрометеори як паморозь, ожеледь. Для визначення ступеня паморозі на електропроводах використовують ожеледний станок (фото 42). Товщину вимірюють штангенциркулем. Якщо ці значення перевищують норму, то оголошується штормове попередження, що може відбутися обрив електромереж.



влітку



осінньо-зимовий період

Фото 42. Вигляд ожеледного станка

Питання для самоконтролю

1. Які прилади використовують для вимірювання кількості рідких і твердих опадів?
2. Яка будова опадоміра Третякова?
3. Як проводять вимірювання опадів?
4. Яка будова плевіографа?
5. Який прилад використовують для визначення шару опадів в польових умовах?
6. Назвати основні величини, що визначають сніговий покрив.
7. Як визначити ступінь покриття та характер залягання снігового покриву?
8. Якими п'ятьма градаціями визначаються особливості залягання снігового покриву?
9. Яка будова постійної снігомірної рейки та як здійснюється вимірювання нею?
10. Яка будова переносної снігомірної рейки та як здійснюється вимірювання нею.
11. Як здійснюються спостереження над висотою снігового покриву?
12. Які прилади використовують для визначення щільності снігового покриву?
13. Яка будова об'ємного стаціонарного снігоміра?
14. Як здійснюють визначення щільності снігу об'ємним снігоміром?
15. Яка будова вагового снігоміра?
16. Як здійснюються спостереження ваговим снігоміром?

ТЕМА 10

ВИМІРЮВАННЯ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ

Для вимірювання атмосферного тиску повітря використовують прилади, що називаються *барометрами*. Найпоширеніші ртутні та металеві барометри-анероїди. Винахід барометра належить Торичеллі (1643 р.), а назва “барометр” – Бойлю (1665 р.). Барометри з рідинами бувають трьох типів: *стаціонарний чашковий, сифонний, сифонно-чашковий*.

10.1. СТАЦІОНАРНИЙ ЧАШКОВИЙ БАРОМЕТР

На метеорологічних станціях для вимірювання атмосферного тиску найбільш широко використовується *стаціонарний чашковий* барометр (рис. 41).

Будова приладу. Він складається з прямої скляної трубки довжиною 80 см з внутрішнім діаметром 7,2 мм, яка наповнена ртуттю. Верхній кінець трубки *1* запаяний, а нижній – відкритий та закріплений в кришку чавунної чашки *3*, що наповнена ртуттю (рис. 41, а). Середня частина чашки барометра має діафрагму *4* з отворами (рис. 42, б) Діафрагма, займаючи деякий об’єм в чашці, дає можливість наливати в неї менше ртуті, а також зменшує коливання ртуті, що запобігає попаданню повітря в барометричну трубку. Над ртуттю, яка міститься в трубці, знаходиться розріджений (безповітряний) простір. Завдяки цьому під дією тиску повітря на поверхню ртуті в чашці вона трубкою піднімається до визначеної висоти, за якої вага ртутного стовпа зрівноважується з атмосферним тиском. У випадку попадання в трубку повітря барометр стає непридатним для використання.

Скляна трубка оточена металевою оправою, прикрученою до чашки барометра. У верхній частині оправы знаходиться поздовжній проріз для спостереження за положенням рівня (меніску) ртуті *9* в скляній трубці. З лівого боку захисної оправы *6*, що оточує барометричну скляну трубку, нанесена шкала барометра за якою здійснюється відлік висоти ртутного стовпа. Вона нанесена не вздовж всієї барометричної трубки, а лише у верхній її частині.

Нуль шкали співпадає з рівнем ртуті в чашці. В середній частині оправи зроблений другий проріз, в який вставлений термометр 10, шкала якого поділена на цілі градуси, однак при відліках температуру необхідно визначати з точністю до 0,1°. Резервуар термометра за допомогою згину дотикається до скляної трубки барометра, тому термометр завжди показує температуру ртутного стовпа барометра [2, 5].

Барометр необхідно оберегати від різких коливань температури і струсів. Рекомендується встановлювати барометр в приміщенні на метеостанції в такому місці, де не попадають прямі сонячні промені, далеко від печей, вікон, дверей, щоб не було різких коливань температури (фото 43).

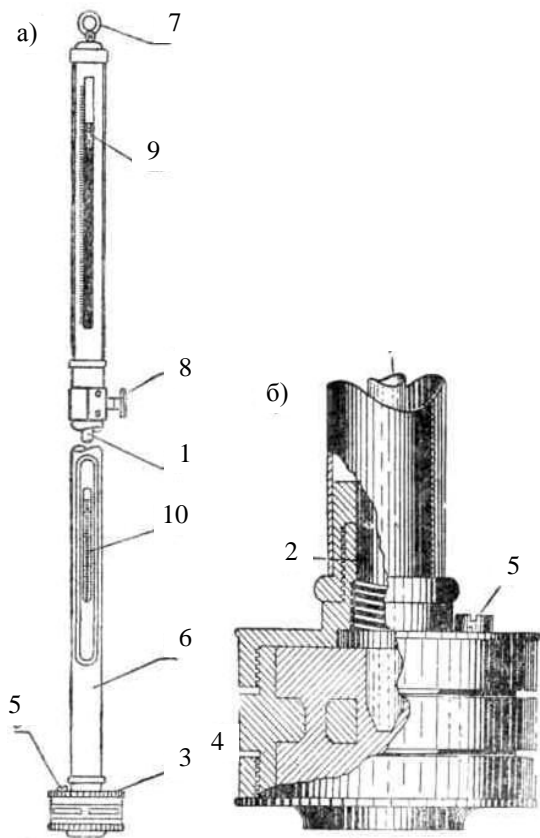


Рис. 41. Стационарний чашковий барометр



Фото 43. Стационарний барометр

10.2. БАРОМЕТР-АНЕРОЇД

В метеорологічній практиці атмосферний тиск часто визначають в польових умовах. Ртутні барометри для цього незручні. Тому зручніше

використовувати металеві (деформаційні) *барометри-анероїди* різноманітного моделювання та модифікацій (рис. 43, фото 44). Принцип дії їх ґрунтується на властивості металевих коробочок, з яких випомпуване повітря, змінювати свою форму (деформуватися) під впливом зміни атмосферного тиску. До приладів цієї групи належать *анероїди та барографи*.

