

Ф.П. Топольний, П.Г. Лузан

# АГРОМЕТЕОРОЛОГІЯ

## Навчальний посібник

*з курсу: «Агromетeорoлoгiя» для студентів  
спеціальностей «Агрономія» та «Агроінженерія»*

Рекомендовано Вченою радою  
Центральноукраїнського  
національного технічного  
університету, протокол № 2  
від 29 жовтня 2018 р.

УДК 551.58  
ББК 26  
Т23

Рекомендовано Вченою Радою  
Центральноукраїнського національного  
технічного університету  
(Протокол № 2 від 29 жовтня 2018 року)

**Рецензенти:** *В.В. Кухар*, доктор технічних наук, професор, академік МКА, завідувач кафедри обробки металів тиском, професор кафедри охорони праці та навколишнього середовища ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»;  
*І.М. Семеняка*, директор Інституту сільського господарства Степу НААН, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету;  
*О.І. Юрченко*, начальник обласного центру з гідрометеорології Кропивницької області

**Автори:** *Топольний Ф.П.*, доктор сільськогосподарських наук, професор  
*П.Г. Лузан*, канд. техн. наук, доцент

Топольний Ф.П. **Агrometeorologia. Навчальний посібник** /  
Ф.П.Топольний, П.Г. Лузан.– Х.: Мачулін, 2018.– 160 с.: іл.

У навчальному посібнику коротко викладено повний зміст дисципліни «Агrometeorologia» у відповідності з програмою курсу, який читається студентам із спеціальності «Агрономія» та «Агроінженерія».

У посібнику наведено особливості кліматів різних природних зон України і Кропивниччини, переваги і недоліки цих особливостей для господарської, і особливо землеробської діяльності та здоров'я людини.

Навчальний посібник орієнтовано для використання при підготовці фахівців зі спеціальностей: «Агрономія» та «Агроінженерія», при вивченні дисциплін «Агrometeorologia» та «Технологія виробництва сільськогосподарської продукції», виконанні курсових проектів, магістерських робіт на здобуття освітньо-кваліфікаційних рівнів «бакалавр» та «магістр».

Навчальний посібник призначений для студентів агротехнічних спеціальностей, а також може бути корисним для наукових співробітників, аспірантів, магістрантів, та фахівців сільського господарства.

ISBN 978-617-7364-20-6

УДК 551.58  
ББК 26

© Ф.П. Топольний, П.Г. Лузан

*До 90-річчя заснування Індустріального інституту  
сільськогосподарського машинобудування (нині  
Центральноукраїнського національного технічного  
університету)*

## **ВСТУП**

Умови проживання і виробничої діяльності людей визначаються факторами навколишнього середовища, серед яких погодні і кліматичні умови займають особливе місце.

Незважаючи на удосконалення агротехніки вирощування сільськогосподарських культур, вплив погоди на величину урожаю залишається великим. Знання особливостей клімату конкретної місцевості і мікроклімату окремих полів, таких як клімат схилів різних експозицій, долин і вершин вододілів допомагає вносити корективи у агротехніку, загальні положення якої розроблені стосовно рівнинних площ.

В навчальному посібнику у стислій формі наведено основні положення загальної і синоптичної метеорології та впливу метеорологічних чинників на агросферу і людину. Коротко висвітлено загальні положення кліматології, знання яких необхідні для більш глибокого розуміння дисципліни. При викладенні матеріалу автори свідомо уникали застосування складного математичного матеріалу, який не завжди може бути доступний студентам біологічного, а не фізико-математичного чи технічного спрямування. Проте більш детально висвітлюються питання впливу тих або інших метеорологічних чинників на біоту і зокрема на людину, оскільки працівники агросфери більше, порівняно працівників інших видів людської діяльності перебувають на свіжому повітрі.

В запропонованому посібнику, на відміну від інших аналогічних праць, більш доступно, в певній мірі і по новому

розкрито природу і особливості формування клімату різних природних зон України і особливо її центральної частини, яка у теплий період року знаходиться поза зоною основних циклонічних потоків континенту.

### **Предмет і завдання агрометеорології**

Агрометеорологія, або сільськогосподарська метеорологія – наука, яка вивчає метеорологічні, кліматичні, гідрологічні умови і їх взаємодію з об'єктами і процесами сільськогосподарського виробництва, тобто вивчає клімат і погоду стосовно до вимог сільського господарства.

Особливість агрометеорології як науки полягає в тому, що вона знаходиться на стику різних галузей метеорології, кліматології, біології, ґрунтознавства, землеробства і інших дисциплін.

Об'єктами вивчення агрометеорології є погода, клімат, водний і тепловий режими ґрунтів, сільськогосподарські культури і тварини, процеси сільськогосподарського виробництва.

Основні завдання агрометеорології:

- вивчення закономірностей формування метеорологічних і кліматичних умов сільськогосподарського виробництва у просторі і часі;
- розробка методів кількісної оцінки впливу метеорологічних факторів на стан ґрунтів, розвиток, ріст і формування урожаю агрофітоценозів, на стан сільськогосподарських тварин, розвиток і поширення шкідників і хвороб сільськогосподарських культур;
- розробка методів агрометеорологічних прогнозів і удосконалення форм агрометеорологічного забезпечення сільського господарства;
- оперативне забезпечення агрометеорологічною інформацією, особливо про можливі несприятливі для аграрного виробництва метеорологічні явища;
- агрокліматичне районування нових сільськогосподарських культур і порід тварин, агрокліматичне обґрунтування агротехнічних прийомів для найбільш повного і раціонального використання ресурсів клімату;
- агрокліматичне обґрунтування прийомів меліорації земель і зміни мікроклімату полів, впровадження індустріальних

технологій у рослинництві, в тому числі диференційованого застосування агротехніки у відповідності із наявними і очікуваними умовами погоди;

– розробка методів боротьби із несприятливими і небезпечними для сільського господарства гідрометеорологічними явищами.

У сільському господарстві використовують різноманітну гідрометеорологічну інформацію при виборі проектних рішень; при розробці планових рішень і прийнятті оперативно-господарських рішень.

При **виборі проектних рішень** обґрунтовують раціональне розміщення і спеціалізацію сільського господарства, районування культур і сортів сільськогосподарських рослин і порід тварин, створення гідромеліоративних систем і т.п. При цьому використовують агрокліматичну інформацію.

При **розробці планових рішень** планують розміри врожаїв, визначають потребу у добривах і засобах захисту рослин, об'ємах води для поливу, складають графіки польових робіт і т.д. При цьому в першу чергу використовують оперативну агрометеорологічну і гідрологічну інформацію, аналізують конкретні погодні умови стосовно до конкретних полів і культур, а також враховують гідрометеорологічні прогнози різної тривалості.

При **прийнятті оперативно-господарських рішень** розробляються дії безпосереднього керування технологічними процесами в період вегетації рослин. Для цього використовують оперативну інформацію про фактичний стан погоди, ґрунту, посівів і гідрометеорологічні прогнози на ближчу і віддалену перспективу.

### **Коротка історія агрометеорології**

Першою книгою по метеорології є праця Аристотеля (304-322 рр. до Р.Х), в якій узагальнено досвід спостережень попередників і зроблені спроби обґрунтування причин змін погоди.

В 1597 р. Галілей винайшов термометр.

В 1643 р. Торрічеллі створив барометр.

В 1854 у Франції організована державна служба прогнозів погоди, а в Англії створено метеорологічний департамент міністерства погоди. Це сталося після того як у Чорному морі

шторм розкидав англо-французький флот. У Російській імперії, куди входила і більша частина України, мережа метеостанцій організована в 1885 р. за ініціативою А.І. Воєйкова (1842 – 1916), а в США лише після того, як в 1889 р. сильний шторм в районі Великих озер затопив 2000 суден. В Кропивницькому метеостанція працює з 1874р.

Тепер на планеті працює близько 10000 метеостанцій, інформація з яких обробляється в регіональних і 3 світових центрах погоди, розміщених в Вашингтоні, Москві і Сіднеї.

### **Методи агрометеорологічних досліджень**

В агрометеорології використовують наступні загальні метеорологічні методи досліджень:

- метод *спостережень*, який полягає в тому, що за допомогою приладів - станціях, постах, в експедиціях спостерігають і фіксують основні метеорологічні характеристики довкілля;
- метод *експерименту*, який полягає у постановці дослідів в природних або лабораторних умовах по штучному відтворенню того процесу або явища, який становить інтерес для сільськогосподарського виробництва;
- метод *теоретичного аналізу* полягає у вивченні агрометеорологічних явищ и процесів з використанням законів фізики, біології, термодинаміки і інших наук із застосуванням математичного апарату для отримання виявлених теоретичним шляхом закономірностей у кількісному вимірі.

При вирішенні ряду агрометеорологічних проблем ці загальні методи отримали подальший розвиток.

*Метод паралельних спостережень* за станом, ростом, розвитком рослин і погодними умовами, у яких ростуть досліджувані рослини. В такий спосіб встановлюють кількісні і якісні зв'язки між умовами погоди і ростом рослин, виявляють їх вимоги до основних факторів середовища – кількості світла, тепла, вологи, поживних речовин. Також цим методом визначають критичні (порогові) рівні певних чинників для різних культур і сортів.

*Метод послідовних строків посіву* культур через кожні, наприклад, 5 або 10 днів, починаючи із ранньої весни і до початку літа. За таких умов рослини попадають у неоднакові

умови тепла, вологи, освітленості. Ці дослідження слід проводити на однорідному за родючістю полі. Отримана інформація дає можливість визначити найсприятливіші строки сівби досліджуваної культури.

*Метод географічних посівів* застосовують у різних ґрунтово-кліматичних зонах країни. Він дає можливість визначити райони, де певний сорт культури дає найвищі і найкращі врожаї.

*Метод дистанційного визначення параметрів* стану підстильної поверхні, фенології рослин, температури і вологості ґрунту, об'ємів біомаси. Це на даний час досить перспективний метод, який дає можливість контролювати стан посівів на значних площах, що дозволяє приймати необхідні агротехнологічні рішення для виправлення ситуації, якщо така виникає.

## **Використання біологічних законів землеробства у агрометеорології**

Методи агрометеорологічних досліджень базуються на використанні основних біологічних законів землеробства. Основні з них наступні.

*Закон нерівноцінності* факторів погоди для рослин, який полягає в тому, що не всі фактори мають однаковий вплив на рослини. Їх розділяють на основні і другорядні. До основних факторів відносять світло, тепло, вологу повітря і ґрунту. Всі вони є обов'язковими для росту і розвитку рослин. Основні фактори впливають на рослини протягом всієї вегетації і на всій площі їх зростання. Ці фактори є незамінними. Наприклад, світло неможливо замінити теплом, тепло – вологою. Всі вони необхідні рослині. Відсутність любого з них різко знижує продуктивність і навіть приводить до загибелі рослин.

До другорядних факторів належать вітер, хмарність, туман і інші, які посилюють або ослаблюють дію основних факторів. Наприклад, вітер і хмарність ослаблюють дію приморозків. Ці фактори впливають лише у певний період і на незначних площах.

*Закон мінімуму*, згідно якого при оптимальних інших умовах величина врожаю визначається фактором, який знаходиться у мінімумі. Наприклад, у посушливі роки кількість вологи є лімітуючим чинником врожаю. Продуктивність рослин

буде зростати при ліквідації цього мінімуму і до тих пір. Поки у дефіциті не виявиться інший фактор.

**Закон критичних періодів** полягає в тому, що у житті кожної рослини є окремі періоди, коли вона найбільш чутлива до якогось погодного чинника, наприклад, до температури, вологості, сонячної радіації і іншого.

## Погода

Погодою називається стан атмосфери в певному місці в певний момент або за обмежений проміжок часу (добу, місяць, рік), який визначається фізичними процесами, що відбуваються в атмосфері при взаємодії з підстильною поверхнею. З кількісного і якісного боку фізичний стан атмосфери і процеси, які у ній відбуваються проявляються через **метеорологічні елементи**, які знаходяться між собою у тісному зв'язку і завжди діють разом. До основних метеорологічних елементів належать:

- температура повітря на висоті 2 м над земною поверхнею;
- атмосферний тиск;
- вологість повітря – парціальний тиск водяної пари в повітрі і відносна вологість;
- вітер – горизонтальний рух повітря на висоті 10...12 м над земною поверхнею (швидкість та напрямок, звідки дме);
- кількість опадів, які випали з хмар, їх типи (дощ, сніг, мряка, мокрий сніг, снігова або крижана крупа, снігові зерна, град, крижаний дощ, крижані голки);
- опади, що осідають з повітря: роса, іній, паморозь, твердий і рідкий сніг;
- туман;
- видимість або прозорість атмосфери – відстань, на якій перестають розрізнятися обриси предметів;
- сонячна радіація;
- довгохвильове випромінювання Землі і атмосфери.

До метеорологічних елементів відносяться також:

- температура поверхні ґрунту і на глибинах (5, 20, 50 см);
- висота і щільність снігового покриву.

В комплексі метеорологічних елементів, які характеризують погоду, є елементи, які звертають на себе особливу увагу. За



ними інколи називають погоду певного дня або навіть сезону. Наприклад, буває погода дощова, сонячна, вітряна, посушлива і т.д.

Крім метеорологічних елементів виділяють також *метеорологічні явища*, до яких відносяться: опади, тумани, хуртовини, грози, шквали, пилові бурі, смерчі, полярні сніга, веселки та інші, що не мають точного кількісного вираження.

Вчення про погоду і методи її передбачення є окремим розділом метеорології, який називається *синоптичною метеорологією*.

## Контрольні питання

1. Дайте визначення агрометеорології як науки.
2. Що є об'єктом та предметом вивчення агрометеорології?
3. Які методи досліджень використовує агрометеорологія?
4. Дайте визначення поняттям «метеорологічні величини», «атмосферні явища», «погода», «клімат».
5. Як називається фізичний процес, що супроводжується різкою якісною зміною стану атмосфери
6. Які атмосферні явища Ви знаєте?
7. Із якими науками очевидний зв'язок метеорології?
8. Які основні метеорологічні елементи Ви знаєте?
9. Яка різниця між метеорологічними елементами і явищами?
10. Назвіть основні етапи історії метеорології?

# 1. АТМОСФЕРА

## 1.1.Будова атмосфери

До початку ХХ століття метеорологи вважали всю атмосферу більш-менш однорідною. Зокрема, вони були впевнені у тому, що температура повітря в атмосфері рівномірно знижується з висотою. Лише на початку ХХ століття було встановлено, що у вертикальному напрямку атмосфера складається із кількох концентричних шарів, які відрізняються між собою як за температурою, так і по інших характеристиках.

У вертикальному напрямку атмосферу в атмосфері виділяють п'ять основних шарів: *тропосферу*, *стратосферу*, *мезосферу*, *термосферу* і *екзосферу*, між якими виділяють

перехідні смуги – паузи, як *тропопауза*, *стратопауза*, *мезопауза* і *термопауза*.

**Тропосфера** – нижній шар атмосфери, який поширюється від підстильної поверхні до 8...10 км у полярних областях і до 15...18 км у зоні екватора. Температура повітря у тропосфері зменшується в середньому на 0,5...0,6 °С на кожні 100 м і на верхній межі дорівнює 50 °С...60 °С. Щільність повітря – від – 1200 до 400 г/м<sup>3</sup>.

У тропосфері відбувається безперервне інтенсивне перемішування повітря як по горизонталі так і по вертикалі. У ній сконцентровано 75% усієї маси повітря, основна кількість водяної пари і найменших часток домішок (аерозолів), в результаті чого тут відбуваються основні метеорологічні процеси, утворюються повітряні маси та фронти, розвиваються циклони та антициклони, формуються хмари, які дають опади, виникають грози і інші атмосферні явища. Тому тропосферу часто називають «кухнею» погоди. Самий нижній шар тропосфери – приземний, висота якого складає кілька десятків метрів, має особливо важливе значення для сільського господарства. У цьому шарі знаходяться посіви і насадження, пасовища, живуть тварини. Тому для правильного вирішення багатьох практичних завдань сільськогосподарського виробництва необхідно знати атмосферні процеси, які відбуваються саме у приземному шарі тропосфери.

**Тропопауза** – має потужність від кількох сотень метрів до 1–2 км. За її нижню межу приймається висота, на якій температура перестає зменшуватись. В цій смузі спостерігаються струмені повітря у вигляді вузьких течій із дуже великими швидкостями (до 150–300 км/год). Ці потоки називаються *струйними течіями*.

**Стратосфера** розташована над тропопаузою до висоти 50–55 км. Для цього шару характерні слабкі повітряні течії, мала кількість хмар і постійність температури (-56...-60 °С) до висоти приблизно 25 км. До висоти 35 км температура підвищується дуже повільно, а вище 35 км температура швидко росте і на верхній межі стратосфери досягає середньорічного значення близько 0 °С. У стратосфері міститься менше 20% маси повітря атмосфери.

У стратосфері сонячні промені інтенсивно взаємодіють з

молекулами кисню, в результаті чого частина їх розпадається на окремі атоми з послідуочим утворенням озону (трьохатомного кисню). Область підвищеного вмісту озону утворює так звану **озоносферу**. Ріст температури повітря з висотою зумовлюється поглинанням сонячної радіації озоном. На верхній межі стратосфери температура зазнає різких коливань залежно від пори року і широти місцевості.

Водяної пари у стратосфері дуже мало, проте у полярних широтах на висотах 20...25 км спостерігають інколи дуже тонкі, так звані перламутрові хмари, які видно лише вночі, коли вони освітлюються Сонцем, яке знаходиться за горизонтом.

**Мезосфера** – шар, у якому температура з висотою знову починає знижуватися і на її верхній межі – **мезонаузі** – (80...95 км) складає  $-85...-90^{\circ}\text{C}$ .

Повітря тут міститься всього близько 5% всієї маси атмосфери. На верхній межі мезосфери також спостерігаються особливі хмари, які видно лише вночі - срібні.

**Термосфера** розташована у проміжку висот від 90 до 450 км. Температура тут знову починає підвищуватись. На висотах 200...250км у роки активного Сонця сягає  $1600^{\circ}\text{C}$ . Слід відзначити, що ця температура характеризує лише кінетичну енергію руху молекул газів. Космічні кораблі і штучні сателіти Землі, які знаходяться у термосфері, не зазнають впливу такої високої температури, тому що там дуже розріджене повітря. Температура привнесених туди тіл на таких висотах зумовлюється ввібраною ними променевою енергією Сонця.

Молекули повітря у термосфері електрично заряджені, а тому атмосфера стає електропровідною. Іонізація повітря відбувається під впливом ультрафіолетової і корпускулярної радіації Сонця, тому термосферу також називають **іоносферою**. В термосфері відбувається полярне сяйво, згоряють метеорити.

**Екзосфера** – самий верхній шар атмосфери. Щільність повітря у ній дуже мала, тому поняття температури тут втрачає свій фізичний зміст. Шар екзосфери поширюється до висоти 2000...3000 км і поступово переходить у космос.

## 1.2. Склад приземного шару атмосфери

Атмосфера є середовищем існування всіх земних організмів

(за виключенням анаеробних бактерій). В результаті еволюції Землі атмосфера під впливом різних процесів, в тому числі внаслідок фотосинтезу рослин, мільйони років тому досягла в основному такого складу, який є у даний час. Між атмосферою і біосферою встановилась природно обумовлена динамічна рівновага. Тому людина і об'єкти сільськогосподарського виробництва адаптовані до даного складу повітря, яким вони дихають і який необхідний для їх існування.

Суміш газів, із яких складається атмосфера, називають повітрям. Повітря складається із азоту ( $N_2$ ) – 78%, кисню ( $O_2$ ) – близько 21%, аргону (Ar) – близько 1%, вуглекислого газу ( $CO_2$ ) – 0,033% і водяної пари ( $H_2O$ ), вміст якої може змінюватись від 0,1 до 4% від об'єму. Решта газів містяться у атмосфері у дуже малих кількостях і їх можна не враховувати при вивченні агрометеорології.

Склад сухого чистого повітря нижніх шарів атмосфери постійний для всієї планети, що зумовлено безперервним перемішуванням повітря у вертикальному і горизонтальному напрямках. Лише кількість вуглекислого газу, озону і деяких інших газів частково змінюється у часі і просторі.

Крім того, в атмосфері завжди присутні завислі тверді і рідкі частки як природного походження (частинки ґрунтового порошку, морської солі, спори рослин, крапельки води і ін.), а також ті, які попали в атмосферу у результаті господарської діяльності людини (виробничий порох, частинки диму і добрив і т.д.). Такі частки називають *аерозолями*.

У природі повітря завжди містить воду у газоподібному, рідкому і твердому стані. Водяна пара надходить у атмосферу в результаті випаровування води із земної поверхні (в основному із морів і океанів) і поширюється в результаті перемішування повітря. Зволоженість атмосфери залежить від віддаленості від джерел води (океанів, морів), рельєфу місцевості, особливостей атмосферної циркуляції, температури повітря, часу доби.

### **1.3. Значення основних газів повітря для біосфери**

Із всіх газів атмосфери найбільше значення для біосфери, в тому числі для людини і для сільського господарства, мають азот, кисень, вуглекислий газ і водяна пара.

**Азот** – газ, який у найбільшій кількості міститься у атмосфері. Він має особливе значення у ґрунтовому живленні рослин. Вільний азот не засвоюється рослинами, але зв'язується деякими ґрунтовими і бульбочковими бактеріями, які збагачують ґрунт сполуками азоту, який легко засвоюється рослинами. До числа рослин, які зв'язують молекулярний азот за допомогою бульбочкових бактерій, що поселяються на їх коріннях, відносяться бобові культури (горох, квасоля, конюшина, люцерна і ін.). За один вегетаційний період вони нагромаджують до 40...300 кг азоту на 1 га. Крім того, у ґрунт протягом року разом із опадами надходить близько 5 кг азоту на 1 га, що забезпечує близько 10% потреби рослин.

Основним джерелом азоту для рослин є ґрунт. При розкладі рослинних решток органічний азот переходить у мінеральний, спочатку у аміак, а потім у азотисту і азотну кислоту, яка у вигляді солей (селітри) є практично єдиним продуктом азотного живлення всіх рослин.

Для покращання ґрунтового живлення рослин азотом вносять мінеральні і органічні сполуки азоту у вигляді добрив.

**Кисень** – потрібний людям, тваринам і рослинам для дихання, а також для розкладу органічних речовин, гниття і горіння. При взаємодії органічних сполук з киснем (окислення) у клітинах живих організмів виділяється енергія, яка забезпечує життєдіяльність рослин і тварин. Тому збагачення ґрунту киснем, яке відбувається при покращенні аерації ґрунту, сприяє діяльності ґрунтових бактерій і, як наслідок, покращенню ґрунтового живлення рослин.

**Вуглекислий газ** – важкий газ, який накопичується у нижніх шарах атмосфери біля поверхні ґрунту. Його значення у фізіологічних процесах рослин дуже велике. Він є джерелом повітряного живлення рослин: зелені рослини за допомогою світлової енергії створюють в процесі фотосинтезу із вуглекислого газу і води органічну речовину. Вуглекислий газ також має важливе значення для теплового балансу Землі, зменшуючи її охолодження. Він затримує приблизно на 10% земного випромінювання, чим сприяє підвищенню температури повітря біля земної поверхні.

Вуглекислий газ надходить у атмосферу головним чином при виверженні вулканів, а також в результаті гниття і розкладу

органічних речовин, в процесі дихання всіх живих організмів, при спалюванні органічного палива і т. д. Вміст вуглекислого газу у повітрі змінюється залежно від місцевих умов, часу доби і пори року. В полярних широтах вуглекислого газу менше, ніж у помірних. Над океанами його менше, ніж над сушею. В денні години його менше, ніж вночі. Зимою його більше, ніж літом. У великих промислових центрах вуглекислоти у повітрі вдвічі більше, ніж у полі.

**Водяна пара** – важлива ланка у кругообігу води в природі. Вона зумовлює утворення хмар і випадання опадів, впливає на інтенсивність випаровування з рослин, приймає участь у створенні оранжерейного ефекту.

Водяна пара впливає на прозорість атмосфери і її радіаційний режим, поглинає різні забруднюючі речовини. Від вмісту вологи в атмосфері залежать кліматичні умови і водний режим Землі.

В атмосферу водяна пара надходить в результаті випаровування з великих водних поверхонь (океанів у місцях проходження теплих течій, теплих морів), з суші в результаті фізичного випаровування і в процесі транспірації рослин. Внаслідок турбулентного перемішування атмосфери водяна пара переноситься вгору і повітряними потоками переноситься на значні відстані.

#### **1.4. Озоновий шар атмосфери і його значення**

**Озон** – тобто трьохатомний кисень ( $O_3$ ) відіграє в атмосфері особливе значення. Його вміст значною мірою визначає режим ультрафіолетової радіації (УФ). Він знаходиться у шарі атмосфери від земної поверхні до висоти 70 км. Максимальна кількість озону зосереджена на висотах від 10...17 до 50 км (залежно від широти і пори року). Цей шар атмосфери називають **озоновим шаром** або озоносферою. Щільність озону дуже мала: якщо його привести до нормального тиску при температурі  $0^{\circ}C$ , то отримаємо шар товщиною 1...6 мм. Проте навіть така кількість озону має дуже важливе значення для життя на Землі.

Утворення озону у нижніх шарах атмосфери відбувається під впливом грозових розрядів, а також окислення деяких органічних речовин, а на висотах понад 10 км – під впливом ультрафіолетових променів Сонця з довжиною хвилі менше

0,1 мкм. В свою чергу озон поглинає ультрафіолетову радіацію з довжиною хвилі менше 0,29 мкм в результаті чого відбувається дисоціація (розпад) його молекул. Таким чином, в атмосфері безперервно відбувається утворення озону і його розпад. Молекули озону можуть руйнуватися також в результаті співударяння одна з одною і з атомами кисню, причому швидкість розпаду зростає із збільшенням температури.

Озоновий шар – захисний шар. Він поглинає так звану жорстку ультрафіолетову радіацію з довжиною хвиль 0,22...0,29 мкм. При цьому відбувається зростання температури повітря, яка на висотах 40...50 км зростає до 0<sup>0</sup>С.

Жорсткі ультрафіолетові промені мають велику бактерицидну активність: вони вбивають бактерії багатьох видів, згубні для багатьох для живих організмів і рослин.

Поглинаючи ультрафіолетову радіацію, озон виконує захисну дію по відношенню всього живого на планеті. Одночасно він виступає регулятором надходження на земну поверхню ультрафіолетової радіації, яка є необхідною для органічного життя. В невеликих кількостях озон сприятливо діє на організм людини. При підвищених концентраціях він стає шкідливим для людини і взагалі для всього органічного світу. В нижніх шарах атмосфери концентрація озону звичайно не досягає небезпечних значень. Але при певних метеорологічних умовах його вміст може зростати у 10-20 раз. Таке збільшення можливе за рахунок місцевих джерел, таких як автомобільних вихлопних газів, димів промислових підприємств, залишків згорання нафтопродуктів і газів. Велика концентрація озону, який є сильним окислювачем, прискорює руйнування деталей машин, особливо покришок коліс.

В глобальному розподілі найменше озону над екватором, а максимум досягається у полярних широтах. В річному ході максимум відмічається у весняні місяці, а мінімум восени.

В середині 80-х років минулого століття появились повідомлення про зниження сумарного озону в Антарктиді майже на 20% його вмісту в зоні 50...60<sup>0</sup> південної широти. Це послужило появленню теорії так званих *озонових дір*. Для пояснення цього явища була придумана теорія шкоди *фреонів*, які широко застосовувались у холодильній промисловості, виготовленні ліків, в косметиці і різних розчинників. Розробля-

лися різні міжнародні проекти по заміні фреону другими реактивами, а також по виготовленню промислового озону і доставці його у стратосферу. На даний час ці програми припинені, оскільки встановлено, що еволюція вмісту озону має довгочасову складову з періодом декількох десятків років і пов'язана з природними процесами в атмосфері, хоча при цьому не виключається і вплив антропогенної діяльності.

### **1.5. Аерозолі, забруднення атмосфери і методи боротьби з ними**

**Аерозолі** – це частки твердих або рідких речовин, які знаходяться в повітрі. За характером утворення аерозолі бувають дисперсійні і конденсаційні. Перші виникають при туманах з водопадів, фонтанів, морських прибоїв, при подрібненні твердих речовин з наступним підняттям у повітря (пил з полів, сажа, морські солі, мікроорганізми, спори рослин). Конденсаційні виникають при конденсації парів у атмосфері – хмари, туман.

Крім аерозолів в атмосферу надходить багато шкідливих газів від хімічних заводів, автотранспорту, при спалюванні органічних видів палива і т.п.

Висока концентрація промислового виробництва в окремих районах планети і швидке збільшення об'ємів спалювання органічних палив призводять до викидів в атмосферу великих кількостей тепла, вуглекислого газу, важких металів і інших забруднюючих речовин. Забруднюючі речовини ділять на три групи: газоподібні, важкі метали і органічні сполуки.

В результаті атмосферних і надземних ядерних і термоядерних зривів і аварій на атомних електростанціях в атмосферу надходить велика кількість різних **радіоактивних речовин**, які переносяться повітряними потоками і зберігаються в атмосфері протягом десятиліть. Поки що не знайдено способів штучного видалення радіоактивних продуктів із атмосфери.

Забруднення атмосфери у великих промислових центрах призводить до виникнення **смогу**. Він буває двох типів:

– димовий туман – суміш туману і продуктів неповного згорання або відходів хімічного виробництва, які шкідливі для здоров'я людей;



– їдкі гази, пари і аерозолі підвищеної концентрації без туману.

Вплив забруднюючих речовин на рослини ще недостатньо вивчений, проте негативний вплив не визиває сумніву. Сірчистий ангідрид пошкоджує зелені частини рослин, чим пригнічує фотосинтез. Пряме ураження рослин оксидами азоту спостерігається при їх великих концентраціях у повітрі в районах з розвиненою промисловістю.

Єдиним засобом боротьби із забрудненням атмосфери, як і довкілля в цілому є різке зниження, а потім і повна ліквідація викидів токсичних відходів у довкілля.

Одним із ефективних засобів по охороні атмосферного повітря є озеленення міст і промислових об'єктів. Відомо, що 1 га деревних насаджень за рік очищає від вуглекислого газу і шкідливих домішок 18 млн.м<sup>3</sup> повітря і відфільтровує до 70 т пилу. Одне дерево з площею крони 25 м<sup>2</sup> за добу виділяє скільки кисню, скільки необхідно для дихання однієї дорослої людини, а 1 га насаджень за 1 годину – скільки за цей час споживають 200 людей.

## 1.6. Атмосферний тиск

*Атмосферний тиск* – це сила, з якою тисне на одиницю площі поверхні маса вертикального стовпа повітря, що знаходиться між земною поверхнею і верхньою межею атмосфери. Вимірюється барометром, виражається в мілібарах (мбар) або в гектопаскалях (ГПа), ньютонів на 1 м<sup>2</sup> (Н/м<sup>2</sup>), або висотою ртуті у ртутному барометрі в мм ртутного стовпа. Оскільки висота ртутного стовпа в барометрі залежить не лише від тиску, а і від температури ртуті, від висоти над рівнем моря, географічної широти, тому покази барометрів на всіх метеостанціях приводять до однакових умов: до температури 0<sup>0</sup> С, до рівня моря і широти 45<sup>0</sup>. При таких умовах тиск у 760 мм рт.ст. називають *нормальним атмосферним тиском*. Він дорівнює 1013,25 мбар або ГПа або 101325 Н/м<sup>2</sup>. На більшості метеостанцій і метеопостів і в побуті використовують не ртутні класичні барометри, а барометри-анероїди і барографи добові або тижневі.

На земній поверхні атмосферний тиск змінюється в просторі

і часі. Високий тиск буває в областях мало рухомих антициклонів, а низький – у великих вихорах, що відносно швидко переміщуються – циклонах, які народжуються переважно над великими водними просторами.

### 1.7. Баричний ступінь

**Баричний ступінь** – це різниця висоти двох точок на одній вертикалі, яка дорівнює різниці атмосферного тиску в 1 ГПа. Він тим більший, чим нижчий атмосферний тиск, а тому з висотою баричний ступінь збільшується. На рівні моря при стандартному тиску в 1000 ГПа і температурі повітря 0<sup>0</sup>С баричний ступінь близький до 8 м на 1 ГПа. На висоті 5 км, де тиск вдвічі нижчий, баричний ступінь близький до 15 м на 1 ГПа. З ростом температури повітря баричний ступінь збільшується на 0,4% на кожний градус. Використовується при барометричному нівелюванні.

### 1.8. Ізобари, горизонтальний баричний градієнт

Щоб отримати наглядну уяву про розподіл атмосферного тиску на певній території, на географічну карту наносять тиск, виміряний одночасно в різних точках. Потім пункти, в яких тиск виявився однаковим, з'єднують плавними лініями. Ці лінії називають **ізобарами** (від грецького «isos» – рівний, однаковий і «baros» – вага). Найчастіше складаються карти ізобар для середнього тиску певного періоду часу (місяця року), або для певного моменту часу і використовуються для складання прогнозу змін погоди.

Зміна тиску вздовж горизонталі, направленої перпендикулярно до ізобар в бік від високого тиску до низького на відстані в 100 км називається **горизонтальним баричним градієнтом**. Ця величина складає 1-3 ГПа/100 км, а в циклонах може сягати десятків ГПа. Горизонтальний баричний градієнт зумовлює вітер і його силу.

### 1.9. Способи дослідження атмосфери

Приземний шар атмосфери вивчають за результатами регулярних (8 раз за добу) спостережень на метеостанціях. У важкодоступних районах діють автоматичні метеостанції.

Верхні шари досліджують аерологічними приладами – радіозондами, які запускають на висоту до 30-40 км. Вони вимірюють тиск, температуру, вологість повітря швидкість і напрям вітру і автоматично передають по радіо на Землю значення цих елементів з різних висот.

За допомогою радіолокаторів отримують інформацію про просторове розміщення, структуру, розміри і фізичні властивості хмар, їх переміщення, інтенсивність і кількість опадів в радіусі до кількох сотень кілометрів.

Більш високі шари атмосфери досліджують за допомогою метеорологічних (100 км) і геофізичних (до 400 км) ракет. Ракета піднімає на задану висоту контейнер з метеорологічними приладами, який потім на парашуті опускається на Землю.

Систематичне вивчення верхніх шарів атмосфери здійснюється метеорологічними супутниками Землі.

## Практична робота №1

### Атмосферний тиск: методика вимірювання і прилади

#### Зміст роботи.

1. Вивчення будови і принципу роботи приладів, що вимірюють атмосферний тиск.
2. Вимірювання атмосферного тиску в лабораторних умовах.

#### 1. Вивчення будови і принципу роботи приладів.

Атмосферний тиск – це гідростатичний тиск, здійснюваний атмосферним повітрям на всі об'єкти, що перебувають у ньому. У кожній точці Землі він різний і визначається масою стовпа повітря, що поширюється у вертикальному напрямку від даного об'єкта до верхніх меж атмосфери. Тиск із висотою зменшується (поясніть чому). Тому для порівняння результатів вимірювання атмосферного тиску на всіх метеорологічних станціях його «приводять» до тиску на рівні моря. Для цього використовується спрощена формула Лапласа:

$$p_0 = p_z = \frac{15982 + z(1 + \alpha t)}{15982 - z(1 + \alpha t)},$$

де  $p_0$ ,  $p_z$  – відповідно, тиск, визначений на рівні моря і на висоті  $z$ ;

$\alpha$  – температурний коефіцієнт об'ємного розширення повітря;

$$t = \frac{t_0 + t_z}{2},$$

$t_0$  і  $t_z$  – відповідно, температура повітря, виміряна на станції і обчислена для рівня моря.

Виходячи із середнього градієнта температури:

$$- 0,6^\circ\text{C м}^{-1} \text{ на } 100 \text{ м, } t_0 = t_z + 6 \cdot 10^{-3} \cdot z.$$

На метеостанціях для зручності розрахунків користуються таблицями, складеними на основі цієї формули.

Крім абсолютного значення атмосферного тиску важливу роль відіграє визначення баричної тенденції, тобто характеру і інтенсивності зміни тиску за час між строками спостереження. Ці дані використовуються для прогнозу зміни погоди.

Атмосферний тиск спочатку вимірювався в мм рт.ст. (згадайте перший прилад для виміру тиску, його автора і причину такої одиниці виміру). Зараз у системі СІ використовується для вимірювання атмосферного тиску Паскаль (Па), крім того, у багатьох галузях науки використовується мілібар (мбар) і мм рт.ст. Їх співвідношення таке:

$$1 \text{ Па} = 10^{-2} \text{ мбар} = 10^{-2} \cdot 0,75 \text{ мм рт.ст.};$$

$$1 \text{ мбар} = 10^2 \text{ Па} = 0,75 \text{ мм рт. ст.};$$

$$1 \text{ мм рт.ст.} = 133,3224 \text{ Па} = 1,3332 \text{ мбар}.$$

У метеорології найбільш часто застосовуються деформаційні барометри різних типів, ртутні барометри через особливості ртуті застосовуються рідко. Для безперервної реєстрації атмосферного тиску використовують самописи – барографи.

## Барометри

Найбільш часто в практиці використовуються деформаційні барометри (рис. 1). Принцип їх дії заснований на залежності пружної деформації твердих тіл від тиску, що на них здійснюється. Первинним перетворювачем для таких барометрів є елемент, чутливий до зміни тиску і перетворює його в лінійне

переміщення – так звана барокоробка (вакуумна мембранна коробка).

Вивчіть будову барометра-анероїда БАММ і визначте напрямок тиску стовпа повітря, деформації барокоробки, дії бароблока і передачі зусилля на стрілку.

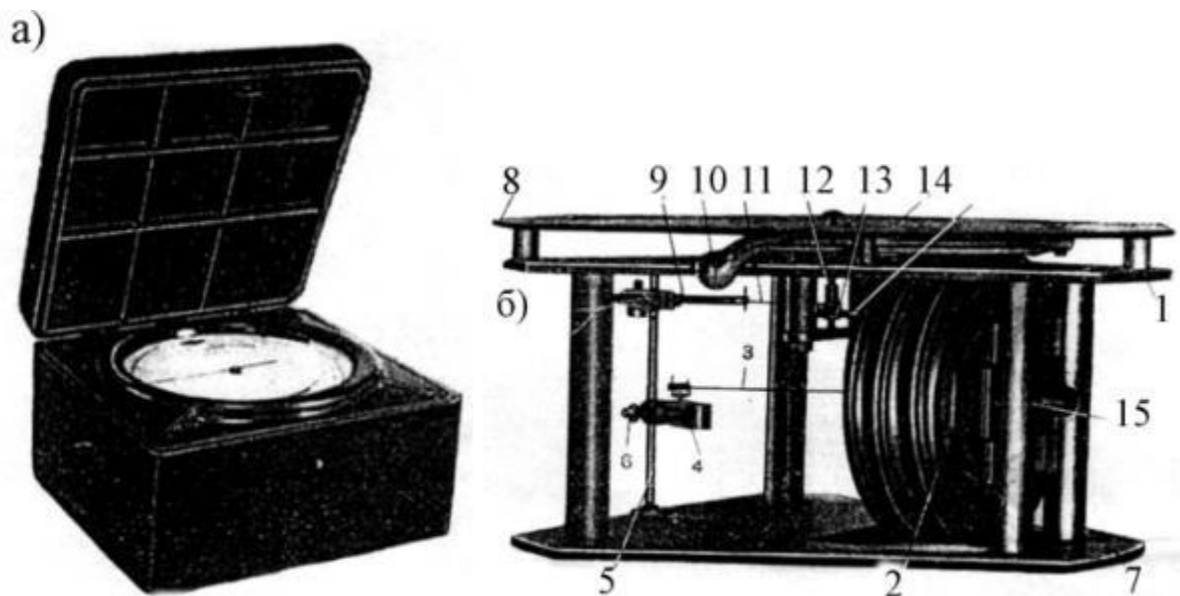


Рис. 1. Зовнішній вигляд барометра-анероїда БАММ (а) і його механізм (б): 1 – плата, 2 – бароблок, 3 – тяга, 4, 7 – плечі важеля, 5 – вісь, 6, 15 – регулювальні гвинти, 8 – стрілка, 9 – термометр, 10 – шарнірний ланцюжок, 11 – вісь стрілки, 12 – ролик, 13 – шкальна плата, 14 – спіральна пружина

**Порядок вимірів.** Барометр повинен зберігатися в місці, де немає різких коливань температури в закритому стані. Футляр відкривають тільки в момент здійснення вимірів. Відкривши футляр спочатку знімають показники термометра анероїда, потім перевіряють горизонтальність розташування анероїда і знімають з нього показники до десятої частки поділки. Записують показники в журнал, після чого їх виправляють трьома поправками: температурною, шкаловою і додатковою, котра наведена в паспорті анероїда.

