

Міністерство освіти і науки України
Національний університет “Одеська політехніка”

Методичні вказівки до лабораторних занять
«МЕТЕОРОЛОГІЯ ТА КЛІМАТОЛОГІЯ»
для здобувачів денної і заочної форми навчання першого
(бакалаврського) рівня спеціальності 101 “Екологія” освітньої
програми “Екологічна безпека”

Одеса 2024

Міністерство освіти і науки України
Національний університет “Одеська політехніка”
Кафедра екологічної безпеки та гідравліки

Методичні вказівки до лабораторних занять
«МЕТЕОРОЛОГІЯ ТА КЛІМАТОЛОГІЯ»
для здобувачів денної і заочної форми навчання першого
(бакалаврського) рівня спеціальності 101 “Екологія” освітньої
програми “Екологічна безпека”

Затверджено
на засіданні кафедри
екологічної безпеки та
гідравліки
Протокол № 13
Від 28.06.2024

Одеса 2024

Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни
«Метеорологія та кліматологія» для здобувачів денної і заочної форми
навчання першого (бакалаврського) рівня спеціальності 101 “Екологія”
освітньої програми “Екологічна безпека”/ Укл.: Мельник С.В. Одеса:
Національний університет «Одеська політехніка», 2024. – 52 с.

Укладач С. В. Мельник
канд. техн. наук, доц.

Зміст

<u>1 Температура ґрунту і повітря</u>	5
<u>1.1 Загальні відомості з термометрії</u>	5
<u>1.2 Види термометрів</u>	5
<u>1.3 Вимір температури поверхні ґрунту</u>	6
<u>1.4 Вимір температури ґрунту на різних глибинах</u>	9
<u>1.5 Вимір температури повітря</u>	10
<u>1.6 Практичне завдання</u>	10
<u>1.7 Контрольні питання</u>	11
<u>2 Атмосферного тиску</u>	11
<u>2.1 Одиниці виміру атмосферного тиску</u>	11
<u>2.2 Прилади для виміру атмосферного тиску</u>	12
<u>2.3 Вимір атмосферного тиску з висотою</u>	14
<u>2.4 Практичне завдання</u>	15
<u>2.5 Контрольні питання</u>	16
<u>3 Вологості повітря</u>	16
<u>3.1 Величини, що характеризують вологість повітря</u>	16
<u>3.2 Методи виміру вологості повітря</u>	18
<u>3.3 Прилади для виміру вологості повітря</u>	20
<u>3.4 Практичне завдання</u>	24
<u>3.5 Контрольні питання</u>	25
<u>4. Напрямок і швидкість вітру</u>	26
<u>4.1 Елементи вітру</u>	26
<u>4.2 Прилади для виміру напрямку і швидкості вітру</u>	27
<u>4.3 Практичне завдання</u>	30
<u>4.4 Контрольні питання</u>	30
<u>5 Вивчення будови атмосфери Землі</u>	31
<u>5.1 Походження атмосфери Землі</u>	31
<u>5.2 Характеристика основних шарів атмосфери</u>	35
<u>5.3 Практичне завдання</u>	39
<u>5.4 Контрольні питання</u>	39
<u>6 Сонячна радіація</u>	39
<u>6.1 Види сонячної радіації і одиниці виміру</u>	40
<u>6.2 Методи виміру сонячної радіації</u>	42
<u>6.3 Прилади для виміру сонячної радіації</u>	44
<u>6.4 Практичне завдання</u>	44
<u>6.5 Контрольні питання</u>	45
<u>7. Спостереження над хмарами</u>	45
<u>7.1 Визначення кількості хмар</u>	45
<u>7.2 Визначення форм хмар</u>	46
<u>7.3 Практичне завдання</u>	48
<u>7.4 Контрольні питання</u>	49
<u>8 Клімат і порівняльні характеристики клімату Одеської області.</u>	49
<u>8.1 Коротка біокліматична характеристика навколишнього середовища</u>	49
<u>8.2 Кліматограми метеостанцій</u>	51

8.3 Практичне завдання

52

8.4 Контрольні питання

54

1 Визначення температури ґрунту і повітря

Завдання

1. Опишіть характеристику основних видів термометрів, які застосовуються для виміру температури ґрунту і повітря.
2. Дайте короткий опис пристрою, установки, правил і обробки спостережень по приладах:
 - а) для виміру температури поверхні ґрунту;
 - б) для виміру температури ґрунту на різних глибинах;
 - в) для виміру температури повітря.
3. Виміряйте температуру ґрунту і повітря.-----
4. Побудуйте графіки зміни температури повітря і ґрунту на різних висотах і глибинах.
5. Дайте письмову відповідь на контрольні питання.

1.1 Загальні відомості з термометрії

Термічні умови - дуже важливий метеометричний показник. Для своєчасного обліку і правильного використання термічних ресурсів необхідно вести спостереження за температурою ґрунту і повітря.

Температура будь-якого середовища вимірюється термометрами. Одиницею виміру температури є градус. До останнього часу за міжнародною шкалою для визначення градуса брали два значення температури. Одне з них відповідає температурі плавлення льоду (0°), інше - температурі пари киплячої води (100°). Градусом за міжнародною шкалою називається $1/100$ частина інтервалу 0 і 100° .

Х Генеральною конференцією з мір та ваги в 1954 р. прийнято рішення для виміру температури використати термодинамічну температурну шкалу з однією експериментально відтворною постійною точкою - потрійною точкою води, рівної $273,16$ Кельвіна. (До 1968 року мав назву градус Кельвіна).

У США, Англії і деяких країнах колишньої Британської імперії досі використовується температурна шкала Фаренгейта. За нуль в цій шкалі прийнята температура суміші снігу і нашатирю, а за 100°F - нормальна температура людського тіла. За шкалою Фаренгейта 0°C відповідає $+32^{\circ}\text{F}$, а $100^{\circ}\text{C} = +212^{\circ}\text{F}$. Таким чином, $F = (9/5)t + 32$.

1.2 Види термометрів

Для виміру температури повітря і ґрунту використовуються рідинні, термоелектричні, деформаційні термометри і термометри опору.

Рідинні термометри основані на принципі зміни об'єму рідини зі зміною температури. В якості рідини в таких термометрах використовується ртуть або спирт. Ртутні термометри більш чутливі, але ртуть замерзає при $-38,90^{\circ}\text{C}$. Тому для виміру низьких температур користуються спиртовими термометрами.

Рідинний термометр складається з невеликого скляного резервуару циліндричної або кулястої форми, до якого припаяна скляна трубка з капілярним каналом. Резервуар і частина капіляра заповнені рідиною. Відлік температури роблять у більшості термометрів за шкалою із скла молочного світла, яку вставляють за капіляр всередину скляної зовнішньої оболонки термометру. Шкала не повинна мати зміщень відносно капіляра. Тому кріплення шкали має бути дуже міцним. Нижній кінець її спирається на скляне сидло, верхній кінець утримується пробковою і ебонітовою пробками. У останній є спеціальна пружина. У декількох місцях капіляр і шкалу перев'язують ще тонким дротом.

У показання термометрів зі вставними шкалами вводяться шкалові поправки з перевіреного свідоцтва термометра.

Термоелектричні термометри основані на зміні електрорушійної сили термопар, що виникає внаслідок різниці температур спаїв. Термопари можуть бути з міді і константану.

Термометри опору базуються на принципі зміни опору провідників і напівпровідників зі зміною температури. Особливо точні напівпровідникові термометри опору - термістори.