Будова приладу. Механізм барометра-анероїда поданий на рис. 42. Нижня мембрана коробки 1 прикріплена на металевому плато 10 з пружиною 2. Пружина, розтягуюча коробку, зрівноважує атмосферний тиск, що тисне на неї. При зміні атмосферного тиску пружина згинається або розгинається, переміщуючи прикріплений на ній стержень 3. Переміщення стержня передається колінчастому ричагу 4, який з допомогою шарнірного ланцюжка 7 обертає вісь 5 стрілки 6. Для створення постійного натягу ланцюжка на осі 5 прикріплена спіральна пружинка 8. За положенням кінця стрілки 6 відносно поділок шкали 9, вводячи деякі поправки, визначають величину атмосферного тиску. Ціна поділки шкали 0,5 мм рт.ст., або 0,5 гПа. До шкали анероїда у спеціальному прорізі з нижньої його сторони прикріплений дугоподібний термометр зі шкалою через 1°, що показує температуру самого анероїда (рис. 43).

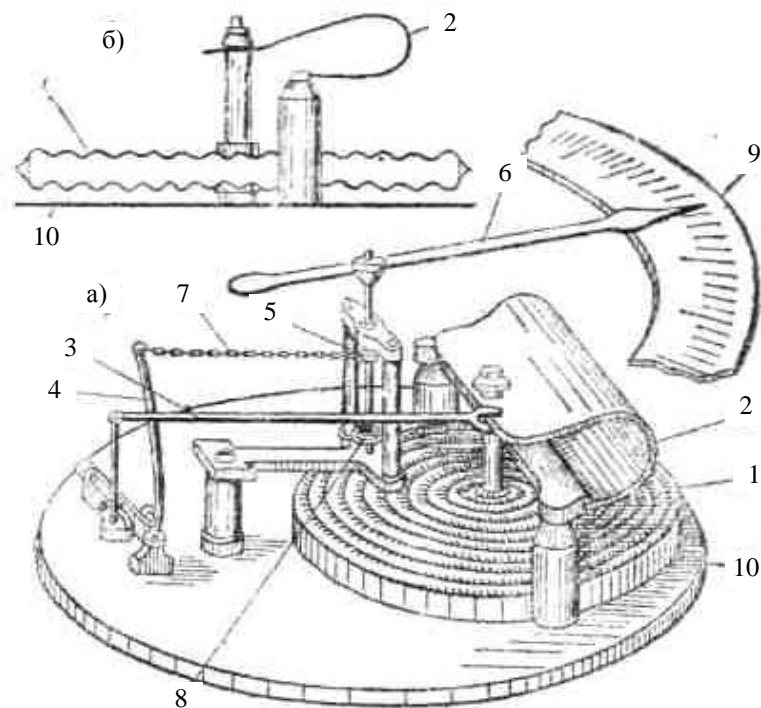


Рис. 42. Схема механізму барометра-анероїда



Рис. 43. Барометр-анероїд



Фото 44. Барометр

Зараз випускаються безпружинні анероїди. Роль пружини в них виконують мембранні коробочки. Приймальник тиску в цих *анероїдах* складається з 5-6 коробочок, які можуть з'єднуватися між собою або кожна з них може бути самостійною. У середині коробки повітря сильно розріджене. Атмосферний тиск, що пробує стиснути коробочку, врівноважується плоскою пружиною, один кінець якої прикріплений до дна корпусу, а інший впирається в стояк, що з'єднаний з поверхнею коробки. При підвищенні тиску коробка стискається, при зниженні - розширюється пружиною. Згадані зміни об'єму коробки за допомогою спеціального механізму передаються стрілці, що пересувається шкалою [2].

Прилад встановлюють горизонтально на спеціальній підставці, прикріпленій на стіні, або на столі за таких же умов, що і ртутний барометр. В експедиціях, під час маршрутної зйомки і барометричного нівелювання відліки з анероїда проводяться при горизонтальному його положенні на рівні грудей. Під час проведення спостережень спочатку беруть відліки температури з точністю до $0,1^\circ$. Перед зняттям показників необхідно злегка постукати по склу, щоб ліквідувати силу тертя у важільній передачі і почекавши поки

заспокоїться стрілка, відраховувати її покази з точністю до 0,1 мм рт.ст. (або гПа).

Барометр (фото 44) вимірює тиск в Гп від 940-1060 або мм.рт.ст від 710-800.

Налаштування приладу. Барометр настраюють відповідно до атмосферного тиску у вашій місцевості. Спочатку потрібно дізнатись про тиск в місцевій Гідрометслужбі, або на сайті Інтернет ([www. Meteorprog](http://www.Meteorprog)). Потім за допомогою маленької викрутки обережно повернути регулюючий гвинт, що знаходиться з тильної сторони барометра, вправо (за годинниковою стрілкою), поки чорна робоча стрілка барометра не покаже фактичний атмосферний тиск. Власне чорна робоча стрілка барометра повинна обертатись проти годинникової осі. Уважно потрібно слідкувати за стрілкою, коли повертаєте гвинт, не прокручуйте його занадто далеко – робоча чорна стрілка повинна зробити не більше одного повного оберту за шкалою. Для отримання точніших показників після регулювання рекомендується злегка постукати пальцем об скло барометра. Сумістіть рухому стрілку жовтуватого кольору з робочою чорною стрілкою, тобто відмітьте фактичне значення тиску і прослідкуйте після цього за показниками приладу (переміщення чорної стрілки), тобто змінами тиску в часі. Тиск падає при наступанні поганої погоди. Тиск падає швидко, тобто за короткий проміжок часу – бути грозі та шторму. Тиск зростає – це означає наступання доброї погоди. Тиск збільшується за короткий період часу зазвичай до короткотривалого покращення погоди.

Догляд за приладом. Для отримання точнішої та повнішої інформації про зміни тиску барометр рекомендується тримати в одному стаціонарному місці. Не розміщувати його поблизу тепла або під прямим сонячним промінням. Захищати прилад від дощу і вологи. Поводьтесь з приладом обережно, не кидайте його. Утримуйте корпус у чистоті. Корпус і скло треба протирати злегка вологою тканиною, не використовуючи ніяких розчинників, крім чистої води.

10.3. БАРОГРАФ

На метеорологічних станціях використовують прилади, що дають можливість безперервно реєструвати тиск повітря впродовж доби або тижня. Такий тип приладів має назву *барограф метеорологічний* (фото 45).