## Барограф

Барограф (рис. 2) використовується для безперервної реєстрації зміни атмосферного тиску. Барографи бувають декількох конструкцій, які відрізняються в основному лише зовнішнім виглядом. Принцип їхньої роботи практично

ідентичний.

Чутливість бароблока залежить від зміни температури, а, отже, від пружності мембран. Для виключення впливу температури на показання барографа використовують термокомпенсатор.

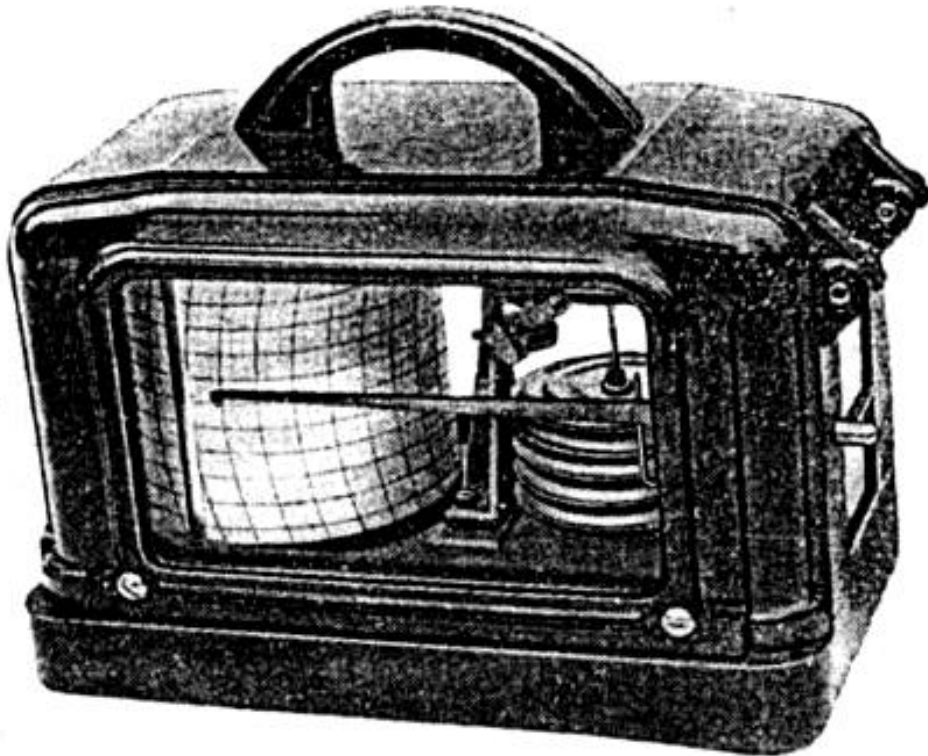


Рис. 2. Зовнішній вигляд барографа

Реєстрація тиску здійснюється на спеціальних стрічках, що накладають на барабан годинникового механізму. Барографи можуть бути добовими і тижневими. Стрічки розграфлені на горизонтальні лінії і вертикальні дуги. Горизонтальні лінії утворюють шкалу тиску в мілібарах від 960 до 1050 мбар (ціна поділки – 2 мбара, а оцифровка – через 10 мбар), по шкалі часу ціна поділки – 15 хв. для добового і 2 год. – для тижневого барографа.

## **2. Виконайте друге завдання практичної роботи.**

Зробіть відлік тиску в лабораторних умовах і на відкритому повітрі. Порівняйте результати вимірів. Чому результати майже не відрізняються? Зробіть відповідний висновок.

### **Контрольні питання**

1. З яких шарів складається атмосфера?

2. Що таке тропосфери?
3. Який хімічний склад тропосфери?
4. Як змінюється температура по вертикалі?
5. Де розташована і яке значення тропопаузи?
6. Що таке аерозолі, їх природа і значення?
7. Атмосферний тиск, одиниці вимірювання.
8. Де знаходиться озоновий шар і його значення.
9. Яке значення для сільського господарства мають газові складові атмосферного повітря?
10. Баричний ступінь, його суть і застосування.
11. Що таке горизонтальний баричний градієнт?
12. Забруднення атмосфери: причини, наслідки і засоби боротьби.

## 2. ПРОМЕНИСТА ЕНЕРГІЯ

### 2.1. Сонячна радіація

Електромагнітна промениста енергія Сонця є основним джерелом енергії для всіх процесів, які відбуваються в атмосфері і на поверхні Землі. Потужність потоку сонячної електромагнітної радіації залежить від відстані Землі від Сонця. В середньому на верхню межу атмосфери надходить 1,95 кал ( $\text{см}^2 \cdot \text{хв.}$ ) або 1,353  $\text{кВт}/\text{м}^2$  енергії. Ця величина називається *сонячною сталою*. В атмосфері сонячна радіація частково поглинається, а також розсіюється і відбивається від хмар. Біля земної поверхні потік прямої сонячної радіації коливається в широких межах, але не перевищує на рівні моря 1,05  $\text{кВт}/\text{м}^2$ , а в горах на висотах 1,5-2 км 1,1  $\text{кВт}/\text{м}^2$  на перпендикулярну до променів поверхню.

Сонце випромінює на Землю промені електромагнітної і корпускулярної природи. Корпускулярна сонячна радіація складається в основному із протонів, які летять з швидкістю 300-1500 км/сек. Концентрація протонів біля Землі складає 5-80 іонів/ $\text{см}^3$ , а в періоди сонячної активності до 1000 іонів/ $\text{см}^3$ . Енергія корпускулярної природи істотного значення не має. Вона поглинається в атмосфері на висотах понад 100 км.

### 2.2. Види радіаційних потоків

В *актинометрії* (розділі метеорології, який вивчає потоки

променевої енергії) променевою енергією прийнято розділяти на потоки: пряма сонячна радіація, розсіяна сонячна радіація, сумарна сонячна радіація, відбита сонячна радіація, власне випромінювання Землі і зустрічне випромінювання атмосфери.

Радіацію, яка надходить на Землю безпосередньо від сонячного диску у вигляді пучка паралельних променів називають **прямою сонячною радіацією**. Частина сонячної радіації, яка проходячи через атмосферу, розсіюється молекулами газів і аерозолів і доходить до земної поверхні від усього небосхилу, називається **розсіяною сонячною радіацією**. Пряма і розсіяна сонячні радіації, які надходять на горизонтальну поверхню складають **сумарну сонячну радіацію**. Та частина сонячної радіації, яка відбивається земною поверхнею називається **відбитою короткохвильовою сонячною радіацією**.

Земля як космічне тіло з температурою вищою абсолютного нуля є джерелом випромінювання, яке називається **тепловим випромінюванням Землі**. На відміну від потоків сонячної радіації, які є короткохвильовими, теплове випромінювання Землі є довгохвильовим (інфрачервоним).

**Пряма сонячна радіація.** Кількість цієї радіації, яка надходить на верхню межу атмосфери, в часі змінюється мало, тому її називають **сонячною постійною** і вона дорівнює близько  $1400 \text{ Вт/м}^2$ . При проходженні цієї радіації через атмосферу відбувається її ослаблення, зумовлене поглинанням (близько 15%) і розсіянням (близько 25%) енергії газами, аерозолями, хмарами.

Ослаблення сонячного потоку в атмосфері залежить від висоти Сонця над горизонтом Землі і прозорості атмосфери. Чим менша висота його над горизонтом, тим більше число оптичних мас атмосфери проходить сонячний промінь. За одну оптичну масу атмосфери приймають масу, яку проходять промені при знаходженні Сонця в зеніті. Коли Сонце знаходиться біля горизонту, то промінь проходить у атмосфері шлях майже у 35 раз довший за той, який він проходить, коли Сонце знаходиться у зеніті. Число оптичних мас атмосфери ( $m$ ) залежно від висоти Сонця ( $h_0$ ) наведено нижче.

$m$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,6	2,0	2,9	5,6	10,4	26,0	34,4
$h_0$	90	70	60	50	40	30	20	10	5	1	0



Коефіцієнт прозорості залежить від вмісту у атмосфері водяної пари і аерозолів: чим їх більше, тим менший коефіцієнт прозорості при однаковій кількості оптичних мас, крізь які проходять промені. Весною, коли атмосфера ще не прогріта і не запилена, її проникність для променів особливо велика, по цій причині сонячна засмага весною і в першій половині літа особливо небезпечна на предмет провокування раку шкіри.

Надходження прямої радіації на земну поверхню залежить від кута падіння сонячних променів. Надходження прямої сонячної радіації, яка падає на горизонтальну поверхню, називають *інсоляцією*. Якщо земна поверхня не горизонтальна, то надходження радіації залежить не лише від висоти Сонця, а й від крутизни і експозиції схилу. Різниця у надходженні радіації особливо помітна весною і восени, коли Сонце над горизонтом стоїть не високо. В результаті на південних схилах навіть за крутизни всього 3...5° раніше сходить сніг, ґрунт прогрівається і дозріває на 7-10 днів раніше північних, що дозволяє проводити сівбу у більш ранні строки.

*Розсіяна сонячна радіація* зменшується із висотою Сонця над горизонтом і зростає із забрудненістю атмосфери. Чим прозоріша атмосфера і чим вище Сонце, тим менша частка розсіяної радіації. При суцільній щільній хмарності сумарна радіація повністю складається із розсіяної радіації. Зимом, внаслідок відбиття радіації від снігового покриву і його вторинного розсіювання в атмосфері частка розсіяної радіації значно зростає. Короткі промені розсіюються сильніше довгих. Тому у розсіяній радіації частка довгих променів стає більшою. По цій причині Сонце і Місяць біля горизонту набувають жовтого або навіть червонуватого забарвлення. Розсіяною радіацією пояснюються вечірні і ранкові сумерки, коли Сонце знаходиться за горизонтом і в такий спосіб збільшується тривалість дня.

### 2.3. Спектральний склад сонячної радіації

Сонячна радіація складається з електромагнітних хвиль різної довжини, яка вимірюється в мікрометрах (мкм) ( $1 \text{ мкм} = 10^{-6} \text{ м}$ ), інколи у нанометрах ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ). Розподіл променевої енергії по довжині хвиль називається спектром. Сонячний спектр ділять на три частини:

- ультрафіолетову ( $\lambda=0,01-0,39$  мкм),
- видиму ( $\lambda=0,40-0,75$  мкм);
- інфрачервону ( $\lambda>0,76-24,0$  мкм).

Перед ультрафіолетовою частиною спектра сонячної радіації знаходяться рентгенівські промені, а за інфрачервоними – радіовипромінювання Сонця. Видиме світло займає вузький інтервал довжини хвиль, але в ньому міститься майже половина всієї променистої енергії – 47-48%, на ультрафіолетову припадає 7-9% і на інфрачервону 44-45% від усієї сонячної променистої енергії, яка надходить на верхню межу атмосфери.

**Коефіцієнт прозорості атмосфери**, тобто відношення потоку прямої сонячної радіації, яка досягає земної поверхні при положенні Сонця в зеніті ( $m=1$ ), до потоку сонячної радіації на верхній межі атмосфери (до сонячної сталої) є функцією довжини хвилі (із збільшенням  $\lambda$  він зростає). Для ультрафіолетових променів він становить – 0,3; для зелених – 0,7; для оранжевих і червоних близько – 0,8; для інфрачервоних – 0,9.

Ультрафіолетові промені з довжиною хвилі до 0,28 мкм не проникають до земної поверхні, поглинаються в основному озоновим шаром. Крім озону, сонячну радіацію значною мірою поглинають також водяна пара й вуглекислий газ, а також різні аерозолі. Тому весняно-ранньолітнє сонце особливо збагачене ультрафіолетом, тому що тоді верхні шари тропосфери ще не прогріті, і не збагачені вологою, а також не запилені пилом, який піднімається з полів.

За умов безхмарної атмосфери потік сонячної радіації послаблюється у середньому на 20%, а за хмарності – ще на 20-30%. Отже, земної поверхні у середньому досягає 50-60% сонячної радіації, що надходить на верхню межу атмосфери. Цю частину сонячної радіації, що складається з прямої та розсіяної радіації, називають **сумарною**.

Видима частина спектру при проходженні через призму розкладається на кольорові промені, розташовані в напрямку зменшення довжини хвилі в такому порядку: червоні, оранжеві, жовті, зелені, голубі, сині, фіолетові.

## 2.4. Ультрафіолетові промені і їх біологічна дія

УФ-випромінювання – це невидиме оком електромагнітне

випромінювання, яке займає спектральну область між видимим і рентгенівським випромінюванням в межах довжин хвиль  $\lambda=0,4-0,01$  мкм. Ультрафіолетову частину сонячного спектру умовно ділять на три частини: УФ-С радіація (коротше 0,28 мкм), УФ-В радіація (0,28-0,31 мкм), УФ-А радіація (0,31-0,40 мкм). Дія УФ-С проявляється у руйнуванні молекул білка та загрозі існування живих організмів. УФ-С радіація не досягає земної поверхні, оскільки повністю поглинається у високих шарах атмосфери озоном і іншими складовими атмосфери. Земної поверхні досягають лише довгохвильова частина УФ променів з  $\lambda > 0,29$  мкм. Більш короткохвильові УФ промені поглинаються озоном, киснем і іншими компонентами атмосфери на висотах 30-200 км. Енергія цих променів витрачається на фотохімічну реакцію утворення озону з кисню. Значна частина УФ-В радіації також поглинається. Слід відзначити сприятливий вплив на організм помірних її доз, які покращують склад крові та підвищують загальний тонус, а також бактерицидний та антирахітний вплив. Недостатність опромінення УФ-В радіацією призводить до «ультрафіолетового голоду» та цілого ряду захворювань, зокрема, вітамінозу, і навпаки, надмірні дози опромінення шкідливі для організму людини. УФ-А радіація сприятливо впливає на людину, але її ефективність менша.

Зі збільшенням висоти місцевості пряма УФ радіація зростає у середньому на 10-12% на 100 м, а її вертикальний градієнт становить близько  $0,72 \text{ Вт/м}^2/100 \text{ м}$ . Відбувається більше відносне зростання з висотою УФ радіації, оскільки її послаблення за рахунок молекулярного та аерозольного розсіяння зменшується.

При дії на живі організми УФ промені поглинаються верхніми шарами тканин рослин чи шкіри людини і тварин та викликають біохімічні зміни. У людей і тварин малі дози УФ сприяють утворенню вітаміну Д, покращують імунобіологічні властивості організму. В поверхневих шарах шкіри відкладається пігмент меланін. Найбільш інтенсивний і стійкий загар виникає після тривалого перебування на сонці, що часто негативно позначається на стані здоров'я (нервовій, серцево-судинній і ін. системах), а також може виявляти канцерогенну дію на шкіру. УФ-промені сильно бактерицидні, сприяють коагуляції білків.

Рослини під впливом УФ-променів уповільнюють ростові

процеси, але прискорюють проходження етапів формування репродуктивних органів. На мікроорганізми УФ-промені діють згубно і мутагенно.

## 2.5. Фотосинтетично активна радіація

Видима і частково УФ радіація в діапазоні  $\lambda=0,35-0,75$  мкм називається фізіологічною радіацією, тому що вона поглинається пігментами листя рослин і її енергія використовується для регуляторно-енергетичних процесів в житті рослин. В межах цієї ділянки спектру виділяється область **фотосинтетичної активної радіації** (ФАР) з довжиною хвилі  $\lambda=0,38-0,71$  мкм. Близько 28% енергії цього діапазону використовується в процесі фотосинтезу для утворення органічних сполук.

Засвоєння енергії сонячної радіації листками рослин вибіркоче. Найбільш інтенсивно листки поглинають синьо-фіолетові ( $\lambda=0,48...0,40$  мкм) і оранжево-червоні ( $\lambda=0,65...0,68$  мкм) промені, менше – жовто-зелені ( $\lambda=0,58...0,50$  мкм) і далекі червоні ( $\lambda \geq 0,69$  мкм) промені. Коли Сонце знаходиться високо над горизонтом, то максимум енергії у спектрі прямої сонячної радіації припадає на область жовто-зелених променів (диск Сонця жовтий). Коли ж Сонце знаходиться близько до горизонту, то максимальну енергію мають червоні промені (сонячний диск червоний). Тому енергія прямих сонячних променів мало приймає участі у процесах фотосинтезу.

Оскільки довжина довгих хвиль червоного світла майже вдвоє більша за хвилі фіолетового світла, то перші розсіюються молекулами повітря у 14 раз менше, ніж фіолетові. Початкова енергія (до розсіювання) фіолетових променів менша, ніж синіх чи голубих, то максимум енергії у розсіяному світлі зміщується на синьо-голубі промені, що і зумовлює голубий колір неба. Таким чином, розсіяна радіація у більшій ступені збагачена фотосинтетично активними променями, ніж пряма.

Для накопичення органічної речовини необхідно, щоб інтенсивність сонячної радіації перевищила компенсаційну точку, яка знаходиться в межах  $0,02-0,03$  кал/см<sup>2</sup>·хв. Якщо ця величина нижча, то витрати органічної речовини на дихання більші, ніж її утворення в процесі фотосинтезу. При зростанні інтенсивності ФАР в 10 раз продуктивність фотосинтезу значно

зростає. Подальше зростання інтенсивності ФАР при незмінному вмісту  $\text{CO}_2$  (0,03%) ріст фотосинтезу сповільнюється.

Оскільки ФАР є досить важливим фактором продуктивності рослин, то інформація про її кількість має важливе значення. Інтенсивність ФАР можна виміряти, але для цього необхідні спеціальні світофільтри, які пропускають лише хвилі у діапазонах  $\lambda=0,38-0,71$  мкм. В Україні такі вимірювання не проводяться. Значення ФАР отримують розрахунковим методом на підставі даних про пряму, розсіяну і сумарну радіації за допомогою спеціальних коефіцієнтів.

Для характеристики ступеня використання посівами ФАР застосовують коефіцієнт корисної дії ФАР. Розрахунки показують, що при середніх на даний час урожаях ККД ФАР становить 0,5...1,5%; при гарних урожаях 1,5...3,0%; при рекордних 3,5...5,0%, а теоретично можливі – 6,0...8,0%.

При вирощуванні хлорели ККД зростає до 20-25 %. Тому ця мікроскопічна зелена водорість перспективна в якості можливого джерела їжі і корму, для біологічної очистки стічних вод, регенерації повітря у замкнутих екосистемах (космічних кораблях, підводних човнах).

## 2.6. Вплив освітленості на рослини

Живі організми сильно реагують на зміну інтенсивності освітленості, яка створюється сонячною радіацією. В наслідок різної реакції на інтенсивність освітленості всі рослини ділять на світлолюбиві і тіневитривалі. Недостатня освітленість у посівах зумовлює, наприклад, слабу диференціацію тканин соломини зернових культур. В результаті зменшується міцність і еластичність тканин, що часто приводить до вилягання посівів. В загущених посівах кукурудзи і слабкої освітленості сонячною радіацією послаблюється утворення качанів на рослинах.

Сонячна радіація впливає на хімічний склад рослин і продукції, яка з них виробляється. Наприклад, цукристість буряків і плодів, вміст білку в зерні пшениці безпосередньо залежать від кількості сонячних днів. Кількість олії у насінні соняшнику і льону також зростає із збільшенням сонячної радіації.

Освітленість надземної маси рослин істотно впливає на поглинання коренями поживних речовин. За недостатньої

освітленості уповільнюється переведення асимілянтів до коріння, і в результаті гальмуються біосинтетичні процеси у клітинах рослин. Освітленість впливає і на появу, поширеність і розвиток хвороб рослин. Період зараження складається із двох фаз, які відрізняються за реакцією на світло. Перша фаза – власне проростання спор і проникнення їх у тканини рослини переважно не залежить від наявності і інтенсивності світла. Друга, після проростання спор, найбільш інтенсивно проходить при підвищеному освітленні.

Позитивна дія світла проявляється також на швидкості розвитку патогена у рослині-господарі. Особливо чітко це проявляється у ржавчинних грибів. Чим більше світла, тим коротший інкубаційний період у іржі, що приводить до збільшення числа генерацій гриба і збільшує інтенсивність ураження. В умовах інтенсивного освітлення у цього патогена зростає плодючість.

Деякі хвороби найбільш активно розвиваються за недостатнього освітлення – збудники різних гнилей, особливо овочевих культур. При збільшенні тривалості освітлення прискорюється розвиток рослин і зростає їх стійкість до хвороб.

Освітленість вимірюють у *люксах (лк)*, *кілолюксах (клк)*;  $1 \text{ клк} = 10^3 \text{ лк}$ . Освітленість може змінюватись протягом ясного літнього дня від кількох сотень люкс (500...700 лк) до кількох десятків тисяч люкс (90...100 тис. лк.). У малохмарну погоду в обідню пору освітленість збільшується до 130...140 тис. лк. Із зростанням хмарності і запиленості атмосфери ці величини зменшуються. Зимом відбита радіація від поверхні снігу зумовлює дуже велику освітленість, яка може визвати тимчасову втрату зору (куряча сліпота).

Для нагромадження органічної речовини рослиною необхідно, щоб інтенсивність освітленості перевищувала певну величину, так звану *компенсаційну точку*. Це рівень ФАР, при якій інтенсивність фотосинтезу дорівнює інтенсивності дихання (поглинання  $\text{CO}_2$  врівноважується його виділенням). Для світлолюбивих рослин, до яких належать сільськогосподарські культури, значення компенсаційної точки знаходиться в межах інтенсивності ФАР 2000...3500 лк ( $20...35 \text{ Вт/м}^2$ ). Нижче цієї величини витрата органічної речовини на дихання більша, ніж її утворення в процесі фотосинтезу.

При збільшенні інтенсивності ФАР від компенсаційної точки до  $100 \text{ Вт/м}^2$  для тіневитривалих і до  $210...280 \text{ Вт/м}^2$  для світлолюбивих рослин продуктивність фотосинтезу росте. При подальшому збільшенні ФАР (до  $280 \text{ Вт/м}^2$ ) і середньому вмісту  $\text{CO}_2$  в повітрі на рівні  $0,03\%$  фотосинтез не зростає – настає **світлове насичення фотосинтезу**.

З метою підвищення продуктивності фотосинтезу у сучасних тепличних господарствах при штучному освітленні понад  $280 \text{ Вт/м}^2$  рослини підживлюють вуглекислотою, подаючи її у зону інтенсивного фотосинтезу.

Ритм сонячної радіації (чергування дня і ночі) є найбільш стійким фактором зовнішнього середовища, до якого рослини у найбільшій мірі адаптовані. У зв'язку з цим культури за фотоперіодичною реакцією ділять на групи:

**Рослини короткого дня** – вимагають тривалості світлої частини доби 10-12 годин. При збільшенні цього часу у них затримується розвиток. Короткий день сприяє закладці квітів. До таких культур належать рис, соя, сорго, просо, кукурудза, гарбуз, перець, квасоля, деякі сорти огірків, томатів і інші культури низьких широт.

**Рослини довгого дня** вимагають для свого розвитку тривалого освітлення. Їх розвиток прискорюється, коли тривалість дня триває близько 20 годин. Це такі культури як жито, овес, пшениця, льон, горох, шпинат, цибуля, петрушка, конюшина і інші культури, які адаптовані до зростання у високих широтах.

**Рослини нейтральні по відношенню до довжини дня** – розвиток яких не залежить від тривалості дня: кавуни, томати, гречка, ревінь, бобові і ін.

## **2.7. Зміна сонячних променів в атмосфері (поглинання, розсіювання, ослаблення)**

При проходженні через атмосферу сонячні промені ослаблюються в результаті поглинання і розсіювання атмосферними газами і аерозолем. Чим коротша довжина світлової хвилі, тим сильніше поглинаються і розсіюються ці промені. Тому сонячні промені з дуже короткими довжинами хвиль поглинаються ще в міжпланетному просторі на шляху до Землі (рентгенівські проме-

ні). Далека або вакуумна частина ультрафіолетових променів з  $\lambda=0,01-0,2\text{мкм}$  поглинається на висотах понад 100 км. До поверхні Землі при знаходженні Сонця в зеніті і безхмарному небі доходить радіація з  $\lambda>0,29\text{ мкм}$ .

Сонце біля горизонту червоне, тому, що шлях променів в атмосфері у 8-10 раз довший і до Землі доходять переважно оранжеві і червоні промені, а фіолетові, сині голубі і тим більше ультрафіолетові розсіюються і поглинаються повністю. Тому сонце біля горизонту червоне і небо перед сходом і після заходу Сонця червоно-оранжеве.

Краплини туману і хмар мають радіус значно більший довжини світлових хвиль, тому розсіюють однаково всі хвилі видимої частини спектра. Внаслідок цього туман і хмари мають білий колір.

На територію України в полуденні години надходить 73-76% сонячної радіації, яка надходить на верхню межу атмосфери. В теплу пору року найпрозоріша атмосфера в північному Степу (Кропивницький). Тому інтенсивність сонячної радіації в цьому регіоні найвища.

## 2.8. Освітленість. Сутінки

Сонячне світло створює освітленість, яка характеризується сумарною дією прямої, розсіяної і відбитої радіації. Відбита радіація від поверхні снігу зумовлює дуже високу освітленість, яка може визвати тимчасову втрату зору (куряча сліпота).

Освітленість вимірюють в люксах (лк). В ясну погоду влітку освітленість залежно від висоти Сонця знаходиться в межах 60000-70000 лк. Із зростанням хмарності і запиленості атмосфери ці величини знижуються.

Після заходу Сонця верхні шари атмосфери ще освітлені сонячними променями. В результаті їх розсіювання частина розсіяної радіації досягає земної поверхні, зумовлюючи сутінкову освітленість (сутінки). В ранкові години так виникає зоря. Тривалість сутінок і зорі залежить від широти місцевості і пори року. На екваторі сутінки тривають 29-25 хв. Із збільшенням широти їх тривалість зростає і на широті  $66^{\circ}$  в середині літа сутінки зникають із зорею, утворюючи «білі ночі».

Важливою характеристикою радіаційного режиму є трива-



лість сонячного сяйва. Вона залежить від світлої частини доби, хмарності і збільшується з півночі на південь. Широтний розподіл сонячного сяйва порушується внаслідок хмарного покриву, зумовленого циркуляцією атмосфери. В результаті таких особливостей у весняно-ранньолітній період тривалість сонячного сяйва найбільшою є над Кропивничною, що має як позитивні, так і негативні наслідки, Саме по цій причині і екологічній безграмотності населення, яке масово прагне отримати весняну засмагу, рівень ураження шкіри у жителів цього краю перевищує середньо державний.

## 2.9. Радіаційний баланс і його складові

Різниця між потоками променевої енергії, які надходять на поверхню Землі і відходять від неї називається *радіаційним балансом*.

Формування радіаційного балансу визначається тривалістю сонячного сяйва, хмарністю, прозорістю атмосфери, характером і станом підстильної поверхні.

Радіаційний баланс складається з короткохвильової і довгохвильової радіації. Він включає в себе наступні елементи:

- пряма сонячна радіація;
- розсіяна радіація;
- відбита радіація;
- випромінювання земної поверхні;
- зустрічне випромінювання атмосфери.

При додатному радіаційному балансі діяльний шар (поверхня ґрунту, води, рослин) нагрівається, а при від'ємному охолоджується. Літом радіаційний баланс вдень додатний, а вночі від'ємний. Перехід через нуль відбувається ранком приблизно через годину після сходу Сонця, а вечором за 1-2 години до заходу Сонця.

Радіаційний баланс впливає на температурний режим ґрунту і прилеглих шарів повітря, процеси випарування і транспірації, формує різні макро- і мікрокліматичні особливості окремих територій; його коливання призначають до їх істотної мінливості.

Залежно від співвідношення між надходженням і витратною частиною радіаційний баланс буває додатним (діяльна поверхня поглинає сонячної радіації більше, ніж відбиває) або від'ємним

(випромінюється більше, ніж поглинається). Протягом року радіаційний баланс має простий річний хід з максимумом у літні і мінімумом у зимові місяці, коли він від'ємний. У добовому ході радіаційний баланс зазвичай додатковий удень і від'ємний вночі.

На півночі, заході та в центрі період з додатнім радіаційним балансом тримає 8-9 місяців, на Закарпатській низовині, в Українських Карпатах і на сході – 10 місяців, у південному Степу і в Криму – додатній протягом усього року. На більшості території перехід радіаційного балансу з від'ємного на додатній відбувається у січні, на півночі спостерігається у листопаді, а на півдні – у грудні.

Взимку на переважній території частини території радіаційний баланс від'ємний, на сході, у південному Степу і в Криму – додатній. В Українських Карпатах близький нулю.

## 2.10. Альbedo

Сумарна радіація в більшій своїй частині поглинається у верхньому тонкому шарі ґрунту або в більш товстому шарі води і переходить в тепло, а частково відбивається. Величина відбиття радіації земною поверхнею залежить від її характеру.

Відношення відбитої частини радіації до сумарної радіації, яка надійшла на дану поверхню виражене у % називають відбивною здатністю або *альbedo*.

Величина альbedo залежить від кольору поверхні, її шорсткості, вологості та ін.

Альbedo різних поверхонь	(%)
Свіжий сухий сніг	80-95
Пісок сухий	25-45
Глина суха	20-35
Степ сухий	20-30
Пшеничне поле	10-25
Чорнозем сухий	10-15
Чорнозем вологий	5-10
Чорнозем вологий	5-10
Ліс листяний	20-30

Альbedo природних поверхонь часто змінюється протягом доби. Найбільші величини альbedo відзначаються ранком і увечері. Пояснюється це різною відбивною здатністю однією і тією ж поверхнею для різних довжин хвиль і залежністю спектрального складу сумарної радіації від висоти Сонця. При малій його висоті у складі сумарної радіації збільшується частка розсіяної, яка відбивається від шорсткої поверхні сильніше, ніж пряма.

Альbedo водних поверхонь в середньому менше, ніж поверхні суші, тому що сонячні промені глибоко проникають у верхні шари води. У воді вони розсіюються і поглинаються. У зв'язку з цим на альbedo води впливає її мутність: для забрудненої і каламутної води альbedo значно зростає.

В обідні години альbedo найменше, а ранком і вечером найбільше, тому що при малій висоті Сонця в складі сумарної радіації зростає частка розсіяної, яка сильніше відбивається від шорсткої поверхні.

## 2.11. Довгохвильове випромінювання Землі і атмосфери

Всі тіла в природі з температурою вище абсолютного нуля ( $>-273^{\circ}\text{C}$ ) випромінюють теплову енергію. Найбільша енергія у спектрі цього випромінювання припадає на хвилю довжиною близько 10 мкм. Ця хвиля приблизно у 20 раз довша хвилі, яка несе найбільшу енергію у спектрі сонячної радіації. Тому це випромінювання в метеорології прийнято називати довгохвильовим. Середнє значення випромінювальної здатності Землі близько 95% від довгохвильового випромінювання абсолютно чорного тіла. Випромінювання відбувається постійно, але вдень воно з надлишком компенсується надходженням тепла від Сонця.

Атмосфера, затримуючи незначну частину сонячної радіації і вбираючи більшу частину земного випромінювання, в свою чергу випромінює променеву енергію як у космос, так і на Землю. Близько 30% атмосферної радіації йде у космос, а біля 70% йде до поверхні Землі. Атмосферне випромінювання, направлене до Землі, називається *зустрічним випромінюванням атмосфери*. Воно, як і земне, довгохвильове, невидиме, теплове. Різниця між випромінюванням Землі і зустрічним випромінюванням

атмосфери називається *ефективним випромінюванням*. Основними чинниками, що зумовлюють розподіл ефективного випромінювання, є особливості режиму хмарності, температури і вологості приземного шару повітря у різних природних зонах. Ефективне випромінювання зменшується із ростом абсолютної вологості атмосфери, хмарності, запиленості. Результатом сумісного впливу цих чинників є амплітуда ефективного випромінювання. Особливо важливе у добовому ході також співвідношення між температурою підстильної поверхні і повітря.

Завдяки сильному поглинанню довгохвильової радіації водяною парою, а також частково вуглекислим газом і озоном атмосфера задержує більшу частину випромінювання підстильної поверхні. В той же час атмосфера порівняно вільно пропускає до земної поверхні короткохвильову сонячну радіацію. Таким чином атмосфера діє подібно склу у парнику і оранжереї, пропускаючи сонячні промені усередину, але затримуючи довгохвильове випромінювання нагрітого ґрунту.

Здатність атмосфери пропускати короткохвильову сонячну радіацію, але затримувати довгохвильове земне випромінювання і тим самим сприяти акумуляції тепла Землею називається *парниковим* або оранжерейним ефектом.

Якби Земля не мала атмосфери здатної затримувати довгохвильове випромінювання, яке йде від неї в космос, то середня температура підстильної поверхні була б не  $+15,0^{\circ}\text{C}$ , як це є тепер, а  $-23^{\circ}\text{C}$ , тобто була б на  $38^{\circ}\text{C}$  нижче фактичної, що унеможливило б розвиток органічного життя у сучасних формах.

## 2.12. Значення сонячної енергії для біосфери

Сонячна енергія є основною умовою існування біосфери і одним із головних кліматоутворюючих факторів. За рахунок енергії Сонця відбувається безперервне переміщення повітряних мас, що забезпечує стабільність основного газового складу атмосфери, перенесення водяної пари з океанів на материки.

Сонячна енергія – незамінна умова існування зелених рослин, які в процесі фотосинтезу перетворюють її у високоенергетичні органічні речовини. Останні є основою харчування всіх живих організмів і джерелом органічних джерел енергії: вугілля, нафти, газу, торфу, які є продуктами фотосинтезу рослин

в давні геологічні епохи.

### 2.13. Способи вимірювання радіації

Пряму сонячну радіацію вимірюють піргеліометрами і актинометрами, розсіяну – піранометрами, а радіаційний баланс – балансомірами.

Для вимірювання інтенсивності освітленості використовують люксметри і спектрофотометри, якими визначають спектральний склад сонячної радіації.

Тривалість сонячного сьйва визначають за допомогою геліографа, основною частиною якого є масивна скляна куля. Сонячні промені збираються в фокусі кулі і пропалюють паперову стрічку, на якій нанесена годинникова розмітка. По довжині пропаленої лінії визначають час і тривалість сонячного сьйва за день.

### Практична робота № 2

#### Дослідження складових радіаційного режиму території.

##### Зміст роботи.

1. Вивчення будови й принципу роботи приладів, що вимірюють пряму, розсіяну, сумарну, відбиту радіацію, ефективно випромінювання Землі, радіаційний баланс земної поверхні.
2. Вимірювання прямої радіації в лабораторних умовах, користуючись актинометром.
3. Побудова графіка річного ходу середніх місячних величин деяких складових радіаційного балансу.
4. Аналіз радіаційного режиму заданого пункту за рік.

##### Хід роботи.

#### 1. Вивчення будови й принципу роботи приладів.

Прилади, що вивчають характеристики сонячної, земної й атмосферної радіації називаються *актинометричними*. Сучасні актинометричні прилади бувають:

- абсолютними (піргеліометр (рис. 3), геліограф), які дозволяють одержувати відомості про пряму сонячну радіацію в калоріях і тривалості сонячного сьйва в годинах;
- відносними (всі інші прилади), за допомогою яких можна одержувати лише відносні значення радіації, наприклад у

поділках шкали гальванометра, які потім необхідно переводити в абсолютні величини.

Основним принципом, на якому побудовані і абсолютні і відносні прилади є визначення кількості тепла, що надходить від Сонця в одиницю часу приймальною частиною приладу, що має здатність повністю поглинати всю радіацію, що потрапляє на неї. Таку властивість має абсолютно чорне тіло. В приладах використовують поверхні, вкриті сажею або окисом платини, що поглинають близько 99% радіації, що надходить на них.

### **Піргеліометр компенсаційний Ангстрема**

*Призначення:* для вимірювання прямої сонячної радіації, що приходить на перпендикулярну поверхню Землі (біля поверхні Землі це максимально можлива кількість енергії, що надходить на неї).

Є абсолютним актинометричним приладом. Слугує еталоном при вимірюванні прямої радіації, з яким порівнюють всі актинометричні прилади. Так як сонячне тепло компенсується теплом електричного струму, піргеліометр Ангстрема називається компенсаційним.

#### *Правила установки приладу для спостережень.*

Прилад необхідно встановлювати в закритому від світла місці. Міліамперметр і батарея повинні перебувати в теплі. Гальванометр варто встановити на стійкій основі. При спостереженнях узимку піргеліометр виноситься на місце спостережень у футлярі, щоб уникнути обриву або розтягання пластинок через швидке охолодження. Парні спостереження повторюються 4-5 разів, після чого обробляють дані і проводять розрахунок величини прямої сонячної радіації, що надходить на перпендикулярну поверхню.

### **Гальванометр стрілочний актинометричний**

*Призначення:* для вимірювання термоелектричного струму, що виникає в актинометричних приладах (актинометрі, піранометрі, альбедометрі, балансометрі) при спостереженні за потоками радіації. Гальванометр завжди використовується в парі з актинометричними приладами.

### Правила установки приладу для спостережень.

Необхідно гальванометр установлювати на північ від актинометричних приладів, не на сталеву підставку, поруч не повинен стояти кожух футляра. При використанні гальванометра в польових умовах він може прикріплюватися до столика без підставки футляра, безпосередньо гвинтом або прикріплюватися до триноги. При необхідності установки іншого гальванометра, він може перебувати не ближче 10 см від першого.