Деформаційні термометри базуються на принципі зміни лінійних розмірів твердих тіл зі зміною температури. Приймачем таких термометрів є біметалічна пластинка або пружинка з міді і заліза.

1.3 Вимір температури поверхні ґрунту

Для виміру температури поверхні ґрунту застосовуються термометри терміновий, максимальний і мінімальний.

Терміновий термометр застосовується для визначення температури поверхні ґрунту в даний момент (термін). Він є ртутним термометром з циліндричним резервуаром і вставною шкалою. Ділення на шкалі нанесені через $0,5^{\circ}$.

Максимальний термометр служить для виміру найвищої, максимальної температури між термінами спостережень. Це ртутний термометр з циліндричним резервуаром і вставною шкалою. Ділення на шкалі нанесені через $0,5^{\circ}$. Максимальне показання термометр зберігає завдяки спеціальному пристосуванню (рис. 1.1). При виготовленні термометра в дно резервуару 1 впаюється скляний штифт 2, верхній кінець якого входить в капіляр 3. В результаті цього вихід з резервуару в капіляр дуже звужений. При підвищенні температури ртуть в резервуарі розширюється і піднімається по капіляру, оскільки сили розширення ртуті більше сил тертя в місці звуження. При пониженні температури ртуть починає зменшуватися в об'ємі. Проте ртуть, що знаходиться в капілярі, не може повернутися в резервуар, оскільки сили тертя в місці звуження значно перевищують сили зчеплення ртуті. Тому у вузькій частині капіляра станеться розрив ртуті, і стовпчик її, який був в капілярі до початку пониження температури, залишиться в ній, показуючи максимальне значення температури.

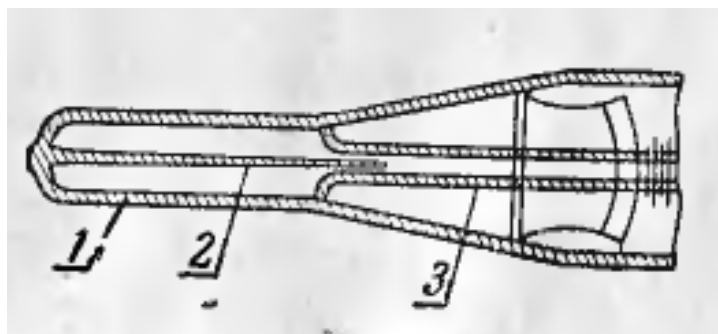


Рисунок 1.1 – Пристосування для збереження максимальних показань термометра.

Для підготовки до наступного відліку максимальний термометр необхідно струсити, щоб перегнати ртуть з капіляра в резервуар. Після струшування показання максимального термометра мають бути близькими до показань термінового. Максимальний термометр встановлюється горизонтально. Оскільки ртуть легко може відходити від резервуару, то при відліках рекомендується злегка підвести кінець термометра, протилежний до резервуару.

Мінімальний термометр застосовують для виміру найнижчої температури за який-небудь проміжок часу. Мінімальний термометр спиртовий, зі вставною шкалою і ціною ділення $0,5^{\circ}$. Резервуар термометра циліндричний або у вигляді вилки. Він наповнений толуолом або безводним етиловим спиртом. Мінімальні показники термометра визначаються по легкому штифтику 1, виготовленому з темного скла з потовщеннями на кінцях (рис. 1.2). При підйомі резервуару термометра штифтик вільно переміщається в спирті, але не виходить з нього, оскільки завдяки своїй легкості не може прорвати поверхневу плівку 2, що обмежує меніск спирту.

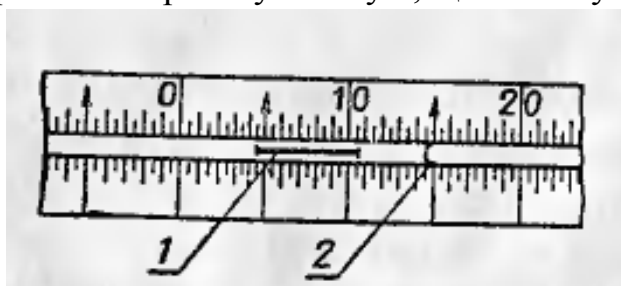


Рисунок 1.2 – Пристосування для відліку мінімальної температури.

Штифтик підібраний таким чином, що сили тертя його об стінки капіляра більше сил розширення спирту і менше сил поверхневого натягнення плівки. Тому при підвищенні температури спирт, розширюючись, вільно обтікає штифт, а при пониженні температури, як тільки поверхнева плівка дійде до штифтика, останній переміщається разом зі спиртом у бік резервуару. Рухається він до тих пір, поки температура знижується. З підвищенням температури рух його припиняється. Тому положення штифтика дає можливість відлічити ту мінімальну температуру, яка була між термінами

спостереження. Відлік беруть по положенню кінця штифтика, протилежного до резервуару.

Перед установкою термометра необхідно штифтик підвести до меніска спирту. Досягається це поворотом термометра резервуаром вгору. Як тільки штифтик дійде до меніска спирту, термометр встановлюється горизонтально. Для перевірки роботи термометра відлік робиться по штифтику (мінімальна температура) і по меніску спирту (температура в даний момент). Показання по меніску спирту повинні відповідати показанням термінового термометра.

Установка термометрів. Термометри для виміру температури поверхні ґрунту (терміновий, максимальний і мінімальний) встановлюють на відкритому майданчику розміром 4 x 6 м.

Заздалегідь з майданчика знімають рослинний покрив і ґрунт розпушують. Усі три термометри розміщують в середині майданчика горизонтально, резервуарами на схід, на відстані 10-15 см один від одного в невеликих поглибленнях, зроблених легким втискуванням термометрів в ґрунт. Резервуари повинні щільно торкатися до ґрунту. Щоб не ущільнювати ґрунт біля термометрів, для підходу до них під час відліків з північного боку кладуть рейковий настил.

Відліки по термометрах робляться з точністю до $0,1^{\circ}$ на око. Після відліку максимальний термометр струшують. Для цього його беруть за середину, резервуаром вниз, і роблять декілька різких змахів рукою. Після запису показників термометр струшують та кладуть на місце.

У мініальному термометрі відлік беруть по меніску спирту (фактична температура) для контролю справності приладу і штифту, що показує мінімальну температуру між термінами. Після відліку, підвівши резервуар термометра, штифт підводять до меніска спирту.

1.4 Вимір температури ґрунту на різних глибинах

Для виміру ґрунту на різних глибинах застосовуються термометри Савінова, витяжні і термометри-щупи.

Термометри Савінова (колінні) служать для виміру температури ґрунту на глибинах 5-10-15-20 см (орний шар). Це ртутні термометри зі вставною шкалою і ціною ділення $0,5^{\circ}$. Резервуари термометрів циліндричні. Трохи вище за резервуар термометри зігнуті під кутом 135° (рис. 1.4). Нижня частина скляної захисної оболонки від резервуару до початку шкали засипана піском або золою, над якою поміщається вата з сургучними перемичками. Робиться це для того, щоб виключити конвективні струми повітря в скляній оболонці, які можуть виникнути внаслідок різниці температури ґрунту на різних рівнях. Довжина термометрів може бути від 28-30 до 48-52 см.