Будова приладу. Основними частинами його є: *приймаюча частина, передавальний механізм, реєструючий барабан*, що знаходяться в спеціальному корпусі приладу (рис. 44, 45). Всі частини барографа знаходяться в ящику-футлярі, що має відкидну скляну кришку. *Приймаюча частина* барографа складається з кількох анероїдних коробочок 1 (рис. 45) (число їх може дорівнювати 5, але може бути і 10 і навіть більше), з'єднаних між собою. Зазвичай коробочки в барографі застосовують з внутрішньою пружиною. Пружній стовпчик цих анероїдних коробочок 1 одним кінцем прикріплений на металевій пластинці, прикрученій до основної станини барографа, а іншим, з допомогою тяги 2 і двох проміжних важелів 3, 5 і тяги 4, з'єднаний з легким алюмінієвим важелем 6, що закріплений в рамці 7, на кінці якого знаходиться перо для запису [6].

Верхній кінець стовпчика системою важелів, що становлять *передавальний механізм* барографа, зєднаний із стрілкою, на яку одягнуте перо. При збільшенні атмосферного тиску всі коробочки стискаються і перо піднімається вгору, при зменшенні тиску ресорсні пружини, що знаходяться всередині анероїдних коробочок, змушують їх дещо розширюватись, від чого перо опускається вниз. Величина зміщення пера приблизно у 80-100 разів більша, ніж зміщення кінця стовпчика анероїдних коробок.

Барабан є *реєструючою частиною* барографа із годинниковим механізмом всередині. При зміні атмосферного тиску проходить переміщення стовпчика коробочок, деформація яких за допомогою важелів передається стрілці з пером, яка викреслює лінію коливань тиску на спеціальній стрічці барографа. Остання є стрічкою паперу, розграфленою горизонтальними паралельними прямими і вертикальними дугами, і одягнута на барабан, що обертається навколо осі за допомогою годинникового механізму. Горизонтальні поділки показують тиск в

гПа або мм рт.ст., або мілібарах. Через 10 гПа або 10 мм нанесені цифри. Межі всієї шкали барографа 960-1050 гПа. Вертикальні дуги відповідають годинам. Залежно від швидкості обертання барабана барографи бувають *добові* і *тижневі*. В добовій моделі барографа кожна поділка між дугами відповідає 15 хв, у тижневій – 2 годинам.

Встановлюють барографи в приміщенні метеостанції горизонтально на спеціальній полиці поруч з барометром на висоті 130-140 см. Перед установкою барографа заводять годинниковий механізм і на барабан одягають стрічку. На зворотній стороні стрічки записують дату і час установки. Після цього барабан закріплюють на нерухомий стержень і перо підводять до барабану так, щоб положення його відповідало часу і величині атмосферного тиску (за барометром) на конкретний момент [2].

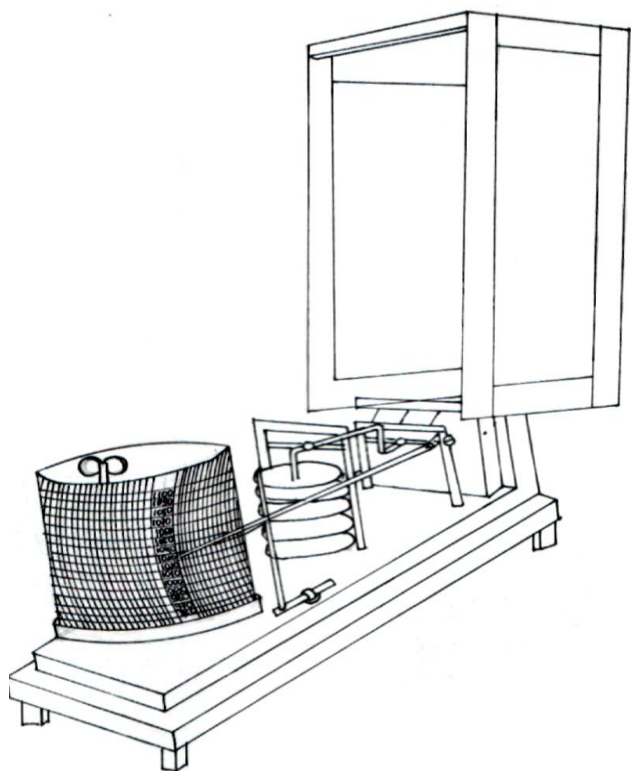


Рис. 44. Будова барографа

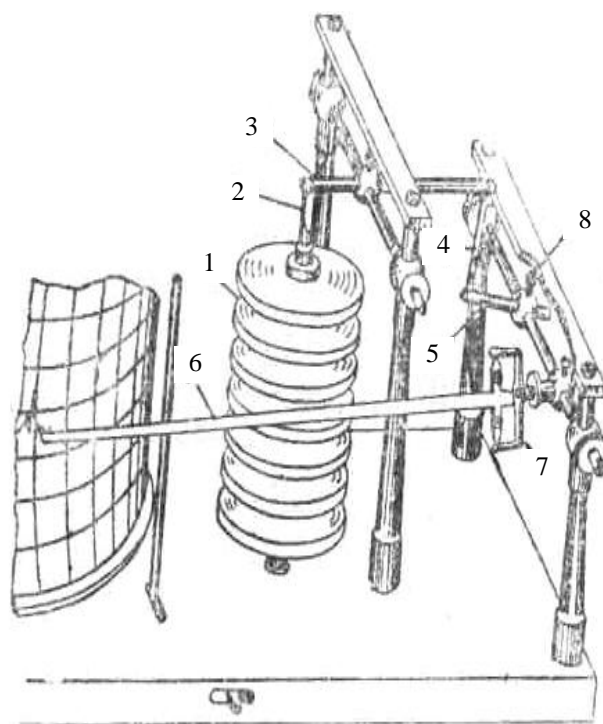


Рис. 45. Схема механізму барографа

Барограф дає відносні значення. Тому при обробці запису стрічки барографа потрібно виміри зняті з нього порівнювати з показниками ртутного барометра в ті ж самі строки спостережень. Користуючись записом барографа, визначають величину та особливості зміни атмосферного тиску за який – не

будь проміжок часу чи так звану барометричну тенденцію, яка має важливе значення під час складання прогнозу погоди.