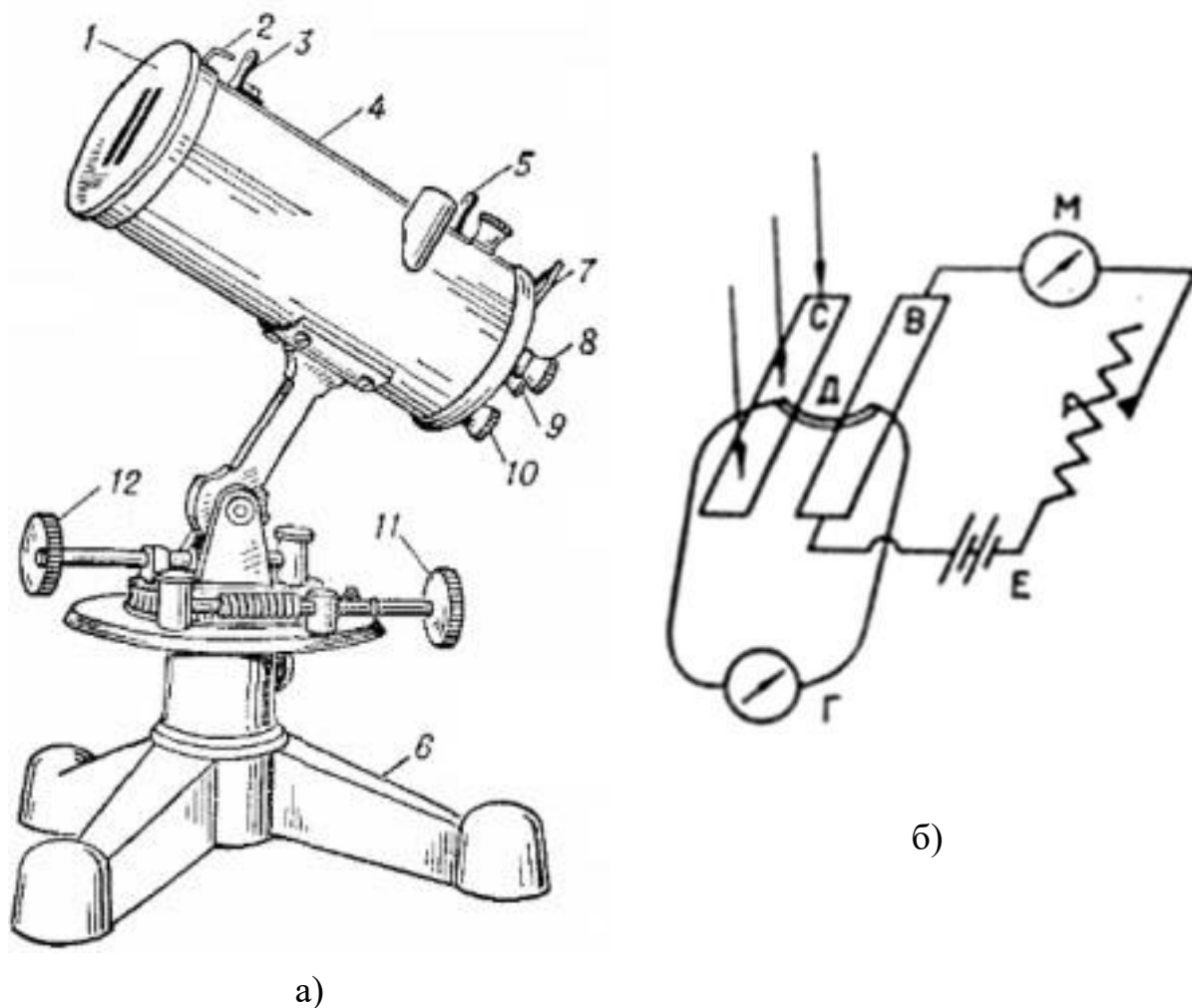


Рис. 3. Піргеліометр Ангстрема: а) загальний вигляд приладу; б) принципова схема приладу; В і С – тонкі манганінові пластинки; Г – гальванометр; Д – термоелемент (термопара); Е – електрична батарея; М – міліамперметр; Р – реостат; 1 – вхідна діафрагма; 2 – пристрій для закривання діафрагми; 3 й 5 – прицільний пристрій; 4 – трубка приймача; 6 – чавунна підставка; 7 – перемикач електроструму; 8, 9 – клеми перемикача; 10 – ввідні клеми; 11, 12 – регулювальні гвинти

Міжнародними домовленостями встановлено вимірювання припливу сонячної радіації у Ватах на  $1 \text{ м}^2$ , тобто  $1 \text{ кал.см}^2/\text{хв}$ .

дорівнює  $679,9 \text{ Вт/м}^2$ . Сонячна постійна ( $1,98 \text{ кал. см}^2/\text{хв.}$ ) дорівнює  $1382 \text{ Вт/м}^2$ . Відповідно до сучасних космічних вимірювань сонячна постійна дорівнює  $1358 \text{ Вт/м}^2$  або  $1,94 \text{ кал. см}^2/\text{хв.}$

### Актинометр термоелектричний

**Призначення:** для вимірювання прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню.

Актинометр термоелектричний Савінова-Янішевського (рис. 4) є відносним приладом, оскільки при вимірюванні прямої радіації не одержують величину безпосередньо в калоріях, а розраховують по величині електричного струму, що виник в термопарах під дією радіації й зафіксованого гальванометром, для чого отримане значення множать на перевідний коефіцієнт гальванометра (0,02 або 0,04).

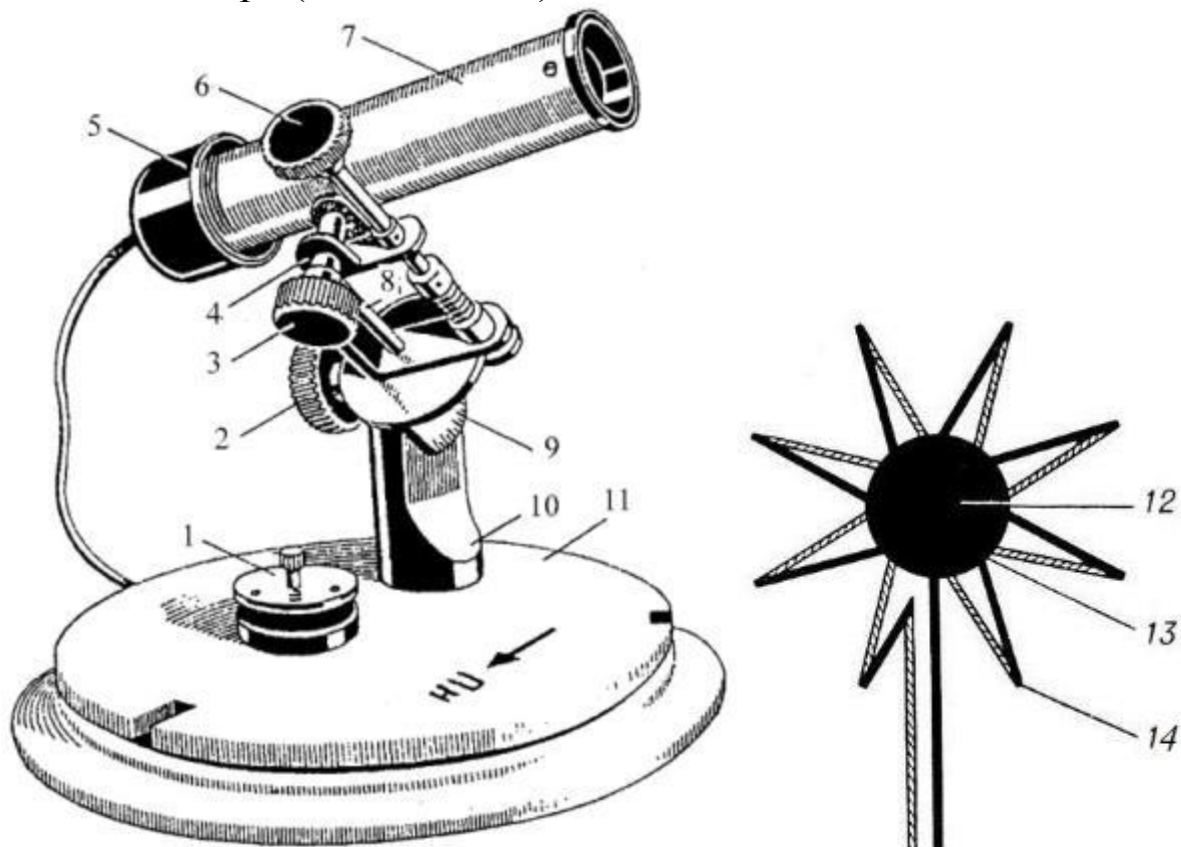


Рис. 4. Складові частини термоелектричного актинометра: 1 – ковпачок; 2, 3 – гвинти; 4 – вісь нахилу відповідно до магнітного азимуту; 5 – чашка; 6 – важіль; 7 – корпус; 8 – вісь штатива; 9 – сектор широти; 10 – штатив; 11 – основа; 12 – срібний диск; 13 – центральні спаї термоелементів; 14 – периферійні спаї

**Принцип дії.** При точно наведеній трубі актинометра на



сонце (при сполученні сонячного «зайчика» із чорною точкою на екрані трубки) прямі промені сонця, падаючи на срібний диск 11 (рис. 4б), до внутрішньої сторони якого приклеєні центральні спаї 12 термоелементів, що складаються із зигзагоподібно сполучених смужок манганіну і константана (т.з. зірочка Савінова). Периферійні спаї 13 приклеєні до мідного кільця в корпусі 7. При падінні на приймальну поверхню сонячних променів центральні спаї нагріваються, тоді як периферійні затінені. В результаті виникає термоелектричний струм, пропорційний різниці температур центральних і периферійних спаїв, яка у свою чергу пропорційна вимірюваному потоку радіації.

**Правила установки:** установлюється разом з гальванометром на спеціальній актинометричній стійці на метеорологічній площадці, виключаючи затінення, на відкритому місці (на південь від предметів, що затінюють).

**Порядок спостереження.** Спостереження починають із націлювання відкритої трубки актинометра на сонце. Для цього необхідно сполучити сонячний «зайчик» із чорною точкою на кінці трубки. Вплив протягом 2-3 хвилин променів сонця на приймач при відкритій трубці дає можливість випаруватися волозі із зачерненої частини зірочки. Потім при закритій актинометричній трубці роблять відлік по гальванометру, визначаючи місце нуля гальванометра (як правило, при закритій трубці стрілка гальванометра не знаходиться на нулі шкали). Потім, відкривши кришку, що закривала трубку й зачекавши 1,5-2 хвилини, роблять підряд декілька відліків за шкалою гальванометра. Після чого знову закривають трубку кришкою, роблять повторний відлік місця нуля гальванометра. Запис і обробка спостережень виконується у формі таблиці.

### **Альбедометр термоелектричний**

**Призначення:** для вимірювання сумарної, розсіяної й відбитої радіації (універсальний прилад), (рис. 5).

За цими даними можна розрахувати величину прямої радіації, що надходить на горизонтальну поверхню, а також поглиненої радіації альbedo поверхні, що підстилає, за відповідними формулами.

Результати вимірювання прямої сонячної радіації по актинометру

Час спостережень	Нуль гальванометра			Відліки по гальванометру	Середнє	Виправлення	Пряма сонячна радіація на перпендикулярну поверхню
	До спостережень	Після спостережень	Середнє				

**Установка:** альбедометр призначений для спостережень у польових умовах, де встановити інші прилади важко. Альбедометр прикріплюється на 1,5-2,0 - метровій рейці, розміщеній на стовпі висотою 1,5 м. Поруч на підставці встановлюється гальванометр.

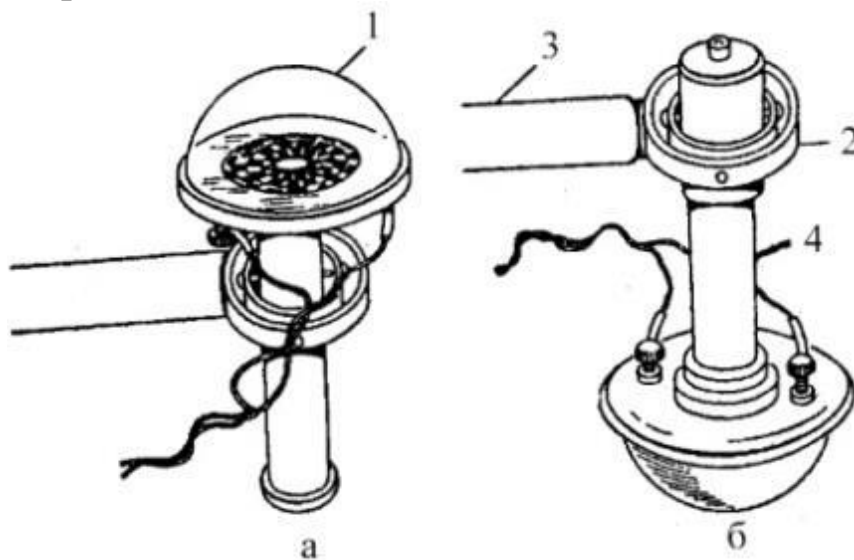


Рис. 5. Альбедометр термоелектричний: а – положення вверху; б – положення вниз; 1 – головка альбедометра; 2 – карданний підвіс; 3 – важіль; 4 – трубка

Такий пристрій забезпечує горизонтальне положення приємної частини альбедометра в двох положеннях: вверху – для вимірювання сумарної і розсіяної радіації (рис. 5 а) і донизу (рис. 5 б) для вимірювання відбитої радіації. Для здійснення спостережень важіль 3 прикріплюється до трубки 4. За допомогою трубки альбедометру надається відповідне положення. Після

визначення сумарної і відбитої радіації розраховується альбедо.

Порядок спостережень і запис даних не відрізняється від описаних вище вимірів іншими приладами, що використовують гальванометр.

## Геліограф універсальний

**Призначення приладу:** для автоматичної реєстрації в годинах тривалості сонячного сьйва протягом дня.

Існує ряд різних систем геліографів: геліограф Перса, геліограф Марвіна, геліограф Величко, але найбільш зручний у користуванні універсальний геліограф Кемпбела-Стокса.

**Принцип роботи:** зібрані скляною кулею прямі промені в один вузький пучок (фокус), падаючи на стрічку геліографа, пропалюють її. У міру переміщення протягом дня фокуса, на стрічці залишається лінія прожогу, довжина якої показує тривалість сонячного сьйва, переведена в години за шкалою стрічки. При мінливій хмарності на шкалі утворюються розриви в лінії. Примітно, що завдяки сектору широти, геліограф може фіксувати тривалість сонячного сьйва в будь-якому місці Землі.

**Установка приладу:** установлюється на метеорологічній площадці на стовпі висотою не менше 2 метрів.

Геліограф універсальний моделі ГУ-1 (рис. 6).

Підставкою приладу є плоска металева плита з двома стійками 1. Між стійками на горизонтальній вісі 2 укріплена рухома частина приладу, що складається з колонки 3 з лімбом 4 і нижнім упором 7, скоби 6 з чашкою 5 і верхнім упором 15 і скляної кулі 8, яка є сферичною лінзою. На одному кінці горизонтальної вісі закріплений сектор 9 зі шкалою широт. При переміщенні горизонтальної осі 2 приладу із заходу на схід і повороті верхньої частини приладу навколо неї, вісь колонки 3 встановлюється паралельно осі обертання Землі (осі світу). Для закріплення встановленого кута нахилу осі колонки служить гвинт 11.

Верхня частина приладу може повертатися навколо осі колонки 3 і фіксуватися в чотирьох певних положеннях. Для цього використовується спеціальний штифт 12, який вставляється через отвір лімба 4 в одне з чотирьох отворів диска 13, закріпленого на осі 2. Збіг отворів лімба 4 і диска 13 визначається

за випадковим збігом міток А, Б, В і Г на лімбі 4 з індексом 14 на диску.

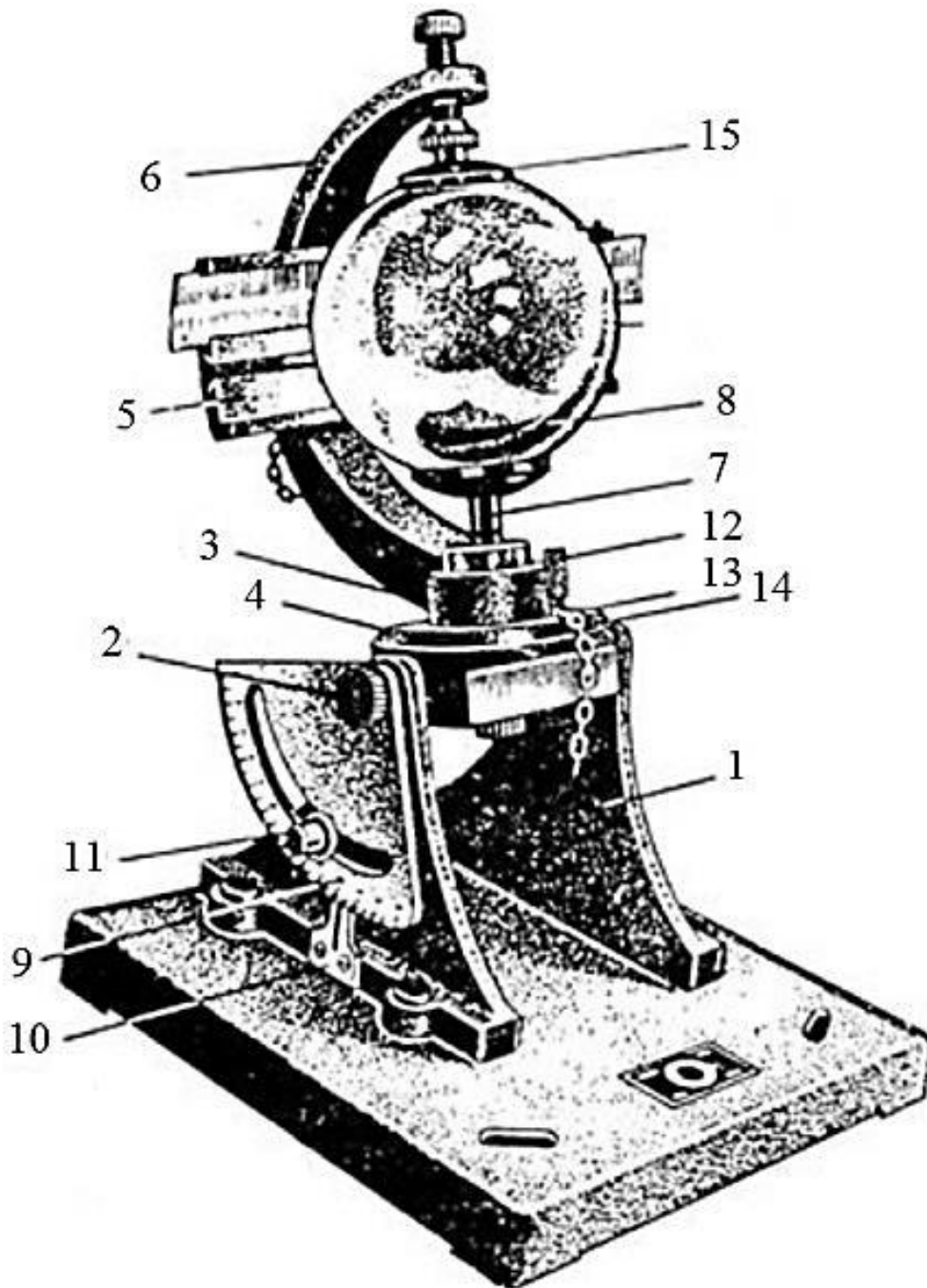


Рис. 6. Геліограф універсальний моделі ГУ-1: 1 – стійка; 2 – горизонтальна вісь; 3 – колонка; 4 – лімб; 5 – чашка; 6 – скоба; 7 – упор; 8 – скляний шар; 9 – сектор; 10 – вказівник широти; 11 – гвинт для встановлення кута нахилу вісі; 12 – штифт; 13 – диск; 14 – індекс на диску; 15 – верхній упор

Куля геліографа повинна бути в чистоті, так як наявність пилу, слідів опадів, відкладення роси, інею, паморозі та ожеледі на кулі послаблює і спотворює пропал на стрічці геліографа.

## **2. Вимірювання прямої, сумарної і розсіяної радіації в лабораторних умовах, користуючись актинометром.**

### **Порядок виконання роботи:**

1. У лабораторних умовах зробити вимірювання актинометром прямої радіації на перпендикулярну поверхню;
2. Розрахувати величину прямої радіації на горизонтальну поверхню.
3. Порівняти дві величини прямої радіації й пояснити причини відмінності.
4. Побудувати графік річного ходу середніх місячних величин деяких складових радіаційного балансу.
5. Аналіз радіаційного режиму заданого пункту за рік.

### **Порядок виконання:**

1. Вибрати з довідників дані, необхідні для виконання роботи й скласти відповідну таблицю.
2. Побудувати комплексний графік річного ходу заданих величин радіації.
3. Проаналізувати отримані графіки, з огляду на:
  - географічні особливості розташування пункту, для якого побудовані графіки (широта, близькість океанів і морів, рельєф, висота над рівнем моря та ін.)
  - виділити максимум, мінімум, періодичність коливання показників, пояснити причини;
  - встановити зв'язок між проаналізованими величинами;
  - показати причинний зв'язок факторів, що впливають на зміну тих або інших величин.

### **Контрольні питання**

1. З яких шарів складається атмосфера?
2. Що таке тропосфера?
3. Який хімічний склад тропосфери?
4. Як змінюється температура по вертикалі?
5. Де розташована і яке значення тропопаузи?
6. Що таке аерозолі, їх природа і значення?
7. Атмосферний тиск, одиниці виміру.
8. Де знаходиться озоновий шар і його значення.

9. Яке значення для сільського господарства мають газові складові атмосферного повітря?
10. Баричний ступінь – суть і застосування.
11. Що таке горизонтальний баричний градієнт?
12. Забруднення атмосфери: причини, наслідки і засоби боротьби.

### **3. ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ**

#### **3.1. Процеси нагрівання і охолодження ґрунту**

Сонячна радіація, ввібрана поверхнею суші, перетворюється в тепло. Частина його витрачається на нагрівання приземного шару атмосфери, на випаровування води, а частина передається в нижні шари ґрунту.

Температурний режим земної поверхні визначається приходом радіації, величиною альбедо і ефективним випромінюванням. Ці складові визначають радіаційний баланс. Якщо він позитивний, то верхній шар ґрунту нагрівається. При цьому частина тепла поглинутого цим шаром, віддається атмосфері, витрачається на випаровування, передається в глибші шари ґрунту. Якщо баланс від'ємний, то верхній шар охолоджується, тепло з глибини ґрунту надходить до верхніх шарів.

Кількість променевої енергії, яка поглинається і випромінюється ґрунтом, залежить від його кольору, структури, зволоженості. Тому темні ґрунти, які мають малу відбивну здатність, при інших однакових умовах удень нагріваються, а вночі охолоджуються сильніше, ніж світлі.

Для процесів нагрівання і охолодження ґрунту важливими є також явища випаровування і конденсації водяної пари на поверхні ґрунту. При конденсації відбувається виділення тепла, яке нагріває ґрунт, а при випаровуванні навпаки. Деяка кількість тепла у ґрунті витрачається на хімічні і біологічні процеси: засвоєння поживних речовин коріннями рослин, розчинення солей і т. д.

#### **3.2. Теплофізичні характеристики ґрунту**

Тепловий режим ґрунту в основному залежить від теплоємності і теплопровідності.

**Теплоємність** – це кількість тепла, яка необхідна для нагрівання одиниці маси або об'єму ґрунту на  $1^{\circ}\text{C}$ . Відповідно розрізняють вагову або питому і об'ємну теплоємність. Виражають в кал/ (г $\cdot^{\circ}\text{C}$ ) або в кал/(см $^3\cdot^{\circ}\text{C}$ ) або Дж/(см $^3\cdot^{\circ}\text{C}$ ). Об'ємна теплоємність води при  $4^{\circ}\text{C}$ , як і питома дорівнює 1.00, мінеральної частини ґрунту біля 0,5, а повітря – 0,0003 кал/(см $^3\cdot^{\circ}\text{C}$ ). Теплоємність ґрунту визначається в основному співвідношенням повітря і води в порах ґрунту. Чим більше у ґрунті води і менше повітря, тим більша його теплоємність. Теплоємність сухих ґрунтів, пори яких заповнені повітрям, менша теплоємності вологих, пори яких заповнені водою. Тому сухі ґрунти нагріваються і охолоджуються швидше.

**Теплопровідність** ґрунту – це його здатність передавати тепло. Мірою теплопровідності слугує коефіцієнт теплопровідності, який чисельно дорівнює кількості тепла в калоріях, яка проходить за 1 сек. через переріз в  $1\text{см}^2$  товщиною шару 1 см при різниці температур на границях шару в  $1^{\circ}\text{C}$ .

Коефіцієнт теплопровідності повітря в 24 рази менший, ніж води. Тому і теплопровідність ґрунту залежить від його вологості. При замерзанні ґрунту теплопровідність його значно збільшується, тому що теплопровідність льоду приблизно у 4 рази більша, ніж води.

Від структури ґрунту залежить і його температура. Температура поверхні рихлого ґрунту вдень вища, а вночі нижча, ніж ущільненого, тому що рихлий ґрунт має меншу теплопровідність. Крім того рихлий ґрунт має шорстку поверхню, яка вдень поглинає, а вночі випромінює більше радіації, ніж більш вирівняна поверхня щільного ґрунту.

Теплофізичні характеристики ґрунту залежать від кольору, щільності і структури. Із збільшенням щільності теплоємність і теплопровідність зростають.

### **3.3. Закономірності розподілу тепла в ґрунті**

До поширення тепла в ґрунті може бути застосована загальна теорія молекулярної теплопровідності, запропонована свого часу Фур'є, а тому закони поширення тепла в ґрунті мають назву законів Фур'є.

1. Незалежно від типу ґрунту період коливань температури з

глибиною не змінюється. Це значить, що як на поверхні ґрунту, так і на всіх глибинах інтервал між двома послідовними мінімумами і максимами температури в добовому ході складає 24 години, а в річному – 12 місяців.

2. Збільшення глибини у арифметичній прогресії приводить до зменшення амплітуди у геометричній прогресії.

Якщо на поверхні ґрунту добова амплітуда дорівнює  $30^{\circ}\text{C}$ , а на глибині 20 см –  $5^{\circ}\text{C}$ , то на глибині 40 см вона буде менше  $1^{\circ}\text{C}$ .

На глибині 70...100 см незалежно від типу ґрунту добова амплітуда практично дорівнює нулю. З цієї глибини починається *шар постійної добової температури*.

Річні коливання температури поширюються у глибину з зменшенням амплітуди по тому ж закону. Амплітуди річних коливань зменшуються майже до нуля на глибинах 15...20 м в середніх широтах, біля 10 м у південних і 30 м у полярних широтах. З цих глибин починається *шар постійної річної температури*.

Шар ґрунту (включаючи рослинність), у якому спостерігається добовий і річний хід температури, називають *активним* або *діяльним шаром*.

3. Максимальні і мінімальні температури на глибинах настають пізніше, ніж на поверхні ґрунту. Це запізнення прямо пропорційне глибині. Добові максимуми і мінімуми запізнюються на кожні 10 см глибини на 2,5-3,5 год, а річні на кожний метр глибини запізнюються на 25-30 діб. Наприклад, якщо у добовому ході мінімальна температура поверхні ґрунту настає о 6 год, а максимальна – о 13 год, то на глибині 10 см мінімальна температура спостерігається приблизно о 9 год, а максимальна близько 16 год.

З особливостями добового і річного ходу температури на різних глибинах зв'язаний розподіл температури ґрунту по вертикалі у різний час доби і року.

Між поверхнею ґрунту і його глибшими шарами відбувається безперервний обмін теплом завдяки молекулярній теплопровідності.

Виділяють 2 типи розподілу.

Тип *інсоляції* (лат. *insolatio* – виставляти на сонце) визначається тим, що прихід радіації на земну поверхню перевищує її витрату на випромінювання і тепло від верхніх



теплих шарів передається більш холодним глибшим. Має місце вдень, літом.

Тип *випромінювання* спостерігається при від'ємному радіаційному балансі (зимою, вночі), коли поверхня ґрунту холодніша його глибших шарів і потік тепла направлений із глибини до поверхні.

Різниці між максимальними і мінімальними температурами доби і року називаються відповідно *добовою і річною амплітудами температур*. На добову амплітуду впливає ряд факторів.

1. Пора року. Літом амплітуди найбільші, а зимою найменші.

2. Широта місцевості. Амплітуда добового ходу температури поверхні ґрунту визначається головним чином полуденною висотою Сонця, яка зменшується із зростанням широти. Тому максимальні амплітуди спостерігаються у субтропічних пустинях, а мінімум у приполярних країнах.

3. Хмарність. У похмуру погоду амплітуда менша, ніж у ясну.

4. Теплоємність і теплопровідність ґрунту. Чим більша теплоємність ґрунту, тим менше він нагрівається вдень і охолоджується вночі. Такий же характер має залежність амплітуди від теплопровідності ґрунту. Наприклад, гранітна скала має добру теплопровідність і в ній нагрівання добре передається в глибину. В результаті амплітуда добових коливань поверхні граніту невелика. Піщаний ґрунт має меншу теплопровідність, ніж граніт, Тому амплітуда температур такого ґрунту приблизно у 1,5 рази більша, ніж поверхні гранітної скали.

5. Колір ґрунту. Амплітуда ходу температури поверхні темного ґрунту значно вища, ніж світлого, тому що поглинальна і випромінювальна здатність темних поверхонь більша, ніж світлих.

6. Рослинний покрив затінює земну поверхню, а тому ґрунт у денні години нагрівається менше, а вночі менше охолоджується. В цілому ґрунт під рослинністю літом холодніший, ніж оголений.

7. Особливо сильно на тепловий режим ґрунту впливає сніговий покрив. Теплопровідність снігу дуже мала, що значно ослаблює теплообмін між ґрунтом і атмосферою. Захисна дія

снігу особливо важлива для озимих, багаторічних трав, плодових і ягідних культур.

8. Експозиція схилів. Весною, літом і восени південні схили вдень тепліші, а північні помітно холодніші відкритого рівного місця, причому мікрокліматичні відмінності зростають із збільшенням крутизни схилів. Південні і західні схили нагріваються сильніше північних і східних. Це пояснюється тим, що нагрівання східних схилів відбувається ранком при низьких температурах повітря. Крім цього, ранком часто схили можуть бути вкриті росою і значна частина тепла витрачається на її випаровування. Західні схили нагріваються у післяобідні години при високих температурах повітря і відносно сухішому ґрунті.

### **3.4. Значення температури ґрунту для рослин і шляхи її оптимізації**

Температура ґрунту є одним із визначальних факторів життя рослин, ґрунтових мікроорганізмів, мезофауни. Проростання насіння починається лише при нагріванні ґрунту до певних значень, властивих даному виду рослин. Швидкість проростання насіння зростає з підвищенням температури.

Насіння більшості сільськогосподарських культур проростає при температурі 3...5 °С, а для соняшника необхідно 5...7 °С, кукурудзи 8...10 °С. З підвищенням температури ґрунту до оптимальної швидкість проростання насіння збільшується, скорочується період від посіву до сходів. Наприклад, насіння кукурудзи при посіві їх у вологий ґрунт на глибину 4 см при температурі 12 °С дають сходи через 21 день, а при температурі 18 °С – через 8...9 днів.

Температурний режим ґрунту впливає на швидкість росту кореневої системи. В той же час озимі культури укорінюються краще при порівняно низьких (6...10 °С) температурах.

Після появи сходів рослини краще ростуть і розвиваються, коли їх коріння знаходяться у середовищі із температурою на 5...10 °С нижчою в порівнянні із надземними органами.

Зниження температури ґрунту на глибині вузла куціння (3 см) нижче критичних значень (–16...–18 °С для озимої пшениці) викликає вимерзання. А тривале перебування озимих під снігом при температурі на глибині вузла куціння близько до 0 °С

викликає загибель від випрівання.

З метою оптимізації температурного режиму застосовують різні заходи, які поділяють на *агротехнічні, агроеліоративні і агрометеорологічні*.

До *агротехнічних* заходів належать: рихлення, коткування, гребнювання і ін. За умов недостачі тепла температуру ґрунту підвищують, створюючи гребені і грядки. При цьому площа підстильної поверхні збільшується на 15...25%, внаслідок чого у гребенях підвищується денна температура ґрунту підвищується на 3...5 °С в порівнянні із вирівняними ділянками. Одночасно знижується вологість ґрунту, що дає можливість раніше провести весняну сівбу чи садіння необхідних культур.

Коткування поверхні поля також підвищує температуру орного шару на 3...5 °С в результаті більшої теплопровідності ущільненого шару.

Температуру ґрунту можна регулювати і мульчуванням, тобто покриттям його різними матеріалами: торфом, соломою, поліетиленовими і поліамідними плівками, які, змінюючи альbedo і випромінювання ґрунту, зменшують теплообмін між повітрям і ґрунтом. Застосування прозорих плівок сприяє більш інтенсивному нагріванню порівняно із темними, тому що прозорі плівки пропускають видиму частину спектру, а темні – ні.

До агроеліоративних заходів належать зрошення і осушення ґрунту, внаслідок чого міняється витрата тепла на випаровування і ґрунт відповідно охолоджується або нагрівається.

До агрометеорологічних прийомів належать посадка лісо-смуг, димові завіси. Останні зменшують ефективно випромінювання і тим самим попереджають радіаційні заморозки, або зменшують їх інтенсивність.

### **3.5. Методи вимірювання температури ґрунту**

Для вимірювання температури ґрунту використовують рідинні (ртутні, спиртові), біметалічні, електричні термометри. Поверхню ґрунту вимірюють строкові, максимальні і мінімальні термометри. Температура орного шару ґрунту вимірюється колінчастими термометрами Савінова. Цими термометрами здійснюють спостереження тільки в теплу пору року.

На більших глибинах температуру ґрунту вимірюють

грунтово-глибинними (витяжними) ртутними термометрами.

В даний час замість колінчастих і витяжних термометрів часто використовуються дистанційні електричні термометри, які дозволяють вимірювати температуру ґрунту, не порушуючи природних умов.

В експедиційних умовах для вимірювання температури верхніх шарів ґрунту використовують термометр-щуп, який можна заглиблювати в ґрунт на необхідну глибину.

### **3.6. Нагрівання і охолодження води**

Поверхневий шар води, як і ґрунту, добре поглинає інфрачервону радіацію. Відносна випромінювальна здатність води також мало відрізняється від випромінювальної здатності інших природних поверхонь. Таким чином, умови поглинання і випромінювання довгохвильової радіації у водних басейнах і у ґрунті різняться мало. Проте зовсім по другому веде себе короткохвильова радіація. Вода, на відміну від ґрунту, являє собою прозоре тіло, а тому короткі хвилі, особливо фіолетові і ультрафіолетові промені проникають у воду на значну глибину і радіаційне нагрівання води відбувається у шарі товщиною у кілька метрів. Істотна різниця теплового режиму водойм і ґрунтів зумовлюється наступним.

Теплоємність води приблизно в 2-3 рази більша теплоємності суші. Водна поверхня пропускає в глибину промені, тому нагрівається одночасно шар води товщиною до кількох метрів. Під впливом турбулентного перемішування води у всіх напрямках відбувається інтенсивне перенесення тепла, а тому різниця температур поверхні води і на глибинах до 10...20 метрів у теплу пору року не перевищує  $5^{\circ}\text{C}$ . Запізнювання моментів настання максимальної і мінімальної в добовому ході дорівнює 2-3 години; в річному – на 1-2 місяці.

Термічна конвекція у воді припиняється при осінньому охолодженні, коли температура у всіх шарах води досягає  $+4^{\circ}\text{C}$ , коли щільність прісної води найбільша і після цього верхні шари інтенсивно охолоджуються і замерзають.

Над поверхнею води вночі і взимку тепліше, ніж над сушею. Великі водні басейни пом'якшують мезоклімат, особливо в районах континентального клімату.

Океанічні течії істотно впливають на клімат прибережних територій. Течії Гольфстріму і Куро-Сіво переносять в полярні області великі запаси тепла, тоді як Гренландська і Курильська течії несуть на південь великі маси холодної води. Вода і її розподіл по планеті є важливим фактором формування на Землі різних кліматичних зон.

### Практична робота № 3

#### Вивчення приладів і засобів вимірювання температури ґрунту

##### Зміст роботи.

1. Вивчення приладів, що вимірюють температуру ґрунту, у т.ч. термометрів: термінового, мінімального, максимального, Савінова, термометра-щупу, витяжних термометрів, термометрів опору й електричних (рис. 7).
2. Побудова графіка річного ходу середніх місячних температур ґрунту на глибинах 0, 20, 40, 80, 160 і 320 см для заданого пункту. Аналіз річного режиму температури ґрунту заданого пункту.

##### 1. Вивчення приладів що вимірюють температуру ґрунту.

###### Термометри колінчасті Савінова.

*Призначення:* для визначення температури ґрунту на різних глибинах.

*Будова:* ртутний термометр, що має вигин під кутом  $135^\circ$  трохи вище резервуара. Нижня частина термометра між резервуаром і шкалою заповнена теплоізоляційним порошком і ватою для кращої теплоізоляції резервуара від верхньої частини термометра, що перебуває в інших температурних умовах, ніж резервуар і може дати похибку у вимірах температури досліджуваного шару ґрунту.

Випускаються в комплекті з термометрів довжиною 290, 350, 450 і 500 мм - для вимірів на глибинах, відповідно, 5, 10, 15 і 20 см.

###### Термометри ґрунтові витяжні (ТПВ -50).

*Призначення:* для спостережень за температурою ґрунту на великих глибинах (від 20 до 320 см).

*Будова і принцип вимірів:* термометр у спеціальній оправі закріплюється на спеціальному дерев'яному тримачі необхідної

довжини і для вимірів опускається в ебонітову трубку, що має на своєму кінці металевий стаканчик із запаяним дном. Трубка попередньо закопується на потрібну глибину. Надземна частина трубки має довжину 40 см, а для районів з високим сніговим покривом – 100 см.

Дані термометри випускаються комплектами для вимірювання на п'яти глибинах (0,2; 0,4; 0,8; 1,6 і 3,2 м) і восьми глибинах (0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,6; 2,4 і 3,2 м).

#### **Термометр - щуп (АМ -6).**

**Призначення:** для визначення температури ґрунту в орному шарі.

**Будова і принцип роботи:** складається із двох частин: нижньої з меншим діаметром, у якій перебуває резервуар, і верхньої з більшим діаметром, у якому міститься шкала. Для зручності користування термометр вставляється в оправу, виготовлену із двох металевих трубок різного діаметра, нижня з яких має загострений кінець для полегшення занурення в ґрунт. Верхня частина оправы обладнана кришкою, яка знімається, і у якій закріплюється верхня частина термометра, що полегшує витягування термометра з оправы. При користуванні цим термометром у польових умовах через велику інерцію оправы, відлік варто робити не менш, ніж через 6 хвилин після його занурення.

#### **Термометри опору.**

Виготовляються з металів та напівпровідників і при вимірі температури застосовуються в комплекті з вимірювальною установкою.

**Принцип роботи** термометрів опору заснований на властивості матеріалів змінювати провідність (опір) зі зміною температури. В якості чутливих елементів в цих термометрах використовуються напівпровідникові опори – термістори, виготовлені з напівпровідникових матеріалів, опір яких має великий температурний коефіцієнт (окисли марганцю, міді, заліза, магнію, а також їх суміші). У термісторів опір зменшується зі збільшенням температури.

Термометри опору дозволяють робити виміри на значних (до декількох сотень метрів) відстанях від тієї точки, де вони встановлені. Вони використовуються, зокрема, у більшості типів дистанційних метеостанцій. Термометр опору більш складний в

експлуатації й вимагає більш частих перевірок.

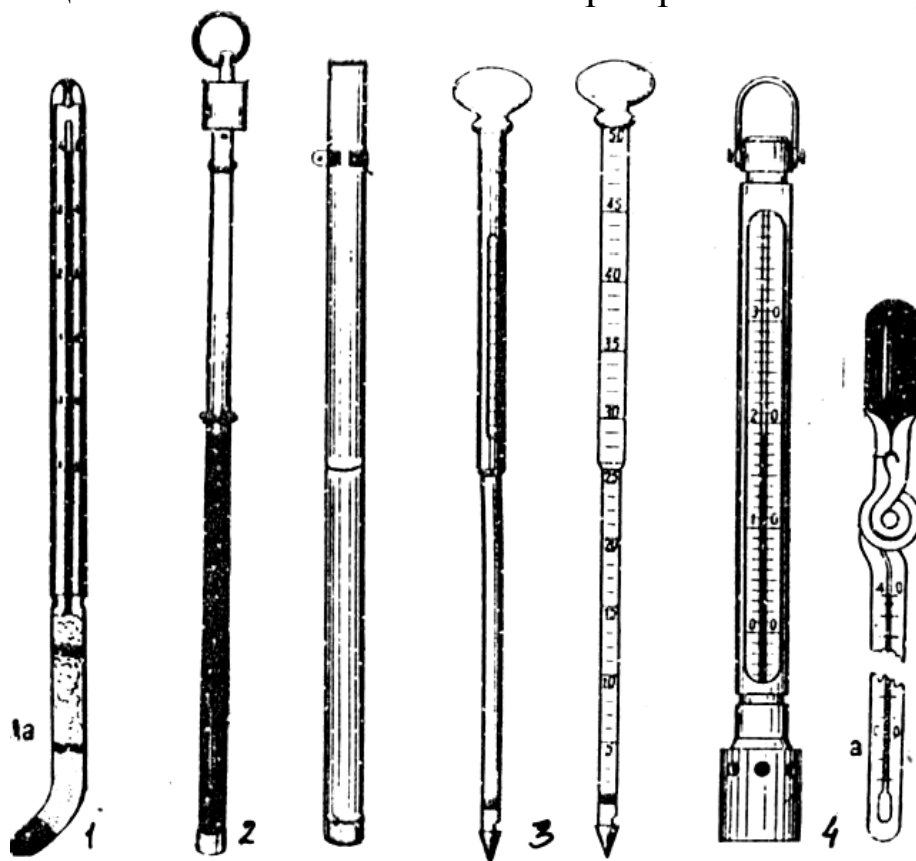


Рис. 7. Термометри ґрунтові: 1 – термометр Савінова; 2 – витяжний термометр; 3 – термометр щуп; 4 – термометр для води; 4а – ізоляційний прошарок

## 2. Побудова графіків річного ходу середніх місячних температур.

Використовуючи довідкові дані побудувати графіки річного ходу температури ґрунту на різних глибинах для заданого населеного пункту; визначити глибину промерзання ґрунту, період з негативною температурою ґрунту.