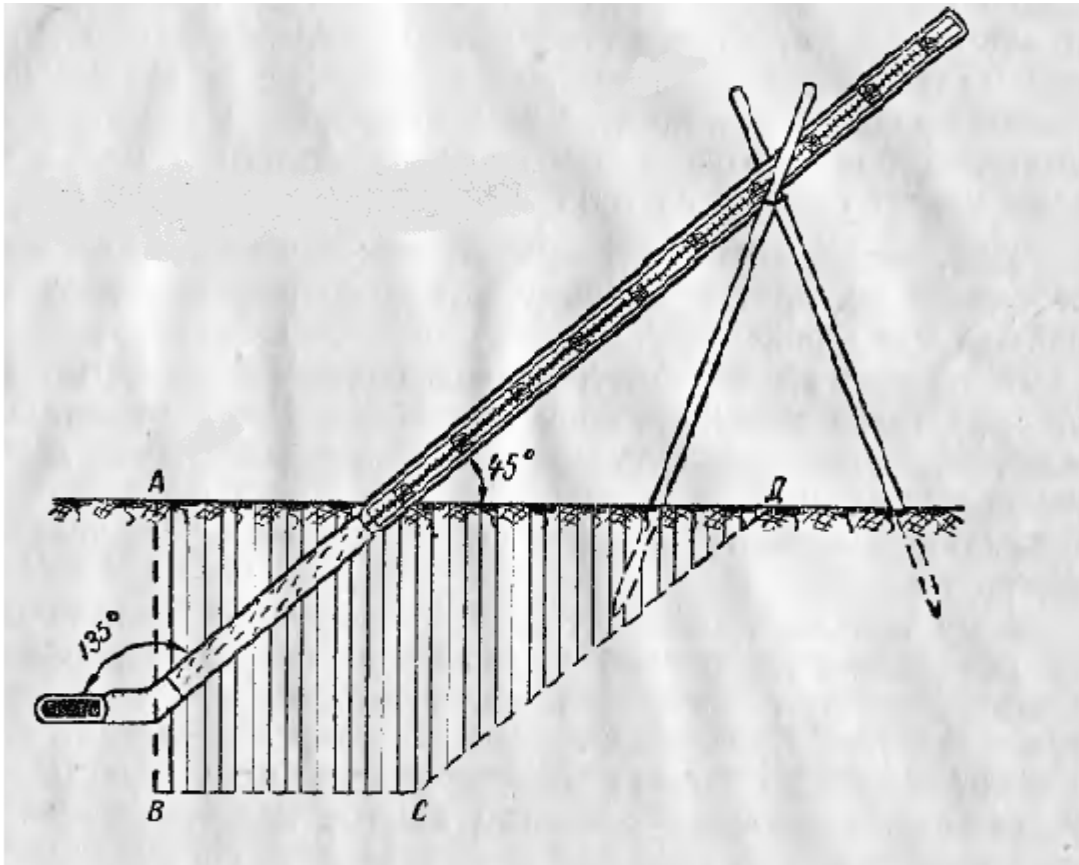


Рисунок 1.3 – Термометр Савінова.

Установка. Термометри Савінова встановлюють на одному майданчику з термометрами для виміру температури поверхні ґрунту.

Для установки колінчастого термометра викопують траншею у вигляді трапеції ABCD (рис. 1.3). Північна сторона AB траншеї прямовисна. У ній на заданій глибині роблять поглиблення, паралельне поверхні ґрунту. У це поглиблення вставляють резервуар термометра. Для контролю установки термометра необхідно перевірити кут нахилу частини термометра, що виступає, до поверхні ґрунту. Цей кут має бути 45° . Після цього траншею засипають ґрунтом, зберігаючи послідовність вийнятих пластів. Для стійкості частина термометрів, що виступає, зміцнюють на дерев'яних козлах.

Відлік по термометрах беруть з точністю до $0,1^\circ$.

1.5 Вимір температури повітря

Для виміру температури повітря застосовуються термометри психометричний, максимальний і мінімальний. Для безперервної реєстрації температури повітря служить термограф.

Для районів з лютими морозами застосовуються психометричні термометри спиртові з циліндричним резервуаром. Заповнені вони етиловим спиртом, міцність якого має бути не нижча 95° .

Психометричні термометри завжди застосовуються в парі і складають психрометр, який служить одночасно для визначення температури і вологості повітря.

Установка. Два психрометричні термометри вертикально кріпляться на штатив: ліворуч - «сухий», справа - «змочений».

Максимальний і мінімальний термометри закріплюються горизонтально в спеціальні перекладки внизу штатива.

Для більшої точності при спостереженнях по термометрах спочатку відлічують десяті долі, а потім цілі градуси. Після відліку максимальний термометр струшують, а в мінімальному штифтик підводять до меніска спирту.

1.6 Практичне завдання

1. Виміряйте температуру ґрунту на різних глибинах та побудуйте графік зміни температури на різних глибинах.

2. Виміряйте температуру повітря в приміщенні та на відкритому просторі різними приладами. Опишіть отриманий результат. Побудуйте графік річної зміни температури (данні отримайте у викладача).

3. Переведіть одиниці виміру (табл. 1.1)

Таблиця 1.1

№ варіанта	T (K)	T (°F)	T (°C)
1	273		
2			33
3		22	
4			28
5	120		
6		346	
7		168	
8			445
9	275		
10		-54	
11			36.6
12	523		
13		188	
14			100
15	143		
16		242	
17			476
18	303		

1.7 Контрольні запитання

1. Навіщо проводити спостереження за температурою повітря?
2. Чим відрізняється термометр Савінова від рідинного термометра?
3. Які існують одиниці вимірювання температури та як вони між собою співвідносяться?

2 Визначення атмосферного тиску

Завдання

1. Вивчити пристрій і установку приладів для виміру атмосферного тиску.
2. Визначте перевищення між двома точками по тиску і температурі повітря в цих точках.
3. Дайте письмову відповідь на контрольні запитання.

2.1 Одиниці виміру атмосферного тиску

Атмосферний тиск визначається як сила, що діє на одиницю поверхні (см^2 , м^2).

Атмосферний тиск є одним з найважливіших метеорологічних елементів в житті людини. Зміни атмосферного тиску в часі відбивають особливості розвитку погоди (проходження атмосферних фронтів, циклонів і так далі), а зменшення його з висотою обмежує перебування живих організмів в природних умовах певним рівнем.

Атмосферний тиск прийнято вимірювати висотою ртутного стовпа в мм, вага якого урівноважує тиск атмосфери. На висоту ртутного стовпа впливає, окрім зміни атмосферного тиску, температура і сила тяжіння. Тому для порівнянності показників висота ртутного стовпа в різних умовах наводиться до температури 0° , широті 45° і рівню моря. На рівні моря і на широті 45° прискорення сили тяжіння $g = 9,806 \text{ м/с}^2$.

Тиск повітря, вимірюваний висотою ртутного стовпа в 760 мм при температурі 0° , на широті 45° і на рівні моря, називається нормальним атмосферним тиском. Оскільки 1 м^3 ртуті при 0° важить 13550 кг, то вага ртутного стовпа того, що відповідає нормальному тиску, складе 1026 г, тобто близько 1 кг. В системі СІ величина нормального тиску дорівнюватиме 101023 Па.

Вимір атмосферного тиску в мм ртутного стовпа не пов'язаний з абсолютною системою одиниць. Тому з 1930 г введена нова одиниця виміру - бар, рівна 102000 Па. Оскільки бар - одиниця дуже велика, то в практиці тиск прийнято виражати в мілібарах (мб): $1\text{б}=1000 \text{ мб}$. Перехід від одних одиниць до інших одиниць виміру тиску робляться по спеціальних таблицях.