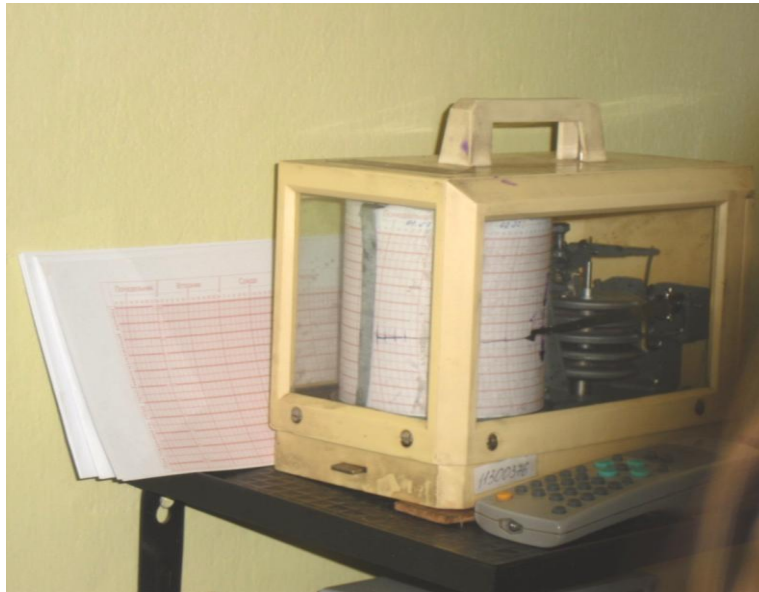


Фото 45. Барограф
Питання для самоконтролю

1. Назвати прилади для вимірювання атмосферного тиску.
2. Яка будова стаціонарного чашкового барометра?
3. Який принцип дії барометра–анероїда?
4. Охарактеризувати будову барометра–анероїда.
5. З чого складається барограф?
6. Охарактеризувати налаштування барографа.

ТЕМА 11

ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВІТРУ

Основними приладами для вимірювання швидкості вітру є *анемометри*, а швидкості та напрямку – *флюгер, анеморумбометри та вітроміри*. Первинними перетворювачами вітру є флюгарки, які являють собою тверду асиметричну систему з пластин і противаги, що вільно обертається навколо вертикальної осі. Під впливом вітру флюгарка встановлюється в площині вітру противагою назустріч вітру, показуючи звідки дме вітер.

11.1. ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ТА НАПРЯМКУ ВІТРУ

11.1.1. ФЛЮГЕР ВІЛЬДА

Найпоширеніший та основний прилад для вимірювання напрямку і швидкості вітру на метеостанціях є *флюгер Вільда* (рис. 46, фото 46).

Будова приладу. На металевий стержень 7 (загальна довжина 120 см) одягається трубка з флюгаркою 1 (рис. 46). Внизу під флюгаркою на тому ж стержні закріплена муфта 4 з 8 штифтами 3 напрямків сторін горизонту. Один із штифтів позначений буквою С завжди повинен бути направлений строго на північ. За положенням противаги 2, зрівноваженого хвоста флюгарки, визначають звідки дме вітер. Швидкість вітру визначається за відхиленням дошки 5. Металева дошка 5 вагою в 200 г (флюгер з легкої дошки) або 800 г (флюгер з важкої дошки) і розміром 15x30 см, може вільно обертатись навколо горизонтальної осі 6. Площина висячої дошки встановлюється перпендикулярно до стержня з противагою [3].

При роботі флюгера, завдяки дії флюгарки, вісь обертання дошки буде завжди встановлюватись перпендикулярно до напрямку вітру. Під впливом вітру залежно від його швидкості дошка відхиляється на той чи інший кут від свого прямовисного положення. Положення відхиленої дошки відраховується на дузі 8 з штифтиками-вказівниками, яка сполучена з віссю 6 металевим стержнем 9. За цими результатами з допомогою особливої таблиці визначають швидкість вітру. Для зрівноваження дуги встановлюється вантаж 10. Під впливом вітру флюгарка повертається так, що противага 2 встановлюється

назустріч вітру, а дошка 5 – впоперек вітру. Під впливом вітру дошка відхиляється під тим чим іншим кутом згідно формули $v=A\sqrt{tga}$ [2]. Користуючись цією формулою, для дошки флюгера можна отримати таку залежність між швидкістю вітру та кутами відхилення дошки (табл. 11.1).

Таблиця 11.1

Залежність між швидкістю вітру та кутами відхилення дошки

v, м/с	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	20
А°	0	1,1	4,1	9,2	15,7	23,0	31,0	38,7	45,7	52,1	58,0	62,5	66,4	72,0	80,5
Штифти	0		1		2		3		4		5			6	7

На підставі цієї таблиці побудована дугова шкала флюгера з 8 штифтами для визначення відхилення дошки, причому штифти парні – довші, а непарні – короткі. Довгим штифтам відповідає напрямок Пн, Пд, З, С, коротким – ПнЗ, ПнС, ПдЗ, ПдС. Штифт, що відповідає прямовисному положенню дошки, приймається за нульовий. Таким чином, відлік береться від штифта 0 до 7. Для визначення швидкості вітру в метрах за секунду за положенням дошки відносно штифтів є таблиця, якою користуються спостерігачі на метеорологічних станціях (табл. 11.2).

Таблиця 11.2

Положення легкої (200 г) дошки флюгера залежно від швидкості вітру

Положення дошки	Швидкість вітру, м/с	Положення дошки	Швидкість вітру, м/с
Штифт 0	0	Штифт 4	8
Між штифтами 0 і 1	1	Між штифтами 4 і 5	9
Штифт 1	2	Штифт 5	10
Між штифтами 1 і 2	3	Між штифтами 5 і 6	12
Штифт 2	4	Штифт 6	14
Між штифтами 2 і 3	5	Між штифтами 6 і 7	17
Штифт 3	6	Штифт 7	20
Між штифтами 3 і 4	7		

Установка флюгера. Для правильного визначення напрямку і швидкості вітру флюгер повинен займати таке положення, щоб вітер до нього доходив вільно і без спотворень. На метеорологічних станціях його встановлюють на

відкритій місцевості на металевій мачті висотою 8-10 м від поверхні землі. Встановлений флюгер орієнтують довгим штифтом з буквою С на астрономічний північ (фото 46, 47, 48).