### Контрольні питання

1. Куди витрачається тепло з поверхні ґрунту?
2. Від чого залежить кількість променевої енергії, яка поглинається ґрунтом?
3. Що таке теплоємність ґрунту і якими одиницями вимірюється?
4. Що значить теплопровідність і коефіцієнт теплопровідності?
5. Чому із збільшенням щільності теплопровідність ґрунту зростає?
6. Яка суть законів Фур'є?

7. До якої глибини спостерігається добова амплітуда температури.
8. З яких глибин починається шар постійної річної температури?
9. Які Ви знаєте типи розподілу тепла у ґрунті?
10. Що таке інсоляція де і коли вона проявляється?
11. Що таке випромінювання і коли воно проявляється?
12. Якими заходами оптимізуються температурний режим ґрунту?
13. Що включають в себе оргатехніці заходи?
14. Які є агромеліоративні прийоми регулювання температури ґрунту?
15. Який принцип дії димових завіс?

## 4. ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ПОВІТРЯ

### 4.1. Процеси нагрівання і охолодження повітря

*Температурним режимом атмосфери* називають характер розподілу і зміни температури у атмосфері. Температурний режим атмосфери зумовлюється головним чином її теплообміном із оточуючим середовищем, тобто з підстильною поверхнею і космічним простором.

За виключенням верхніх шарів атмосфера поглинає сонячну радіацію порівняно мало. Основне джерело нагрівання нижніх шарів атмосфери – тепло, яке отримується від підстильної поверхні. В денні години, коли надходження радіації переважає над її витратами, підстильна поверхня нагрівається і тепло передається від неї повітря. Вночі підстильна поверхня втрачає тепло випромінюванням і стає холоднішою за повітря. У такому випадку повітря віддає тепло ґрунту, а саме охолоджується. Перенесення тепла між підстильною поверхнею і повітрям, а також у самій атмосфері відбувається наступними процесами.

**Молекулярна теплопровідність.** Повітря, яке безпосередньо контактує з підстильною поверхнею, обмінюється з нею теплом шляхом молекулярної теплопровідності. Коефіцієнт молекулярної теплопровідності нерухомого повітря відносно малий, тому цей вид теплообміну незначний.

**Теплова конвекція** (лат. convectio – привезення, принесення) – перенесення об'ємів нагрітого повітря по вертикалі. Так утворюється висхідний тік повітря, який переносить тепло від



активного шару Землі у верхні шари тропосфери.

Над сушею теплова конвекція виникає вдень, а над водною поверхнею в холодну пору року і вночі, коли водна поверхня тепліша прилеглих шарів атмосфери.

**Турбулентність** (лат. turbulentus – безладний) – вихровий хаотичний рух невеликих об'ємів повітря в загальному потоці вітру. Із зростанням швидкості вітру турбулентність посилюється, що забезпечує дуже швидке перенесення тепла, яке в тисячі раз інтенсивніше молекулярного теплообміну.

**Радіаційна теплопровідність** – перенесення тепла потоками довгохвильової радіації. Проявляється переважно в ясні ночі, призводить до заморозків в осінньо-весняні періоди і сильних морозів зимою.

**Конденсація** (сублімація) водяної пари, що надходить в атмосферу із земної поверхні. При перетворенні газоподібної води в рідку (конденсація) або тверду (сублімація) виділяється тепло, яке підвищує температуру верхніх шарів атмосфери, де утворюються хмари. З 1 г водяної пари виділяється 600 кал тепла.

**Адвекція повітряних мас** (лат. advectio – доставка) – переміщення повітряних мас по горизонталі. Має місце при вторгненні повітряної маси, що має більш високу (низьку) температуру. Відповідно відбувається адвекція тепла або холоду. Адвекції холоду можуть зумовити небезпечні заморозки.

## 4.2. Вертикальний градієнт температури

Зміна температури повітря на 100 м висоти називається вертикальним градієнтом температури (ВГТ). Найбільш характерним є зниження температури повітря з висотою. Якщо з висотою температура зростає (ВГТ від'ємний), то таке явище називається **температурною інверсією** (лат. inversio – перевертання). Температурна інверсія спостерігається вночі в антициклонах.

Залежно від умов утворення інверсій у приземному шарі атмосфери їх поділяють на **радіаційні і адвективні**.

**Радіаційні** інверсії виникають при радіаційному вихолодженні підстильної поверхні. Такі інверсії у теплу пору року утворюються вночі, а зимою спостерігаються також і вдень. Тому радіаційні інверсії поділяють на **нічні (літні) і зимові**.

**Нічні інверсії** встановлюються за ясної і тихої погоди після переходу радіаційного балансу через 0 за 1,0...1,5 години до заходу Сонця. Протягом ночі вони посилюються і перед сходом Сонця досягають максимуму. Після сходу Сонця підстильна поверхня і повітря прогріваються і інверсія руйнується. Висота шару інверсії зазвичай сягає кількох десятків метрів, але за певних умов (наприклад, у замкнених долинах, оточених значними підвищеннями) може досягати 200 м і більше. Цьому сприяє стікання охолодженого повітря із схилів у долину. Хмарність ослаблює інверсію, а вітер її руйнує. Під покривом густої трави або посівів, а також у лісі літом інверсії спостерігаються і вдень.

Нічні радіаційні інверсії весною і восени, а інколи і літом можуть призводити до зниження температури поверхні ґрунту і повітря до від'ємних значень, що визиває пошкодження багатьох культурних рослин.

**Зимові інверсії** виникають у ясну тиху погоду за умов короткого дня, коли охолодження підстильної поверхні безперервно посилюється з кожним днем; вони можуть зберігатися кілька тижнів, частково ослаблюючись вдень і посилюючись вночі.

**Адвективні** інверсії утворюються при адвекції (переміщенні) теплого повітря на холодну підстильну поверхню, яка охолоджує прилеглі до неї шари теплого повітря, яке переміщується на неї. До таких інверсій відносять також і снігові інверсії. Вони виникають при адвекції повітря із температурою вище  $0^{\circ}\text{C}$  на поверхню, вкриту снігом. Зниження температури у самому нижньому шарі у цьому випадку зумовлене витратами його на танення снігу.

Якщо температура з висотою не змінюється, то має місце **ізотермія**.

ВГТ залежить від багатьох факторів. Зимою, вночі ВГТ менший, літом, вдень більший. Середнє значення ВГТ в тропосфері складає біля  $0,6^{\circ}\text{C}$

Найбільш сильно змінюється в часі ВГТ в приземному шарі атмосфери. Величина його залежить від часу доби, погоди, характеру підстильної поверхні. Вдень ВГТ майже завжди додатній, особливо літом над сушею, а при ясній погоді в десятки раз більший ніж при хмарній. Над снігом ВГТ приземного шару невеликий і нерідко від'ємний.

Вище 500 м вплив погоди, підстильної поверхні і часу доби затухає.

Дані про ВГТ в різних шарах атмосфери використовують для прогнозів погоди, при визначенні умов викиду в атмосферу промислових відходів, в реактивній авіації і виведенні супутників на орбіту. Зокрема викиди в атмосферу будуть підняті на значні висоти лише за умови, коли ВГТ буде більшим за  $1,0^{\circ}\text{C}$ .

### 4.3. Розподіл температури повітря по вертикалі в тропосфері

Розподіл температури у атмосфері по вертикалі лежить в основі поділу атмосфери на п'ять основних шарів (тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера і екзосфера), про що йшлося у першому розділі. Для агрометеорології найбільш важливими є закономірності змін температури у тропосфері, особливо у її приземному шарі.

Розподіл температури в атмосфері з висотою називають *стратифікацією* атмосфери (лат. Stratum – шар+facere – робити). Від стратифікації атмосфери залежить її стійкість, тобто можливість переміщення окремих об'ємів повітря у вертикальному напрямку. Висхідні рухи повітря виникають при тепловій конвекції, при русі повітря по гірському схилу, в областях пониженого атмосферного тиску. Низхідні рухи виникають при опусканні (скочуванні) повітряних мас з гір, височин, в областях підвищеного атмосферного тиску. Такі перенесення великих об'ємів повітря відбуваються майже без обміну теплом з оточуючим середовищем, тобто *адіабатично* (грецьк. adiabatos – непрохідний). При цьому змінюється тиск і температура переміщеного об'єму повітря. Якщо повітря рухається вгору, то його об'єм буде зростати, а тиск і температура зменшуватимуться. При опусканні повітря відбувається зворотний процес.

Зміна температури повітря при адіабатичному переміщенні по вертикалі складає близько  $1^{\circ}\text{C}$  на 100 м.

Якщо ВГТ буде меншим 1, то підняте адіабатично повітря, а потім залишене саме собі, вернеться в попередній стан, тому що буде холодніше і, відповідно, важче навколишнього. Такий стан атмосфери називається *стійким*.

Якщо ВГТ буде близьким 1, то підняте адіабатично повітря,

охладжуючись на кожні 100 м також на  $1^{\circ}$ , на всіх висотах не буде відрізнятися за температурами від оточуючого, тому не буде далі ні підніматись, ні опускатись. Такий стан атмосфери називають *байдужим*.

Якщо ВГТ більше  $1^{\circ}\text{C}$ , то повітря, що піднімається, охолоджуючись на кожні 100 м лише на  $1^{\circ}\text{C}$ , на всіх висотах буде теплішим оточуючого, а тому буде підніматись вище і вище. Такий стан атмосфери називають *нестійким*.

Нестійкий стан виникає при сильному нагріванні підстильної поверхні. В жаркий літній день нестійкий стан охоплює спочатку приземний шар, а потім в результаті перенесення тепла за рахунок турбулентності і конвекції ВГТ зростає і в більш високих шарах. При великій нестійкості виникають потужні купчасто-дощові хмари, з яких випадають небезпечні для посівів зливи і град, грози, смерчі, шквали.

У приземному шарі атмосфери, приблизно до 2 м, де зростає більшість культурних рослин, вертикальні градієнти майже всіх метеорологічних елементів дуже великі порівняно із іншими шарами. Зокрема ВГТ може у сотні раз перевищувати середній для тропосфери. Вдень температура повітря швидко знижується з висотою, що створює нестійкий його стан. У ясні тихі дні, коли турбулентне перемішування ослаблене, різниця температур повітря біля поверхні ґрунту і на висоті 2 м може перевищувати  $10^{\circ}\text{C}$ . А у ясні тихі ночі температура повітря до певної висоти зростає (інверсія) і ВГТ стає від'ємним. Отже, маємо два типи розподілу температури по вертикалі у приземному шарі атмосфери. Тип, коли температура поверхні ґрунту найвища, а від поверхні знижується як вверх, так і вниз, називають *інсоляційним*. Протилежний розподіл температур називають *радіаційним типом*, або *типом випромінювання*. Інсоляційний тип має місце вдень, коли поверхня ґрунту нагрівається прямою сонячною радіацією, а радіаційний тип спостерігається звичайно вночі, коли поверхня охолоджується в результаті ефективного випромінювання і від нього охолоджуються прилеглі шари повітря.

#### 4.4. Добовий і річний хід температури повітря

В приземному шарі температура повітря зумовлена відпо-

відним ходом температури активної поверхні і найбільш чітко проявляється у нижніх шарах. В добовому ході крива температур має по одному максимуму і мінімуму. Мінімальне значення температури спостерігається перед сходом Сонця, а максимальне – у 14...15 год. Характеризується його екстремумами, тобто найменшими і найбільшими значеннями. Різницю між цими величинами називають *амплітудою* ходу температур. Закономірність ходу температур встановлюється за багаторічними даними і характеризується періодичними коливаннями. Неперіодичні порушення добового і річного ходу зумовлюються вторгненням теплих або холодних повітряних мас.

Добова амплітуда залежить від рельєфу, характеру активної поверхні, висоти над рівнем моря, пори року і інших чинників.

У ввігнутих формах рельєфу вдень повітря застоюється і прогрівається, а вночі охолоджене повітря стікає зі схилів на дно. В результаті добові екстремумами виражені більш різко порівняно з рівниною. Випуклі форми рельєфу вільно обдуваються вітром, тому вдень повітря прогрівається менше, а вночі холодне повітря стікає вниз. Тому екстремумами температури тут менше виражені.

Рослинність зменшує амплітуду добових коливань, тому що вдень рослини затримують сонячну радіацію, а вночі – земне випромінювання.

Особливості добового ходу температури повітря необхідно враховувати при розміщенні культурних рослин, вибираючи для найбільш теплолюбних культур ті форми рельєфу, де спостерігається мінімальна амплітуда ходу температури повітря і ґрунту і, відповідно, менша вірогідність заморозків.

Характеристикою річного ходу температур повітря служить амплітуда річних коливань температури повітря. Вона являє собою різницю між середніми місячними температурами самого теплого і самого холодного місяців року.

Річний хід температури повітря залежить від географічної широти і континентальності території. На підставі середніх багаторічних амплітуд і часу настання екстремальних температур виділяють чотири типи річного ходу температури повітря: екваторіальний, тропічний, помірною поясу і полярний.

На річний хід температури повітря впливає і висота над рівнем моря. Із збільшенням висоти річна амплітуда зменшується.

#### 4.5. Характеристики температурного режиму території і вимоги рослин до тепла

Найбільш вичерпну уяву про кількість тепла, отриману певною територією за рік або інший період одержують на підставі наступних величин.

Середні добові, місячні і річні температури, які отримують шляхом встановлення середнього арифметичного 8 – строкових добових замірів для середньодобових температур, середніх за всі дні місяця, середньомісячних і т.д.

**Максимальні і мінімальні** температури і амплітуди температур вказують на ступінь континентальності клімату, вірогідність заморозків, великої жари або морозів, зимових відлиг.

**Абсолютні** максимуми (мінімуми) температур.

Суми температур характеризують теплозабезпеченість території за певний період. Потребу рослин і інших живих організмів виражають сумами **активних і ефективних** температур.

У агрометеорології **активна** температура – це середньодобова температура повітря (або ґрунту), яка вища за  $+10^{\circ}\text{C}$ . **Ефективна** температура включає температуру, яка вища біологічного мінімуму розвитку культури. Біологічний мінімум для різних культур різний, наприклад, для озимої пшениці біологічний нуль дорівнює  $0^{\circ}\text{C}$ , ярої пшениці  $5^{\circ}\text{C}$ , для кукурудзи –  $10^{\circ}\text{C}$ , а для рису, бавовни –  $15^{\circ}\text{C}$ . В агрономічній практиці більшості європейських країн прийнято за біологічний мінімум вважати  $+5^{\circ}\text{C}$ . Якщо середньодобова температура дорівнює  $12,5^{\circ}\text{C}$ , то ефективна температура дорівнює  $12,5 - 5,0 = 7,5^{\circ}\text{C}$ .

В міру підвищення ефективної температури прискорюються ростові процеси у рослині, проте при досягненні середньодобових температур вище  $18-20^{\circ}\text{C}$  у більшості культур помірного поясу розвиток не прискорюється, або взагалі зупиняється.

Тому середньодобові температури вище  $20^{\circ}\text{C}$  називають **баластними**. Вони є верхньою межею ефективних температур. Це твердження не є загальнопланетарним. Рослини тропічних і субтропічних поясів, в тому числі і культурні, не знижують своєї продуктивності у діапазоні високих температур за умови забезпечення вологою. Критичними для рослин є лише низькі температури.

При зниженні температури нижче критичної проходить

коагуляція колоїдів протоплазми клітин і рослина гине. Залежно від того, які температури є критичними всі рослини поділяють на п'ять груп:

- найбільш стійкі – витримують зниження температур до  $-8...-10^{\circ}\text{C}$  (пшениця, овес, ячмінь, горох, мак);
- стійкі – витримують температури до  $-6...-8^{\circ}\text{C}$  (цукровий буряк, соняшник, льон, коноплі, морква);
- середньостійкі – витримують температури до  $-3...-4^{\circ}\text{C}$  (соя, люпин жовтий);
- малостійкі – гинуть при температурі повітря нижче  $-2...-3^{\circ}\text{C}$  (кукурудза, просо, сорго, картопля).
- нестійкі – не витримують температур нижче  $-1...-2^{\circ}\text{C}$  (квасоля, баштанні, гречка, огірки, томати).

Нижня критична температура для багатьох організмів, які не містять великої кількості вологи (насіння злаків, дерева) співпадає з фізіологічним нулем. Для бджоли критичним є зниження температури до  $+1^{\circ}\text{C}$ , а качка без шкоди здоров'ю може витримати протягом години мороз  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Ложечниця з родини хрестоцвітних в фазі цвітіння може переносити мороз до  $-20^{\circ}\text{C}$ . А молоді форелі гинуть при підвищенні температури води вище  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Організми часто активно впливають на несприятливі температури. Багато рослин при високих температурах шляхом транспірації можуть знижувати температуру листя на  $5-10^{\circ}\text{C}$ .

Для людини в легкій одежі в приміщенні комфортна температура змінюється залежно від відносної вологості з  $+16^{\circ}\text{C}$  при вологості 80-90% до  $30-32^{\circ}\text{C}$  при вологості 10-20%. Опірність жарі вища ніж холоду, дякуючи потовиділенню. Проте адаптація до зростання температур більш важка, особливо при високій вологості. Низька температура важко переноситься за наявності вітру і підвищеної вологості.

#### **4.6. Вимірювання температури повітря**

Температуру повітря вимірюють в метеорологічній будці, яка розташована на висоті 2 м над поверхнею ґрунту. Будка захищає від прямої сонячної радіації, ефективного випромінювання земної поверхні й оточуючих предметів. Її роблять з дерева, фарбують в білий колір, щоб вона максимально відбивала

сонячні промені. Для забезпечення вентиляції стінки будки роблять у вигляді жалюзі. При проходженні повітря між планками жалюзі крупні турбулентні вихри дробляться і пульсації температури в будці зменшуються.

В будці встановлюють строковий, максимальний і мінімальний термометри.

В експедиційних умовах і при нестандартних вимірюваннях температури використовують аспіраційний психрометр МВ-4М. Для спеціальних вимірювань температури на різних рівнях використовують електричні термометри з малогабаритним датчиком і дистанційним зніманням результатів.

Для безперервної реєстрації температури застосовують термографи, які бувають добовими і тижневими.

## **Практична робота № 4**

### **Вивчення приладів і засобів вимірювання температури повітря**

#### **Зміст роботи**

1. Вивчення температурних шкал. Види термометрів. Термографи.
2. Вимірювання температури повітря. Психрометрична будка. Правила установки приладів і заміри. Побудова й аналіз графіка річного і добового ходу температури повітря.

#### **1.1. Вивчення температурних шкал.**

Для порівняння даних, отриманих за допомогою різних термометрів, градуювання всіх термометрів здійснюється по шкалах, пов'язаних з певними постійними точками, за які прийнята температура плавлення льоду й температура кипіння води при тиску 760 мм рт. ст. Шкали відрізняються лише кількістю поділок, на які розбитий цей температурний інтервал. Основні температурні шкали:

- Міжнародна практична температурна шкала. Температура виражається в градусах Цельсія. Інтервал між плавленням льоду й кипінням води розбитий на 100 рівних частин - градусів, що свідчить про те, що плавлення льоду відбувається при 0, а кипіння при 100 градусах. Позначається градус – °С.



- Шкала Фаренгейта. Температурний інтервал плавлення льоду й кипіння води розділений на 180 частин. Числові значення плавлення льоду  $-32$ , а кипіння води  $-112$ . Градус по цій шкалі позначається  $-^{\circ}\text{F}$ . В Україні прийнята шкала Цельсія, але іноді необхідно перевести значення з однієї шкали в іншу. Для цього існують формули:

$$t^{\circ}\text{C} = 5/9 t^{\circ}\text{F} - 32 \text{ та } t^{\circ}\text{F} = 9/5 t^{\circ}\text{C} + 32;$$

- Абсолютна шкала температури Кельвіна. Нуль цієї шкали відповідає повному припиненню теплового руху молекул. По шкалі Цельсія це буде  $-273,15^{\circ}\text{C}$ . Одиниця шкали Цельсія дорівнює одиниці шкали Кельвіна:  $1^{\circ}\text{C}=1\text{K}$ . По цій шкалі температура може бути тільки позитивною, тобто вище абсолютного нуля. Для переходу від температури Цельсія до шкали Кельвіна існує формула:

$$\text{TK} = \text{T}^{\circ}\text{C} + 273,15$$

## 1.2. Види термометрів.

Вид термометра визначається фізичною характеристикою, обраною в якості термометричної властивості і покладеною в основу дії даного термометра. Найпоширеніші такі види термометрів:

1. Рідинні - засновані на принципі зміни об'єму рідини зі зміною температури.
2. Деформаційні - засновані на принципі зміни лінійних розмірів і форми твердих тіл зі зміною температури.
3. Термометри опору - засновані на принципі зміни електропровідності тіл зі зміною температури.
4. Термоелектричні термометри (термопари) - засновані на принципі зміни електрорушійної сили термопар при зміні різниці температур спаїв.

Рідинні термометри найпоширеніші в практиці метеоспостережень. Як термометричні рідини використовуються ртуть і спирт, а також деякі амальгами ртуті (наприклад, ртуть і 4% талія). Залежно від призначення термометри мають деякі конструкційні особливості, відрізняються за формою й розмірами.

### **Психрометричний термометр (ТМ - 4)**

*Призначення:* для визначення температури й вологості

повітря.

Будова й установка: ртутний термометр із вставною шкалою, градуйованою від  $-31^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$  до  $+41^{\circ}\text{C} - +50^{\circ}\text{C}$  і ціною поділки  $0,2^{\circ}$ . Є основним термометром, прийнятим у метеорології для виміру температури повітря. Він установлюється в психрометричній будці у вертикальному положенні.

### **Максимальний термометр (ТМ -1)**

*Призначення:* Для визначення максимального значення температури в будь-який проміжок часу.

*Будова і принцип роботи:* термометр улаштований так, що зберігає показання, що відповідають максимальній температурі за час, що пройшов з моменту попереднього відліку. Це досягається за допомогою спеціального пристосування, що складається із скляного штифта, впаяного усередину резервуара термометра (до дна). Верхній кінець штифта входить у капіляр, залишаючи в ньому дуже вузький кільцеподібний отвір. При підвищенні температури ртуть впливає з резервуара, розширюючись і переборюючи тертя в місці звуження – так фіксується максимальне значення температури. При зниженні температури ртуть не пройде назад, тому що сила зчеплення ртуті не може перебороти силу тертя.

*Установка:* Для підготовки до вимірювання термометр струшують, щоб перегнати ртуть із капіляра в резервуар. Установлюють злегка похило убік резервуара.

### **Мінімальний термометр (ТМ-2)**

*Призначення:* спиртовий термометр слугує для визначення мінімального значення температури за даний проміжок часу.

*Будова і установка:* усередині термометра в капілярі перебуває темний скляний штифтик з потовщенням на кінцях. Він може вільно переміщатися в спирті усередині капіляра. Для вимірів термометр установлюється горизонтально.

*Принцип роботи:* перед установкою на строк термометр піднімають резервуаром догори, щоб штифтик прийняв максимальне положення, що відповідає температурі даного моменту. Біля поверхні спиртового стовпчика штифтик зупиняється, тому що не може прорвати поверхневу плівку. При підвищенні температури спирт безперешкодно переміщається нагору по капіляру, але при зниженні температури, зміщаючись

вниз, спирт приводить в рух штифтик поверхневої плівки. У випадку наступного підвищення температури, штифтик пропускає спирт нагору, залишаючись на місці, що відповідає мінімальній температурі за період, що пройшов.

Для визначення температури повітря існує ще ряд термометрів, що принципово не відрізняються один від одного і мають лише деякі конструкційні особливості:

- додатковий спиртової термометр – аналог психрометричного термометра для виміру температури нижче  $-35^{\circ}\text{C}$  (в якості рідини використовується спирт, тому що ртуть замерзає при  $t = -38,87^{\circ}\text{C}$ );

- термометр психрометричний ртутно – таллієвий дозволяє вимірювати температуру повітря в найбільшому діапазоні через особливий склад рідини;

- термометр до аспіраційного психрометра – відрізняється від звичайного психрометричного розміром і формою резервуара;

- термометр-пращ (ТМ-8) – обладнаний металевим футляром і шнурком, прикріпленим до ковпачка на верхньому кінці термометра, використовується для обертання при вимірах.

### **Термографи**

*Призначення:* для реєстрації варіації температури в часі.

*Будова і принцип роботи:* це самопис, обладнаний барабаном і годинниковим механізмом, за допомогою якого він обертається. На барабані закріплюється стрічка, до якої притиснута стрілка з пером, що фіксує коливання з'єднаної з ним біметалевої пластини, яка реагує на зміну температури. Стрічка термографа розграфлена на паралельні горизонтальні прямі лінії й вертикальні дуги. Відстань між дугами відповідає 15 хвилинам (на добовому термографі) і 2 годинам (на стрічках тижневого термографа).

## **2.1. Вимірювання температури повітря. Психрометричні будки**

При вимірі температури повітря, щоб захистити термометри від прямих сонячних променів й інших зовнішніх впливів, що вносять погрішність у показання, використовують психрометричну будку (рис. 8). Вона встановлюється на дерев'яних або металевих стійках так, щоб резервуари термометрів, поміщених у

неї були на висоті 2 м від поверхні ґрунту. Будка орієнтується дверцятами на північ, щоб сонячні промені не потрапляли на термометри в момент проведення вимірювань.

Розміщення термометрів у будці суворо регламентовано. На стандартному штативі у вертикальному положенні закріплюються два психрометричних термометри - сухий (ліворуч) і змочений (праворуч), між ними розташовується волосяний гігрометр, а внизу горизонтально розташовуються максимальний і мінімальний термометри.

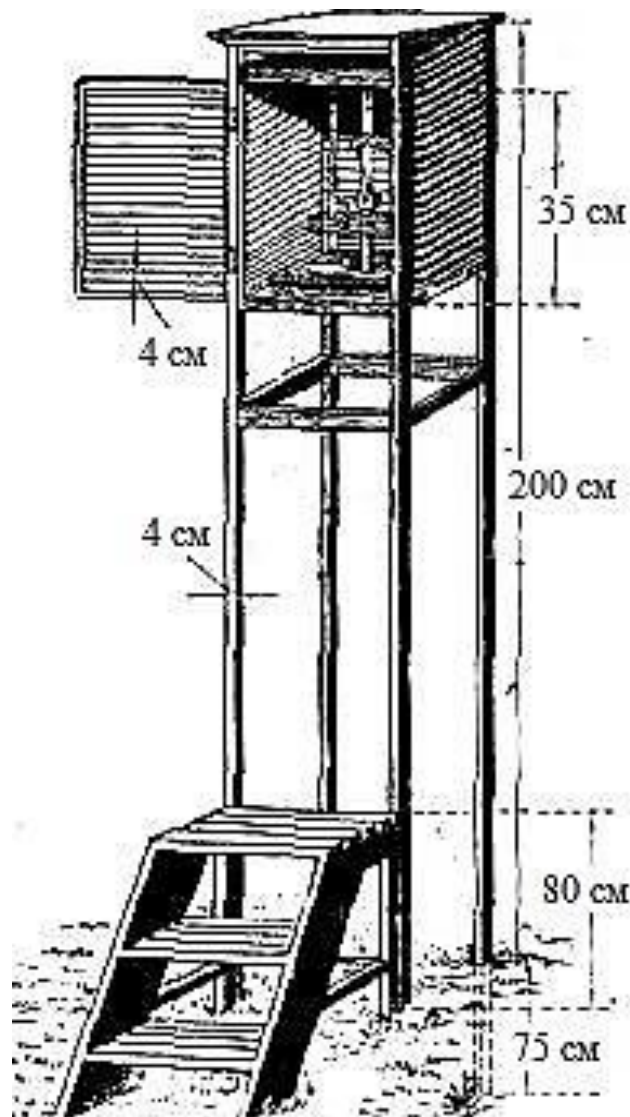


Рис. 8. Психрометрична жалюзійна будка

## 2.2. Побудова графіків.

а) використовуючи довідкові дані, побудувати графіки річного ходу середніх місячних температур повітря, середніх мінімальних і середніх максимальних температур повітря і

абсолютних максимумів і мінімумів температур повітря для заданого населеного пункту; виділити на графіках ділянки безморозного періоду, дати настання метеорологічної весни, літа, осені й зими, настання періоду з активними температурами (вище  $+10^{\circ}\text{C}$ );

б) на основі знань про кліматичні фактори і виконаної роботи, проаналізувати температурний режим повітря заданої території.

### Контрольні питання

1. Що є основним джерелом нагрівання нижніх шарів атмосфери?
2. В яких випадках повітря віддає тепло ґрунту?
3. За участю яких процесів відбувається перенесення тепла між підстильною поверхнею і ґрунтом?
4. Що таке теплова конвекція і коли вона виникає?
5. Яка природа радіаційної теплопровідності, коли вона виникає і до чого призводить?
6. Адвекція повітряних мас, її суть і наслідки.
7. Температурна інверсія і коли виникає?
8. Що таке турбулентність?
9. Що таке вертикальний градієнт температури?
10. Коли відбувається температурна інверсія?
11. Що таке ізотермія?
12. Як називають розподіл температури в атмосфері з висотою?
13. Яка суть вертикального градієнту температури?
14. Яка суть адіабатичного перенесення повітря?
15. Який стан атмосфери називають стійким?
16. Який стан атмосфери називають байдужим?
17. Який стан атмосфери називають нестійким?
18. Які наслідки нестійкого стану атмосфери?
19. Які типи розподілу температури по вертикалі у приземному шарі?
20. Як впливає рослинність на амплітуду добових температур?
21. Яка суть активних температур?
22. Яка суть ефективних температур?
23. На які групи поділяють рослини по відношенню до критичних температур?

## 5. ВОДА В АТМОСФЕРІ І ҐРУНТІ

### 5.1. Водяна пара в атмосфері

Водяна пара є складовою атмосфери. Вона безперервно надходить в атмосферу в результаті випаровування і транспірації. На випаровування або витрачається біля 23 % сонячної радіації, яка надходить на Землю. Основна маса випаровування відбувається над світовим океаном і лише частково над суходолом. Більша частина води, що випаровується, конденсується над океаном, утворюючи хмари, із яких випадають опади знову в океан, проходить так званий малий кругообіг води (вологообіг). Решта водяної пари повітряними потоками переноситься на континенти, де вона також у вигляді рідких або твердих опадів випадає на підстильну поверхню, звідки поверхневими або внутріґрунтовими стоками через річкову мережу знову повертається у світовий океан, завершуючи в такий спосіб великий кругообіг води в природі. Будучи поглиненою рослинами, іншими організмами, ґрунтом, глинистими мінералами і іншими пористими тілами, вода може затримуватись на континентах на багато років.

Для переведення 1 г води з рідкого стану в пароподібний необхідно 600 калорій, а з твердого стану (випаровування з поверхні льоду або снігу) 680 калорій. Ця ж кількість енергії виділяється в довкілля при зворотних процесах – конденсації або сублімації.

### 5.2. Вологість повітря, способи визначення

Вологістю називають вміст водяної пари в атмосфері. Як і всякий газ, пара володіє тиском (пружністю), який пропорційний його густині. Вміст водяної пари виражають в мілібарах (гектопаскалях), в міліметрах ртутного стовпа, або у вагових одиницях на одиницю об'єму повітря ( $\text{г/м}^3$ ). Чим вища температура повітря, тим більша кількість водяної пари може утримуватись у ньому.

Наприклад, при температурі  $+20^{\circ}\text{C}$  в повітрі може утримуватись до 17,4 г вологи на  $1\text{м}^3$ , а при  $-20^{\circ}$  лише  $1,08\text{ г/м}^3$ .

Водяну пару у атмосфері можна виразити і у міліметрах шару рідкої води. Всього у атмосфері міститься в середньому  $1,29 \cdot 10^{13}$  т вологи (в рідкому і газоподібному стані), що

еквівалентно шару води у 25,5 мм.

Вологість повітря характеризують наступними величинами:

- абсолютною вологістю;
- парціальним тиском водяної пари;
- тиском насиченої пари;
- відносною вологістю;
- дефіцитом насиченості водяної пари;
- температурою точки роси і питомою вологістю.

**Абсолютна вологість**  $a$  (г/м<sup>3</sup>) – кількість водяної пари, виражена у грамах, яка міститься у 1 м<sup>3</sup> повітря.

**Парціальний тиск (пружність) водяної пари**  $e$  – фактичний тиск водяної пари, яка знаходиться у повітрі. Вимірюють у міліметрах ртутного стовпа (мм рт. ст.), мілібарах (мб) і гектопаскалях (гПа).

**Тиск насиченої водяної пари, або пружність насичення**,  $E$  – максимально можливе значення парціального тиску за даної температури; вимірюють у тих же одиницях, що і  $e$ . Пружність насичення зростає із збільшенням температури. Це значить, що при більш високій температурі повітря може містити більше водяної пари, ніж при нижчій.

**Відносна вологість**  $f$  – це відношення парціального тиску водяної пари, яка міститься у повітрі, до тиску насиченої водяної пари при цій температурі. Вимірюється у % з точністю до цілих

$$f = e / E \cdot 100\% .$$

Відносна вологість показує ступінь насиченості повітря водяною парою.

**Дефіцит насичення водяної пари (нестача насичення)**  $d$  – різниця між пружністю насичення і фактичною пружністю водяної пари:

$$d = E - e .$$

Дефіцит насичення виражають у тих же одиницях і з тою ж точністю, що і величини  $e$  і  $E$ . При збільшенні відносної вологості дефіцит насичення зменшується і при  $f = 100\%$  дорівнює нулю.

Оскільки  $E$  залежить від температури повітря, а  $e$  – від вмісту у ньому водяної пари, то дефіцит насичення є комплексною величиною, яка відображає тепло- і вологовміст повітря. Це

дозволяє ширше, ніж інші характеристики вологості, використовувати дефіцит насичення для оцінки умов зростання сільськогосподарських культур.

**Точка роси**  $t_d$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) – температура, при якій водяна пара, що міститься у повітрі при цьому тиску, досягає стану максимального насичення. При  $f = 100\%$  фактична температура повітря співпадає з точкою роси. При температурі нижче точки роси починається конденсація водяної пари з утворенням хмар у вільній атмосфері, туману приземному шарі, а на поверхні землі і предметів утворюється роса, іній, паморозь.

### 5.3. Часова і просторова динаміка вологості повітря

У приземному шарі атмосфери спостерігається добре виражений добовий і річний хід вмісту вологи, що зумовлено відповідними періодичними змінами температури.

**Добовий** хід вологості над морями і узбережжями, а також зимою над континентами аналогічний добовому ходу температури води і повітря: мінімум перед сходом Сонця і максимум о 14...15 годині. Мінімум зумовлений дуже слабим випаровуванням (або його відсутністю взагалі) у цей час доби. Вдень при збільшенні температури і, відповідно, випаровування, вміст вологи у повітрі зростає. Такий же добовий хід пружності водяної пари спостерігається і над континентами зимою.

Літом над материками, особливо в жаркі дні, вологість повітря знижується в результаті інтенсивного турбулентного перемішування висхідних течій, які відносять вологі маси вгору. Тому відмічають два мінімуми: вночі і в полуденні години, а також два максимуми: ранком і вечором.

Річний хід насиченості парами повітря співпадає з річним ходом температур як над морем, так і над суходолом.

Відносна вологість повітря має протилежну закономірність. Мінімум спостерігається літом, а максимум – зимою.

### 5.4. Значення вологості повітря для сільськогосподарського виробництва і людини

Вологість повітря помітно впливає на рослини і тварин. При значному дефіциті пружності водяної пари (зниженні відносної вологості) різко зростає випаровування з поверхні ґрунту і



посилюється транспірація рослин. При дефіциті пружності понад 40 мбар випаровування з поверхні вологого ґрунту перевищує 80 т води за добу з 1 га, що значно висушує землю. Рослинні організми при зниженні відносної вологості нижче 30% значно посилюють транспірацію, що призводить до усихання листя багатьох рослин, зменшується урожайність сільськогосподарських культур, підвищується щуплість зерна, проте покращуються хлібопекарські якості пшениці, підвищується вміст цукрів у плодах.

Підвищена понад 80% вологість сприяє видовженню рослин, що приводить до вилягання зернових культур. У період цвітіння висока вологість повітря знижує нормальну запиленість рослин, що знижує врожай, тому що менше розкриваються пильники, зменшується літ комах. У теплу пору року підвищена вологість сприяє поширенню ряду хвороб сільськогосподарських культур, уповільнює дозрівання зернових.

Людина і тварини при підвищеній вологості і температурі нижче  $-10^{\circ}\text{C}$  посилюють тепловіддачу, а тому більш мерзнуть і змушені посилювати обмін речовин. Висока вологість при високій температурі знижує потовиділення організмом, що небезпечно, тому що можливий перегрів організму. Висока вологість зменшує надходження в організм кисню з повітря, що негативно впливає на хворих органами дихання. Понижена вологість повітря при високих температурах зумовлює пересихання слизистих, посилює потовиділення і зневоднення організму.

## 5.5. Випаровування і транспірація

**Випаровуванням** називають перехід речовини із рідкого або твердого стану в газоподібний. Випаровування є одним із основних ланок у кругообігу води на планеті, а також важливим чинником теплообміну у рослинних і тваринних організмах.

Кількісно випаровуваність характеризується **швидкістю випаровування** – масою води, яка випаровується з одиниці поверхні за одиницю часу. Для практичних цілей швидкість випаровування вимірюється висотою (у міліметрах) шару води, яка випаровується за одиницю часу. Шар води висотою 1 мм, яка випарувалась з площі  $1\text{ м}^2$ , відповідає масі води у 1 кг або 1 л ( $1\text{ мм шару води} = 10\text{ м}^3/\text{га} = 10\text{ т/га}$ ).

Інтенсивність випаровування зростає із ростом температури поверхні випаровування і швидкості вітру і зменшенням вологості повітря.

**Випаровуваність** – потенційно можливе випаровування води з вологою ґрунту або поверхні води за існуючих метеоумов.

**Транспірація** – випаровування води рослинами. Поглинаючи воду з ґрунту, рослина забезпечує себе не лише водою, забезпечуючи процес фотосинтезу, але і елементами мінерального живлення. Випаровуючи воду, рослина знижує свою температуру. Кількість води, яка необхідна рослині для утворення одиниці сухої речовини рослинної маси, називається **коефіцієнтом транспірації**. Величина коефіцієнта залежить від виду рослин і умов їх росту і знаходиться в межах 300...800. Чим кращі умови зовнішнього середовища для рослин, вища агротехніка і вищий урожай, тим нижчий коефіцієнт транспірації.

Витрата вологи в процесі транспірації, випаровування з поверхні ґрунту, з поверхні рослин вологи, яка затримується при випаданні опадів становить **сумарне випаровування**. Величина сумарного випаровування зумовлюється погодними умовами, біологічними особливостями вирощуваних культур, агротехнікою. Співвідношення між складовими сумарного випаровування протягом вегетації значно змінюється. На початку вегетації, поки листкова поверхня ще мала, переважає випаровування з поверхні ґрунту. В подальшому витрати води на транспірацію перевершують фізичне випаровування з поверхні ґрунту. Впровадження сучасних технологій, таких як мульчування поверхні ґрунту, впровадження підґрунтового крапельного поливу і ін. дозволяють значно скорочувати фізичне випаровування вологи з полів, що особливо важливо у районах із нестійким і недостатнім зволоженням.

## **5.6. Конденсація і сублімація водяної пари, умови і продукти**

Процес переходу водяної пари в рідкий стан називається **конденсацією**, а з газоподібного в твердий – **сублімацією**. Конденсація і сублімація водяної пари відбувається як у атмосфері, так і на підстильній поверхні.