У Міжнародній системі одиниць тиск повітря вимірюється в Ньютоних (Н), а $1 \text{ мб} = 101 \text{ Н/м}^2$.

2.2 Прилади для виміру атмосферного тиску

Для виміру атмосферного тиску найбільше поширення мають барометри з рідинами, що діють на підставі законів гідростатики, і анероїди, або металеві барометри, основані на пружних властивостях твердих тел.

Барометр-анероїд. Приймальною частиною барометра-анероїда є мембранна коробка 1 (рис. 2.2), що складається з двох спаяних між собою

гофрованих круглих мембран з жорсткими центрами і ніжками 2, які служать для кріплення мембранної коробки на металевому плато 4.

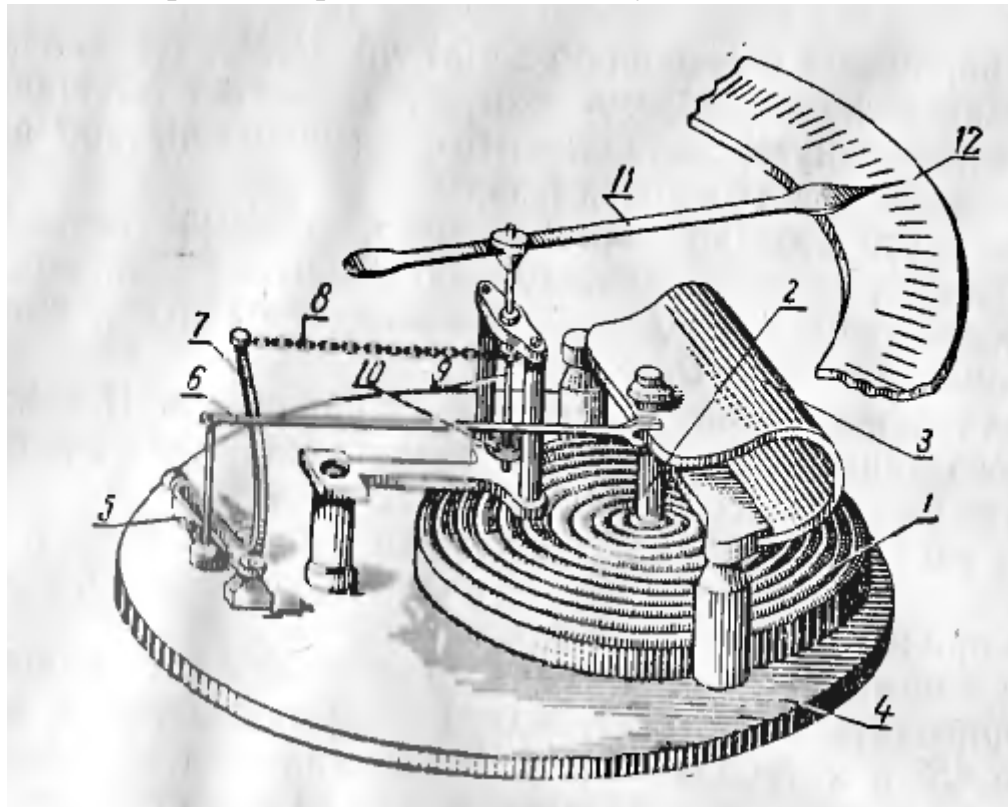


Рисунок 2.2 – Механізм барометра-анероїда.

Мембранна коробка герметична, повітря з неї викачане. Внутрішній тиск коробки доведений до 0,01 мм ртутного стовпа. Від сплюснення зовнішнім тиском коробки оберігається пружиною 3, сполученою одним кінцем з ніжкою верхньої мембрани, а іншим - з металевим плато. При збільшенні тиску повітря верхня мембрана дещо вдавлюється всередину коробки, при зменшенні тиску вона підводиться вгору під дією пружини. Коливання верхньої мембрани передаються колінчастому валу 5. Пружина переміщає укріплений на ній стержень 6. Переміщення стержня передаються важелю 7, який за допомогою ланцюжка 8 обертає вісь 9. Для створення постійного натягнення ланцюжка на осі 9 є спіральна пружина 10. Зміна атмосферного тиску визначається по положенню стрілки 11 відносно кругової шкали 12. Ділення шкали дані в міліметрах ртутного стовпа від 600 до 800 мм з ціною ділення 0,5 мм. До шкали анероїда прикріплений термометр для відліку температури приладу. Механізм анероїда поміщається в пластмасовий кожух, в дні або збоку якого є отвір для доступу до гвинта, що регулює пошложення стрілки. Зміна положення стрілки за допомогою гвинта спричиняє за собою зміну поправок анероїда. Тому після перевірки анероїда гвинт чіпати не можна.

Нині випускають безпружинні анероїди. Роль пружини в них виконують мембрани-коробки. Приймальна частина таких анероїдів складається з декількох (від 3 до 6) мембранних коробок.

Установка. Барометр-анероїд встановлюють горизонтально на спеціальній підставці або на столі. Футляр, в який поміщається анероїд, відкривають тільки на час спостережень. Між термінами спостережень кришка футляра має бути закритою, щоб прилад не піддавався різким коливанням температури.

У експедиціях, під час маршрутної зйомки і барометричної нівеляції відліки по анероїду робляться при горизонтальному положенні його на рівні грудей.

Відліки. При відліках по анероїду спочатку відкривають кришку футляра і відлічують температуру по термометру при анероїді. Відлік беруть з точністю до 0,10.

Після цього, злегка постукавши по склу анероїда для подолання тертя в передавальній частині, відлічують положення стрілки відносно шкали з точністю до 0,1 мм на око, оскільки ціна ділення анероїда 0,5 мм.

2.3 Вимірювання атмосферного тиску на різних висотах

Атмосферний тиск міняється з висотою, у зв'язку зі зміною висоти стовпа повітря, що чинить тиск на одиницю поверхні. Закономірність зміни тиску повітря з висотою виражається наступною барометричною формулою (формула Бабіне):

$$h = \frac{10000(P_1 - P_2)}{P_1 + P_2} (1 + \alpha \cdot t), \quad (2.1)$$

де h - перевищення між двома точками;

P_1 і P_2 - тиск повітря в мм ртутного стовпа відповідно на нижній і верхній точках;

α - коефіцієнт розширення повітря, рівний 0,00366;

t - середня температура повітря між нижньою і верхньою точками

$$\left(t = \frac{t_1 + t_2}{2} \right). \quad (2.2)$$

При виведенні формули Бабіне не враховані зміни сили тяжіння з широтою і висотою місця, зміст водяної пари в повітрі, а також зроблено допущення, що тиск і температура з висотою змінюються рівномірно. Тому приведена формула застосовна для невеликих висот (близько 1000 м). Для висоти 2000 м і тиску 800 мб ця формула дає погрішність близько 1%.

Користуючись барометричною формулою, можна визначити:

1) перевищення між двома точками, знаючи тиск і температуру на верхній і нижній точках;

2) величину атмосферного тиску на заданій висоті, знаючи тиск і температуру на нижній точці, а також зміну температури і тиску з висотою;

3) привести атмосферний тиск на будь-якій висоті до рівня моря, знаючи тиск і температуру на цій висоті і зміну температури з висотою.