Спостереження за флюгером. Для визначення напрямку вітру за флюгером потрібно стати біля стовпа, на якому встановлений флюгер і впродовж 1-2 хв спостерігати за положенням противаги 2 флюгарки. Оскільки вітер не є цілком спокійним потоком, то флюгарка здійснює деякі коливання. Тому необхідно в книжці відмітити середнє положення, яке займав вказівник під час спостереження. Для визначення швидкості вітру потрібно відійти від стовпа флюгера і стати в напрямку, перпендикулярному до положення флюгарки, щоб краще рахувати за штифтами положення дошки. Дошка флюгера не показує миттєвої швидкості вітру, і тому необхідно фіксувати середнє положення дошки за час спостережень. При спостереженнях потрібно 32 хв фіксувати коливання дошки і визначити її середнє положення за згаданий проміжок часу. Не приймати до уваги дуже високе положення дошки, яке вона займає при окремих ударах вітру, та необхідно відмічати той середній штифт біля якого здійснювалось коливання [2]. Крім швидкості та напрямку вітру в книжку заноситься інформація про вітер (наприклад, штиль, опірний, поривчастий, вітер, який змінює свій напрям тощо).

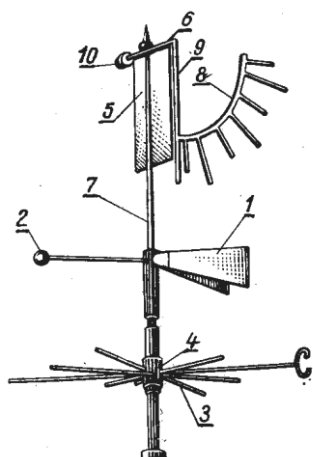


Рис. 46. Схема флюгера Вільда: 1 – лопасті флюгарки; 2 – противага; 3 – штифти; 4 – муфта; 5 – металева дошка; 6 – горизонтальна вісь; 7 і 9 – металевий стержень; 8 – дуга показника швидкості вітру; 10 – вантаж.



Фото 46. Загальний вид флюгера “МАРК-60” та Вільда



Фото 47. Флюгарка Вільда



**Фото 48. Датчик флюгера
“МАРК-60”**

Анеморумбометр “МАРК-60” – дистанційний прилад (фото 48). Він слугує для вимірювання швидкості вітру, середньої за 10-хвилинний інтервал, максимальної миттєвої швидкості вітру між строками спостережень та напрямком вітру. Принцип дії анеморумбометра ґрунтується на перетворенні напрямку та швидкості вітру в електричні величини. Датчик анеморумбометра “МАРК”(фото 48) установлюють на високій мачті, а вимірювальний пульт і блок живлення (фото 49) знаходиться у службовому приміщенні на столі. Датчик і пульт з’єднані між собою кабелем [3].



Фото 49. Електричний анеморумбометр “МАРК-60”

11.1.2. ВІТРОМІР ТРЕТЬЯКОВА

Вітромір Третьякова – прилад призначений для визначення напрямку і швидкості вітру в польових умовах.

Принцип дії приладу, подібний до флюгера, однак ґрунтується на відхиленні слабо підвішеної металевої пластинки, що має ложкоподібну форму (рис. 47). Напрямок вітру визначається за флюгаркою.

Будова приладу. На вертикальній осі *1* прикріплена восьми кінцева зірка *2*, що має нанесені на ній назви румбів. На вісь *1* одягається рухома система, що складається з флюгарки *3* та противаги *4*, а також скріплених між собою під кутом 76° двох пластинок *5* і *6*, які можуть вільно обертатись на горизонтальній осі *7*. Флюгарка *3* виготовлена у вигляді хвилеподібно зігнутої пластинки з вирізами. Противага *4* має шарнірне кріплення і під час збирання у футляр відгинається вгору. Пластинка *5* внизу має вказівник *8* у вигляді загострення ложкоподібної форми і обернена своєю ввігнутих боком назустріч вітру. Пластинки *5* і *6* мають в середній частині вирізи. Під впливом вітру вся система повертається за вітром і пластинки *5* і *6* відхиляються на той чи інший кут залежно від швидкості вітру в момент спостереження. Показчик *8* нижньої пластинки рухається шкалою, що нанесена на площині флюгарки. На цій шкалі подаються поділки (вирізи) позначені цифрами: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, що означають швидкість вітру в м/с. Шкала цього вітроміра була отримана В. Д. Третьяковим експериментально, шляхом багаторазових визначень кута відхилення ложкоподібної пластинки *5* при заданих швидкостях вітру в аеродинамічній трубі [5].