Для конденсації необхідно: насиченість водяними парами

понад 100 %; наявність ядер конденсації.

Насиченість зростає при зниженні температури до точки роси і нижче, яке відбувається:

- в результаті вихолодження діяльного шару і прилеглих шарів повітря випромінюванням;
- при контакті теплого повітря з холодною підстильною поверхнею;
- при змішуванні двох мас повітря з різними температурами;
- при адіабатичному піднятті повітряних мас.

Ядрами конденсації служать дрібні частки гірських порід, ґрунту, солей, гігроскопічні частки кислот, бактерії, пилок рослин і т.п. У вільній атмосфері продуктами конденсації є хмари, біля земної поверхні – тумани. На земній поверхні – роса, іній, паморозь і ожеледиця.

### 5.7. Хмари. Утворення і класифікація

Хмарами називають системи завислих в атмосфері продуктів конденсації або сублімації водяної пари. По складу хмари поділяються на водяні, льодяні і змішані. Незважаючи на значну кількість крапельок і кристаликів у одиниці об'єму хмари, вміст води у рідкому стані у хмарах незначне: у водяних хмарах  $0,2...5 \text{ г/м}^3$ , а у льодяних – соті і тисячні частки грамів на  $1 \text{ м}^3$ .

Утворюються хмари в основному в результаті адіабатичного охолодження, або при зближенні двох мас повітря з різними температурами і вологістю (фронтальні хмари). Залежно від утворення хмари розділяють:

- на внутрімасові, які виникають у однорідній повітряній масі. Підняття повітря і його охолодження до стану насичення відбувається у результаті процесів теплової конвекції і динамічної турбулентності. Інколи хмари цієї групи з'являються у зв'язку з охолодженням повітря від підстильної поверхні або із-за хвильових рухів на поверхні шару інверсії;
- фронтальні, які виникають при висхідних рухах великих повітряних мас на атмосферних фронтах;
- орографічні – виникають на навітряній стороні при вимушеному піднятті повітряних мас на схилах гір.

Висота хмар, їх будова визначаються висотою рівнів конденсації, нульової температури, зледеніння. Нижня межа хмар

здебільшого співпадає з рівнем конденсації. Між цим рівнем і рівнем нульової температури хмари складаються із крапель і таючих сніжинок. Вище, до рівня замерзання, хмари складаються із переохолоджених крапель і сніжинок, а вище рівня зледеніння – із кристаликів льоду. Верхня межа хмар визначається висотою підняття повітря – обмежується тропопаузою.

Різноманіття процесів, які формують хмари, визначають існування великого числа їх форм. При метеорологічних спостереженнях прийнята морфологічна (за зовнішнім виглядом) міжнародна класифікація хмар, яка включає чотири родини і десять родів (форм).

**А. Родина хмар верхнього ярусу** (висота основи понад 6 км):

1. Пір'ясті, Cirrus (ціррус, Ci);
2. Пір'ясто-купчасті, Cirrocumulus (ціпрокумулюс, Cc);
3. Пір'ясто-шаруваті, Cirrostratus (ціпростратус, Cs).

**Б. Родина хмар середнього ярусу** (висота основи 2...6 км):

4. Висококупчасті, Altcumulus (альтокумулюс, Ac);
5. Високошаруваті, Altostratus (альтостратус, As).

**В. Родина хмар нижнього ярусу** (висота основи менше 2 км):

6. Шаруваті, Stratus (стратус, St);
7. Шарувато-купчасті, Stratocumulus (стратокумулюс, Sc);
8. Шарувато-дощові, Nimbostratus (німбостратус, Ns).

**Г. Родина хмар вертикального розвитку** (нижня основа на висоті 0,5...1,5 км, вершини можуть досягати верхнього ярусу):

9. Купчасті, Cumulus (кумулюс, Cu);
10. Купчасто-дощові, Cumulonimbus (кумулонімбус, Cb).

Форми хмар ділять за зовнішнім видом, щільності, забарвленню, оптичних явищах. Хмари своєю формою, кількістю і потужністю характеризують ті процеси, які відбуваються у атмосфері. Вони є однією із найважливіших ознак передбачення погоди на короткий час (3-4 год.).

**Хмари верхнього ярусу.** На вигляд це білі, напівпрозорі хмари, які складаються із льодяних кристалів через які просвічують Сонце і Місяць. Це пір'ясті, пір'ясто-купчасті і пір'ясто-шаруваті. Вони білого кольору, не дають тіні на Землю. Опадів не дають.

**Хмари середнього ярусу** мають висоту основи від 2 до 6 км. Більш щільні, слабо просвічуються, або не просвічуються. Дають тінь. Сірі, з крапельок води. Виділяють високо-купчасті і високо-

шаруваті. Для них, особливо високо-купчастих хмар характерним є утворення ореолів навколо Сонця і Місяця. Інколи дають мало інтенсивні опади.

*Хмари нижнього ярусу* починаються нижче 2 км. Щільні, темно-сірі. Поділяються на шаруваті, шарувато-купчасті і шарувато-дощові. Забезпечують обложні дощі. Закривають небо повністю.

*Хмари вертикального розвитку* розвиваються переважно в теплу пору року. Утворюються під дією висхідних течій повітря. Основи цих хмар на висоті 500-1000 м, а вершини можуть сягати тропопаузи. Це окремі хмари, як правило щільні, з чітко окресленими контурами, при освітлені Сонцем яскраво-білого кольору. Поділяються на купчасті і купчасто-дощові. З них випадають зливові дощі, град.

Значення хмар полягає в тому, що вони затримують частину сонячної радіації і цим впливають на світловий і тепловий режими підстильної поверхні, перешкоджають тепловому випромінюванню Землі і забезпечують континенти опадами.

## 5.8. Атмосферні опади, їх види

Атмосферні опади це вода в рідкому або твердому стані, яка випадає з хмар або утворюється безпосередньо на земній поверхні і на наземних предметах в результаті конденсації водяної пари з атмосфери.

Випадання опадів відбувається тоді, коли краплі води або кристалики льоду досягають розмірів понад 0,1 мм і вже не можуть утримуватись в підвішеному стані. По фазовому стану поділяються на тверді, рідкі і змішані.

До рідких опадів належать роса, мряка, дощ. До твердих належать сніг, снігова крупа, льодяний дощ, град, паморозь, ожеледиця.

За характером випадання опади поділяють на обложні, зливові і моросящі.

*Обложні опади* (дощ, сніг, мокрий сніг, льодяний дощ) випадають переважно із шарувато-дощових і високо-шаруватих хмар протягом тривалого часу безперервно або з невеликими перервами і охоплюють велику територію. Для них характерна рівномірність випадання, тому у теплу пору року вони добре

поглинаються ґрунтом. Поширені у північних областях України, де забезпечують найбільший відсоток річних опадів.

**Зливові опади** (дощ, град, снігова і льодяна крупа, мокрий сніг) випадають із купчасто-дощових хмар, звичайно протягом короткого часу. Ці опади охоплюють порівняно невелику площу, нерідко проходять полозою і супроводжуються сильним вітром. Сильні зливові опади теплого періоду наносять значної шкоди народному господарству: змивають ґрунт, сприяють утворенню ярів, руйнують дороги, пошкоджують посіви, сади і т.д.

**Мрячні опади** (мряка, снігові зерна) випадають із шаруватих хмар. Краплини мряки не дають кругів при паданні ні водну поверхню.

Кількість опадів вимірюється товщиною шару води у міліметрах, який утворився б на горизонтальній поверхні за умови, що ця вода не стікала б, не просочувалася б у ґрунт і не випаровувалася. Шар опадів товщиною 1 мм на площі 1 га відповідає об'єму води у  $0,001\text{ м} \cdot 10000\text{ м}^2 = 10\text{ м}^3$ , або масі 10 т. Тобто, коефіцієнт перерахунку кількості опадів у міліметрах у тонни на 1 га дорівнює 10.

Атмосферні опади являють собою розчини солей із загальною мінералізацією від 3-4 до 50-60 мг/л і вище поблизу промислових центрів. За рік із атмосферними опадами випадає 50...150 кг/га різних речовин, які включають переважно сульфіді, а з опадами морського походження – хлориди. Також у ґрунт привносяться сполуки азоту до 3-4 кг/га.

Добовий хід опадів співпадає з ходом хмарності і має 2 максимуми – після полудня і перед сходом Сонця і 2 мінімуми – біля півночі і перед обідом.

В помірних широтах в річному ході максимум спостерігається літом, а мінімум зимою.

## 5.9. Географічний розподіл опадів

Середньорічні суми опадів найбільші в приекваторіальних широтах (1500-3000 мм, місцями до 5000-6000 мм). При переході до субтропиків вони знижуються до 800 мм, а в районах тропічних пустинь їх кількість знижується до 250-100 мм в рік. В помірних широтах кількість опадів зростає до 900-1200 мм, а при переході до полярних областей знову знижується до 500-100 мм і

навіть менше (в Антарктиді). В глибині континентів опадів випадає вдвоє менше ніж на узбережжях.

Існує також вертикальна зональність опадів. З ростом висоти над рівнем моря кількість опадів зростає. На кількість опадів в горах впливає напрямок гірських хребтів і експозиція схилів відносно панівних вітрів. Найбільше опадів випадає на південному схилі Гімалаїв (Індія) – 12700 мм в рік.

В Україні найменше опадів в Присивашші – 350-400 мм рік. На північ і північний захід їх кількість зростає до 700 мм. В горах Криму кількість опадів від передгір'їв до вершин зростає від 500 до 1000 мм, а в Карпатах від 700 до 1650 мм.

### **5.10. Значення опадів для сільського господарства**

Опади є основним джерелом вологи для живої природи континентів. Безпосередній вплив опадів на рослини може бути як позитивним, так і негативним залежно від фази розвитку рослин, їх стану, інтенсивності і тривалості самих опадів.

Найбільш сприятливими є обложні дощі, волога яких добре всмоктується ґрунтом, проте якщо вони випадають у період цвітіння сільськогосподарських культур, то вони змивають пилок, утруднюють роботу комах-запилювачів, що значно погіршує умови запилення і призводить до передчасного осипання квіток. Тривалі дощі в період збирання врожаю також завдають шкоди землеробу. Зливові дощі зумовлюють надмірний поверхневий стік і водну ерозію. В зонах надмірного зволоження опади зумовлюють заболочення рівнинних територій і поверхневий стік на схилах.

Залежно від рельєфу, структури ґрунту і його зволоження опади нерівномірно зволожують ґрунт. Частина їх збігає у понижені місця. Тому верхні частини схилів отримують вологи у 1,5-2 рази менше, ніж нижні.

Опади, які випадають на засіяне поле, частково витрачаються на змочування поверхні рослин. Наприклад, на посіві пшениці за період вегетації залежно від густоти стеблостою і погодних умов від 10 до 35% опадів не доходять до поверхні ґрунту.

Тривала відсутність опадів у вегетаційний період значно знижують продуктивність агроландшафтів. В умовах Лісостепу і Степу України урожай сільськогосподарських культур знахо-

диться в прямій залежності від кількості опадів у весняно-ранньолітній період. Навіть у районах достатнього зволоження, якими є переважно західні краї України, відсутність дощів протягом 6...10 днів у червні-серпні викликає нестачу вологи у орному шарі ґрунту. Більш тривала відсутність опадів приводить до пересихання орного шару. Рослини за таких умов уповільнюють накопичення органічної речовини. Вони починають в'янути, а потім сохнуть листя і органи плодоношення. У зернових культур утворюється щупле зерно. У плодових опадають плоди.

Облік режиму опадів необхідний для обґрунтування меліоративних заходів, технології вирощування сільськогосподарських культур, визначення строків і способів збирання урожаю.

Вологозабезпеченість території характеризують *гідротермічним коефіцієнтом Г.Т. Селянинова (ГТК)*

$$ГТК = \frac{\sum r}{0,1 \cdot \sum t},$$

де  $\sum r$  – сума опадів за вегетаційний період;

$\sum t$  – сума активних (вище  $+10^{\circ}\text{C}$ ) температур за цей же період.

ГТК не враховує опадів холодного періоду, тому тепер широко використовують інший показник або *коефіцієнт зволоження К* запропонований М.М. Івановим

$$K = \frac{r}{0,18 \cdot \sum t},$$

де  $r$  – сума опадів за рік (мм);

$\sum t$  – сума активних температур.

### 5.11. Ґрунтова волога

Вода є незамінним фактором життя рослин. Наземні рослини в основному використовують воду з ґрунту. Для живлення вологою рослин з ґрунту поглинається доступна волога. Залежно від міцності зв'язку з ґрунтом, рухомості і доступності волога в ґрунті поділяється на ряд форм або категорій, а саме:

✓ *ГВ – гігроскопічна волога*, міститься в повітряно-сухому ґрунті в кількостях 0,5-3% від маси ґрунту.



✓ **МГ** – *максимальна гігроскопічна волога* являє, собою найбільшу кількість води, яку може поглинути ґрунт із пароподібного стану.

✓ **ВВ** – *вологість стійкого в'янення* нижня межа доступної рослинам води. В середньому вона в 1,5 рази більша максимальної гігроскопічної води. Для піщаних ґрунтів ВВ дорівнює 2-3%, а для глинистих 15-20%.

✓ **ВРК** – *вологість розриву капілярів*, нижня межа оптимальної для росту рослин вологості.

✓ **НВ** – *найменша або повна польова вологоємність*, це найбільша кількість води, яку може утримувати ґрунт після стікання надлишку води при глибокому заляганні ґрунтових вод. Це верхня межа доступної рослинам води. В піщаних ґрунтах НВ=12-15%, а в глинистих 30-35 %.

✓ **ПВ** – *повна вологоємність* – найбільша кількість води, яку може утримувати ґрунт. Вода від НВ до ПВ зайва, вона пригнічує рослини.

**Продуктивна вода** - це та вода, яка забезпечує формування врожаю культурних рослин. Це вода, яка перевищує вологість стійкого в'янення, але не перевищує найменшу, або повну польову вологоємність. Продуктивну воду виражають висотою шару води у міліметрах у метровому шарі ґрунту, що дає можливість співставити її запаси з витратами води (випаровуванням) і її приходом (опадом), які також вимірюються у міліметрах. Запаси продуктивної води мм, розраховують за формулою

$$W_{np.} = 0,1\rho \cdot h(W - K),$$

де 0,1 – коефіцієнт для перерахунку запасів води у міліметрах;

$\rho$  – об'ємна маса ґрунту, г/см<sup>3</sup>;

$h$  – шар ґрунту, см;

$W$  – вологість ґрунту, % маси абсолютно сухого ґрунту;

$K$  – вологість стійкого в'янення, % маси абсолютно сухого ґрунту.

Величини щільності ґрунту і вологості стійкого в'янення є величинами постійними для даного конкретного ґрунту і не змінюються при зміні вологості ґрунту. За методикою, прийнятою у гідрометеослужбі і агрономії, запаси розраховують для

кожного 10-сантиметрового шару ґрунту, які потім сумують і визначають запаси для метрового шару.

### **5.12. Методи вимірювання вологості повітря, ґрунту, кількості опадів**

Для вимірювання вологості повітря використовують психрометричний і сорбційний методи.

**Психрометричний** метод ґрунтується на залежності інтенсивності випаровування з водяної поверхні від дефіциту вологості повітря.

**Сорбційний** метод базується на властивості гігроскопічних тіл реагувати на зміну вологості повітря. У волосяному гігрометрі робочим органом людський волос, який змінює свою довжину залежно від відносної вологості повітря. Ця зміна передається на стрілку, яка вказує відносну вологість по шкалі проградуированій від 0 до 100%.

Для вимірювання безперервної реєстрації вологості повітря слугують гігрографи, які бувають добовими і тижневими, волосяні і плівкові. В останніх чутливим елементом є органічна плівка.

Вологість ґрунту визначають термостатно-ваговим методом. Цей метод дуже трудомісткий, тому розробляються і вже застосовуються непрямі методи, які базуються на застосуванні радіоактивних ізотопів, електропровідності і ін.

Кількість опадів вимірюють опадомірами, дощомірами, а для безперервної реєстрації опадів використовують плювіограф.

## **Практична робота № 5**

### **Методи визначення вологості повітря. Спостереження за хмарністю**

#### **Зміст роботи.**

1. Вивчення методів визначення вологості повітря.
2. Вивчення порядку фіксації кількості й режиму випадання атмосферних опадів.
3. Спостереження за хмарністю.

## **1. Вивчення методів визначення вологості повітря.**

З теоретичного курсу пригадайте, яким чином можна охарактеризувати вміст води в атмосферному повітрі. Згадайте визначення: вологість повітря, абсолютна вологість, відносна вологість, дефіцит вологості, точка роси.

Найпоширенішими методами виміру вологості повітря є психрометричний і гігрометричний, а найпоширенішими приладами – психрометри і волосні гігрометри.

### **1.1. Психрометричний метод.**

Заснований на залежності інтенсивності випаровування з водної поверхні від дефіциту вологості повітря. Реалізується цей метод шляхом вимірювання зниження температури тіла, з поверхні якого відбувається випаровування за рахунок витрати тепла тіла на випаровування води. В якості випаровуючої поверхні використовується тканина (шматочок батисту), що постійно або перед вимірюванням змочується дистильованою водою. Ця тканина є конструкційним елементом психрометра.

**Психрометр станційний** складається із двох термометрів, установлених на штативі і стаканчика з дистильованою водою. Резервуар правого термометра обв'язаний батистом, кінець якого опущений у воду (потрібно стежити, щоб батист завжди був чистим, м'яким і вологим і щільно прилягав до резервуара термометра).

#### ***Порядок вимірів.***

У теплу погоду перед вимірюванням температури на сухому і змоченому термометрі необхідно переконатися, що батист добре змочений водою, після чого зняти з них показання. Далі використовуючи психрометричні таблиці, розрахувати вологість повітря.

Варто пам'ятати, що при температурах нижче нуля пружність водяної пари має дуже низькі значення і різниця в показаннях сухого й змоченого термометра буде дуже малою. До того ж варто враховувати, в якому стані перебуває вода на батисті – твердому або рідкому, що також фіксується в записах метеостанції. Виміри можна здійснювати лише до температур не нижче  $-10^{\circ}\text{C}$ .

**Психрометр аспіраційний** (рис. 9) заснований на тому ж принципі, що й станційний, але призначений для польових

## спостережень

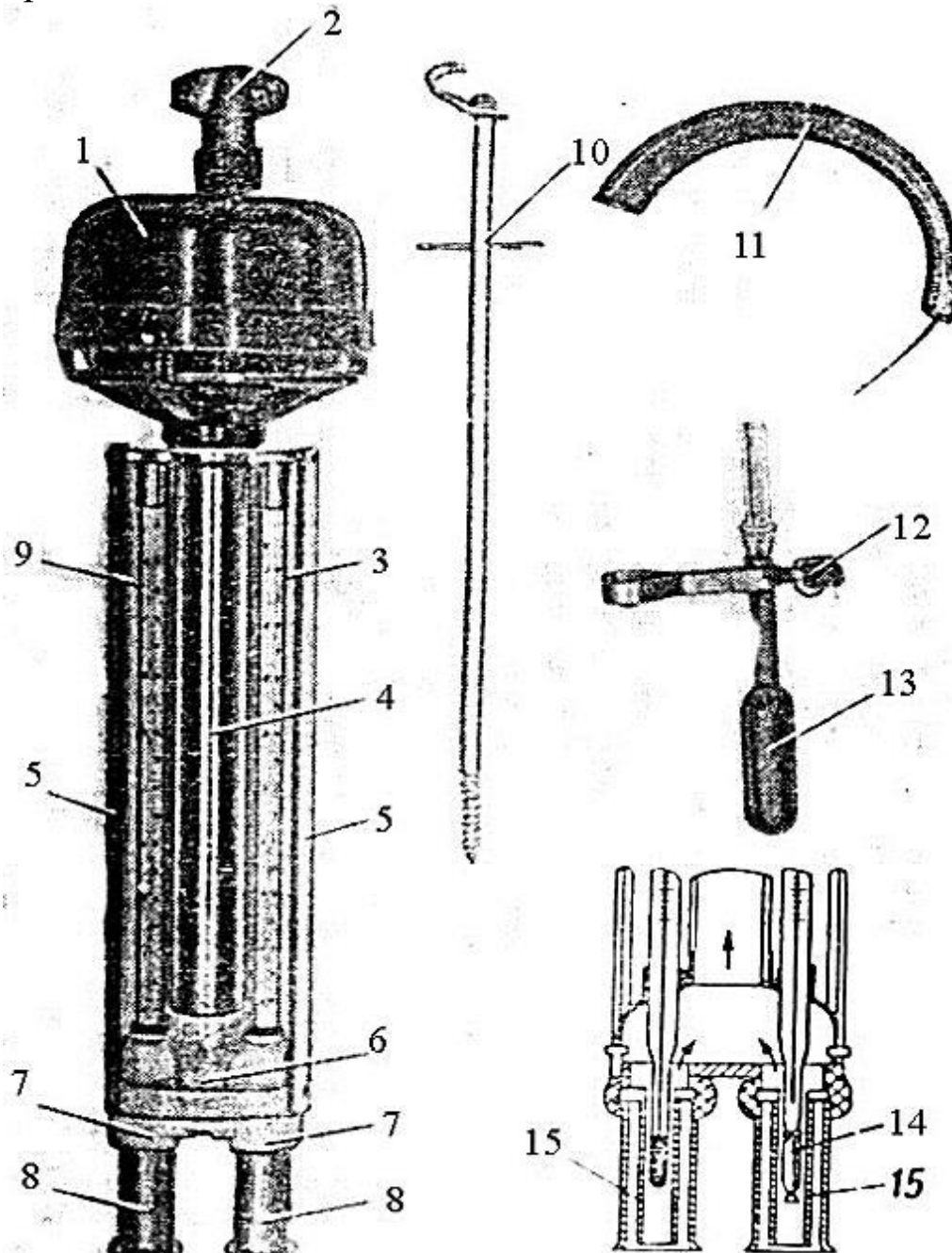


Рис. 9. Психрометр аспіраційний: 1 – голівка аспіратора, 2 – заводний ключ, 3, 9 – термометри, 4 – трубка, 5 – планочні захисники, 6 – трійник, 7 – пластмасова втулка, 8 – захисні трубки, 10 – гачок, 11 – вітровий захист, 12 – затискач, 13 – гумова груша, 14 – батист, 15 – внутрішні трубки

Він оснащений аспіраційним пристроєм, що забезпечує прокачування повітря через термометри з постійною швидкістю 2 м/сек, що нівелює його вплив на показання термометрів. Змочування батисту на правому термометрі здійснюється перед спостереженням гумовою грушею з піпеткою, наповненою дистильованою водою. Узимку, як і у станційному психрометрі, термо-

метр змочують для того, щоб кірка льоду на батисті станула.

**Порядок вимірів.** Змочивши термометр, ключем заводять механізм аспірації, що у момент відліку повинен працювати. Відлік роблять дуже швидко, починаючи із запису десятих часток градуса по обох термометрах, а потім цілих градусів. Варто пам'ятати, що при здійсненні спостережень, щоб уникнути похибок, вітер від аспірації повинен дмухати від приладу до спостерігача, поруч не повинно бути нагрівальних приладів. За таких умов аспіраційний психрометр є найбільш точним приладом для вимірювання вологості в теплу пору року.

**Гігрометр волосний** (рис. 10) використовується цілий рік, але особливо важливий для здійснення спостережень у холодну пору року, коли психрометри не дають точних показань.

Принцип роботи заснований на здатності знежиреного людського волосся змінювати довжину при зміні вологості повітря.

Порядок установки й вимірів. Волосний гігрометр установлюється в психрометричній будці разом із психрометром і кріпиться на штативі між сухим і змоченим термометром. Відліки по волосному гігрометру роблять у цілих поділках його шкали безпосередньо після відліків по психрометру.

**Гігрограф** призначений для безперервної реєстрації зміни вологості повітря. Бувають двох видів:

- волосний (чутливий елемент – людське волосся);
- плівковий (чутливий елемент – органічна плівка).

По тривалості запису бувають добовими і тижневими.

## 2. Вивчення порядку фіксації кількості й режиму випадання атмосферних опадів.

**Опадомір Третьякова** (рис. 11) застосовується для вимірювання кількості рідких і твердих опадів.

Ознайомтеся із будовою і принципом роботи приладу. Зверніть увагу на те, що відро опадоміра металеве, висотою 40 см, прийомний отвір 200 см, усередині відра впаяна діафрагма, що має форму усіченого конуса з отвором для стоку, а до відра припаяний носик для зливу опадів у вимірювальну склянку. Поміркуйте, для чого носик закривається ковпачком, навіщо усередині відра впаяна діафрагма і чому планки вітрового захисту вгорі і внизу з'єднані ланцюжком?

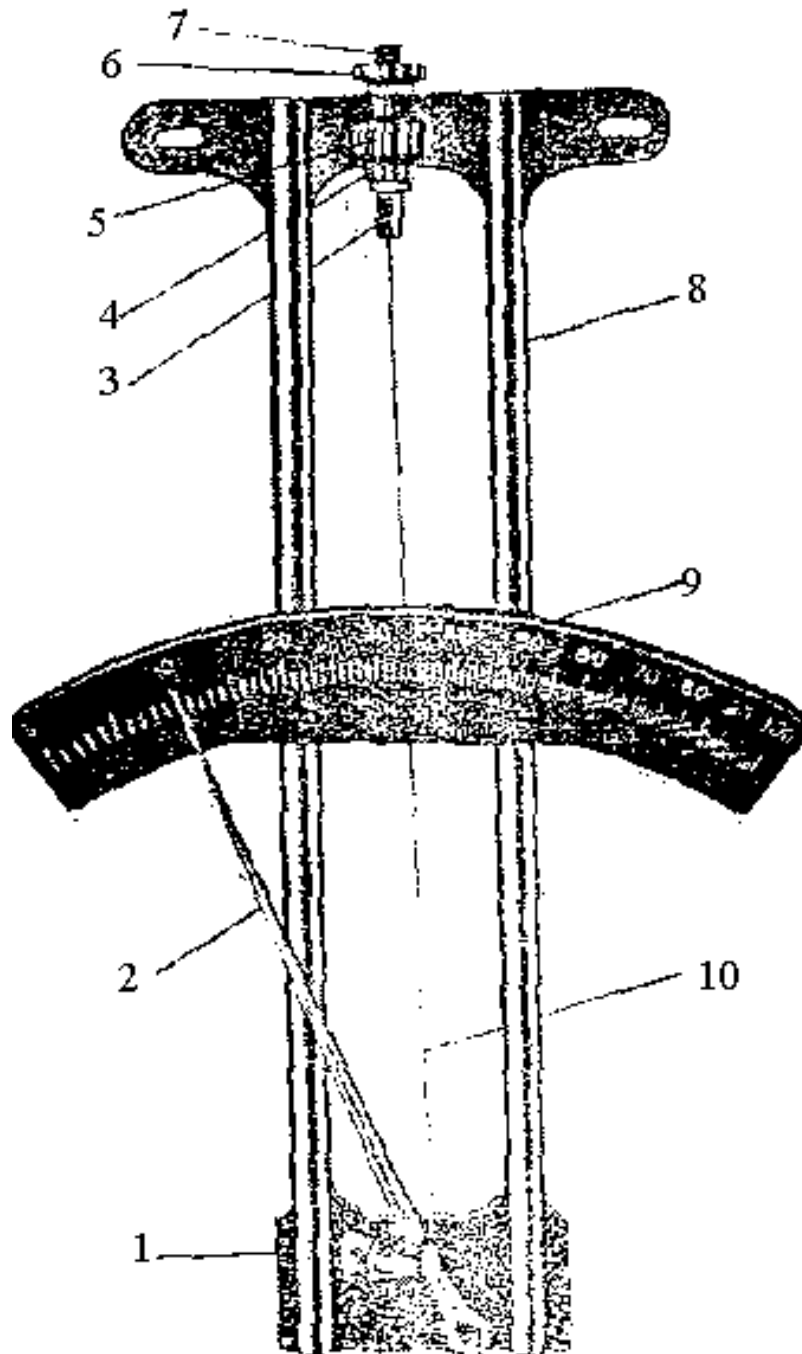


Рис. 10. Гігрометр волосний: 1 – рамка, 2 – стрілка, 3 – хвостовик, 4 – скоба, 5 – гайка, 6 – контргайка, 7 – гвинт, 8 – рамка, 9 – шкала, 10 – волосся

**Порядок установки.** Опасомір установлюється на відкритому майданчику на стовпі так, щоб висота прийомної частини була 2 м над поверхнею землі.

**Порядок вимірів.** Незалежно від того, чи помітив спостерігач закінчення випадання опадів, вимірювання їх кількості здійснюється 4 рази на добу і усереднюється для доби.

Для цього необхідно в строк спостереження замінити на тагані опадоміра відро порожнім, закритим кришкою, що приноситься із приміщення, а зняте відро забирається в приміщення, де здійснюють виміри. Якщо опади рідкі, їх переливають у спеціальну склянку й записують показання; якщо опади змішані або тверді, їх вимірюють після повного танення.

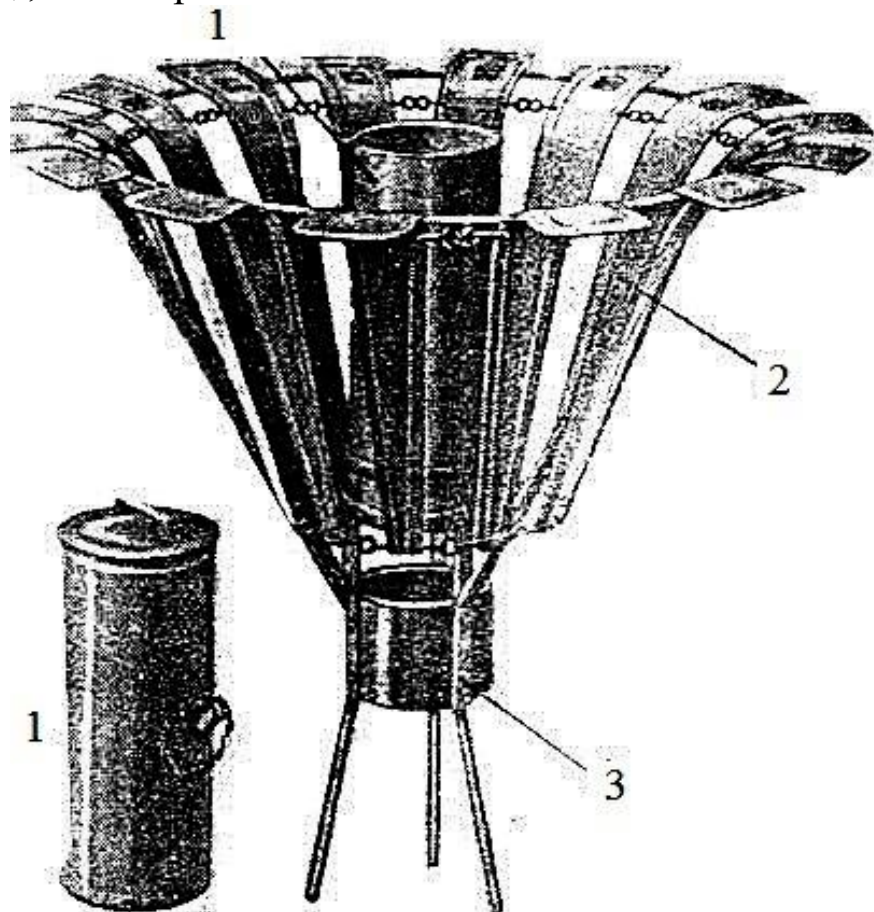


Рис. 11. Опадомір Третьякова: 1 – опадозбірні судини, 2 – планковий захист, 3 – таган

### ***Снігомірні спостереження.***

Ці спостереження включають в себе вимір висоти і щільності снігу, визначення запасів води, що втримується в ньому, наявності в його товщі крижаної кірки, визначення ступеня покритості ґрунту снігом і характеру залягання сніжного покриву.

Розрізняються такі види спостережень за сніжним покривом:

- щоденні;
- ландшафтно-маршрутні снігомірні зйомки;

– спеціальні снігомірні зйомки.

**Плювіограф** (рис. 12) призначений для безперервної реєстрації рідких опадів, дозволяє визначити їхню кількість, інтенсивність і час випадання. Інтенсивність обчислюється в мм/хв із точністю  $\pm 0,1$  мм, що потребує реєстрації великої кількості опадів. Це забезпечується спеціальною будовою приладу, що дозволяє реєструвати опади порційно по 10 мм протягом доби.

Потрапивши в судину 2, вода стікає по зливальній трубці циліндричної судини в камеру 8, де піднімається поплавець, що перебуває в ній. Перо, що піднімається останнім, креслить на стрічці криву, кут нахилу якої тим крутіше, чим інтенсивніше опади. Якщо вода в камері досягає рівня, на якому перебуває вигин сифона 11, починається її злив, тобто включається механізм примусового зливу 5, різко опускаючи перо 7 - тому на стрічці чергуються криві й прямі вертикальні лінії. Дані про кількість й інтенсивність опадів можуть бути отримані тільки після обробки стрічки.

Плювіограф установлюється на метеомайданчику так, щоб верхній його край був на висоті 2 м від поверхні землі в строго горизонтальному положенні. На період з температурами нижче нуля градусів прилад піддається консервації і зберігається в приміщенні.

### **Спостереження за хмарністю**

Вивчення хмарності дозволяє характеризувати не тільки реальний стан приземного шару атмосфери, але й здійснювати прогноз погоди. На метеостанціях визначається кількість, форма й висота нижньої межі хмар. Крім останньої характеристики всі показники знімаються візуально.

Кількість хмар оцінюється в балах, а форма співвідноситься з Атласом хмар. Висота може також визначатися візуально (якщо спостерігач має достатній досвід), але ці дані не надійні, тому використовуються або кулі-пілоти, або прилади типу ВВХ (вимірник висоти хмар), що працюють за принципом фіксації відбитого сигналу.

Використовуючи атлас хмар (на вкладці), визначте на місцевості види хмар і їхню кількість (хмарність).



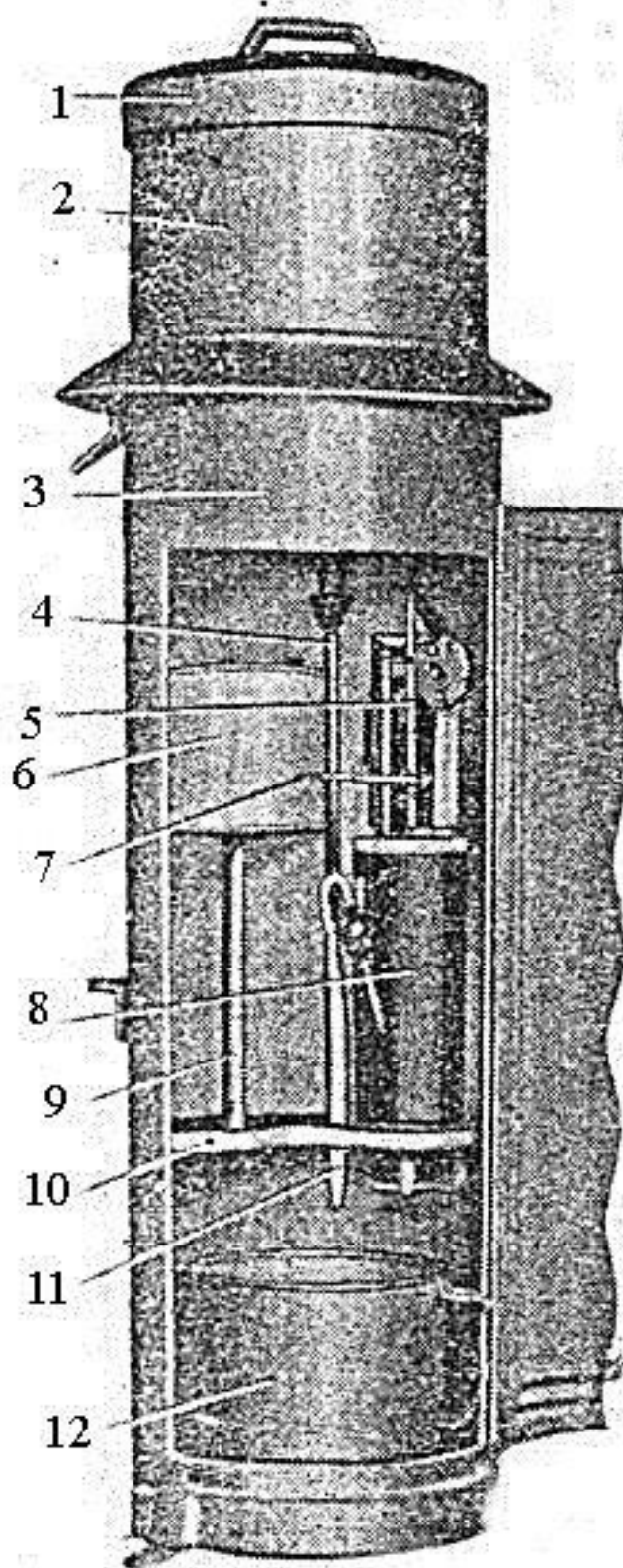


Рис. 12. Плювіограф П-2: 1 – кришка, 2 – приймальна судина, 3 – кожух, 4 – трубка з лійкою, 5 – механізм примусового зливу, 6 – барабан годинникового механізму, 7 – перо, 8 – поплавкова камера, 9 – стійка, 10 – плата, 11 – сифон, 12 – водозбірна судина

## Атлас хмар скорочено



Перисті щільні  
Ciurus spissatus, Ci sp



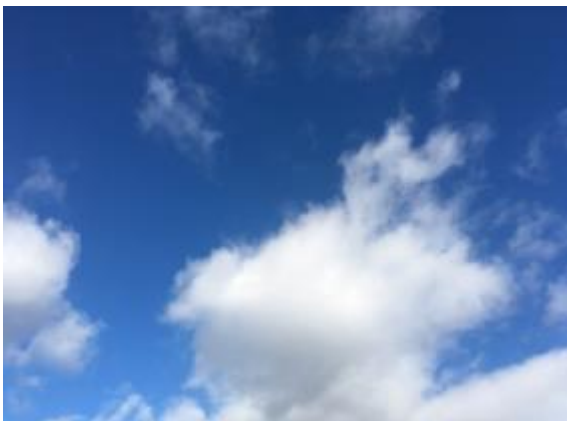
Перисті кігтеподібні  
Ciurus unclnus, Ci unc



Перисті щільні  
Ciurus spissatus, Ci sp



Перисті переплутані  
Ciurus intortus, Ci int



Перисті щільні  
Ciurus spissatus, Ci sp



Перисті щільні  
Ciurus spissatus, Ci sp



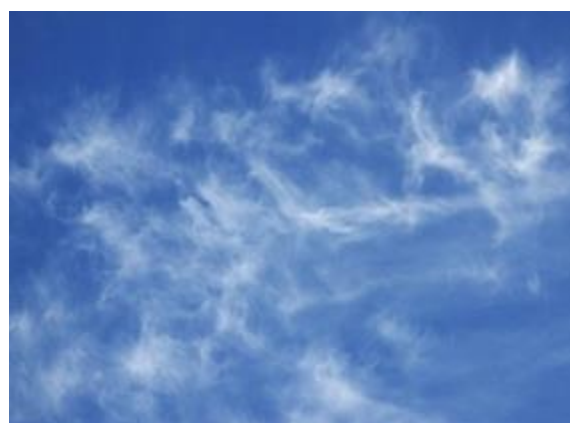
Перисті  
Cirrus intortus, Ci in



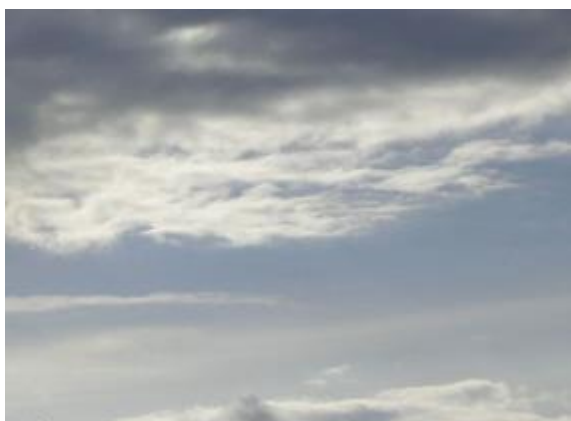
Перисто-купчасті пластівце-  
подібні Cirrus floccus, Ci floc