На практиці формулою Бабіне найчастіше користуються для визначення перевищення між двома точками. З цією метою в точках визначають

атмосферний тиск і температуру повітря (найбільш зручними приладами є анероїд для виміру тиску повітря і аспіраційний психрометр для виміру температури). Для більшої точності беруть 3-4 відліки по анероїду і психрометру на кожній точці. У відліки вводять відповідні поправки і виправлені середні значення підставляють у формулу Бабіне.

2.4 Практичне завдання

1. Визначте перевищення 5-го поверху над підвалом за допомогою анероїда.

Виміряйте тиск по анероїду на 5-му поверсі, а також температуру за допомогою термометра з точністю до 0,1 °. Спустіться в підвал і через 3-5 хвилин відлічіть тиск і температуру. Обчисліть перевищення 5-го поверху над підвалом барометричною формулою (обчислення проводяться за п. 2.2).

2. Переведіть одиниці виміру (табл. 2.1)

Таблиця 2.1

№ варіанта	мм. рт. ст.	Па	ГПа
1	740		
2			1008,56.
3		72389	
4	520		
5			200
6		141329,8,	
7	304,35.		
8			1039,97
9		109330,6.	
10	735.		
11			889,31
12		160087	
13	403,99.		
14			262,46
15		93331	

3. Проведіть розрахунок сили атмосферного тиску на людину. Сила $F = p \times S$, де $p = 101023$ Па-нормальний атмосферний тиск. Приблизну площу людського тіла S можна дізнатися з (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Вік, роки	Площа тіла
15	13325 см ²
16	14300 см ²
17	15200 см ²
18	15850 см ²
19	16435 см ²
20	16800 см ²

21	17050 см ²
22	17255 см ²
23	17415 см ²

2.5 Контрольні запитання

1. Що таке атмосферний тиск?
2. Які ще існують одиниці вимірювання атмосферного тиску та як вони співвідносяться до одиниць наведених у роботі?
3. Чому людина на яку діє розрахована вами сила не відчуває тяжкості?

Лабораторне заняття №3.

3 Визначення вологості повітря

Завдання

1. Дайте визначення основних величин вологості повітря і методів виміру їх.
2. Вивчіть пристрій, установку і правила спостережень по станційному і аспіраційному психрометрам. Провести виміри по них і розрахувати усі величини вологості повітря по формулах і психрометричних таблицях.
3. Накресліть графік річного ходу відносної вологості.
4. Дайте відповіді на контрольні питання.

3.1 Величини, що характеризують вологість повітря

Водяна пара, що знаходиться в атмосфері, характеризує вологість повітря. Спостереження за вологістю повітря мають велике практичне значення, оскільки вологості повітря робить вплив на випар і транспірацію.

Вологість повітря виражається наступними основними величинами: абсолютною, відносною вологістю, дефіцитом вологості і точкою роси.

Абсолютною вологістю повітря (a) називається кількість водяної пари в грамах, що міститься в 1 м³ повітря.

У метеорології за абсолютну вологість приймають також *пружність водяної пари (e)*, що міститься в повітрі при даній температурі. Пружність водяної пари вимірюється в міліметрах ртутного стовпа, в мілібарах, а в Міжнародній системі одиниць – в Паскалях (Па).

Між абсолютною вологістю *a* і пружністю водяної пари *e* визначена залежність.

Вага 1 м³ сухого повітря при тиску $P = 760$ мм ртутного стовпа і температурі 0° складає 1293 г, а при температурі *t* і пружності *e* він буде

рівний $\frac{1293e}{P(1 + \alpha \cdot t)}$, де α - температурний коефіцієнт об'ємного розширення повітря, рівний 0,00366.

Щільність водяної пари по відношенню до сухого повітря складає 0,622. Тому вага 1 м³ водяної пари за тих же умов виражатиметься формулою

$$\rho = 0,622 \frac{1293e}{P(1 + \alpha \cdot t)} \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

Якщо e і P вимірюються в міліметрах, то співвідношення між a і e буде наступне:

$$a = \frac{1,06e}{1 + \alpha \cdot t} \text{ г/м}^3 \quad (3.1)$$

Якщо ж e і P виражені в мілібарах, то

$$a = \frac{0,81e}{1 + \alpha \cdot t} \text{ г/м}^3 \quad (3.2)$$

Числове значення кількості водяної пари в грамах, що знаходиться в 1 м³ повітря (a), близько до пружності водяної пари (e), вираженої в міліметрах рт.ст, а при температурі 16,5⁰ цих величин рівні між собою.

Пружність водяної пари, що знаходиться в повітрі, може зростати до певного значення E , яке називається максимально можливою пружністю водяної пари при даній температурі, або максимальною пружністю.

Відносною вологістю (r) називається відношення абсолютної вологості (e) до максимальної пружності (E) при даній температурі, виражене у відсотках. Відносна вологість характеризує міру насичення повітря водяною парою при цій температурі і виражається формулою:

$$r = \frac{e}{E} 100, \quad (3.3)$$

де r - відносна вологість;

e – абсолютна вологість;

E – максимальна пружність при цій температурі.

Дефіцитом вологості повітря (d), або нестачею насичення, називається різниця між максимальною пружністю водяної пари (E) при даній температурі і абсолютною вологістю повітря (e).

Дефіцит вологості повітря вимірюється в міліметрах ртутного стовпа або в мілібарах:

$$d = E - e. \quad (3.4)$$

Точкою роси (τ) називається температура, при якій водяна пара, що знаходиться в повітрі, при незмінному тиску досягає насичення. Точку роси можна визначити, знаючи абсолютну вологість, по таблиці максимальної пружності. При температурі, що відповідає точці роси, абсолютна вологість стає рівній максимальній пружності. У таблиці максимальної пружності знаходять значення абсолютної вологості і визначають температуру, що відповідає їй, вона і буде температурою точки роси.

Якщо відома точка роси і температура повітря, то можна визначити абсолютну і відносну вологість, а також дефіцит вологості повітря.

3.2 Методи виміру вологості повітря

Вологість повітря може бути виміряна декількома методами. Найбільше поширення на практиці має психометричний і гігromетричний методи.

Психометричний метод. Вологість повітря визначається по різниці показань двох однакових термометрів : «сухого» і «змоченого».

З поверхні резервуару «змоченого» термометра відбувається випар води, який залежить від вологості навколишнього повітря. Чим сухіше навколишнє повітря, тим інтенсивніше випаровування з резервуару «змоченого» термометра і нижче його показники. Отже, різниця показників «сухого» і «змоченого» термометрів залежить від вологості повітря. Тому по різниці їх показників можна визначити вологість повітря. «Сухий» термометр показує температуру повітря, а «змочений» - власну температуру, залежну від інтенсивності випару з поверхні його резервуару.

Використовуючи формули Дальтона і Ньютона, можна підрахувати прихід і витрату тепла для «змоченого» термометра. По формулі Дальтона витрата тепла, що витрачається на випар з поверхні «змоченого» термометра, виражається формулою:

$$Q_1 = \frac{c(E_1 - e)}{P} \quad (3.5)$$

де Q_1 - кількості тепла, витраченого на випар з поверхні резервуару термометра в одиницю часу;

E_1 - максимальна пружність водяної пари при температурі випарювальної поверхні, тобто « змоченого» термометра;

e – абсолютна вологість повітря;

c – коефіцієнт пропорційності;

P – атмосферний тиск.