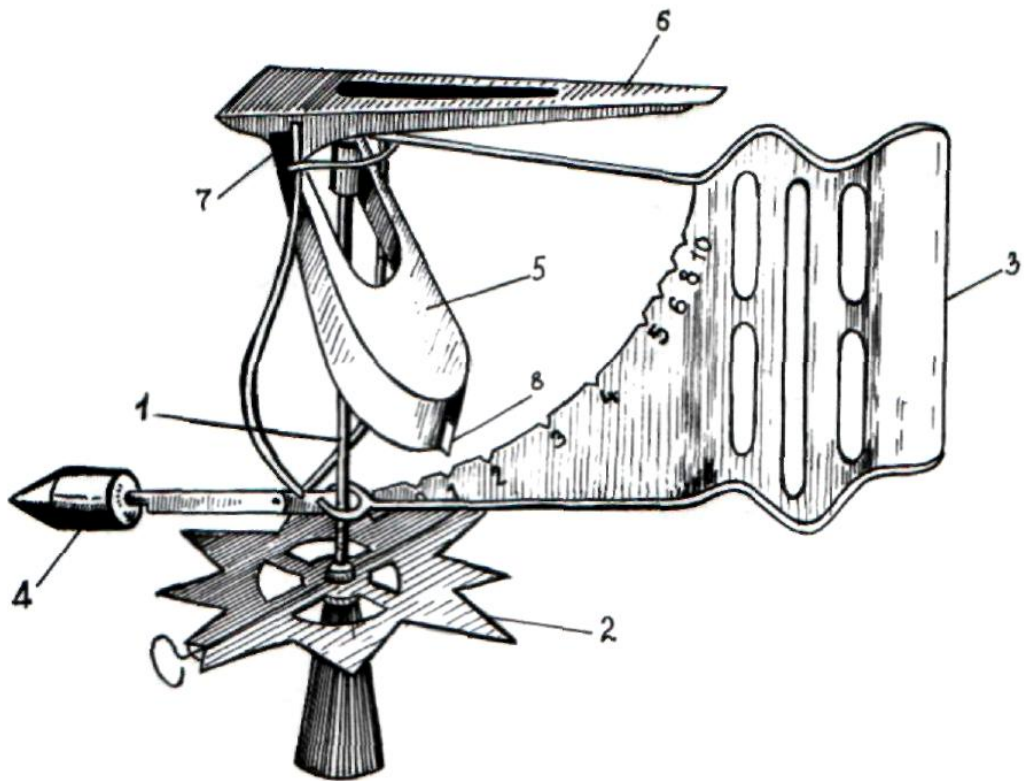


Рис. 47. Полевий вітромір Трет'якова: 1 – вертикальна вісь; 2 – восьми кінцева зірка; 3 – лопасть флюгарки; 4 – противага; 5 і 6 – нижня та верхня пластинки показника швидкості вітру; 7 – горизонтальна вісь; 8 – вістря нижньої пластинки

Спостереження за вітроміром Трет'якова. Встановивши вертикально дерев'яний шест, одягають на нього вісь 1 (рис. 47) з покажчиком напрямку. Після цього одягають рухому частину приладу – флюгарку. За допомогою компаса орієнтують зірку 2 так, щоб її промені були направлені за сторонами горизонту. Перед спостереженнями потрібно перевірити вертикальність осі, а також відсутність тертя при русі як флюгарки, так і пластинок 5 і 6. Після встановлення приладу визначають напрям вітру, слідкуючи за положенням покажчика противаги 4 флюгарки впродовж 1-2 хв і записують середнє його положення. Швидкість вітру визначають за середнім положенням покажчика 8 на шкалі за такий проміжок часу, як і при визначенні напрямку вітру. Точність показників вітрометра 0,5 м/с в інтервалі шкали 1-6 м і 10 м/с при великих швидкостях [2].

Цей прилад призначений для польових спостережень. Його переваги перед ручним анемометром в тому, що показники не залежатимуть від перевідних коефіцієнтів, значення яких можуть з часом змінюватись. З метою збереження правильності результатів вітрометра Третьякова необхідно слідкувати, за кутом між пластинками 5 і 6, щоб він був завжди одним і тим самим, а саме 76° , при якому шкала зберігає своє значення.

11.2. ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ВІТРУ

Для визначення середньої швидкості вітру використовують анемометри двох типів: 1) *чашковий* для вимірювання середньої швидкості вітру від 1 до 20 м/с; 2) *крильчатий* для вимірювання середньої швидкості направленою повітряного потоку від 0,3 до 5 м/с.

11.2.1. АНЕМОМЕТР РУЧНИЙ ЧАШКОВИЙ

Анемометр ручний чашковий з рахунковим механізмом. Цей прилад зручний в польових умовах (рис. 48, 49).

Будова приладу. Приймальною частиною приладу є вертушка з чотирма напівсферичним випуклими чашами 1 (рис. 48), що звернені в один бік та закріплені на металевій осі 2. Чаші захищені від механічних пошкоджень металевими дужками 3. Нижній кінець осі має черв'як, який при своєму обертанні приводить в рух систему зубчастих коліс, зв'язаних з трьома стрілками циферблату. Верхній і нижній кінці осі, на яку прикріплена чашка, знаходяться в підшипниках металевого корпусу 4. Всі передавальні зубчатки закриті корпусом, на якому знаходиться циферблат 5 з розміщеними стрілками. Останні показують число обертів чашок анемометра. Велика стрілка рухається циферблатом, що має 100 поділок; дві маленькі стрілки рухаються циферблатом з надписом "100" і "тисяча", що мають 10 поділок. При повному оберті великої стрілки маленька стрілка на циферблаті з надписом 100 повернеться на одну поділку. Показчик

включається і виключається аретиром 6, виступаючий кінець якого розташований збоку корпусу і має вигляд рухомого кільця. Піднімаючи вверх аретир 6 (проти годинникової стрілки) показчик анемометра вмикають, а рухом вниз (за годинниковою стрілкою) – вимикають. Час вимірювання швидкості вітру анемометром повинен бути не менше 100 с. Для вмикання і вимикання аретира до нього прив'язують шнурок, а кінці його пропускають у вушко 7. В нижній частині приладу є гвинт 8 для установки анемометра на дерев'яному стовпі [3].

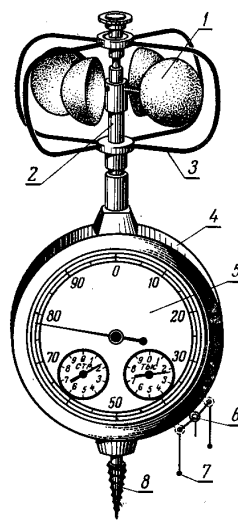


Рис. 48. Анемометр ручний чашковий

Спостереження. Під час спостережень анемометр вкручують в дерев'яний шест довжиною 2 м, однак можна проводити спостереження тримаючи анемометр вертикально у витягнутій руці. Анемометр потрібно встановлювати вертикально. Під час спостережень необхідно ставати обличчям до вітру і встановлювати анемометр так, щоб шкала була звернена до спостерігача, а площина циферблата була розміщена перпендикулярно до напрямку вітру; в такому положенні анемометра відбувається його повірка.

Перед початком спостережень, включаючи показчик, записують показники всіх стрілок. При цьому потрібно бути уважним, тому що стрілки бувають не зовсім правильно насаджені, що може викликати помилки в їх

відліку. Для запису показників стрілок, шест з анемометром ставлять вертикально, виставляючи його під вплив вітру, і дають йому вільно обертатись впродовж 1-2 хв. Це необхідно для того, щоб установилась швидкість обертання чашок. Потім вмикають покажчик анемометра, одночасно з цим пускають вхід секундомір або фіксують показники секундної стрілки ручного годинника. Для визначення швидкості вітру дають обертатись анемометру 10 хв, після чого вимикають одночасно секундомір і покажчик і знову записують показники останнього. З різниці показників покажчика до і після спостережень визначають, скільки поділок анемометра пройшла стрілка покажчика за 10 хв [2].