Перисті  
Cirrus spissatus, Ci spi



Перисті пластівцеподібні  
Cirrus floccus, Ci floc



Перисто-шаруваті хвилясті  
Cirrostratus undulatus, Cs und



Перисто-купчасті купчасто-  
подібні, Cirrocumulus  
stratiformis, Cc str



Купчасті розірвані  
*Cumulus fractus, Cu fr.*



Купчасті середні  
*Cumulus mediocris, Cu med.*



Купчасті потужні хмари  
*Cumulus congestus, Cu cong*



Купчасті плоскі хмари  
*Cumulus humilis, Cu hum*



Купчасто-дощові хмари  
*Cumulonimbus, Cb*



Купчасто-дощові хмари  
*Cumulonimbus, Cb*



Купчасто-дощові хмари  
Cumulonimbus, Cb



Купчасті хмари хорошої  
погоди, Cumulus humilis



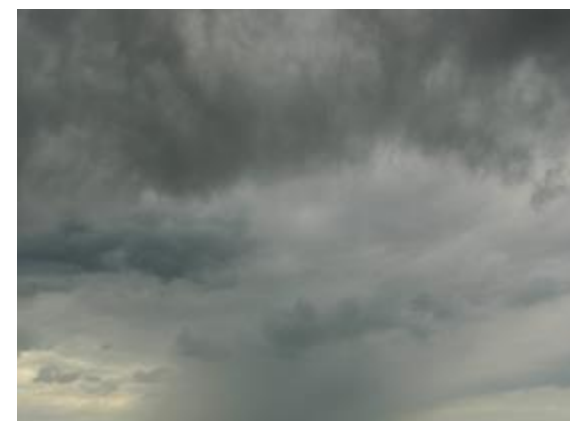
Перисто-купчасті хмари  
Cirrocumulus, Cc



Шарувато-купчасті хмари  
Stratocumulus, Sc



Перисто-шаруваті хмари  
Cirrostratus, Cs



Шарувато-дощові хмари  
Nimbostratus, Ns



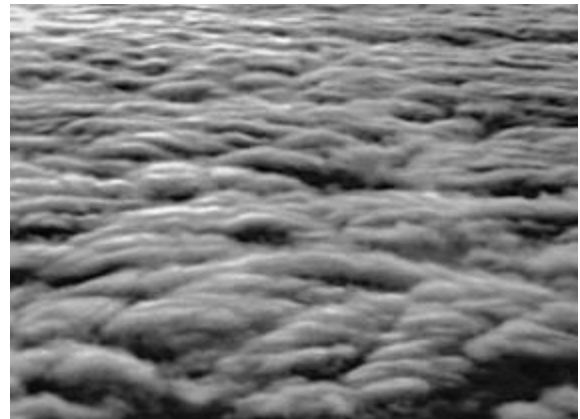
Перисто-шаруваті хмари  
Cirrostratus, Cs



Перисто-шаруваті хмари  
Cirrostratus, Cs



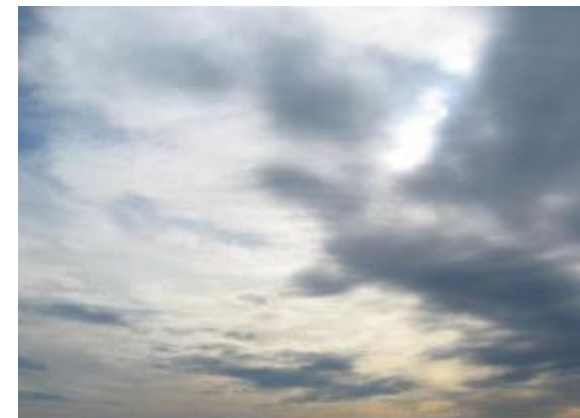
Перисто-купчасті хмари  
Cirrocumulus, Cc



Шарувато-купчасті хмари  
Stratocumulus, Sc



Шаруваті хмари  
Stratus, St



Високошаруваті хмари  
Altostratus, As



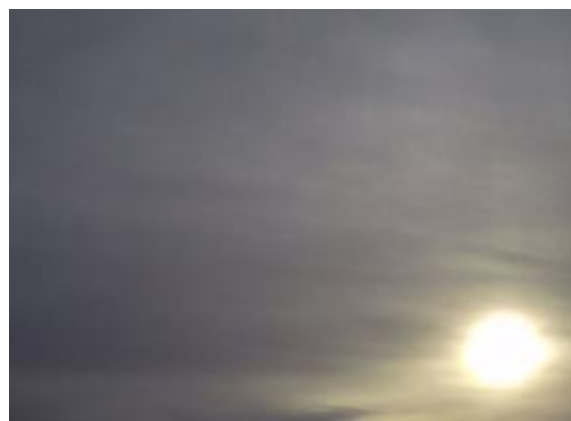
Шарувато-купчасті вежоподібні хмари, Stratocumulus, Sc



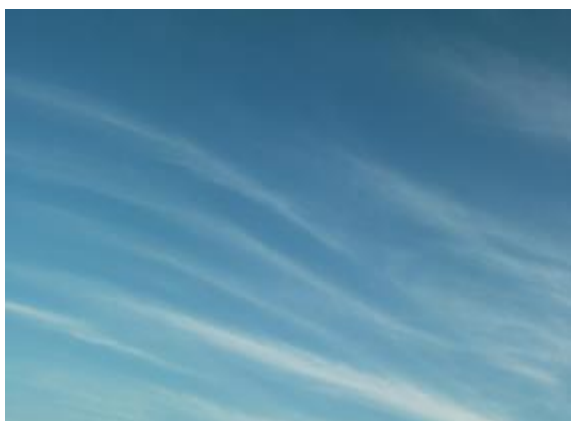
Шаруваті хмари  
Stratus, St



Перисто-купчасті хмари  
Cirrocumulus, Cc



Перисто-шаруваті туманоподібні, Altostratus translucidu



Перисті ниткоподібні хмари  
Cirrus fibratus, Ci fib



Перисті хмари  
Cirrus, Ci

## Контрольні питання

1. Яка суть малого і великого кругообігу води в природі?
2. Якими величинами виражають абсолютну вологість повітря і яка її суть?
3. В яких одиницях виражають абсолютну вологість повітря і яка її суть?
4. Що значить парціальний тиск або пружність водяної пари, одиниці виміру?
5. Як змінюється пружність насичення при зміні температури повітря?
6. Яка суть відносної вологості повітря?
7. Коли повітря більш зволожене зимою чи літом і чому?
8. Точка роси – що це?
9. Випаровування і випаровуваність: їх суть.
10. Транспірація і коефіцієнт транспірації: їх значення.
11. Як агротехніка може змінити коефіцієнт трансформації?
12. Які складові сумарного випаровування?
13. Які необхідні умови для конденсації і сублімації?
14. Що є продуктами конденсації в вільній атмосфері, у приземному шарі і на земній поверхні?
15. Що називається хмарами?
16. На які види за природою утворення поділяють хмари?
17. На які родини поділяють хмари залежно від висоти утворення?
18. Які види опадів Ви знаєте рідких? Твердих?
19. Яка географія опадів, де скільки їх випадає?
20. Які опади найсприятливіші для сільського господарства?
21. Яким показником характеризують вологозабезпеченість території?
22. Які є категорії (форми) вологи у ґрунті?
23. Яка волога є продуктивною?



## 6. РУХ ПОВІТРЯ В АТМОСФЕРІ

### 6.1. Вітер. Причини, одиниці виміру, роза вітрів

Повітря лише у рідких випадках перебуває у стані спокою. Частіше воно переміщується як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках.

*Вітром* називається переважно горизонтальний відносно поверхні Землі рух повітря. Характеризується напрямком, швидкістю, поривчастістю. Безпосередньою причиною є різниця атмосферного тиску в різних точках земної поверхні, яка є наслідком нерівномірного розподілу температури повітря.

Залежно від географічної широти і підстильної поверхні, висоти над рівнем моря і т.д. одні ділянки земної поверхні нагріваються сильніше, а інші менше. Тому виникає різниця температур, що приводить до різниці тиску. Щоб отримати наочну уяву про розподіл атмосферного тиску на значній території або планеті, на географічній карті позначають величини атмосферного тиску, отримані одночасно у різних точках. Потім пункти, у яких тиск однаковий, з'єднують плавними лініями. Ці лінії називають *ізобарами*.

Картування розподілу тиску на певній території дає можливість виявити області зниженого і підвищеного тиску, спостерігати за їх переміщенням, що є важливим для прогнозу погоди.

По густоті розміщення ізобар роблять висновок про перепад тиску у горизонтальному напрямку. Кількісною мірою такої зміни є *горизонтальний баричний градієнт*. Баричний градієнт виражаються у гектопаскалях або у мілібарах на  $1^{\circ}$  меридіану або на 100 км.

Горизонтальний баричний градієнт і є тією силою, яка визиває вітер. Вітер характеризується напрямком, швидкістю і поривчастістю.

Вимірюють швидкість вітру в метрах за секунду, інколи в км/год і в балах. За напрям вітру беруть той напрям, звідки вітер дме. Напрямок визначають в румбах (їх 16) або в градусах.

В добовому ході над сушею найменший вітер в кінці ночі, найсильніший після полудня. Відхилення від цієї норми відбувається при зміні погоди. Літом вітри менші ніж зимою.

В кожній точці простору швидкість і напрям вітру швидко змінюється. Такі рухи повітря називають **поривчастістю**. Поривчастість вітру зумовлена невеликими завихреннями, які утворюються при обтіканні повітрям нерівностей земної поверхні або при неоднаковому нагріванні її окремих ділянок, тобто зумовлена атмосферною турбулентністю. Поривистість тим більша, чим вища турбулентність. Вона більша над сушею, ніж над водою і особливо велика у районах із складним рельєфом місцевості. Вона більша літом, ніж зимою і має післяобідній максимум.

Напрямки вітрів для кожної місцевості в певні періоди мають свої закономірності. Для їх виявлення складають розу вітрів – графічне зображення напрямків вітрів. Розу вітрів використовують при проектуванні промислових підприємств, лісо-смуг і т.п. Напрямок вітру визначають за допомогою флюгера, а його швидкість вимірюють анемометром. Прилади, які одночасно ви-мірюють швидкість і напрям вітру, називають анеморумбометрами, або вітромірами. Швидкість вітру вимірюють у метрах за секунду, інколи у кілометрах на годину. Інколи визначають не швидкість, а силу вітру по шкалі **Бюфорта**. Силу вітру за цією шкалою визначають у балах по флюгеру **Вільда**, або візуально (табл. 2).

## 6.2. Загальна циркуляція атмосфери

В атмосфері існує складна система повітряних течій великого масштабу, які переносять великі маси повітря із одних областей і широт у інші. Ця сукупність основних повітряних течій на планеті називається *загальною циркуляцією атмосфери*. До основних повітряних течій відносять:

Повітряні течії зумовлені різницею температури повітря в різних широтних зонах.

Струменеві течії на межі тропо - і стратосфери.

Течії в циклонах і антициклонах, які забезпечують міжширотне перенесення повітря.

Пасати - вітри східних румбів тропічних широт.

Мусони – стійкі повітряні течії, які двічі на рік міняють напрям. Зимою дмуть з суші на океан, а літом навпаки. Причиною їх є різниця у нагріванні і охолодженні материків і

океанів протягом року. Переважають на сході Азії.

Таблиця 2

Співвідношення швидкості і сили вітру за різними шкалами

Швидкість		Бали	Характеристика	Візуально
м\с	км\год			
0-0,5	0-1,8	0	штиль	Дим піднімається вертикально
0,5-1,7	1,8-6	1	тихий	Дим відхиляється злегка в бік
1,8-3,3	6,5-12	2	легкий	Подих вітру відчувається лицем
3,4-5,2	12-19	3	середній	Тонкі гілки постійно гойдаються
5,3-7,4	19-27	4	помірний	Тонкі гілки сильно гойдаються
7,5-9,8	27-35	5	свіжий	Гойдаються великі гілки
10-12	35-45	6	міцний	Гудуть телефонні дроти
13-15	45-55	7	сильний	Гойдаються стволи дерев
15-18	55-65	8	дуже сильний	Гойдаються великі дерева, ламаються гілки
18-21	66-77	9	шторм	Ламаються дерева, руйнуються легкі будівлі
22-25	77-90	10	сильний шторм	Вириваються дерева з корінням
25-29	90-105	11	жорстокий шторм	Великі руйнування
Понад 29	Понад 105	12	ураган	Катастрофічні руйнування

В середніх широтах (над Україною) на висотах понад 1-2 км переважають західні вітри. Поблизу земної поверхні переважають південно – західні вітри. Протягом року у помірних широтах кожної півкулі виникають сотні рухомих циклонів і антициклонів, що зумовлює часту і різку зміну напрямків вітру біля земної поверхні і погоди в цілому.

### 6.3. Повітряні маси

Тропосфера завжди розділена на окремі повітряні маси площею в мільйони квадратних кілометрів, які різняться температурою, вологістю, запиленістю, характером хмарності. Виділяють наступні повітряні маси: 1) арктичні; 2) помірні; 3) тропічні; 4) екваторіальні.

В кожному типі виділяють морський і континентальний

підтипи. Переміщуючись з району формування в інші райони повітряні маси під впливом підстильної поверхні змінюють свої властивості (наприклад віддають вологу), перетворюючись в іншу масу, тобто трансформуються.

Якщо холодна маса рухається на більш теплу підстильну поверхню (на південь), то вона приносить похолодання. Нагріваючись знизу, в ній виникають висхідні течії, які зумовлюють зливи.

Тепла маса характеризується стабільною сертифікацією, приносить дощі з мрякою, тумани.

Місцеві повітряні маси тривалий час не змінюють свого географічного положення. Погода в них стійка або нестійка залежно від пори року.

Найбільш різка зміна погоди відбувається не за рахунок трансформації місцевої повітряної маси, а внаслідок зміни однієї повітряної маси іншою, тобто при переміщенні атмосферних фронтів.

#### **6.4. Атмосферні фронти**

Перехідні зони між двома повітряними масами називаються фронтами, або фронтальними зонами. Ширина фронту завжди незначна – десятки кілометрів, а довжина – сотні кілометрів. Фронт розташовується під дуже малим кутом до земної поверхні (менше градуса). Тепла маса лежить над холодною. Якщо більш тепла маса витісняє холодну, то фронт називають теплим і навпаки.

Теплий фронт зумовлює обложні дощі. Ширина смуги дощів може перевершувати сотні кілометрів. При холодному фронті відбувається інтенсивне формування хмар, часто вертикального розвитку, яку зумовлюють шквали, зливи, град.

Фронти, які розділяють головні повітряні маси, називають головними фронтами. Наприклад, виділяють арктичний фронт – між арктичним повітрям і повітрям помірних широт.

Крім головних фронтів, існують вторинні фронти, які розділяють об'єми повітря дещо відмінні за своїми властивостями всередині однієї повітряної маси.

## 6.5. Циклони

В системі загальної циркуляції атмосфери існують області зниженого і підвищеного атмосферного тиску. Область зниженого тиску називають циклоном. Мінімальний тиск в центрі циклону. Виникають циклони на атмосферних фронтах переважно над океаном. В циклон включаються дві повітряні маси розділені фронтом. При їх зіткненні відбувається завихрення проти годинникової стрілки. Діаметр розвинутого циклону може сягати 1000-1500 км. В помірних широтах північної півкулі циклони рухаються переважно на схід або північний схід із швидкістю літом 400-800, а зимою до 1000 км за добу.

Основною причиною зниження атмосферного тиску в циклонах є насичення атмосфери водяними парами, які мають молекулярну масу 18, тоді як сухе повітря має молекулярну масу біля 29 атомних одиниць маси. Чим більше газоподібної води є в атмосферному повітрі, тим нижчою буде його молекулярна маса і нижчим буде атмосферний тиск.

При проходженні циклонів звичайно випадають опади. Вони виснажують циклон, який, втративши вологу, зникає.

## 6.6. Антициклони

Антициклонами називають області підвищеного атмосферного тиску. Антициклон охоплює територію діаметром 2-3 тис. км і більше. В зв'язку з низхідним рухом повітря в центрі антициклону, тут створюється суха і ясна погода. Літом виникають засухи, а зимою глибокі приземні інверсії з сильними морозами. Вітер в центрі антициклону слабкий, а по периферії повітря у земної поверхні крутиться за годинниковою стрілкою.

Розрізняють рухомі антициклони і стаціонарні. На Україну рухомі антициклони переміщуються переважно з Арктики, приносячи холодне сухе повітря. Стаціонарні утворюються зимою над материками і утримуються над однією територією протягом 1-4 місяців. Сибірський антициклон з центром в районі озера Байкал західним відрогом майже кожної зими перебиває всю степову частину України. Літом степова частина України із заходу приблизно до Дніпра знаходиться під впливом азорського антициклону.

*Інтенсивна циклонічна діяльність*, тобто постійне виникнення, розвиток і переміщення циклонів і антициклонів, характерна для помірних широт. Протягом року у поза тропічних широтах кожної півкулі виникають сотні рухомих циклонів і антициклонів, які зумовлюють часту і різку зміну напрямків вітру біля земної поверхні і погоди в цілому.

### **6.7. Синоптична карта. Прогнози погоди**

Це географічна карта, на якій умовними знаками нанесені результати одночасних спостережень багатьох метеостанцій. Оскільки спостереження проводять через кожні 3 години, то при послідовному складанні і порівнянні синоптичних карт з'ясовується напрям і швидкість руху повітряних мас, розвиток циклонів, рух фронтів і пов'язаних з ними зон опадів. Аналіз синоптичних карт дає можливість передбачати зміни погоди. Метод прогнозу погоди, який базують на аналізі синоптичних карт, називається синоптичним.

Довгострокові прогнози складаються переважно методом аналогів, який базується на припущенні, що за однаковим вихідним становищем подальший хід процесів також має бути однаковим. В багаторічних матеріалах відшуковують аналоги сучасних процесів погоди даного місяця чи іншого періоду і по погодні наступного за місяцем-аналогом визначають очікувану погоду наступного місяця.

## **Практична робота 6**

### **Вітровий режим території. Спостереження за вітром**

#### **Зміст роботи.**

1. Вивчення методів виміру параметрів вітру.
2. Вивчення приладів для натурних спостережень за вітром.
3. Спостереження за вітром.

#### **1. Вивчення методів виміру параметрів вітру.**

Швидкість і напрямок вітру на метеостанціях вимірюють на висоті 10-12 метрів від поверхні землі. Напрямок у градусах відраховується по годинниковій стрілці починаючи з півночі, а в румбах - по 16-румбовій системі. Для позначення румбів вико-

ристовуються початкові букви назв сторін світу: північ (Пн), південь (Пд), схід (С), захід (З), іноді використовуються латинські букви, відповідно, N, S, W, E. При позначенні проміжних румбів називають обидва румби, причому починають із основного (північ або південь). Наприклад, якщо напрямок перебуває між північчю й заходом, то записують ПнЗ. Якщо між північчю й північно-заходом, то пишуть ПнПнЗ.

Прилади, якими вимірюють швидкість вітру, називають анемометрами, а напрямок вітру – анеморумбометрами. Якщо прилад реєструє напрямок і швидкість вітру – це самопис – анеморумбограф.

Дуже часто в практиці використовують флюгери, флюгарки, вітрові конуси й т.п. Однак, не дивлячись на простоту конструкцій, вони вимагають щоденного догляду (очищення від снігу, пилу та ін.), у противному випадку їх показання будуть не точними. Тому в наукових цілях вони практично не використовуються.

## **2. Вивчення приладів для натурних спостережень за вітром**

Анемометр (рис. 13) застосовується для виміру середньої швидкості вітру в межах від 1 до 20 м/сек.

Зверніть увагу на те, що чутливим елементом його є невелика вертушка із чотирма напівсферичними чашками 1, укріплена на осі 3. Обертання чашок передається на рахунковий механізм, завдяки якому на шкалі виставляється показник швидкості вітру. Під час вимірів анемометр установлюють на потрібній висоті, угвинчуючи його в рейку вертикально. Вмикають прилад через 20-30 секунд після початку обертання чашок. Записують показання всіх трьох стрілок. Показання знімають повторно через 10 хвилин, провівши відповідні розрахунки, знаходять середню швидкість вітру в м/сек по градуовальній кривій, яка є в перевірочному посвідченні кожного приладу.

## **3. Спостереження за вітром**

Використовуючи лабораторний анемометр, зробіть виміри швидкості вітру в натурних умовах, проведіть необхідні розрахунки і установіть середню швидкість вітру у м/сек.

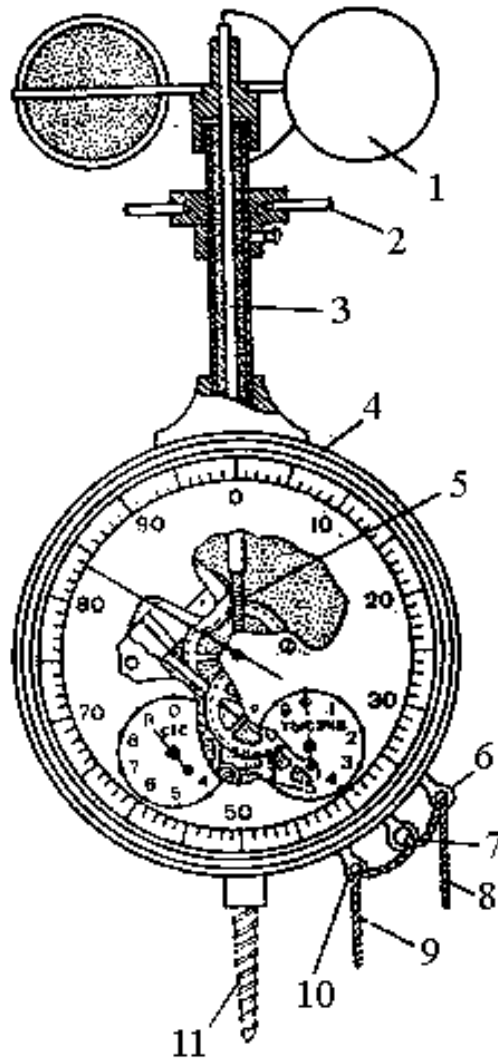


Рис. 13. Анемометр ручний чашковий з рахунковим механізмом: 1 – чашка, 2 – захисна дужка, 3 – вісь, 4 – корпус, 5 – черв'як, 6, 10 – кільця, 7 – важіль, 8, 9 – шнури, 11 – гвинт

### Контрольні питання

1. Що називається вітром?
2. Яка сила зумовлює вітер?
3. Якими критеріями характеризується вітер?
4. Що таке ізобари?
5. Що таке горизонтальний баричний градієнт?
6. Що називається загальною циркуляцією атмосфери?
7. Які ви знаєте основні повітряні течії?
8. Що таке атмосферний фронт?
9. Дайте характеристику циклону.
10. Дайте характеристику антициклону.
11. Навіщо і як складають синоптичні карти?



## 7. НЕБЕЗПЕЧНІ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ЯВИЩА

Небезпечні для сільського господарства явища погоди – це поняття біокліматичні, тому що їх розглядають за реакцією рослин на погоду і співставляють із відповідними агрометеорологічними і біологічними показниками.

Метеорологічне явище вважають небезпечним, якщо при його виникненні необхідно приймати спеціальні заходи для запобігання збитку у певній галузі народного господарства. До агрометеорологічних явищ, небезпечних для сільського господарства, відносяться: засухи, суховії, пилові бурі, град, сильні зливи, пізньовесняні і ранньоосінні заморозки. У холодний період сильні морози, тривалі відлиги, великі сніги, особливо при слабому промерзанні ґрунту, льодова кірка на поверхні ґрунту або снігу, ожеледиця, вимокання і випирання озимих і інші.

При загальному збільшенні урожайності культур протягом останніх років, коливання по роках залишаються значними. Це значить, що вплив погодних умов на урожайність культурних рослин ще великий.

### 7.1. Метеоявища, небезпечні у теплу пору року

*Заморозком* називається зниження температури повітря або ґрунту нижче  $0^{\circ}\text{C}$  на тлі додатних середньодобових температур у період вегетації рослин. Заморозки різної інтенсивності щорічно бувають на всій території України, що часто обмежує повноцінне використання кліматичних ресурсів у сільськогосподарському виробництві. Найбільш небезпечні пізні весняні і ранні осінні приморозки. Залежно від характеру процесів, які зумовлюють заморозки їх поділяють на три типи.

*Адвективні* (advectio – доставка) заморозки виникають при вторгненні холодного арктичного повітря. Відбувається зниження температури повітря у всьому приземному шарі. Можуть спостерігатись у будь-яку частину доби, часто при хмарній і вітряній погоді, охоплюють великі території і мало залежать від місцевих умов. Тривають кілька днів підряд. При таких заморозках амплітуда добового ходу температури повітря невелика, прогрівання холодної маси повітря часто триває 3...4 доби, і до кінця цього періоду температура поступово підвищується. Вони

виникають переважно ранньою весною і пізньою осінню, коли більшість сільськогосподарських культур ще або вже не вегетують, а тому ці заморозки найменш небезпечні.

**Радіаційні** заморозки зумовлюються інтенсивним охолодженням активного шару в результаті випромінювання в ясні тихі ночі. В приземному шарі повітря відбувається інверсія температур, коли на поверхні ґрунту температура на  $2-3^{\circ}\text{C}$  нижча, ніж на висоті 2 м.

**Адвективно-радіаційні** заморозки утворюються в результаті вторгнення холодного повітря і наступного нічного охолодження поверхні ґрунту при ясному небі. Ці заморозки спостерігаються у кінці весни і на початку літа, а також ранньою осінню, а тому вони найбільш небезпечні для сільськогосподарських культур. Такі замороки можливі звичайно у нічні години, перед сходом Сонця і тривають частіше всього 3...4 год. протягом кількох днів.

За інтенсивністю заморозки поділяють на слабкі, середні і сильні. **Слабими** прийнято вважати заморозки, при яких температура підстильної поверхні не опускається нижче  $-2^{\circ}\text{C}$  (при цьому у повітрі часто температура вище  $0^{\circ}\text{C}$ ). При середніх заморозках температура знижується до  $-3...-4^{\circ}\text{C}$  та заморозок спостерігається і у нижніх шарах повітря. При сильних заморозках температура знижується до  $-5^{\circ}\text{C}$  і нижче.

За тривалістю дії заморозки ділять на тривалі – понад 12 год., середньої тривалості – 5...12 год. І короткочасні – до 5 год.

В нижчих частинах рельєфу заморозки бувають частіше і сильніші, тому що туди скочується холодне повітря. На схилах південних і південно-східних експозицій рослини пошкоджуються заморозками сильніше в результаті швидкого прогрівання обморожених частин променями Сонця.

Заморозки на поверхні ґрунту весною закінчуються пізніше, а восени починаються раніше, ніж у повітрі (на висоті 2 м). Тому безморозний період на поверхні ґрунту на 20...30 днів коротший, ніж у повітрі. Період між середньою багаторічною датою самих пізніх весняних і середньою багаторічною датою самих ранніх осінніх заморозків називають **безморозним** періодом.

**Прогноз заморозків.** Для своєчасної і успішної боротьби із заморозками необхідно їх передбачати, для чого використовують різні методи.

Вторгнення холодних хвиль повітря, які спричиняють адвентивні і адвективно-радіаційні заморозки на значних територіях тепер добре прогнозується синоптиками за 1...3 дні. Крім прогнозу синоптиків корекцію ймовірності заморозку і його силу роблять для місцевих умов за наявності (відсутності) хмар ввечері. Якщо небо ясне, то можливість прогнозованого заморозку велика і навпаки.

**Захист від заморозків** здійснюють різними методами, спрямованими на зменшення випромінювання тепла ґрунтом і рослинами, підвищення теплопровідності ґрунту, перемішування і підігрів приземного повітря і т.д.

Найбільш давній і поширений метод захисту сільськогосподарських культур від заморозків – **димлення**. Підвищення температури підстильної поверхні і приземного шару повітря під димовою завісою зумовлено комплексом факторів: нагріванням повітря при горінні димлячого матеріалу, конденсацією водяної пари у повітрі із виділенням тепла, зменшенням ефективного випромінювання. Одночасно димова завіса у ранкові години, закриваючи рослини від прямих сонячних променів, сприяє більш повільному і рівномірному відігріву тканин рослин, якщо вони підмерзли, і зменшенню їх пошкодження.

Димова завіса утворюється в результаті температурної інверсії у приземному шарі повітря. При безвітряній погоді у ясну ніч нижній шар повітря сильно вихолоджується і різниця температур біля поверхні ґрунту і на висоті 8...19 м може сягати 8...11<sup>0</sup>С. Дим, охолоджуючись у нижньому шарі повітря, швидко втрачає під'йомну силу, і усередині шару інверсії починає розтікатися у горизонтальному напрямі.

Одним із способів димлення є окурювання рослин за допомогою димових куч, спалюючи які, захищають від заморозків городні культури, плодові дерева під час цвітіння, виноградники і т.д. У виробничих умовах у більшості випадків вдається підвищити температуру під пеленою диму приблизно на 1...2<sup>0</sup>С.

Слід відзначити, що способи димлення можуть дати ефект лише на рівному місці, при відсутності підтоку холодного повітря з боку (з вищих елементів рельєфу), при слабому вітрі (1...2 м/с).

Для створення димової завіси використовують також спеціальні димові шашки. Запалювання димових засобів треба починати при температурі повітря на 1...1,5<sup>0</sup>С вище критичної темпе-

ратури для певної культури. Закінчувати димлення необхідно через 1...1,5 години після сходу Сонця.

**Укривання рослин** різними, краще світлопроникними, матеріалами. У окремих випадках низькорослі рослини просто присипають землею (сходи картоплі).

**Дощування, полив** при заморозках підвищує температуру точки роси, сприяє збільшенню теплопровідності ґрунту і притоку тепла із більш глибоких шарів до поверхні, що може підвищити температуру у холодні ночі на 1...2<sup>0</sup>С.

Перспективним є використання регуляторів росту і розвитку, які уповільнюють розвиток плодових бруньок, затримуючи тим самим цвітіння. Встановлено, що деякі регулятори взагалі значно підвищують стійкість цвіту до заморозків.

**Суховії** характеризуються низькою відносною вологістю, високою температурою приземного повітря і вітром. Це зумовлює високу випаровуваність з поверхні ґрунту і рослин. Температура при суховіях завжди вища за 25<sup>0</sup>С, і часто перевищує 30<sup>0</sup>С. Відносна вологість нижча за 30%, швидкість вітру не менше 5 м/с, напрямок вітру переважно східний або південно-східний, інколи південний. Ці фактори призводять до сильного випаровування, що приводить до порушення водного балансу рослин.

**Засуха** виникає при тривалій відсутності опадів в поєднанні з високою випаровуваністю. Відбувається висушування кореневої частини шару ґрунту і порушення водопостачання рослин.

Під дією засухи і суховію тканини рослин обезводнюються, в результаті чого порушуються фізіологічні процеси: фотосинтез, дихання, вуглеводневий і білковий обмін. Різде зниження фотосинтетичної діяльності подавляє ростові функції, порушує процеси органогенезу, в кінцевому результаті знижується продуктивність рослин.

Розрізняють **атмосферну засуху**, при якій відбувається сильна транспірація рослин і випаровування з поверхні ґрунту, і **ґрунтову засуху**, яка характеризується нестачею доступної рослинам вологи у ґрунті. Атмосферна засуха часто є першою. За часом настання засуху поділяють на весняну, літню і осінню.

**Весняна засуха** характеризується невисокою температурою і низькою відносною вологістю повітря, малими запасами продуктивної вологи у ґрунті і сухими вітрами. Весняна засуха уповільнює проростання насіння, ослаблює укорінення розсади.

Ярі культури пошкоджуються цією засухою сильніше, ніж озимі, які мають добре укорінену кореневу систему. Тривала засуха весною істотно знижує кінцевий врожай культур навіть за умови сприятливого за вологою літа.

При *літній засусі* спостерігається висока температура повітря, низька відносна вологість і, як наслідок, сильне випаровування. Різке порушення водного живлення знижує приріст вегетативної маси, визиває засихання листя, знижує фотосинтез, призводить до щуплості зерна, призупиняє приріст бульб і коренеплодів, сприяє опаданню зав'язі і плодів у садах. Наслідки літньої засухи більш важкі, ніж весняної, тому що крім різкого зниження врожаю культур, погіршується якість вирощеної продукції.

*Осіння засуха* виникає на тлі знижених температур і вологості повітря. Вона настає після збирання зернових і у період закінчення вегетації просапних і деяких інших культур. Негативну дію осінньої засухи зазнають головним чином озимі культури посіву цього року. Із-за сухості верхніх шарів ґрунту насіння довго не проростають і сходи з'являються із запізненням. Рослини не встигають укоренитися, пройти фазу кущення і нерідко гинуть зимою. У окремі посушливі осінні періоди, коли орний шар не має необхідних запасів продуктивної вологи, сівба озимих зернових взагалі недоцільна.

Для боротьби із засухами і суховіями збільшують запаси вологи в гранті шляхом снігозатримання, затримання талих і дощових вод, полезахисного лісорозведення і ін.

Слід відзначити, що рослини в певній мірі самі борються із несприятливими умовами, зокрема регулюючи свій водний баланс. Одні рослини зменшують швидкість транспірацію, що є пристосуванням до атмосферної засухи, інші – регулюють процес поглинання води і ґрунту, тобто пристосовуються до ґрунтової засухи.

Засухостійкість рослин можна змінювати. Наприклад, просушування попередньо намочених рослин перед сівбою визиває значні зміни у колоїдно-хімічному стані клітин. Такі рослини проявляють підвищену засухостійкість. Важливим є створення засухостійких сортів і підвищення загальної культури землеробства, які включають і досягнення селекційно-генетичних робіт, застосування агротехнічних прийомів по збереженню і раціональному використанню ґрунтової вологи.

## Ерозія ґрунтів

*Вітрова ерозія або дефляція ґрунтів* спричиняється пиловими бурями. Виникненню пилових бур сприяють як природні, так і антропогенні фактори, які зумовлені невідповідними даній кліматичній зоні технологіями землеробства. Інтенсивність дефляції залежить від розпилення верхнього шару ґрунту при відсутності або слабій розвиненості рослинного покриву, наявності великих відкритих просторів, не розділених лісосмугами. Основним фактором дефляції є вітер. В приземному шарі рух повітря завжди має турбулентний (вихровий) характер. Це приводить до пульсації швидкості: за секунди вона може змінюватись на 20...25% від середнього значення. Критичною швидкістю вітру на висоті 15 см для суглинкових ґрунтів є 4...7 м/с.

На ступінь вітрової ерозії впливає рельєф. Сильніше видуваються верхні і навітряні частини схилів і чим крутіший схил, тим сильніше руйнування ґрунту. Важливим є і мікрорельєф поля: на вирівняній поверхні швидкість вітру на 30...40% вища, ніж на не вирівняній, грубо розрихленій. Для боротьби з вітровою ерозією необхідно відновлювати лісополоси, впроваджувати кулісні посіви як на парах, так і при посіві озимих культур. Перспективним є дослідження і впровадження безвідвальної оранки і відмови від неї взагалі, застосовуючи технологію no-till.

*Водна ерозія* зумовлюється сильними дощами, особливо зливовими на розораних схилах. Розрізняють два види водної ерозії: площинний змив ґрунту і яружна ерозія. На інтенсивність водної ерозії впливають не лише природні фактори, а і вирубка лісів на схилах, розорювання крутих схилів, оранка вздовж схилу і т.п.

Для боротьби з ерозією ґрунтів необхідно здійснювати відновлення байрачних лісів і лісосмуг, не орати ерозійно-небезпечних схилів, а зберігати природне трав'яне покриття. Впровадження ґрунтозахисних сівозмін, обробіток ґрунту поперек схилів, терасування схилів і інших заходів, аналогічно із заходами для боротьби із вітровою ерозією.

## 7.2. Небезпечні явища в зимовий період

Успіх вирощування зимуючих культурних рослин залежить не лише від агрометеорологічних умов вегетаційного періоду, а і від умов зимового періоду. Зимою можуть виникати такі небезпечні явища, які завдають часто непоправних збитків культурним рослинам.

**Вимерзання озимих** відбувається в результаті зниження температури повітря на глибині вузла кущіння (3 см) нижче критичного протягом 2-3 діб. Критична температура залежить від біологічних особливостей культури і сорту, а також від умов передзимного періоду. При поступовому зниженні температури повітря восени у озимих відбувається процес загартування, в результаті якого у клітинах рослин нагромаджуються цукри і їх морозостійкість зростає. Сприятливі для загартування умови складаються, якщо за відсутності опадів і малохмарній погоді протягом 10-14 днів температура повітря поступово знижується від +5 до  $-5^{\circ}\text{C}$ .

У більшості сортів озимої пшениці і ячменю критична температура після загартування знаходиться у межах  $-15$ ,  $-17^{\circ}\text{C}$ , у жита  $-22$ ... $-24^{\circ}\text{C}$ .

Проте після інтенсивних відлиг критична температура озимих підвищується і рослини гинуть уже при менш низьких температурах ґрунту.

Вимерзання рослин зовнішньо фіксується зміною тургору клітин, побурінням і відмирання тканин. Ступінь пошкодження залежить від інтенсивності і тривалості небезпечних морозів і стану самих рослин. Вимерзають озимі культури частіше на підвищених ділянках полів, а також на західних і південних схилах, де висота снігу менша і ґрунт промерзає глибше. Вимерзання рослин є найбільш поширеним видом пошкодження озимих.

**Випрівання рослин** відбувається в результаті тривалого (понад 30 діб) перебування рослин під високим (більше 30 см) снігом і незначному промерзанні ґрунту, коли температура на глибині вузла кущіння рослин близька до  $0^{\circ}\text{C}$ . За таких умов рослини швидко витрачають запаси цукрів на дихання, виснажуються і пошкоджуються грибковими хворобами.

Випрівання рослин частіше спостерігається у північних

краях, де сніги глибокі і тривалі. Для захисту рослин від випрівання сніг ущільнюють коткуванням, що знижує температуру ґрунту під ним.

**Льодяна кірка** – шар льоду, який утворюється після відлиг, або дощу з нпступним замерзанням. Кірка буває притертою або підвішеною.

Найбільш небезпечною є притерта льодяна кірка. Ступінь пошкодження залежить від товщини льоду і тривалості. Озимі і трави гинуть під кіркою внаслідок порушення газообміну (не достатньої кількості кисню і надлишку вуглекислоти). За одну добу у тканинах рослин під льодяною кіркою вміст вуглекислоти зростає з 2 до 20%, а кисню знижується з 20 до 8%. Інколи притерта льодяна кірка призводить до розриву коріння, вмерзлого у лід.

**Випирання або видавлювання рослин** відбувається внаслідок неодноразового відтаювання і замерзання верхнього шару ґрунту при замерзломu глибшому шарі, в результаті чого відбувається оголення вузлів кущіння, верхівок коренів рослин. При замерзанні після відлиги ґрунт збільшується в об'ємі, піднімається ввєрх і при цьому піднімає слабо укоріненні рослини, часто розриваючи кореневу систему. При наступному відтаюванні ґрунту відбувається його осідання і оголення вузла кущення і кореневої шийки. Під час наступного похолодання вузол кущення піддається впливу низьких температур, що приводить до загибелі рослин.

Найбільш часто видавлювання рослин відбувається на важких суглинкових і глинистих ґрунтах при надлишковому зволоженні верхніх горизонтів і нестійких зимах з тривалими відлигами і морозами.

Видавлювання рослин може відбуватися і в результаті утворення на посівах льодяної кірки, в яку вмерзають рослини і при наступному наростанні знизу шару льоду витісняються з ґрунту.

**Вимокання рослин** відбувається при застою води на полях, що призводить до порушення процесів дихання і фотосинтезу. Добре розвинуті і зимостійкі сорти з високим запасом цукрів вимокують менше. Тому високий рівень агротехніки і відведення талих вод є основними заходами боротьби з вимоканням посівів.