В результаті різниці температури повітря і резервуару «змоченого» термометра до нього поступатиме тепло Q_2 , яке визначається по формулі Ньютона :

$$Q_2 = B(t - t_1) \quad (3.6)$$

де Q_2 – кількість тепла, що поступає до поверхні резервуару термометра;

t – температура « сухого» термометра;

t_1 – температура « змоченого» термометра;

B – коефіцієнт пропорційності.

Визначення вологості повітря робиться при показниках «змоченого» термометра, що встановилися. Тому можна вважати, що прихід тепла до «змоченого» термометру дорівнює витраті тепла на випаровування. Інакше показники термометра мінялися б.

Отже, $Q_1 = Q_2$ чи

$$\frac{c(E_1 - e)}{P} = B(t - t_1) \quad (3.7)$$

З цієї рівності визначаємо абсолютну вологість (e) :

$$e = E_1 - \frac{B}{c} P(t - t_1) \quad (3.8)$$

Позначивши $\frac{B}{c}$ через A , отримаємо основну психрометричну формулу, по якій визначається вологість повітря психрометричним методом :

$$e = E_1 - AP(t - t_1) \quad (3.9)$$

де e - абсолютна вологість повітря;

E_1 - максимальна пружність при температурі «змоченого» термометра;

P - атмосферний тиск;

t - температура «сухого» термометра;

t_1 - температура «змоченого» термометра;

A - постійна психрометра, залежна головним чином від швидкості руху повітря біля резервуару термометра, а також від конструкції приладу.

Постійна A може бути вичислена порівнянням даних, отриманих одночасним виміром вологості за допомогою досліджуваного психрометра і якого-небудь контрольного приладу. Для станційного психрометра $A = 0,0007947$, для аспіраційного - $0,000662$.

Гігрометричний метод виміру вологості повітря ґрунтується на використанні властивостей знежиреного людського волоса міняти свою довжину при зміні вологості навколишнього повітря.

Ця властивість знежиреного людського волосся була відома вже давно. Соссюром було встановлено, що подовження волосся при зміні відносної вологості від 0 до 100% складає 2,5% його довжини. Гей-Люссак, а пізніше інші автори, визначили залежність зміни довжини волосся від зміни відносної вологості повітря. Дослідження показали, що подовження волосся зі зміною відносної вологості повітря відбувається нерівномірно.

Якщо позначити через l довжину волосся, а через Δl загальне подовження його зі зміною відносної вологості повітря від 0 до 100%, то те проміжні подовження у відсотках від загального подовження Δl будуть наступними:

$r, \%$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\Delta l, \%$	0	20,9	38,8	52,8	63,7	72,2	79,2	85,2	90,5	95,4	100

З приведених даних видно, що волосся спочатку при невеликих значеннях вологості повітря міняє свою довжину досить швидко, а при подальшому збільшенні вологості повітря подовження відбувається повільніше. При зміні вологості від 0 до 10% подовження волосся відбувається на 20,9%, а при зміні вологості повітря від 90 до 100% - тільки на 4,6% від загального подовження. Половини свого подовження волосся досягає вже при відносній вологості близько 30%.

Не кожен людський волос міняє свою довжину однаково. Тому волос спочатку перевіряють і в гігроскопах використовують тільки такий, вимір довжини якого відповідає вказаній вище закономірності.

Нині застосовуються також гігроскопічні тваринні плівки, змінюючи свої властивості при зміні вологості повітря.

3.3 Прилади для виміру вологості повітря

Для виміру вологості повітря психрометричним методом служать станційний і аспіраційний психрометри, а гігрометричним - гігрометри і гігрографи.

Станційний психрометр складається з двох однакових психрометричних термометрів з ціною ділення $0,2^{\circ}$, поміщених поруч на особливому штативі. Необхідність підбору однакових термометрів викликана тим, що при виведенні психрометричної формули, коли розраховують приплив тепла до «змоченого» термометра, температура повітря визначається не по «змоченому», а по «сухому» термометру. Отже, «змочений» термометр, якби з поверхні його резервуару не було випару, повинен показати ту ж температуру, що і «сухий» термометр. Тому для психрометра підбирають парні термометри, які повинні мати однакові розміри, коефіцієнти теплової інерції, теплоємність і так далі.

Лівий термометр психрометра «сухий», правий - «змочений».

Резервуар «змоченого» термометра щільно обернутий батистом: нижній кінець батисту занурений в скляночку з дистильованою водою. Скляночка встановлюється в дротяному кільці, закріпленому на штативі гвинтом. Щоб краї скляночки не заважали обміну повітря і біля резервуару термометра не створювалася підвищена вологість повітря, відстань верхнього краю скляночки про резервуару термометра повинно бути не менше 2-3 см. Точність визначення вологості повітря по психрометру залежить від випару з поверхні «змоченого» термометра.

Спостереження по психрометру. Перед виконанням спостережень необхідно переконатися в тому, що батист добре змочений. Для точних значень величин вологості повітря помилка в вимірюваннях температури не повинна перевищувати $0,1^{\circ}\text{C}$. Тому відліки по термометрах потрібно брати дуже швидко, оскільки спостерігач своєю присутністю може змінити показання термометрів. Під час спостережень необхідно остерігатися посилено дихати на термометр. Для більшої точності рекомендується спочатку визначити десяті долі «сухого» і «змоченого» термометрів, а потім - цілі градуси.

Обчислення величин вологості повітря робиться за показниками «сухого» і «змоченого» термометрів.

Абсолютну вологість повітря визначають по психрометричній формулі $e = E_1 - AP(t - t_1)$, відносну вологість і дефіцит вологості повітря

обчислюються по формулах: $r = \frac{e}{E} 100$ і $d = E - e$. Точку роси знаходять по таблиці максимальної пружності (додаток 1).

Абсолютну вологість і дефіцит вологості обчислюють з точністю до 0,1 мб, а відносну вологість - з точністю до 1%.

На практиці для прискорення процесу обчислення величин вологості повітря користуються спеціальними психрометричними таблицями.

Аспіраційний психрометр дуже зручний для виміру вологості повітря в польових умовах. Вимірювати вологість повітря їм можна на будь-якому рівні без спеціальних захисних установок.