Потім, поділивши отримане число поділок на 600 с визначають скільки поділок покажчика анемометра припадає на 1 с. У ручному анемометрі передача зубчастих коліс взята така, що 3 оберти чашок анемометра дає 1 поділка на покажчику і, отже, для приблизних відліків отримане число поділок покажчика за 1 с дає швидкість вітру у м/с. Проте такі обчислення приблизні, оскільки співвідношення є неточним. Для отримання точних величин швидкості вітру кожний анемометр повинен бути повірений і забезпечений повірочним свідоцтвом, в якому дається переведення показників покажчика даного анемометра в швидкість вітру в м/с (табл. 11.3).

Таблиця 11.3

Зразок повірочного свідоцтва для анемометра ручного

Число поділок за 1 с	Швидкість вітру, м/с	Число поділок за 1 с	Швидкість вітру, м/с	Число поділок за 1 с	Швидкість вітру, м/с	Число поділок за 1 с	Швидкість вітру, м/с
1	1,2	6	5,6	11	10,0	16	14,3
2	2,1	7	6,5	12	10,8	17	15,1
3	3,0	8	7,3	13	11,7	18	16,0
4	3,8	9	8,2	14	12,6	19	16,9
5	4,7	10	9,1	15	13,4	20	17,8

Ручний анемометр є достатньо точним приладом, однак вимагає досить обережного з ним поводження, оскільки осі на яких обертаються чашки досить крихкі.

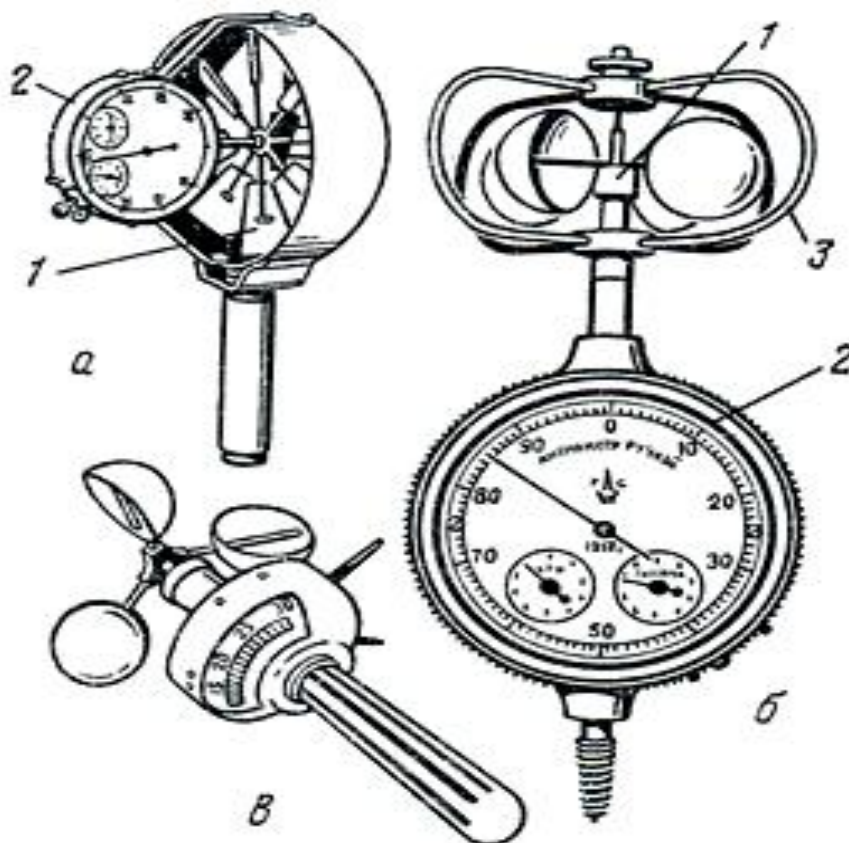


Рис. 49. Анемометри: а – ручний крильчатий (вентиляційний); б – ручний чашковий; в – ручний індукційний

11.2.2. АНЕМОМЕТР РУЧНИЙ КРИЛЬЧАТИЙ

Анемометр ручний крильчатий (вентиляційний) (рис. 49, а). Це анемометр з легким вітровим колесом 1, що має 8 легеньких лопастей. Трубка з допомогою черв'яка з'єднана з механічним показчиком 2 точно так як у раніше описаного чашкового анемометра. Показчик вмонтовується всередині захисного кільця. До цього ж кільця прикріплена ручка за яку тримають прилад під час вимірювань. Віссю обертання вітрового колеса слугує струна, що робить анемометри достатньо чутливими. Відомо, що початкова чутливість вентиляційного струнного анемометра становить майже 0,1 м/с. Вентиляційний анемометр для визначення швидкості вітру повинен бути зорієнтований за його потоком з точністю до 15°. Анемометр встановлюється таким чином, щоб показчик був позаду потоку відносно вітрового колеса. Інші складові порядку виконання та обробка отриманих результатів збігаються з такими чашкового анемометра [2].



Фото 50. Цифровий термоанемометр ручний крильчатий

11.2.3. ЦИФРОВИЙ ТЕРМОАНЕМОМЕТР

Цифровий термоанемометр ручний крильчатий призначений для вимірювання швидкості вітру та температури повітря. Він також подає показники температури в градусах Цельсія або Фаренгейта (фото 50).

Налаштування й робота з приладом

1. Встановити батарею, дотримуючись полярності.
2. Затиснути клавішу MODE на 1 с, щоб увімкнути прилад. При обертанні крильчатки на дисплеї буде висвітлюватись миттєва швидкість повітряного потоку, його температура та індикатор зарядки батареї.
3. Для установки одиниць вимірювання натисніть клавішу MODE на 3 с і дочекайтесь поки почне мигати надпис “m/s”. Для вибору необхідної одиниці вимірювання натисніть SET для підтвердження вибору клавіши MODE.
4. Для вибору одиниць вимірювання температури натисніть клавішу, яка знаходиться на зворотному боці приладу. Для її натиснення використовуйте який-небудь тонкий предмет.
5. При вмиканні дисплей буде підсвічуватись 12 с, для повторного активування підсвітки натисніть будь-яку кнопку.
6. Для вимикання приладу натисніть одночасно клавіші MODE і SET.

Якщо упродовж 14 хв з приладом не проводять ніяких дій він автоматично вимикається.