**Видування озимих культур** відбувається при пилових бурях



у степах, якщо снігу мало, або взагалі нема, а ґрунт сухий і тоді слабо зцементований.

Для запобігання видування рослин необхідно застосовувати всі засоби агротехніки, спрямовані на збільшення вологості ґрунту, снігового покриву и зменшення швидкості вітру: лісосмуги, куліси, безвідвальна оранка і т.д. Крім того, необхідне більш глибоке загортання насіння, сівба в уже ущільнений ґрунт, післяпосівне коткування ґрунту.

**Зимова засуха** буває у другій половині зими або ранньою весною за відсутності снігу, коли у сонячну погоду температура повітря у денні години підвищується вище 0<sup>0</sup>С. Надземні частини рослин прогріваються, що приводить до посилення транспірації, а волога із мерзлої землі не надходить. В результаті обезводнення листків підвищується концентрація клітинного соку, сильне пересихання тканин спричиняє коагуляцію білків у клітинах. Відбувається спочатку висихання надземних органів, а потім вузлів кущіння і корневих шийок, і рослина гине. Особливо страдають від нестачі вологи за таких умов слаборозвинуті озимі.

Від зимової засухи можуть пригнічуватись також плодови і ягідні культури. У них зневоднення проявляється спочатку у однорічних пагонів, які сильніше пошкоджуються, ніж двох- трьохрічні.

Зимовому висушуванню сприяють сильні вітри і низька відносна вологість повітря. Для запобігання такого явища необхідно проводити снігозатримання, побілка стволів і скелетних гілок.

У другій половині зими за ясної погоди відбуваються значні коливання температури тканин кори і деревини, внаслідок чого відмирають окремі частини кори. Таке явище називають **сонячними опіками або морозобоями**. Весною на пошкоджених місцях утворюються тріщини.

Для запобігання сонячним опікам стволи дерев обв'язують різними матеріалами або білять вапняковим молоком, крейдою або водоемульсійними красками.

**Ожеледь** – це шар щільного льоду, який утворюється на поверхні землі і на предметах (гілках, дротах) внаслідок намерзання переохолоджених крапель мряки, туману. Товщина льоду може сягати 20 мм і більше і зумовити пошкодження гілок дерев, обрив дротів, повалення електроопор.

**Паморозь** – це крихкі нарости льодових кристалів, які осіда-

ють на гілках дерев, дротах, виступах предметів під час туманів при від'ємній температурі. Кристалічна паморозь утворюється при сублімації водяної пари при температурі нижче  $-10^{\circ}\text{C}$ . Легко струшується, Зерниста паморозь являє собою снігоподібні рихлі нарости внаслідок намерзання переохолодженого туману при температурі  $-3...-8^{\circ}\text{C}$ . Це особливо небезпечне явище, яке призводить до ламання дерев і пориву дротів.

Слід відзначити, що пошкодження і загибель рослин зимою зумовлені частіше всього одночасною дією кількох небезпечних явищ, які ослаблюють рослину. Для часткового виправлення ситуації ослаблені рослини необхідно весною підживити мінеральними добривами і провести боронування посівів.

### **Вплив метеочинників на людину**

Ультрафіолетові промені з довжиною хвилі 0,29-0,31 мкм шкідливі для організму і їх негативний вплив обернено пропорційний довжині хвилі. Такі промені є в обідню пору. Для дітей загар є необхідним, для молодих людей допустимим, а для 40-50-річних і старших шкідливим.

Комфортною температурою для роздягнутої людини є  $+30^{\circ}\text{C}$ , тоді тіло не відчуває температури. При вологості повітря 60% комфортними в приміщенні є  $18-28^{\circ}\text{C}$ , а при 80% –  $16-24^{\circ}\text{C}$ .

Опірність жарі у людини вища, ніж холоду, дякуючи потовиділенню. Різке підвищення температури переноситься важко, необхідно кілька днів для адаптації. При високій температурі і підвищеній вологості потовиділення зменшується, тому самопочуття гірше. В умовах пустині можлива витрата води до 12 кг на добу. При зневодненні витрата води менша, але тоді легше постраждати – можливий тепловий удар і летальний кінець. Для захисту від жару необхідно носити легку, довгу, складчасту світлу одягу, а також широкополий головний убір.

Вологість повітря оптимальна в інтервалі 41-70%. Дуже сухе повітря сприяє пересиханню організму. Вологе повітря в холодну погоду сприяє переохолодженню і простуді, а в жару створює душність, яка негативно впливає на людей із захворюванням серцево-судинної системи.

Чутливим для організму є міждобова мінливість погоди. Якщо середньодобова температура повітря змінюється більше ніж на  $4^{\circ}\text{C}$ , то це є помітним для організму.

Більш небезпечним є значний перепад атмосферного тиску, особливо в бік його зниження. При проходженні теплового циклону, так званій гіпертермії і гіпобарії повітря, відбувається зниження вмісту кисню, яке відповідає підйому в гори на 1000-1500 м.

### Контрольні питання

1. Які метеоявища вважають небезпечними?
2. Які небезпечні метеоявища у теплу пору року?
3. Чим зумовлюються різні типи заморозків?
4. Чому на південних і південно-східних схилах рослини сильніше пошкоджуються заморозками?
5. Який принцип дії димлення?
6. Які метеоявища небезпечні у холодну пору року?
7. Які бувають засухи і як з ними боротися?
8. Види ерозії і ґрунту і способи боротьби з нею.
9. Які основні заходи по запобіганню пошкодженню рослин у зимовий період?

## 8. КЛІМАТОЛОГІЯ

### 8.1. Загальні відомості про клімат і кліматологію

*Кліматом* називають закономірну послідовність атмосферних процесів, які відбуваються в даній місцевості в результаті взаємодії сонячної радіації, атмосферної циркуляції і підстильної поверхні, тобто це багаторічний режим погоди в даній місцевості, зумовлений її географічним положенням.

Науку про клімат називають *кліматологією*. Кліматологія вивчає кліматоутворюючі фактори. Опис кліматів Землі, їх класифікацію, вивчення кліматів минулого і прогноз змін клімату, раціональне використання його ресурсів.

Кліматичні умови на Землі є результатом взаємодії основних кліматотворчих процесів глобального масштабу, таких як теплообмін, вологообмін і загальна циркуляція атмосфери. Кулеподібна форма Землі, форма орбіти і нахил земної вісі зумовлюють різне надходження сонячної радіації на земну поверхню і сезонні зміни радіаційного балансу. Залежно від надходження сонячного тепла поверхню планети ділять на 5 широтних термічних зо поясів: тропічний пояс, який розташований між тропіками ( $23,5^{\circ}$  північної і південної широти);

два помірних пояси, які поширені на північ і південь від тропіків до полярних кіл ( $66,5^{\circ}$  північної і південної широти); два полярних пояси, які лежать між полярними колами і полюсами.

## 8.2. Класифікація кліматів

В основі кліматичного районування лежить розподіл планети на пояси і області з більш – менш однорідними умовами клімату. Залежно від особливостей загальної циркуляції атмосфери виділяють наступні основні типи кліматів.

Екваторіальний клімат охоплює зону пониженого атмосферного тиску. Рівномірні і високі температури  $+24\dots+28^{\circ}\text{C}$ , опадів 1-3 тис. мм, місцями до 6-10 тис. мм, опадів в рік. Вологість і хмарність значні, переважають вологі екваторіальні ліси тропічних пустинь клімат в областях високого тиску по обидва боки екватора. Температури літом  $35-40^{\circ}$  до  $55^{\circ}\text{C}$ , добові амплітуди до  $40^{\circ}\text{C}$ , опадів біля 100-200 мм.

Клімат тропічних мусонів в деяких районах тропіків – південна і південно-східна Азія, Екваторіальна Африка, Північна Австралія, опадів багато, жарко, зима прохолодна.

Середземноморський клімат західних частин материків в субтропічних широтах ( $25-40^{\circ}\text{C}$ ) і Південного берега Криму Літо мало-хмарне жарке, зима прохолодна, дощова, опадів мало – 400-600 мм.

Клімат сухих субтропіків усередині материків (Туркменія): літо дуже жарке, зима прохолодна, опадів 120-150 мм.

Морський клімат західних частин Євразії і Північної Америки з прохолодним літом і відносно теплою зимою, без стійкого снігового покриву, опадів помірна кількість, їх значно більше на західних схилах гір.

Внутріконтинентний (континентальний) клімат помірних широт характеризується більш – менш стійким режимом високого атмосферного тиску, особливо зимою. Літо тепле, зима холодна із стійким сніговим покривом. Оподи переважно літом, 300-600 мм в рік.

Мусонний клімат помірних широт формується на сході Євразії. Малохмарна холодна зима і помірно тепле дуже дощове літо. Клімат субарктики на півночі Євразії і Північної Америки. Зима довга і сувора, літо холодне. Опадів 100-300 мм, але зволоження надмірне і заболочування суші часто.

### 8.3. Клімати України

Територія України розташована в межах трьох кліматичних поясів: морського, внутріконтинентального і середземноморського і включає 3 кліматичні області: атлантико-континентальну, континентальну і кліматичну область Південного берега Криму.

Межа між атлантико-континентальною і континентальною кліматичними областями проходить по умовній лінії, на якій ГТК або коефіцієнт зволоження дорівнює 1,0. На північ від цієї лінії, де згаданий коефіцієнт перевищує 1,0, розташована атлантико-континентальна кліматична область, а на південь, де річна кількість опадів менша річної випаровуваності, знаходиться континентальна кліматична область.

Атлантико-континентальна кліматична область включає Полісся, Лісостеп і Українські Карпати. Кліматичні умови визначаються переважаючим впливом вологих повітряних мас з Атлантики і Середземномор'я. Вторгнення арктичних повітряних мас взимку зумовлює різке зниження температури до  $-35...-40^{\circ}\text{C}$ . Влітку вплив азовського антициклону зумовлює прояв посушливих явищ. В цілому літо помірно тепле з пересічними температурами липня  $+18...+19^{\circ}\text{C}$  і частими дощами. Зима помірно холодна з температурами січня  $-4...-8^{\circ}\text{C}$ . Річна сума опадів – 500-700 мм. В напрямку із заходу на схід континентальність зростає, збільшується висота і тривалість снігового покриву, зменшується сума опадів.

Область поділяють на три підобласті: рівнинну, закарпатську і Українських Карпат.

Клімат Закарпатської кліматичної підобласті має риси морського.

В Українських Карпатах чітко виражена вертикальна зональність клімату.

Континентальна кліматична область охоплює степову зону. Характеризується недостатньою зволоженістю і значними тепловими ресурсами. Клімат формується під переважаючим впливом континентальних повітряних мас помірних широт, а також трансформованих тропічних і арктичних мас повітря. Літо посушливе і тепле або жарке. Зима помірно холодна, іноді м'яка з тривалими відлигами. Щороку бувають засухи, суховії, пилові бурі. Пересічні температури липня  $+20...+21^{\circ}\text{C}$ , січня  $-2...5^{\circ}\text{C}$ , річна сума

опадів 350-500 мм.

Кліматична область Південного берега Криму включає південний макросхил Кримських гір до висот 600 м н.р.м. Клімат формується під впливом повітряних мас: тропічних літом і помірних зимою, має риси субтропічного. Пересічні температури липня  $+23...+24^{\circ}\text{C}$ , січня  $+2...+4^{\circ}\text{C}$ , опадів 400-600 мм в рік.

#### 8.4. Особливості клімату Кропивниччини

Північно-західна частина області північніше лінії Помічна–Новоукраїнка–Велика Виска–Оситняжка–південніше Знам'янки–Павлиш входить до складу атлантико-континентальної кліматичної області. Опадів випадає 560-580 мм в рік при сумі активних температур близько  $2800^{\circ}\text{C}$ . Такі гідротермічні умови відносно сприятливі для аграрного виробництва без поливу.

Південно-східна частина області входить до континентальної кліматичної області. Теплозабезпечення достатнє, а за нестачі опадів буває і надмірним, особливо в південній частині. Стабільна рослинницька галузь можлива за умов зрошення.

Сама південна частина області приблизно до лінії Бобринець–Долинська–Петрове зазнає впливу Чорного моря, який проявляється в деякому зростанні кількості опадів і вологості повітря та конденсаційному помутнінні атмосфери.

Центральна частина області, яка входить до складу континентальної кліматичної області і не зазнає впливу Чорного моря в найменшій мірі порівняно з іншими більш південними краями України. Характеризується стабільним атмосферним тиском і сухим приземним повітрям, особливо в теплу пору року. Такі кліматичні умови є винятково сприятливі для здоров'я людей, особливо хворих серцево-судинною системою і органами дихання. Проте із-за підвищеної прозорості атмосфери, особливо у весняно-ранньолітній період тривалість сонячного сяйва і надходження ультрафіолетових променів на підстильну поверхню тут найбільша у порівнянні із іншими територіями України. Тому і рак шкіри у жителів цього краю зустрічається частіше, ніж у інших краях. По інших показниках ця хвороба проявляється не так часто, як у середньому по Україні.

## 8.5. Зміни і коливання клімату

В різні геологічні епохи клімат Землі зазнавав значних змін. Протягом останнього мільйону років значні території тепер помірних областей зазнавали зледеніння. Найбільш значне Дніпровське зледеніння відбувалося 150-300 тис. років тому. Льодами було вкрите сучасне Полісся, а по долині Дніпра льодовик доходив аж до Кременчука. Останнє, Валдайське зледеніння закінчилося близько 10 тис. років тому. За останні 2 тис. років клімат змінювався менш істотно. Відбуваються лише коливання кліматичних показників тривалістю 20-50 років в бік потепління і похолодання.

Аналіз результатів 140-річних спостережень Кіровоградської метеостанції, самої давньої в центральній Україні, заперечує загальноприйнятту думку про наявність потепління чи якоїсь іншої однозначно направленої зміни клімату.

## 8.6. Значення клімату для життя людей

Клімат істотно впливає на розселення людей, розміщення галузей сільського господарства, умови життя і здоров'я людини.

Врахування особливостей клімату є обов'язковим при проектуванні гідротехнічних об'єктів, транспорту, містобудування. Особливо велике значення клімату в галузі охорони здоров'я. Кліматичний фактор часто є вирішальним в організації курортів, туристичної мережі.

## 8.7. Вплив людини на клімат

Господарська діяльність людини істотно впливає на довкілля, включаючи і клімат. Вирубання лісів, розорювання степів, особливо схилів, осушення боліт посилює аридизацію суші через прискорення стікання води у океани. Створення водосховищ, зрошення посушливих земель, садіння лісосмуг, заліснення крутих схилів і прируслових смуг мають зворотну дію.

Зростання викидів в атмосферу знижує надходження сонячної радіації і сприяє випаданню опадів. Спалювання палива спричиняє надходженню тепла і потеплінню.

На даний час господарська діяльність людини спричиняє лише локальні, регіональні, зміни, які в планетарному масштабі ще не помітні.

## 8.8. Агроекологічні характеристики клімату

Клімат характеризують різними величинами. Найбільш важливими з погляду екології є наступні показники:

- середньомісячні температури повітря і амплітуди температур;
- суми активних температур;
- середньомісячні і річні суми опадів;
- коефіцієнт зволоження території (гідротермічний коефіцієнт);
- середньомісячні та річна відносна вологість повітря;
- напрямки і швидкість вітру;
- динаміка атмосферного тиску помісячна і річна;
- кількість загальної та нижньої хмарності.

## 8.9. Місцевий клімат і мікроклімат

Місцевим кліматом або мезокліматом називають клімат порівняно невеликих територій, достатньо однорідних за природними умовами (певного лісового масиву, морського узбережжя, долини, міського району). Визначається особливостями земної поверхні даного району, характером рельєфу, ґрунтів, рослинності міською забудовою.

Мікрокліматом називають клімат приземного шару повітря, зумовлений мікромасштабними особливостями земної поверхні всередині місцевого клімату. Наприклад, в місцевому кліматі лісового масиву виділяють мікроклімат галявин, узлісь. В місцевому кліматі міста виділяють мікроклімат площ, скверів, дворів.

Особливості мікроклімату сильно залежать від погоди, посилюючись в тиху ясну погоду і згладжуючись в похмуру і при вітрі. Особливості мезо- і мікроклімату необхідно враховувати в господарській діяльності людей.

### Контрольні питання

1. Що називається кліматом?
2. Які основні типи кліматів?
3. Які є основні кліматоутворюючі фактори?
4. Які кліматичні області виділяються в Україні?
5. За яким показником розділяються атлантико-континентальна і континентальна кліматичні області?
6. Які особливості клімату Кропивниччини?
7. Які агроекологічні характеристика клімату?
8. Що таке мікроклімат?



## ЛІТЕРАТУРА

1. Агрокліматичний довідник по Кіровоградській області: (1996 – 2005 рр.).– Одеса: Астропринт, 2011.– 212 с.
2. Довідник з агрокліматичних ресурсів України. Агрокліматичні ресурси. Том I, серія 2, частина 1. - К.: УкрГМЦ Держгідромету України, 1995. – 201 с.
3. Гончарова Л.Д. Клімат і загальна циркуляція атмосфери: Навч. посібник / Гончарова Л.Д., Серга Е.М., Школьний Є.П. – К. : КНТ, 2005. – 251 с.
4. Біловол О.В. Метеорологія і кліматологія: конспект лекцій. 2-ге вид.– Харків: ХНАДУ, 2003.– 148 с.
5. Метеорологія і кліматологія: Підручник /Під редакцією д.ф.-м.н., професора Степаненка С.М. – Одеса, 2008. – 533 с.
6. Антонов Віл Сергійович. Короткий курс загальної метеорології: Навчальний посібник / В.С.Антонов. – Чернівці: Рута, 2004. – 336 с.
7. Волошина Ж.В. Фізика атмосфери (задачі і вправи): Навчальний посібник. / Ж.В. Волошина О.В. Волошина. - К.: КНТ, 2007. – 256 с.
8. Проценко Г.Д. Метеорологія та кліматологія: Навчальний посібник. / Г.Д. Проценко. – К., 2007. – 265 с.
9. Школьний Є.П. Фізика атмосфери: Підручник / Є.П. Школьний. – К.: КНТ, 2007. – 508 с.
10. Клімат України /За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко.– Київ, 2003.– 343 с.
11. Колесник П.И. Метеорологія. Практикум.– К.: Высш. шк. 1986. – С.35-61.
12. Консевич Л., Немий С. Метеорологія і кліматологія: Івано-Франківськ, 2000. – 140 с.
13. Клімат України / За ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. – Київ: Вид-во Раєвського, 2003. – 343 с.
14. Метеорологія. Терміни та визначення основних понять. ДСТУ 3513-97. Київ: Держстандарт України, 1997 – 57 с
15. Луцкіна І. В., Давидов О. В. Метеорологія та кліматологія: лабораторний практикум: Навчальний посібник– Херсон: ФОП Вишемирський В.С., 2018. - 72 с..
16. Довідник з агрокліматичних ресурсів України. Агрокліматичні умови росту та розвитку основних сільськогосподарських культур. Серія 2, частина 2. – Київ: УкрГМЦ Держгідромету України, 1993. - 718 с.
17. Топольний Ф.П. Метеорологія і кліматологія / Ф.П. Топольний, О.В. Медведєва. – Кіровоград: КНТУ, 2006. – 88 с.
18. Міщенко З.А. Мікрокліматологія: Навчальний посібник / З.А.Міщенко, Г.В.Ляшенко. – К.: КНТ, 2007. – 336 с.
19. Ткаченко Т.Г. Агрометеорологія / Т.Г. Ткаченко.– Харків: ХНАУ, 2015. – 268 с.
20. Фото хмар з сайту <http://meteocenter.net>.

## Додатки

### Кліматична характеристика Кропивницької області

Таблиця 1

1. Середня місячна та річна температура повітря, (°С)

Характеристика	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Кропивницький</b>													
Середня	-5,7	-4,3	0,5	8,3	15,3	18,6	20,0	19,4	14,7	8,1	2,3	-2,3	8,0
Мінімальна	-15,1	-15,2	-7,7	3,4	10,6	15,4	17,6	16,8	11,3	1,4	-6,1	-10,5	5,9
Максимальна	0,9	2,7	6,5	13,7	18,8	23,4	25,6	24,9	20,2	14,0	7,7	3,7	9,8
<b>Бобринець</b>													
Середня	-5,2	-3,9	0,9	9,1	15,5	19,0	20,6	20,1	15,2	8,5	2,7	-1,9	8,4
Мінімальна	-13,9	-14,5	-6,5	4,6	12,7	16,5	18,4	17,4	12,1	4,5	-3,0	-6,5	6,5
Максимальна	0,6	3,0	6,6	13,4	19,1	22,9	25,6	23,5	18,3	11,9	6,2	4,0	10,2
<b>Гайворон</b>													
Середня	-5,1	-3,6	1,2	9,1	15,2	18,2	19,5	18,9	14,4	8,3	2,8	-1,6	8,1
Мінімальна	-15,7	-16,2	-6,5	3,4	12,5	15,8	17,4	16,2	11,5	4,2	-2,3	-7,8	6,2
Максимальна	1,6	3,3	7,1	12,6	18,2	22,4	26,0	23,6	18,1	13,1	6,4	4,6	9,8
<b>Долинська</b>													
Середня	-5,5	-4,3	0,6	9,0	15,3	18,5	20,1	19,7	14,8	8,0	2,1	-2,3	8,0
Мінімальна	-13,5	-15,8	-7,2	2,7	12,5	14,8	18,0	16,7	12,1	4,1	-3,5	-9,6	5,7
Максимальна	0,1	2,4	6,0	13,5	18,6	23,3	25,2	24,5	18,0	12,9	5,9	1,7	9,9
<b>Знам'янка</b>													
Середня	-5,9	-4,6	0,3	8,7	15,1	18,5	19,9	19,3	14,4	7,9	2,1	-2,5	7,8
Мінімальна	-14,7	-16,2	-7,7	2,7	12,5	14,8	18,0	16,7	12,1	4,1	-3,5	-9,6	5,7
Максимальна	0,0	3,0	6,2	13,3	18,2	22,6	24,9	23,6	17,8	12,1	5,6	9,4	9,6
<b>Новомиргород</b>													
Середня	-6,0	-4,5	0,3	8,7	15,1	18,2	19,6	18,9	14,2	7,9	2,1	-2,5	7,7
Мінімальна	-16,0	-16,3	-7,5	2,5	10,1	14,7	17,6	16,4	11,2	3,0	-3,7	-11,0	5,2
Максимальна	0,5	3,0	6,0	13,1	18,2	22,2	25,2	23,7	18,5	13,1	5,8	3,4	9,7
<b>Помічна</b>													
Середня	-5,5	-4,1	0,7	8,8	15,1	18,3	19,8	19,3	14,7	8,3	2,3	-2,2	8,0
Мінімальна	-14,6	-15,6	-6,8	2,9	12,5	15,0	17,6	16,6	11,6	4,1	-2,6	-9,2	5,7
Максимальна	0,6	2,7	6,4	13,2	18,6	22,2	25,5	24,3	18,0	12,9	6,3	3,8	9,8
<b>Світловодськ</b>													
Середня	-5,3	-4,2	0,6	8,9	15,8	19,4	21,0	20,3	15,5	8,9	3,0	-1,7	8,5
Мінімальна	-14,9	-14,9	-7,2	3,6	12,2	16,0	17,9	1,6	12,1	3,1	-23,6	-10,7	6,3
Максимальна	0,9	1,7	5,8	14,3	19,1	24,2	24,5	24,2	19,5	12,7	6,5	4,3	10,3

Таблиця 2

## Максимум температури повітря (°C) абсолютний

Метеостанції	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кропивницький	11,2	18,7	25,3	30,0	34,2	37,5	38,7	38,7	33,8	30,0	25,3	11,3	38,7
Бобринець	11,9	19,5	22,7	29,7	36,3	36,0	37,6	37,5	32,7	28,2	20,5	13,6	37,6
Гайворон	14,4	19,7	23,4	24,6	34,1	36,0	38,5	38,5	34,3	28,8	22,4	15,1	38,9
Долинська	13,0	17,5	22,8	29,1	33,8	35,4	37,1	37,5	32,0	28,2	20,3	13,0	37,5
Знам'янка	11,1	18,1	22,3	29,2	32,9	35,1	37,5	36,8	32,6	27,6	19,1	12,2	37,5
Новомиргород	11,6	17,1	22,3	29,8	32,6	35,0	37,4	40,0	32,5	26,9	19,6	13,6	4,0
Помічна	11,5	18,3	22,8	29,0	34,0	34,7	37,4	36,8	33,0	30,0	24,6	13,5	37,4
Світловодськ	12,0	18,0	23,5	28,0	32,5	34,9	36,9	36,3	32,1	25,4	22,5	13,0	36,3

Таблиця 3

## Мінімум температури повітря (°C) абсолютний

Метеостанції	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Кропивницький	-35,3	-32,4	-25,2	-11,4	-4,9	2,3	5,4	1,6	-5,4	-17,6	-21,5	-26,6	-35,3
Бобринець	-31,8	-27,1	-24,5	7,3	4,3	1,8	7,3	2,0	-5,5	-9,3	-16,2	-24,6	31,8
Гайворон	-33,5	-34,6	-27,8	-14,1	-4,4	2,0	6,0	2,3	-6,5	-9,2	-21,8	-26,4	-34,6
Долинська	-33,1	-29,7	-22,2	-13,9	-2,4	0,6	6,6	3,6	-4,4	-9,1	-22,7	-25,7	-33,1
Знам'янка	-35,4	-29,1	-26,7	-11,2	-1,4	1,4	7,2	3,7	-4,5	-9,1	-21,5	-27,7	-35,4
Новомиргород	-35,4	-33,5	-27,5	-7,7	-3,6	2,6	6,5	1,9	-5,6	-16,6	-20,2	-26,8	-35,4
Помічна	-33,7	-29,5	-23,4	-12,5	-3,4	1,6	6,6	3,2	-4,7	-8,9	-21,7	-24,7	-33,7
Світловодськ	-28,3	-28,2	-25,8	-10,9	1,5	6,9	9,0	5,1	-2,5	-5,8	-11,6	-24,1	-18,3

Таблиця 4

## Середня місячна та річна кількість опадів

Характеристика	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Кропивницький</b>													
середня	32	31	27	36	45	66	72	48	38	27	35	42	499
мінімальна	1	1	0	0	1	5	1	6	0	0	2	2	278
максимальна	130	93	80	136	142	216	217	151	187	153	145	98	783
<b>Бобринець</b>													
середня	37	39	30	36	45	67	58	39	39	25	39	46	500
мінімальна	1	0	1	1	2	4	1	2	0	1	2	1	257
максимальна	156	86	84	106	194	198	134	146	141	150	195	115	726
<b>Гайворон</b>													
середня	38	39	34	41	55	85	85	55	42	28	39	41	582
мінімальна	2	2	2	1	9	11	6	4	2	0	8	1	344
максимальна	139	80	85	95	159	190	169	180	173	105	113	103	815
<b>Долинська</b>													
середня	38	35	30	38	44	66	64	47	34	32	39	45	512
мінімальна	2	1	1	0	8	7	1	3	0	3	0	4	285
максимальна	72	99	70	118	124	177	151	181	145	172	142	109	776

## Продовження таблиці 4

Характеристика	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Знам'янка</b>													
середня	41	36	33	42	49	72	75	51	40	33	44	51	567
мінімальна	1	1	2	2	4	2	6	5	0	0	0	5	217
максимальна	133	92	100	91	126	184	239	154	137	152	133	104	864
<b>Новомиргород</b>													
середня	35	35	33	38	45	80	79	55	40	30	41	47	558
мінімальна	2	0	1	0	1	9	8	2	0	0	2	3	298
максимальна	118	102	87	101	125	266	213	199	136	116	134	84	768
<b>Помічна</b>													
середня	37	36	34	42	49	78	79	61	40	28	39	45	568
мінімальна	8	0	4	1	2	5	2	7	0	0	0	2	281
максимальна	122	126	114	121	134	182	163	188	158	118	167	104	816
<b>Світловодськ</b>													
середня	36	31	30	39	47	57	74	45	40	32	38	42	511
мінімальна	8	0	2	7	9	3	5	3	7	1	2	4	333
максимальна	121	66	79	73	152	134	149	119	107	158	104	92	780

Таблиця 5

## Середня місячна та річна відносна вологість повітря, %

Характеристика	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Кропивницький</b>													
середня	85	84	80	68	62	65	66	64	66	76	86	88	74
мінімальна	75	73	60	52	50	43	51	55	53	60	72	84	68
максимальна	96	91	89	79	70	76	77	74	80	84	91	93	79
<b>Бобринець</b>													
середня	86	85	81	67	62	64	64	61	65	75	86	88	74
мінімальна	79	73	58	54	51	43	51	51	51	62	70	83	67
максимальна	95	92	89	78	71	74	73	71	76	85	92	93	78
<b>Гайворон</b>													
середня	82	82	79	68	65	70	71	70	72	78	85	86	76
мінімальна	77	73	62	55	56	55	61	60	60	71	74	80	71
максимальна	91	87	88	79	72	81	78	77	84	85	92	90	80
<b>Долинська</b>													
середня	87	85	82	68	63	66	66	63	67	77	87	90	75
мінімальна	78	75	63	54	52	45	52	50	51	61	71	85	68
максимальна	92	92	92	79	69	78	77	75	78	85	94	94	80
<b>Знам'янка</b>													
середня	85	84	81	68	63	66	67	66	69	77	86	88	75
мінімальна	78	72	61	54	54	46	54	55	56	64	73	82	69
максимальна	95	90	89	80	72	78	75	76	82	84	93	92	79
<b>Новомиргород</b>													
середня	84	82	80	69	65	69	70	68	70	78	85	86	76
мінімальна	76	73	62	59	52	51	58	58	60	67	75	81	70
максимальна	93	89	89	79	72	79	78	77	82	84	91	92	80

## Продовження таблиці 5

Характеристика	Місяці												рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
<b>Помічна</b>													
середня	86	84	81	68	63	67	68	66	69	70	87	89	75
мінімальна	78	71	60	55	49	49	55	58	58	66	76	83	71
максимальна	95	92	90	79	70	78	77	76	81	86	93	93	80
<b>Світловодськ</b>													
середня	83	82	79	70	64	66	67	66	68	75	83	86	74
мінімальна	73	72	64	59	58	49	57	57	58	61	72	79	70
максимальна	94	90	89	85	72	79	76	76	79	81	88	90	79

Таблиця 6

## Глибина промерзання ґрунту (см) на полях із озимими зерновими культурами

Показники	Місяці і декади														
	XI			XII			I			II			III		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
<b>Кропивницький</b>															
середня			7	16	19	26	28	30	34	37	36	31	26	18	
найбільша	15	30	45	63	56	63	65	67	61	68	68	66	66	60	
<b>Бобринець</b>															
середня			6	14	19	21	23	24	29	30	27	24	18	14	
найбільша	12	31	44	50	50	59	60	60	55	66	52	53	51	52	
<b>Гайворон</b>															
середня				15	19	24	26	30	32	35	36	32	27	17	
найбільша	10	30	47	55	49	73	78	76	70	74	68	70	70	68	
<b>Долинська</b>															
середня			7	13	18	21	22	21	25	26	25	22	17	14	
найбільша	15	25	43	49	41	50	49	46	59	68	50	50	47	56	
<b>Знам'янка</b>															
середня				21	24	31	35	35	39	40	41	36	32	26	
найбільша	13	46	66	76	71	68	70	75	70	72	75	75	70	65	
<b>Новомиргород</b>															
середня			7	14	21	24	27	29	32	36	33	32	26	24	
найбільша	5	25	52	61	57	62	67	70	64	79	67	72	79	78	
<b>Помічна</b>															
середня			8	17	21	25	28	32	36	38	37	35	25	22	
найбільша	8	36	50	57	49	65	58	59	67	70	78	75	65	69	
<b>Світловодськ</b>															
середня			15	20	27	27	30	31	36	42	40	38	29	20	
найбільша	14	60	79	89	76	77	77	80	83	91	83	89	80	75	

## Середня і максимальна товщини снігового покриву, см

Показники	Місяці і декади																
	X	XI			XII			I			II			III			IV
	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
<b>Кропивницький</b>																	
середня							3	5	7	7	6	6	6				
максимальна	3	8	13	10	19	16	16	22	20	23	29	27	28	27	21	13	
<b>Бобринець</b>																	
середня								4	5	5	7	8	7	4			
максимальна	6	10	5	16	8	15	17	18	20	36	36	37	30	19	9	3	
<b>Гайворон</b>																	
середня					2	3	4	6	7	7	8	9	8				
максимальна	2	9	10	11	17	29	32	33	29	26	29	37	36	36	43	14	
<b>Долинська</b>																	
середня							3	3	4	6	7	8	7				
максимальна	4	4	11	10	14	12	20	18	22	27	35	41	42	38	27	2	
<b>Знам'янка</b>																	
середня					3	4	4	6	7	7	6	9	9	6			
максимальна	3	7	20	9	24	18	19	25	26	26	35	46	41	36	32	12	1
<b>Новомиргород</b>																	
середня					4	4	5	7	7	8	8	9	7	5			
максимальна	6	12	18	10	28	18	23	24	27	27	25	25	37	36	39	11	
<b>Помічна</b>																	
середня							3	5	6	5	6	8	7				
максимальна	2	9	14	4	15	20	15	22	21	23	27	29	33	26	15	2	

## Підсумковий тест по модулю для складання іспиту Агрометеорологія

### 1. Завдання агрометеорології:

- а) боротьба із змінами клімату;
- б) вивчення впливу організмів на клімат;
- в) розробка методів агрометеорологічних прогнозів;
- г) дослідження вплив аграрного виробництва на зміни клімату;
- д) дослідження змін клімату в наш час.

### 2. Погода це:

- а) інтенсивність сонячної радіації в певний момент;
- б) стан атмосфери в певному місці за обмежений проміжок часу;
- в) властивості і фізичні процеси, що протікають в атмосфері;
- г) взаємодія атмосфери з літосферою в результаті якої утворюються хмари;
- д) багаторічні метеорологічні дані.

### 3. Основні метеорологічні елементи:

- а) температура, тиск, вологість повітря, швидкість і напрямок вітру, хмарність, опади, прозорість атмосфери
- б) прилади, що знаходяться в метеорологічній будці;
- в) стратосфера, тропопауза, тропосфера, підстильна поверхня
- г) циклони, антициклони, атмосферні фронти;
- д) взаємодія атмосфери і хмар.

### 4. Значення озонового шару:

- а) затримання метеоритного потоку на Землю;
- б) формування зони конденсації атмосферної вологи і хмароутворення;
- в) відбивання теплових потоків;
- г) поглинання ультрафіолетових променів;
- д) забезпечення парникового ефекту.

### 5. Аерозолі це:

- а) рідкі і тверді речовини, що випадають на Землю;
- б) процеси сублімації і конденсації в атмосфері;

- в) частки твердих або рідких речовин, що знаходяться в атмосфері;
- г) невидимі промені в атмосфері;
- д) зустрічне випромінювання атмосфери.

#### **6. Атмосферний тиск це:**

- а) сила, з якою давить на одиницю поверхні стовп повітря, що знаходиться над нею;
- б) вага одного кубічного метру повітря за нормальних умов;
- в) тиск, з яким атмосфера тисне на оточуючі предмети;
- г) величина, з якою повітряні частки дають одна на одну;
- д) кількість міліметрів ртуті у барографі.

#### **7. Барична сходінка це:**

- а) відстань від тропосфери до тропопаузи;
- б) висота, на яку необхідно піднятися або опуститися, щоб тиск змінився на одиницю;
- в) величина тиску в мілібарах, на яку він зменшується при піднятті на 100 м;
- г) зміна тиску при заміні циклон) антициклоном;
- д) висота ртутного стовпа.

#### **8. Ізобари це:**

- а) відстань між центрами двох циклонів;
- б) лінії на карті, що з'єднують циклони з антициклонами;
- в) лінії, що з'єднують на карті точки з однаковим атмосферним тиском;
- г) ділянки мінімального атмосферного тиску;
- д) площі циклонів і антициклонів.

#### **9. Повітряні маси за географічним положенням поділяються на:**

- а) європейські, азіатські, африканські, австралійські;
- б) долинні, рівнинні, гірські;
- в) атлантичні, тихоокеанські, полярні;
- г) арктичні, помірні, тропічні, екваторіальні;
- д) континентальні і антиконтинентальні.



**10. Види радіаційних потоків:**

- а) пряма, розсіяна, сумарна і відбита сонячна радіація;
- б) тепловий, світловий, енергетичний, інформаційний радіаційні потоки;
- в) космічні, земні, галактичні, сонячні потоки;
- г) актинометрична, корпускулярна, квантова, змішана радіація;
- д) динамічні і вихрові.

**11. Спектральний склад сонячної радіації:**

- а) складається з живих, мертвих, інертних променів;
- б) охоплює хвилі довжиною від 0,1 до 10 м, що поділяються на ультракороткі, короткі, середні, довгі та інфрадовгі;
- в) фотосинтетично активні, хімічно активні і біологічно активні промені;
- г) поділяють на ультрафіолетову, видиму і інфрачервону частини;
- д) складаються з теплих і холодних складових.

**12. Значення ультрафіолетових променів:**

- а) посилюють дію фотосинтезу;
- б) малі дози діють цілюще, а великі негативно на людину, на мікроорганізми згубно;
- в) створюють тепловий ефект;
- г) посилюють ріст генеративних клітин і гальмують вегетативні, руйнують захисні функції;
- д) надають життєдайну силу.

**13. Озоновий шар – це:**

- а) скупчення газоподібних викидів промисловості;
- б) одноатомний кисень на висотах 80-120 км;
- в) двоатомний кисень на висоті тропопаузи;
- г) триатомний кисень на висоті 20-25 км;
- д) шаровидні хмари.

**14. Фотосинтетично активна радіація – це:**

- а) Енергія радіоактивного розпаду ядер озону, яка використовується для фотосинтезу;
- б) видимі і частково УФ промені з довжиною хвилі 0,38-

0,71 мкм, енергія яких використовується для утворення органічних сполук;

- в) радіація, яка витрачається на утворення озону із кисню;
- г) видиме світло в інтервалі 0,40-0,76 мкм, в якому міститься 47% променистої енергії;
- д) енергія, що створює хлорофіл.

### **15. Чому Сонце біля горизонту червоне?**

- а) тому, що знаходиться ближче до поверхні Землі;
- б) тому, що не сильно прогрілося повітря;
- в) тому, що шлях променів в атмосфері довший і до Землі доходять переважно оранжеві і червоні промені;
- г) тому, що око в цю пору доби не здатне замічати всі промені спектра;
- д) тому що зелені промені поглинаються.

### **16. Як змінюються сонячні промені в атмосфері?**

- а) чим коротша довжина хвилі, тим сильніше поглинаються і розсіюються ці промені;
- б) промені зменшують довжину світлової хвилі в атмосфері;
- в) довгі хвилі переломлюються і стають коротшими, а короткі не змінюються;
- г) втрачають свою енергію і стають холоднішими і коротшими;
- д) ніяк.

### **17. Радіаційний баланс це:**

- а) сума світлової і теплової енергії, яка надходить від Сонця на Землю;
- б) величина променевої енергії, яка поглинається підстильною поверхнею;
- в) радіація, яка поглинається зеленим листям;
- г) різниця між потоками променевої енергії, які надходять на поверхню Землі і відходять від неї;
- д) різниця між днем і ніччю.

### **18. Альbedo - це:**

- а) кількість енергії, яка поглинається полем;
- б) поглинальна здатність підстильної поверхні;

- в) відношення відбитої частини радіації до сумарної, яка надійшла на дану поверхню, виражене в %;
- г) здатність променів перетворюватись в теплову енергію після взаємодії з чорним тілом;
- д) величина світлового дня.

### **19. Парниковий або оранжерейний ефект це:**

- а) здатність Землі акумулювати теплову енергію;
- б) здатність атмосфери пропускати сонячну радіацію і затримувати земне випромінювання;
- в) різниця між випромінюванням Землі і зустрічним випромінюванням атмосфери;
- г) перетворення променевої енергії в теплову;
- д) відбивальна функція планети.