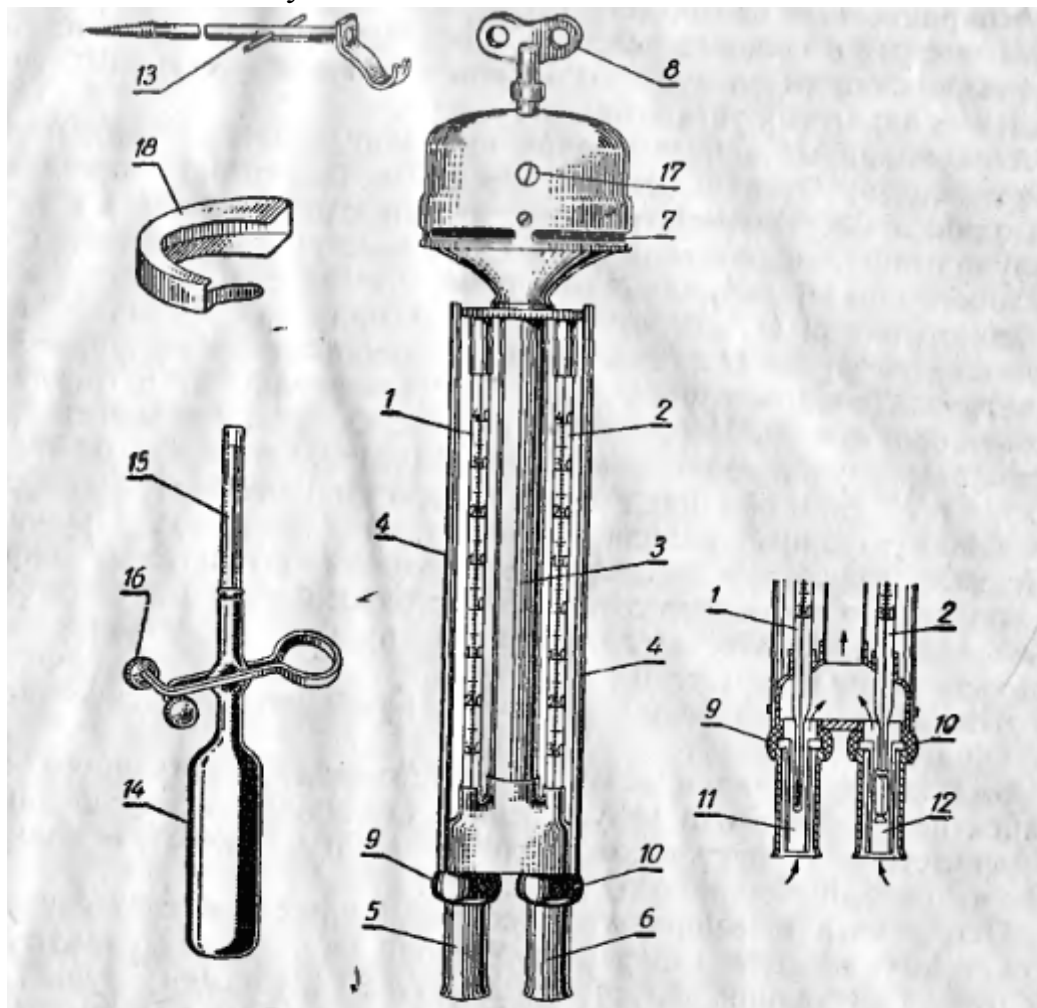


Рисунок 3.1 – Аспіраційний психрометр.

Аспіраційний психрометр за принципом дії аналогічний станційному. Основу аспіраційного психрометра складають два однакові психрометричні термометри 1, 2 (рис. 3.1) з резервуарами циліндричної форми. Термометри закріплені в спеціальній оправі, що складається з трубки 3, роздвоюється донизу на дві трубки 5, 6, планок 4 і аспіратора 7. У трубках 5 і 6 є ще трубки 11 і 12, в яких поміщаються резервуари термометрів. Подвійні трубки захищають резервуари від нагрівання сонячними променями. Щоб тепло від корпусу не передавалося до резервуарів, трубки ізолювані від корпусу пластмасовими кільцями 9 і 10. Усередині аспіратора 7, який нагвинчує на верхній кінець трубки 3, знаходиться пружинний механізм. Пружина заводиться ключем 8. В результаті роботи аспіратора навколо резервуарів термометрів створюється постійний струм повітря із швидкістю 2 м/с. Тому показання приладу не залежать від швидкості вітру в навколишньому повітрі.

Для кращого відображення сонячних променів металеві частини приладу відполіровані.

Завдяки ізоляції резервуарів термометрів від корпусу, хорошій поліровці його і штучної вентиляції аспіраційний психрометр не вимагає додаткового захисту від дії сонячних променів і руху повітря.

Психрометр підвішують за залізний крюк-підвіс *13*, який може бути угвинчений в дерев'яний стовп на необхідну висоту.

Для змочування батисту користуються гумовою грушею *14* з приєднаною до неї скляною піпеткою *15* і затиском *16*.

При роботі з аспіраційним психрометром необхідно стежити за збереженням його поліровки, за справністю трубок, що оберігають резервуари, і постійністю аспірації. Псування хоч би одного з цих елементів може значно спотворити показання приладу. Аспірацію психрометра необхідно періодично перевіряти, оскільки з часом можуть змінитися швидкість аспірації і, отже, показання приладу.

Для перевірки швидкості аспірації потрібно визначити швидкість обертання барабана, встановленого в голівці аспіраційного психрометра. Для цього заводять пружину і чекають, коли у віконці *17* аспірації з'явиться мітка, зроблена для перевірки психрометра. У цей момент вентилятор затримують шматочком картону. Потім пружину заводять ще раз і аспіратор пускають одночасно з секундоміром. Коли у віконці повторно з'явиться мітка, секундомір зупиняють і відмічають час повного оберту. Якщо отриманий час обороту барабана відповідає часу, вказаному в перевірочному свідоцтві, прилад справний. В середньому барабан робить повний оберт за 80-95 сек.

Установка. У стаціонарних умовах прилад підвішують на спеціальному стовпі з навітряного боку. Спостерігач при відліках повинен підходити з підвітряного боку, тобто так, щоб повітря йшло від приладу до стовпа і спостерігача. При горизонтальному положенні психрометр має бути завжди однаково повернутий до вітру, а трубки затінені екраном від сонячних променів. При великому вітрі під час спостережень на аспіратор надівають з навітряного боку захист *18*, яка усуває дію вітру на швидкість аспірації.

Спостереження. Аспіраційний психрометр виносять на місце визначення вологості повітря взимку за 30 хвилин, а влітку за 15 хвилин до початку спостереження. Безпосередньо перед спостереженням змочують батист дистильованою водою з гумової груші. Для цього, ослабивши зажим *16*, піднімають воду з груші *14* в скляну піпетку *15* до вказаної на ній риси і вводять піпетку в трубку *12*, в якій знаходиться резервуар «змоченого» термометра, на 3-5 секунд. Потім піпетку виводять з трубки, а воду з неї спускають в грушу. Після цього ключем *8* заводять повністю пружину вентилятора. Заводити пружину вентилятора потрібно обережно, щоб не зірвати її.

Відліки беруть влітку через 4 хвилини після змочування, а взимку через 30 хвилин. При відліках вентилятор повинен працювати повним ходом. Тому взимку за 4 хвилини до відліків вентилятор заводять повторно.

При спостереженнях спочатку швидко відлічують десяті долі градуса на кожному термометрі, а потім цілі градуси.

Обчислення величин вологості повітря за свідченнями аспіраційного психрометра виконується так само, як і при роботі із стаціонарним. Абсолютну вологість визначають по психрометричій формулі, тільки для аспіраційного психрометра коефіцієнт $A = 0,000662$. Відносна вологість і дефіцит вологості повітря розраховується по формулах, а точка роси визначають по таблиці максимальної пружності. Усі величини вологості повітря можуть бути визначені по психрометричних таблицях.

3.4 Практичне завдання

1. Проведіть виміри по станційному і аспіраційному психрометрах і розрахуйте усі величини вологості повітря по формулах і психрометричних таблицях.

2. Визначите, за додатком 2, чи комфортно є вологість у приміщенні та на вулиці (на даний час).

3. Визначить відносну вологість і дефіцит вологості, якщо показники сухого термометра x^0 , змоченого термометра y^0 , а атмосферний тиск дорівнює 1000 мб. Значення x та y наведено у табл.3.1

Таблиця 3.1

№ варіанта	x^0	y^0
1	20	14
2	5	1
3	7	3
4	8	5
5	10	5
6	13	6
7	15	8
8	16	10
9	20	16
10	22	19
11	25	22
12	27	25
13	30	27
14	33	29
15	35	30

4. Яка пружність насиченої водяної пари при температурі x^0 над поверхнею льоду? Значення x^0 наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.2

№ варіанта	x^0
1	-20
2	-5
3	-7
4	-8
5	-10
6	-13

7	-15
8	-16
9	-20
10	-22
11	-25
12	-27
13	-30
14	-11
15	-9

5. Накресліть графік річного ходу відносної вологості.