Технічні характеристики

1. Діапазон вимірювання швидкості вітру 0–30 м/с; 0–5860 футів/хв; 0–55 вузлів; 0–90 км/год, 0–65 миль/год
2. Діапазон вимірювання температур від –10 °С до 45° С; від –14°F до + 133 °F
3. Похибка вимірювання швидкості вітру: $\pm 5\%$
4. Похибка вимірювання температури: $\pm 2^\circ\text{C}$; $\pm 3,6^\circ\text{F}$
5. Ціна поділки: 0,1 м/с; 10 футів/хв; 0,2 вузла; 0,3 км/год; 0,2 милі/год
6. Навколишнє середовище: від – 40° С до 60° С, вологість не більше 90 %.

Питання для самоконтролю

1. Які прилади використовують для вимірювання швидкості та напрямку вітру?
2. З чого складається флюгер Вільда?
3. Як здійснюються спостереження флюгером Вільда?
4. Який дистанційний прилад використовують для вимірювання швидкості вітру?
5. Яка будова вітроміра Третьякова?
6. Як здійснюються спостереження вітроміром Третьякова?
7. З чого складається анемометр ручний чашковий?
8. Як здійснюються спостереження анемометром ручним чашковим?
9. Яка будова анемометра ручного крильчатого?

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Галік О. І. Основи метеорології. Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення : кредит.-модул. система орг. навч. процесу : для студ. напряму підготов. “Екологія, охорона навколиш. середовища та збалансоване природокористування”, “Агрономія” та ін. / О. І. Галік, М. В. Корбутяк, Ю. С. Кушнірук ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування. – Рівне : НУВГП, 2009. – 252 с.
2. Кедроліванский В. Н. Метеорологические приборы – измерение метеорологических элементов / В. Н. Кедроліванский, М. С. Стернзат. – Л. : Гидрометеиздат, 1953. – С. 31-341.
3. Желязко В. И. Основы строительной климатологии и инженерной гидрологии: лабораторный практикум / В. И. Желязко, В. К. Курсаков, Г. Н. Рудковская. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2006. – 110 с.
4. Клеєвська В. Л. Приземні метеорологічні спостереження: навч. посіб. / В. Л. Клеєвська, О. О. Поліщук. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2010. – 52 с.
5. Методика полевых физико-географических исследований : уч. пос. для ун-тов / А. М. Архангельский [и др.]; под ред. А. М. Архангельского. – М. : “Высшая школа”, 1972. – С. 72-126.
6. Мольчак Я. О. Польові практики із загального землезнавства : навч. пос. / Я. О. Мольчак. – Луцьк : [б.в], 1993. – С. 5-58.
7. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. – Вип. 3. Ч. І. – К. : Державна гідрометеорологічна служба, 2011. – 277 с.

ЗМІСТ

Передмова	3
Тема 1. Метеорологічна станція “Луцьк” та її облаштування	5
1.1. Метеорологічна станція “Луцьк”	5
1.2. Облаштування метеорологічного майданчика.....	11
1.3. Вимоги щодо організації спостережень	14
Тема 2. Вимірювання величин сонячної радіації	17
2.1. Піргеліометр компенсаційний Онгстрема.....	18
2.2. Геліограф універсальний.....	20
2.3. Термоелектричний актинометр Савінова.....	24
2.4. Піранометр термоелектричний Янишевського	28
2.5. Альбедометр термоелектричний.....	31
2.6. Вимірювання довгохвильової радіації та радіаційного балансу.....	34
2.6. 1. Термоелектричний балансомір Янишевського.....	34
2.6.2. Піргеометр Савінова.....	36
Тема 3. Вимірювання температури повітря	40
3.1. Строковий рідинний термометр.....	40
3.2. Психрометричний ртутний термометр.....	41
3.3. Максимальний ртутний термометр.....	42
3.4. Мінімальний спиртовий термометр	44
3.5. Термограф	46
3.6. Термометр-прац ртутний.....	48
3.7. Цифрові термометри.....	50
3.8. Психрометрична будка	51
Тема 4. Вимірювання температури ґрунту	55
4.1. Колінчасті термометри Савінова.....	56
4.2. Витяжний ґрунтоглибинний термометр	57
4.3. Термометр-щуп	60
4.4. Вимірювач для ґрунту	61

Тема 5. Вимірювання вологості повітря	63
5.1. Психрометр стаціонарний Августа	63
5.2. Психрометр аспіраційний Асмана.....	66
5.3. Гігрограф	68
5.4. Гігрометр.....	70
Тема 6. Вимірювання величин випаровування	74
6.1. Грунтовий випаровувач Попова.....	74
6.2. Випаровувач Шулейкіна.....	77
Тема 7. Спостереження за хмарністю.....	80
Тема 8. Визначення дальності видимості горизонту	85
Тема 9. Вимірювання атмосферних опадів	87
9.1. Опадомір Третьякова	87
9.2. Плювіограф	90
9.3. Сніговий покрив.....	92
9.3.1. Вимірювання висоти снігового покриву.....	93
9.3.2. Вимірювання щільності снігового покриву.....	96
Тема 10. Вимірювання атмосферного тиску	102
10.1. Стаціонарний чашковий барометр	102
10.2. Барометр-анероїд.....	102
10.3. Барограф.....	107
Тема 11. Вимірювання елементів вітру	110
11.1. Вимірювання швидкості та напрямку вітру	110
11.1.1. Флюгер Вільда.....	110
11.1.2. Вітромір Третьякова	114
11.2. Вимірювання швидкості вітру	116
11.2.1. Анемометр ручний чашковий.....	116
11.2.2. Анемометр ручний крильчатий	119
11.2.3. Цифровий термоанемометр.....	120
Список використаної літератури	122

Для нотаток

Для нотаток

Для нотаток

Навчально-наочне видання

НЕТРОБЧУК ІРИНА МАРКІВНА

ВИМІРЮВАННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВЕЛИЧИН

Наочний посібник

Друкується в авторській редакції
Науковий редактор *Ф. В. Зузук*
Технічний редактор *І. М. Нетробчук*

Формат 60x84 ¹/₁₆. Обсяг 7,44 ум. друк. арк., 7,31 обл.-вид. арк.
Наклад 300 пр. Зам. 91. Видавець і виготовлювач – Вежа-Друк
(м. Луцьк, вул. Бойка, 1, тел. (0332) 29-90-65).
Свідоцтво Держ. комітету телебачення та радіомовлення України
ДК № 4607 від 30.08.2013 р.