### **20. Значення сонячної енергії для біосфери:**

- а) здійснює бактерицидну дію на хвороботворні мікроорганізми;
- б) забезпечує кругообіг речовин в природі;
- в) є основною умовою змін пір року і дня і ночі;
- г) є основною умовою існування біосфери;
- д) забезпечує зміну полюсів.

### **21. Коефіцієнт корисної дії енергії Сонця рослинами:**

- а) відношення сонячної енергії, акумульованої в біомасі рослин до загальної сонячної радіації, отриманої даним полем в %;
- б) величина урожаю рослин з одиниці площі за одиницю часу;
- в) відношення загальної енергії до поглинутої рослинами;
- г) визначається кількістю сонячної енергії, яка використана на нагрівання рослин;
- д) кількість енергії, поглинутої рослинами.

### **22. Будова атмосфери:**

- а) атмосфера складається з приземного, надземного, піднебесного і космічного шарів;
- б) складається з тропосфери, тропопаузи, стратосфери, мезосфери, мезопаузи, термосфери, екзосфери;
- в) складається з аерозолів, кисневого шару, хмар, метеорит-

ного горизонту, передкосмічної сфери;

г) складається з континентального, морського, океанічного, гірського горизонтів;

д) суміш азоту, кисню, аргону, вуглекислоти.

### **23. Методи досліджень в метеорології:**

а) хімічний, фізичний, біологічний, фізико-хімічний;

б) аналітичний, ваговий, об'ємний, математичний;

в) метод спостережень, експериментальний в камерах штучного клімату;

г) ваговий, об'єктивний, дедуктивний змішаний;

д) механіко-математичний і хімічний.

### **24. Способи дослідження атмосфери:**

а) приземний шар на метеостанціях, хмари – радіолокацією, стратосферу радіозондами і метеорологічними ракетами, термосферу геофізичними ракетами, супутниками;

б) аналітичний, ваговий, об'ємний, математичний;

в) метод спостережень, експериментальний в камерах штучного клімату;

г) космонавти і льотчики відбирають проби повітря для наступного вивчення;

д) прямий, відносний, об'єктивний.

### **25. Сонячна радіація це:**

а) промені, які згубно діють на все живе на планеті;

б) промені корпускулярної природи, які із швидкістю 300-1500 км/сек. Рухаються від Сонця до Землі;

в) радіація яка у зеленому листку перетворюється у органічну речовину;

г) електромагнітна радіація Сонця, яка до земної поверхні доходить у вигляді прямої і розсіяної радіації;

д) сукупність спектру.

### **26. Температурний режим ґрунту:**

а) визначається кількістю тепла, яке надійшло в ґрунт від Сонця;

б) визначається приходом радіації, величиною альbedo і радіаційним випромінюванням;

- в) це показник тепло-забезпеченості вирощуваних рослин;
- г) це різниця між поглинутою і виділеною енергією ґрунту;
- д) це кількість тепла, нагрітого ґрунту;

**27. Тепловий режим ґрунту залежить від:**

- а) теплоємкості і теплопровідності;
- б) кольору ґрунту, вмісту вологи;
- в) щільності зволоження і рівня ґрунтових вод;
- г) від здатності ґрунту передавати тепло;
- д) вмісту гумусу і фізичної глини.

**28. Інсоляція тепла ґрунтом це:**

- а) здатність ґрунту утримувати тепло;
- б) передача тепла з глибинних горизонтів за межі ґрунту;
- в) потік тепла від поверхні в глибину ґрунту до більш холодних шарів;
- г) горизонтальне переміщення тепла в ґрунті;
- д) при поглинанні тепла.

**29. Інсоляція тепла ґрунтом відбувається:**

- а) вдень, літом;
- б) зимою, вночі;
- в) в процесі вегетації;
- г) при промивному водному режимі;
- д) при поглинанні тепла.

**30. Випромінювання тепла ґрунтом спостерігається:**

- а) при від'ємному радіаційному балансі (зимою, вночі);
- б) при додатному радіаційному балансі (літом, вдень);
- в) при засніженій поверхні ґрунту;
- г) при мульчованій поверхні ґрунту;
- д) протягом року.

**31. Активний шар ґрунту:**

- а) кореневмістний шар;
- б) шар щорічного промочування;
- в) шар щорічного пересихання і проморожування;
- г) в якому спостерігається добовий і річний хід температури;
- д) включає гумусовий горизонт.

**32. Теплова конвекція:**

- а) нагрівання ґрунту від повітря;
- б) привнесення об'ємів теплого повітря з верхніх шарів в нижні;
- в) горизонтальне перенесення повітряних мас;
- г) перенесення об'ємів нагрітого повітря висхідними токами;
- д) віддача тепла.

**33. Адвекція повітряних мас це:**

- а) вертикальне переміщення повітря;
- б) зміна температури повітря з висотою;
- в) нагрівання - охолодження вертикальних шарів повітря;
- г) переміщення повітряних мас по горизонталі;
- д) нагрівання повітря від ґрунту.

**34. Турбулентність це:**

- а) передача тепла від ґрунту до повітря;
- б) західне переміщення повітря;
- в) вихровий хаотичний рух невеликих об'ємів повітря в загальному потоці вітру;
- г) вертикальне переміщення нагрітого повітря;
- д) горизонтальна передача тепла.

**35. Вертикальний градієнт температури це:**

- а) зростання температури з висотою;
- б) зниження температури з висотою;
- в) зміна температури повітря на 100 м. висоти;
- г) встановлення однакових температур на різних висотах;
- д) шар на протязі якого температура змінюється на  $1^{\circ}\text{C}$ .

**36. Температурна інверсія це:**

- а) змішування різних за температурою повітряних мас;
- б) прогрівання верхніх шарів ґрунту;
- в) зростання температури повітря з висотою;
- г) зміна температури повітря по горизонталі;
- д) передача тепла по вертикалі.

**37. Стратифікація атмосфери це:**

- а) надходження тепла від стратосфери в тропосферу;

- б) розподіл температури в атмосфері з висотою;
- в) поділ атмосфери на тропо-страто-мезо-термосфери;
- г) передача тепла від одного горизонту до іншого;
- д) прогрівання стратосфери.

**38. Адіабатичне перенесення повітря це:**

- а) перенесення великих об'ємів повітря майже без обміну теплом з оточуючим середовищем;
- б) скочування повітря вниз по схилу;
- в) горизонтальне переміщення повітряних мас;
- г) зміна об'єму повітря при зміні температури;
- д) газообмін між тропо і мезосферами.

**39. Стан атмосфери стійкий:**

- а) якщо температура з висотою не змінюється;
- б) якщо ВГТ буде меншим 1;
- в) якщо ВГТ буде близьким до 1;
- г) якщо ВГТ більше за 1;
- д) при проходженні антициклону.

**40. Стан атмосфери байдужий якщо:**

- а) небо вкрите хмарами;
- б) ВГТ буде близьким 1;
- в) ВГТ значно відрізнятиметься від 1;
- г) сильно нагрівається підстилаюча поверхня;
- д) ВГТ більше 1.

**41. Стан атмосфери нестійкий коли:**

- а) ВГТ буде значно меншим 1;
- б) небо вкрите кучугурно-дошовими хмарами;
- в) ВГТ більший 1;
- г) відбувається турбулентний рух повітря;
- д) випадають опади.

**42. Амплітуда температур повітря це:**

- а) сума самих високих і самих низьких температур;
- б) різниця між найменшими і найбільшими значеннями температур;
- в) сума середньодобових температур;

- г) швидкість зміни температур;
- д) верхня межа тропосфери.

**43. Характеристики температурного режиму територій це:**

- а) середні, максимальні і мінімальні температури і суми температур - активних, ефективних;
- б) кількість тепла яка надходить на дану територію;
- в) швидкість змін крайніх температурних величин;
- г) амплітуди температур самих теплого і холодного місяців;
- д) тривалість безморозного періоду.

**44. Вологість повітря це:**

- а) вміст водяної пари в атмосфері;
- б) кількість водяної пари в атмосфері, виражена у %;
- в) процес зниження температури повітря до точки роси;
- г) хмари і туман;
- д) точка переходу рідкої води у газоподібну.

**45. Абсолютна вологість це:**

- а) кількість вологи в %, яка міститься в  $1 \text{ м}^3$  повітря;
- б) температура, при якій відбувається конденсація водяної пари;
- в) маса водяної пари в г, яка міститься в  $1 \text{ м}^3$  повітря;
- г) різниця між максимальними фактичним насиченням;
- д) сума газоподібної вологи.

**46. Відносні вологість повітря це:**

- а) відношення абсолютної вологості до сухого повітря;
- б) відношення фактичної насиченості до максимальної при даній температурі;
- в) парціальний тиск водяної пари;
- г) різниця між максимальним і фактичним насиченням;
- д) кількість рідкої вологи.

**47. Точка роси це:**

- а) волога яка конденсується на поверхні предметів;
- б) точка в якій абсолютна і відносна вологості співпадають;
- в) явище значного зростання вологості повітря;
- г) температура повітря, при якій водяна пара в ньому за



даного тиску сягає стану максимального насичення;

д) верхня частина листка.

**48. Випаровування це:**

а) утворення туману;

б) перехід речовини з рідкого стану в газоподібний;

в) витрата води рослинами;

г) висихання твердої поверхні;

д) конденсація.

**49. Коефіцієнт транспірації це:**

а) кількість води, яка необхідна рослині для одержання урожаю;

б) кількість води, яка необхідна рослині для утворення одиниці сухої речовини рослинної маси;

в) відношення випарованої вологи до поглинутої;

г) різниця між поглинутою вологою і приростом рослини;

д) відношення опадів до суми температур.

**50. Сублімація це:**

а) процес переходу водяної пари в твердий стан;

б) перехід води з твердого стану в газоподібний;

в) утворення туману над водною поверхнею;

г) утворення туману над льодом;

д) перехід вуглекислоти у хлорофіл.

**51. Необхідні умови конденсації**

а) зниження вологості повітря і температури;

б) зростання вологості повітря;

в) змішування двох мас повітря з різними температурами;

г) насиченість водяними парами понад 100% і наявність ядер конденсації;

д) наявність хмар.

**52. Продуктами конденсації у вільній атмосфері є:**

а) хмари;

б) дощ і сніг;

в) роса, іній, паморозь;

г) град і іній;

д) вільна органічна речовина.

**53. Наземні продукти конденсації і сублімації:**

- а) дощ і сніг;
- б) туман;
- в) роса, іній, паморозь, ожеледиця;
- г) шар води в твердому або рідкому стані який випадає з хмар;
- д) рослинний покрив.

**54. Ядра конденсації це:**

- а) водяна пара, яка осідає на холодні предмети;
- б) дрібні частки гірських порід, ґрунту, рослин, тверді, продукти горіння, які підвішені в атмосфері;
- в) кристалики льоду в атмосфері;
- г) туман;
- д) верхні частини гострих предметів

**55. Хмари це:**

- а) системи підвищених в атмосфері продуктів конденсації або сублімації водяної пари;
- б) зони атмосфери з підвищеною вологістю;
- в) циклонічні вихри;
- г) атмосферні скупчення, які знижують прозорість атмосфери;
- д) зустрічне випромінювання.

**56. Атмосферні опади це:**

- а) осідання хмар на підстильну поверхню;
- б) вода в рідкому або твердому стані, яка випадає з хмар, або утворюється безпосередньо на земній поверхні;
- в) наземні продукти конденсації;
- г) поживні рештки, які опали на землю;
- д) тверда фаза атмосфери.

**57. Рідкі опади це:**

- а) туман, мряка, дощ;
- б) розчинені у воді хімічні елементи;
- в) сума води, яка осідає на підстильну поверхню;

- г) роса, мряка, дощ;
- д) рідка фаза атмосфери.

**58. Вологозабезпеченість території характеризується:**

- а) кількістю опадів за рік;
- б) кількістю опадів за вегетаційний період;
- в) гідротехнічним коефіцієнтом або коефіцієнтом зволоження;
- г) іншими показниками;
- д) кількістю води на 1 людину

**59. Основну кількість опадів в степу забезпечують:**

- а) хмари вертикального розвитку;
- б) хмари нижнього ярусу;
- в) хмари середнього ярусу;
- г) хмари верхнього ярусу;
- д) зрошувальні канали.

**60. Рослинам доступна волога:**

- а) максимальна гігроскопічна;
- б) що знаходиться в міжкапілярних порожнинах;
- в) в інтервалі від НВ до ВВ;
- г) в інтервалі від повної до найменшої вологоємкості;
- д) поливна.

**61. Вітер вимірюється:**

- а) напрямком, швидкістю, поривністю;
- б) в метрах кубічних за секунду;
- в) в інтервалі від 10 до 100 км;
- г) шаром рухомого повітря в приземному шарі;
- д) анероїдом.

**62. Роза вітрів це:**

- а) найбільш приємна для відчуття швидкість вітру;
- б) графічне зображення напрямків вітрів;
- в) графічно узгоджене зображення напрямку і сили вітру;
- г) переважаючий напрямок вітру;
- д) дзеркальне відображення флюгера.

**63. Причини вітру:**

- а) зміна температури з висотою;
- б) чергування пір року і дня і ночі;
- в) різниця атмосферного тиску в різних точках земної поверхні;
- г) перепад абсолютних висот місцевості;
- д) наявність морів і континентів.

**64. Розу вітрів використовують:**

- а) для боротьби із задимленням;
- б) для захисту посівів від суховіїв;
- в) при розрахунку вітрозахисних смуг;
- г) при проектуванні промислових підприємств, лісосмуг і т.п.;
- д) для будівництва вітроелектростанцій.

**65. Атмосферний фронт це:**

- а) перехідна зона між двома повітряними масами;
- б) смуга зустрічі повітряної маси з підстильною поверхнею;
- в) напрямок руху повітряних мас;
- г) ширина полоси зайнятої певною повітряною масою;
- д) взаємодія циклону з підстильною поверхнею.

**66. Циклон це:**

- а) область зниженого тиску;
- б) вихороподібна область підвищеного атмосферного тиску;
- в) дощовий період погоди;
- г) атмосфера над океаном;
- д) лійкоподібне заглиблення в атмосфері.

**67. Антициклон це:**

- а) область зниженого атмосферного тиску;
- б) область підвищеного атмосферного тиску;
- в) сезон нестабільної погоди;
- г) атмосфера над океаном;
- д) лійкоподібна випуклість у атмосфері.

**68. Синоптична карта це:**

- а) карта поширення дощів;
- б) карта території сухої погоди;

- в) карта, на якій умовними знаками нанесені результати одночасних спостережень багатьох метеостанцій;
- г) карта прогнозу погоди;
- д) графічне зображення хмарності.

**69. Приморозки адвективні:**

- а) зумовлюються інтенсивним охолодженням активного шару в результаті випромінювання в ясні ночі;
- б) виникають при скочуванні холодного повітря вверх по схилу;
- в) є наслідком різкого зростання атмосферного тиску;
- г) виникають при вторгненні холодного арктичного повітря;
- д) створюють небезпеку хлібним злакам.

**70. Заморозки радіаційні:**

- а) зумовлюються інтенсивним охолодженням активного шару в результаті випромінювання в ясні ночі;
- б) виникають при скочуванні холодного повітря вверх по схилу;
- в) є наслідком різкого зростання атмосферного тиску;
- г) виникають при вторгненні холодного арктичного повітря;
- д) створюють небезпеку фауні.

**71. Короткострокові прогнози складаються на підставі:**

- а) інформації радіо і телебачення;
- б) змін циклонів антициклонами;
- в) появи пористих хмар;
- г) аналізу синоптичних карт;
- д) трансформації повітряних мас.

**72. В Україні виділяють такі кліматичні області:**

- а) мусонну, тропічну і середземноморську;
- б) атлантико-континентальну, континентальну і кліматичну область південного берега Криму;
- в) Рівнинну, Карпатську, Кримську;
- г) Лівобережну, Правобережну;
- д) Східно-, Центральну-, і Західноукраїнську.

**73. Кропивницька область входить до складу:**

- а) Атлантико-континентальної і континентальної кліматичних областей;
- б) правобережної кліматичної області;
- в) рівнинної кліматичної області;
- г) центрально української кліматичної області;
- д) лісостепової і степової кліматичних областей.

**74. Вологозабезпеченість території характеризують**

- а) кількість опадів;
- б) континентальність клімату;
- в) температурним режимом;
- г) гідротермічний коефіцієнт;
- д) періодичність опадів.

**75. В тропосфері повітря нагрівається:**

- а) від хмар;
- б) від сонячної радіації;
- в) від стратосфери;
- г) від біосфери;
- д) за рахунок активного шару землі.

**76. До агрокліматичних показників належить:**

- а) тривалість сонячного сяйва і сума фотосинтетичних активної радіації;
- б) суми активних температур, суми опадів і ГТК;
- г) запаси води у снігу і глибина промерзання ґрунту;
- д) агрометеорологічна інформація і її вплив на формування урожаю.

**77. Зливові дощі випадають із хмар:**

- а) шаровато-дощових;
- б) горизонтального розвитку;
- в) вертикального розвитку;
- г) середнього ярусу;
- д) нижнього ярусу.

**78. Кропивниччина знаходиться в кліматичному поясі:**

- а) морському;

- б) середземноморському;
- в) внутріконтинентальному;
- г) центрально-українському;
- д) сухих субтропіків.

**79. Альбедо – це:**

- а) відношення відбитої частини радіації до сумарної;
- б) здатність атмосфери пропускати промені Сонця;
- в) здатність атмосфери затримувати довгохвильове випромінювання;
- г) зустрічне випромінювання атмосфери;
- д) відбита радіація.

**80. Вертикальний градієнт температури – це:**

- а) зниження температури повітря з висотою;
- б) підвищення температури повітря з глибиною;
- в) зміна температури повітря на 10 м висоти;
- г) зміна температури повітря на 100 м висоти;
- д) зміна температури повітря на 1000 м висоти.

**81. Якщо ВГТ=1, то стан атмосфери буде:**

- а) стійким;
- б) нестійким;
- в) байдужим;
- г) збудженим;
- д) активним.

**82. Нижні шари атмосфери нагріваються:**

- а) за рахунок активної дії Сонця;
- б) за рахунок господарської діяльності людей;
- в) за рахунок променевої енергії космосу;
- г) за рахунок турбулентного руху повітря;
- д) за рахунок активного шару Землі.

**83. До основних метеорологічних елементів належать:**

- а) планети сонячної системи;
- б) атмосферний тиск, температура і вологість повітря, вітер, опади;
- в) барометр, термометр, гігрометр, флюгер, опадомір;

- г) метеостанція, гідрометеоцентр, світові центри погоди;
- д) атмосфера, гідросфера, літосфера, біосфера.

**84. В Кропивницькій області випадає атмосферних опадів:**

- а) 2 метри;
- б) 100 сантиметрів;
- в) 500 міліметрів;
- г) 300 кубометрів;
- д) 700 міліметрів.

**85. Изобари – це:**

- а) зміна тиску вздовж горизонталі;
- б) лінії із постійною температурою повітря;
- в) прилади для вимірювання барометричного тиску над рівнем моря;
- г) різниця тиску через 100 метрів висоти;
- д) лінії на карті, які з'єднують точки з однаковим атмосферним тиском.

**86. Відносна вологість повітря – це:**

- а) відношення фактичної насиченості до максимальної;
- б) вміст водяної пари в атмосфері;
- в) відношення поглинутої атмосферою вологи до виділеної;
- г) різниця між газоподібною і рідкою фазами води повітря;
- д) висяча пара.

**87. Вологість повітря буває:**

- а) висока і надмірна;
- б) відносна і абсолютна;
- в) понижена і недостатня;
- г) оптимальна;
- д) дефіцитна і зайва.

**88. Обложні дощі випадають із хмар:**

- а) верхнього ярусу;
- б) середнього ярусу;
- в) нижнього ярусу;
- г) вертикального розвитку;
- д) купчасто-дощових.



**89. Озоновий шар знаходиться:**

- а) над полюсами
- б) над промисловими центрами;
- в) у верхньому шарі тропосфери;
- г) на висоті 20=25 км;
- д) у верхніх шарах стратосфери.

**90. Озоновий шар утворюється під впливом:**

- а) ультрафіолетових променів Сонця;
- б) надходження у атмосферу фреонів;
- в) взаємодії вуглекислого газу з киснем;
- г) взаємодії кисню з азотом;
- д) літальних апаратів.

**91. Атмосферне повітря складається із:**

- а) тропосфери, тропопаузи, стратосфери, мезосфери, мезопаузи, термосфери, екзосфери;
- б) атмосферного тиску, температури, ізобар;
- в) азоту, кисню, аргону, вуглекислого газу;
- г) твердих компонентів;
- д) рідких і газоподібних компонентів.

**92. Парниковий ефект забезпечується:**

- а) наявністю стекол в оранжереї;
- б) наявністю шару ґною на глибині 30-40 см;
- в) здатністю атмосфери пропускати короткохвильову радіацію і затримувати довгохвильову;
- г) здатністю променів Сонця нагрівати Землю;
- д) здатністю людини будувати оранжереї.

**93. Абсолютна вологість повітря – це:**

- а) маса водяної пари в г, яка міститься в 1 м<sup>3</sup> повітря;
- б) кількість вологи в 1 кг повітря, виражена у г;
- в) абсолютний показник насиченості повітря вологою;
- г) парціальний тиск Водяної пари у мілібарах;
- д) різниця між температурою повітря і точкою роси.

**94. Точка роси – це:**

- а) верхня частина гострого предмета або листка рослини;

- б) температура повітря, при якій водяна пара досягає стану максимального насичення;
- в) різниця вечірньої і ранкової температури;
- г) кількість води, яка є надлишковою в атмосфері;
- д) прируслова частина берега річки.

**95. Транспірація – це:**

- а) перетворення світлової енергії у теплову;
- б) передача тепла і вологи у глибинні шари ґрунту;
- в) випаровування води рослинами при фотосинтезі;
- г) поглинання води рослинами з ґрунту;
- д) перехід води із газоподібного стану у рідкий.

**96. Озоновий шар:**

- а) відбиває теплові потоки;
- б) затримує метеоритні потоки на Землю;
- в) поглинає ультрафіолетові промені;
- г) забезпечує парниковий ефект;
- д) розділяє тропосферу і стратосферу.

**97. Тверді або рідкі речовини, що знаходяться в атмосфері - це:**

- а) хмари;
- б) дощ і град;
- в) наслідки сублімації і конденсації;
- г) аерозолі;
- д) залишки метеоритів.

**98. Баричний ступінь використовують при:**

- а) барометричному нівелюванні;
- б) нанесенні ізобар на карту погоди;
- в) розрахунку температури повітря у верхніх шарах атмосфери;
- г) проектуванні доріг;
- д) побудові барометрів і барографів.

**99. Максимальна кількість вологи міститься у повітрі:**

- а) холодному;
- б) теплому;

- в) високо у горах;
- г) у тундрі;
- д) у розрідженому.

**100. Людина при диханні поглинає з повітря кисень, а рослина:**

- а) азот;
- б) вуглекислий газ;
- в) озон;
- г) пари води;
- д) кисень.

**101. Сублімація – це:**

- а) білий сніг на земному листі;
- б) процес переходу води з твердого стану у пар;
- в) процес переходу водяної пари у твердий стан;
- г) процес переходу водяної пари у рідкий стан;
- д) налипання капель води навколо ядра.

**102. Конденсація водяної пари – це:**

- а) випаровування із відкритої водяної поверхні;
- б) випаровування із поверхні ґрунту;
- в) випаровування із листкової поверхні;
- г) процес переходу водяної пари у рідкий стан;
- д) утворення грозових пар.

**103. У вільній атмосфері продуктами конденсації є:**

- а) хмари;
- б) туман;
- в) дощ;
- г) атмосферні опади;
- д) сублімація.

**104. Хмари є результатом:**

- а) конденсації у вільній атмосфері;
- б) випаровування води з підстильної поверхні;
- в) взаємодії холодного і теплого фронту;
- г) згущення атмосфери на певних висотах;
- д) оптичним явищем атмосфери.

**105. Туман є:**

- а) хмарою у приземному шарі;
- б) різновидом дощу;
- в) продуктом конденсації біля земної поверхні;
- г) продуктом випаровування із земної поверхні;
- д) перенасичена волога у атмосфері.

**106. Роса – це:**

- а) різновид атмосферних опадів;
- б) продукт конденсації на земній поверхні;
- в) результат взаємодії туману і трави;
- г) результат взаємодії двох повітряних мас;
- д) результат взаємодії транспірації рослин.

**107. Іній – це:**

- а) різновид снігу;
- б) вода у твердому стані;
- в) наслідок переохолодження поверхонь;
- г) результат взаємодії туману і землі;
- д) продукт конденсації на земній поверхні.

**108. Атмосферні опади мають максимум:**

- а) зимою;
- б) весною;
- в) літом;
- г) осінню;
- д) весною і осінню.

**109. Мінімум атмосферних опадів спостерігається:**

- а) зимою;
- б) весною;
- в) літом;
- г) осінню;
- д) весною і літом.

**110. Зливові дощі випадають із хмар:**

- а) верхнього ярусу;
- б) середнього ярусу;
- в) нижнього ярусу;
- г) вертикального розвитку;

д) горизонтального розвитку.

**111. Обложні дощі випадають із хмар:**

- а) горизонтального розвитку;
- б) вертикального розвитку;
- в) нижнього ярусу;
- г) середнього ярусу;
- д) верхнього ярусу.

**112. Мало інтенсивні дощі випадають із хмар:**

- а) верхнього ярусу;
- б) середнього ярусу;
- в) нижнього ярусу;
- г) горизонтального розвитку;
- д) вертикального розвитку.

**113. Не дають опадів хмари:**

- а) верхнього ярусу;
- б) середнього ярусу;
- в) нижнього ярусу;
- г) вертикального розвитку;
- д) горизонтального розвитку.

**114. Град випадає із хмар:**

- а) горизонтального розвитку;
- б) вертикального розвитку;
- в) верхнього ярусу;
- г) середнього ярусу;
- д) нижнього ярусу.

**115. Водозабезпеченість території характеризують:**

- а) кількістю опадів;
- б) континентальністю клімату;
- в) температурним режимом;
- г) гідротермічним коефіцієнтом;
- д) періодичністю опадів.

**116. Приморозки бувають:**

- а) зимові;

- б) весняні;
- в) літні;
- г) адвентивні і радіаційні;
- д) осінньо-зимові.

**117. Розу вітрів складають на підставі:**

- а) перепаду атмосферного тиску;
- б) синоптичної карти;
- в) даних про напрямки вітрів;
- г) показань анеометра і флюгера;
- д) динаміки хмарності.

**118. Відносна вологість повітря найвища:**

- а) на екваторі і узбережжі Північного Льодовитого океану;
- б) у Карпатах і на Кавказі;
- в) у степах;
- г) на узбережжі морів;
- д) у лісовій зоні.

**119. По характеру утворення аерозолі бувають:**

- а) диспергаційні і конденсаційні;
- б) гігроскопічні і антропогенні;
- в) континентальні і морські;
- г) механічні і хімічні;
- д) органічні.

**120. Смог – це:**

- а) густий туман;
- б) передсвітанкова конденсація у приземній атмосфері;
- в) надмірна кількість аерозолів у містах;
- г) аерозолі біологічного походження;
- д) аерозолі хімічного походження.

**121. Для боротьби із смогом необхідно:**

- а) розсіювати аерозолі у повітрі;
- б) осаджувати аерозолі водою;
- в) одягати протигази;
- г) встановлювати пило-газо-уловлюючі пристрої;
- д) зупиняти шкідливі виробництва.

**122. Тропопауза – це:**

- а) просіка у тропічному лісі;
- б) перехідний шар між тропосферою і стратосферою;
- в) перехідний шар між тропосферою і літосферою;
- г) перехідний шар між тропосферою і атмосферою;
- д) розриви у тропосфері.

**123. Атмосферний тиск – це:**

- а) сила, з якою дві повітряні маси тиснуть одна на одну;
- б) сила, з якою тисне на одиницю підстильної поверхні маса вертикального стовпа повітря;
- в) різниця між верхнім і нижнім замірами тиску у барометрі;
- г) величина стиснення мембран у анероїді;
- д) вага ртуті у ртутному барометрі.

**124. Для конденсації водяної пари необхідно:**

- а) наявність конденсаторів у атмосфері;
- б) насиченість водяними парами більше 100 % і наявність ядер конденсації;
- в) зниження температури до точки роси;
- г) підвищення температури до точки роси;
- д) зміна атмосферного тиску у бік зростання.

**125. По фазовому стану атмосферні опади поділяються на:**

- а) теплі і холодні;
- б) літні і зимові;
- в) тверді, м'які, рідкі, змішані;
- г) сухі і мокрі;
- д) ранкові, денні, нічні.

**126. Вологість повітря вимірюють:**

- а) сорбентами і адсорбентами;
- б) опадомірами і барографами;
- в) гігрометрами, гігрографами, психрометрами;
- г) кількістю поглиненої води;
- д) ступенем насиченості.

**127. Вологість повітря буває:**

- а) понижена;

- б) підвищена;
- в) середня;
- г) максимальна і мінімальна;
- д) абсолютна і відносна.

**128. Озоновий шар:**

- а) сприяє загару;
- б) створює парниковий ефект;
- в) відбиває зустрічну радіацію;
- г) підвищує сонячну радіацію;
- д) поглинає ультрафіолетові промені.

**129. Найбільше опадів в Україні випадає:**

- а) на узбережжях морів;
- б) у підніжжях гір;
- в) на вершинах гір;
- г) на поліссі;
- д) західних областях.

**130. Першою книгою по метеорології є:**

- а) праця Аристотеля про причини змін погоди;
- б) праця В.В. Докучаєва про чорноземи;
- в) праця про створення метеорологічного департаменту міністерства погоди в Англії;
- г) статут Всесвітнього метео-конгресу;
- д) календар погоди А.І. Воєйкова.

**131. Хмари – це:**

- а) завислі в атмосфері продукти конденсації або сублімації водяної пари;
- б) туман у верхніх шарах тропосфери;
- в) оптичне явище в атмосфері;
- г) зони із підвищеною вологістю повітря;
- д) смог у вищих шарах атмосфери.

**132. Клімат – це:**

- а) кількість тепла і вологи, що надходять на Землю;
- б) стан погоди над певною територією;
- в) багаторічний режим погоди в даній місцевості;



- г) результат взаємодії атмосфери з літосферою;
- д) відношення температури до зволоження.

**133. Найкращі умови для загару:**

- а) у похмурі дні;
- б) в обідню пору;
- в) у ранкові і після полуденні години;
- г) у горах;
- д) на березі моря.

**134. Малі дози УФ променів у людей і тварин:**

- а) сприяють утворенню вітаміну Д;
- б) спричиняють канцерогенну дію на шкіру;
- в) недостатні для утворення меланіну;
- г) позитивної і негативної дії не визивають;
- д) згубно діють на все живе.

**135. Вертикальний градієнт температури показує:**

- а) висоту, протягом якої температура змінюється на  $10^0\text{C}$ ;
- б) зміну температури поверхні на 100 м висоти;
- в) зміну температури ґрунту на 1 м глибини;
- г) зміну температури повітря на 1000 м висоти;
- д) різницю температур на поверхні ґрунту і на висоті 2 м.

**136. Верхній шар ґрунту нагрівається від:**

- а) сонячних променів;
- б) приземного повітря;
- в) нижніх шарів ґрунту;
- г) енергії фотосинтезу;
- д) травостою.

**137. Чим коротша довжина світлової хвилі, тим:**

- а) краща проникність крізь атмосферу;
- б) гірша проникність крізь атмосферу;
- в) більше теплової енергії вони несуть;
- г) менше теплової енергії вони несуть;
- д) яскравіші промені.

**138. Зустрічне випромінювання – це:**

- а) випромінювання Землі у атмосферу;
- б) атмосферне випромінювання у бік Землі;
- в) відбиті промені від дзеркальної поверхні;
- г) сонячні промені назустріч Землі;
- д) космічні промені у бік Землі.

**139. Ефективне випромінювання – це те, яке:**

- а) забезпечує фотосинтез;
- б) є різницею між випромінюванням Землі і зустрічним випромінюванням атмосфери;
- в) створює тепловий і світловий ефект;
- г) є сумою прямого і зустрічного випромінювання;
- д) є різницею прямого і зустрічного випромінювання.

**140. Парниковий ефект забезпечується:**

- а) наявністю озону у атмосфері;
- б) здатністю атмосфери акумулювати тепло;
- в) здатністю атмосфери затримувати довгохвильове земне випромінювання;
- г) наявністю атмосфери;
- д) поглинальною властивістю літосфери.

**141. Випромінювання тепла відбувається від:**

- а) Сонця;
- б) Місяця;
- в) Зірок;
- г) Землі у теплу пору року;
- д) Всіх тіл з температурою більше  $-273^{\circ}\text{C}$ .

**142. Інсоляція – це:**

- а) накопичення солей при випаровуванні води;
- б) передача тепла від верхніх шарів ґрунту у глибші;
- в) віддача тепла ґрунтом у атмосферу;
- г) передача тепла від атмосфери у ґрунт;
- д) випромінювання тепла у космос.

**143. Постійна річна температура у ґрунті:**

- а) з глибини 20 м;
- б) з глибини 10 м;
- в) з глибини 30 м;
- г) з глибини 33 м;
- д) з глибини 100 м.

**144. Сума активних температур – це:**

- а) різниця між максимальними і мінімальними температурами;
- б) сума максимальних температур;
- в) сума середніх добових температур вище  $+10^{\circ}\text{C}$ ;
- г) сума середніх добових температур вище  $+5^{\circ}\text{C}$ ;
- д) сума середніх добових температур вище  $0^{\circ}\text{C}$ .

**145. Аспіраційним психрометром вимірюють:**

- а) напрямок і силу вітру;
- б) висоту хмарності;
- в) тривалість сонячного сяння;
- г) психрометричний стан атмосфери;
- д) температуру і вологість повітря.

**146. Місцевим кліматом називають клімат:**

- а) в районі метеостанції;
- б) поблизу житлового масиву;
- в) невеликих територій, достатньо однорідних за природними умовами;
- г) міст і селищ міського типу;
- д) який істотно відрізняється від оточуючого.

**147. Центральна частина Кропивниччини по клімату:**

- а) сприятлива для сільськогосподарського виробництва;
- б) не сприятлива для сільськогосподарського виробництва;
- в) сприятлива для хворих шлунково-кишковими захворюваннями;
- г) сприятлива для хворих серцево-судинною системою і органами дихання.
- д) не сприятлива для рекреації.

**148. Риси морського клімату властиві:**

- а) Закарпатській кліматичній під області;
- б) лісостеповій частині України;
- в) степовій частині України;
- г) Криму;
- д) причорноморському краю.

**149. Вітрова ерозія ґрунтів спричиняється:**

- а) безлісовим ландшафтом;
- б) пиловими бурями;
- в) сильним вітром;
- г) відсутністю дощів;
- д) посухою.

**150. Максимальна насиченість повітря вологою спостерігається:**

- а) вночі;
- б) ранком;
- в) весною;
- г) зимою;
- д) літом в полуденні години.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	3
Предмет і завдання агрометеорології .....	4
Коротка історія агрометеорології .....	5
Методи агрометеорологічних досліджень .....	6
Використання біологічних законів землеробства у агрометеорології .....	7
Погода .....	8
<b>1. АТМОСФЕРА</b> .....	9
1.1. Будова атмосфери .....	9
1.2. Склад приземного шару атмосфери .....	11
1.3. Значення основних газів повітря для біосфери .....	12
1.4. Озоновий шар атмосфери і його значення .....	14
1.5. Аерозолі, забруднення атмосфери і методи боротьби з ними .....	16
1.6. Атмосферний тиск .....	17
1.7. Баричний ступінь .....	18
1.8. Ізобари, горизонтальний баричний градієнт .....	18
1.9. Способи дослідження атмосфери .....	18
Практична робота № 1 .....	19
<b>2. ПРОМЕНИСТА ЕНЕРГІЯ</b> .....	23
2.1. Сонячна радіація .....	23
2.2. Види радіаційних потоків .....	23
2.3. Спектральний склад сонячної радіації .....	25
2.4. Ультрафіолетові промені і їх біологічна дія .....	26
2.5. Фотосинтетично активна радіація .....	28
2.6. Вплив освітленості на рослини .....	29
2.7. Зміна сонячних променів в атмосфері (поглинання, розсіювання, ослаблення) .....	31
2.8. Освітленість. Сутінки .....	32
2.9. Радіаційний баланс і його складові .....	33
2.10. Альbedo .....	34
2.11. Довгохвильове випромінювання Землі і атмосфери .....	35
2.12. Значення сонячної енергії для біосфери .....	36
2.13. Способи вимірювання радіації .....	37
Практична робота № 2 .....	37
<b>3. ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ҐРУНТУ</b> .....	46
3.1. Процеси нагрівання і охолодження ґрунту .....	46
3.2. Теплофізичні характеристики ґрунту .....	46

3.3. Закономірності розподілу тепла в ґрунті .....	47
3.4. Значення температури ґрунту для рослин і шляхи її оптимізації .....	50
3.5. Методи вимірювання температури ґрунту .....	51
3.6. Нагрівання і охолодження води .....	52
Практична робота № 3 .....	53
<b>4. ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ПОВІТРЯ .....</b>	<b>56</b>
4.1. Процеси нагрівання і охолодження повітря .....	56
4.2. Вертикальний градієнт температури .....	57
4.3. Розподіл температури повітря по вертикалі в тропосфері .....	59
4.4. Добовий і річний хід температури повітря .....	60
4.5. Характеристика температурного режиму території і вимоги рослин до тепла .....	62
4.6. Вимірювання температури повітря .....	63
Практична робота № 4 .....	64
<b>5. ВОДА В АТМОСФЕРІ І В ҐРУНТІ .....</b>	<b>70</b>
5.1. Водяна пара в атмосфері .....	70
5.2. Вологість повітря, способи визначення .....	70
5.3. Часова і просторова динаміка вологості повітря .....	72
5.4. Значення вологості повітря для сільськогосподарського виробництва і людини .....	72
5.5. Випаровування і транспірація .....	73
5.6. Конденсація і сублімація водяної пари, умови і продукти .....	74
5.7. Хмари. Утворення і класифікація .....	75
5.8. Атмосферні опади, їх види .....	77
5.9. Географічний розподіл опадів .....	78
5.10. Значення опадів для сільського господарства .....	79
5.11. Ґрунтова волога .....	80
5.12. Методи вимірювання вологості повітря, ґрунту, кількості опадів .....	82
Практична робота № 5 .....	82
<b>6. РУХ ПОВІТРЯ В АТМОСФЕРІ .....</b>	<b>97</b>
6.1 Вітер. Причини, одиниця виміру, роза вітрів .....	97
6.2. Загальна циркуляція атмосфери .....	98
6.3. Повітряні маси .....	99
6.4. Атмосферні фронти .....	100
6.5. Циклони .....	101

6.6. Антициклони .....	101
6.7. Синоптична карта. Прогнози погоди .....	102
Практична робота № 6 .....	102
<b>7. НЕБЕЗПЕЧНІ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАР- СТВА МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ЯВИЩА .....</b>	<b>105</b>
7.1. Метеоявища, небезпечні у теплу пору року .....	105
7.2. Небезпечні явища в зимовий період .....	111
<b>8. КЛІМАТОЛОГІЯ .....</b>	<b>115</b>
8.1. Загальні відомості про клімат і кліматологію .....	115
8.2. Класифікація кліматів .....	116
8.3. Клімат України .....	117
8.4. Особливості клімату Кропивниччини .....	118
8.5. Зміни і коливання клімату .....	119
8.6. Значення клімату для життя людей .....	119
8.7. Вплив людини на клімат .....	119
8.8. Агроекологічні характеристики клімату .....	120
8.9. Місцевий клімат і мікроклімат .....	120
<b>ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>121</b>
Додатки .....	122
Кліматична характеристика Кропивницької області .....	124
Підсумковий тест по модулю для складання іспиту .....	127

# **АГРОМЕТЕОРОЛОГІЯ**

**Навчальний посібник**

ф.П. Топольний

П.Г. Лузан