6. Як змінюється вологість з висотою (вологоадіабатичний градієнт)? Накреслити графік зміни температури в залежності від висоти при адіабатичному піднятті насиченого повітря.

3.5 Контрольні запитання

1. Як взаємопов'язані вологість і випаровування?

2. Що важче: 1 кубометр сухого повітря або вологого? (Кубометр вологого повітря є суміш кубометра водяної пари з кубометром сухого повітря). Наймовірно, але при однаковому тиску і температурі 1 кубометр вологого повітря не важче, а легше, ніж кубометр сухого повітря! Справа в тому, що тиск кожної складової частини газової суміші менше її загального тиску, який і для сухого і для вологого повітря однакове. А при зменшенні тиску зменшується і вага одиниці об'єму газу. Прочитавши уважно це, дайте відповідь на наступне питання: сире повітря повинне мати більш велику щільність, ніж сухе, так як містить більшу кількість молекул води. Але чому при збільшенні абсолютної вологості перед дощем барометр "падає", показуючи зменшення тиску? Чи пов'язане це зі зменшенням щільності повітря?

3. Оптимальна вологість для людини та як людина переносить високу і низьку вологість?

Лабораторне заняття №4.

4 Визначення напрямку і швидкості вітру

Завдання

1. Вивчить пристрій, правила установки і спостережень по ручному анемометру.

2. Визначити швидкість вітру ручним анемометром.

3. Побудувати розу вітрів для основних місяців сезонів (січень, квітень, липень, жовтень) і дати аналіз їх.

4. Дайте письмову відповідь на контрольні питання.

4.1 Елементи вітру

Вітром називається рух повітря в горизонтальному напрямі. Характеризується він двома елементами: напрямом і швидкістю.

Напрямок вітру визначається тією частиною горизонту, звідки віє вітер і вимірюється в румбах або градусах. У метеорології для позначення напрямку вітру користуються румбами. Позначаються румби початковими буквами назви сторони світу: північ (Пн), південь (Пд), схід (С) і захід (З). При позначенні проміжних румбів називають обидва румби, між якими знаходиться цей напрям вітру, причому першим називається завжди основний румб: З, Пд, З, С. Наприклад, якщо потрібно назвати напрям вітру між північчю і заходом, то позначається воно ПнЗ, а якщо - між північним заходом і заходом, то ЗПнЗ і так далі. Нижче наводяться позначення і назви румбів.

Таблиця 4.1 – Румби і їх назви

Пн	північний
ПнПнС	північно-північно-східний
СПнС	східно-північно-східний
С	східний
ПдПдС	південо-південо-східний
ПдС	південно-східний
Пд	південний
ПдПдЗ	південо-південо-західний
ПдЗ	південно-західний
ЗПдЗ	західно-південо-західний
З	західний
ЗПнЗ	західно-північно-західний
ПнЗ	північно-західний
ПнПнЗ	північно-північно-західний

Швидкість вітру визначається кількістю метрів, яку повітряний потік проходить в одну секунду (м/с). Іноді швидкість вітру виражають в км/годину.

Вітер є важливим чинником середовища. З ним пов'язано перенесення водяної пари і тепла по земній поверхні. Від швидкості вітру залежать випари і транспірації. Значне збільшення вітру ранньої весни супроводжується розвитком запорошених бур. Вітер допомагає запиленню рослин і є дешевим джерелом енергії.

4.2 Прилади для виміру напрямку і швидкості вітру

Основні прилади для виміру напрямку і швидкості вітру - флюгер Вільда, ручні анемометри і вітромір Третьякова.

Ручний чашковий анемометр. Приймач його - хрестовина з чотирма півкулями, оберненими опуклістю в один бік, або вертушка 1. Вертушка кріпиться на металевій осі 2, нижній кінець якої закінчується нескінченним гвинтом, або черв'яком. Півкулі захищені від механічних ушкоджень

дротяними дужками 3. нескінченний гвинт при своєму обертанні приводить в рух систему зубчастих коліс, передавальних рух трьом стрілкам рахункового механізму. Рахунковий механізм приладу поміщений в корпус 4. Циферблат 5 рахункового механізму має відповідно три шкали, по яких відлічуються тисячі, сотні і одиниці оборотів. По великій стрілці відлічують десятки і одиниці оборотів. Циферблат має 100 ділень (від 0 до 100). По двох маленьких стрілках відлічують сотні і тисячі оборотів, циферблати, що відповідають їм, мають по 10 ділень. На циферблаті однієї з них написано «сто», а інший - «тисяча». При повному оберті великої стрілки маленька стрілка на циферблаті з написом «сто» обернеться на одне ділення.

Рахунковий механізм включається і вимикається аретиром, кінець якого, що виступає, розташований збоку корпусу і має вигляд рухливого кільця 6. Другий кінець аретира знаходиться під зігнутою пластинчатою пружинкою, що є підп'ятником черв'ячного колеса. При повороті кільця вгору (проти годинникової стрілки) черв'ячне колесо зчіплюється з черв'яком і вертушка анемометра з'єднується з рахунковим механізмом. Поворот кільця за годинниковою стрілкою (вниз) виводить черв'ячне колесо із зчеплення з черв'яком, і рахунковий механізм відключається від приймача.

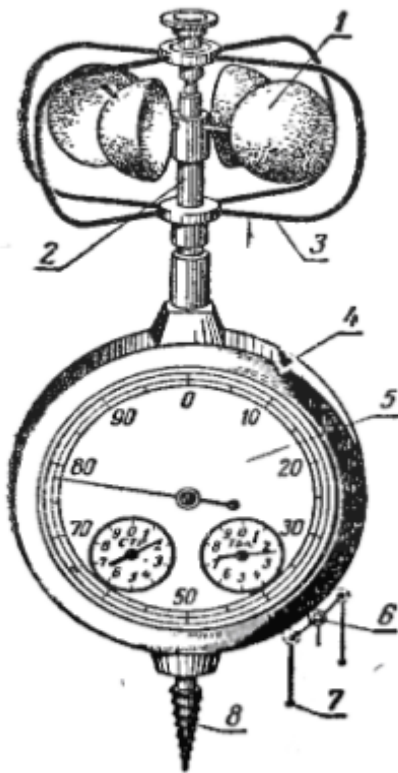


Рисунок 4. SEQ
Рис. * ARABIC 1 –
Ручний чашковий
анемометр

У корпусі приладу по обидві сторони кінця аретира, що виступає, угвинчено два вушка 7 для того, щоб включати і вимикати прилад, коли він встановлений вище за рівень очей. Для цього до кільця аретира прив'язують шнурок, а кінці його пропускають у вушка 7. Якщо протягнути за шнурок нижнього вушка, то рахунковий механізм буде відключений, а за шнурок верхнього вушка - включений. У нижній частині приладу є гвинт 8 для установки анемометра на дерев'яному стовпі. Установка і спостереження. Для виміру швидкості вітру ручним анемометром його встановлюють на дерев'яному стовпі потрібної висоти або тримають на витягнутій руці. У тому і іншому випадку анемометр має бути повернений циферблатом перпендикулярно напрямку вітру.

Перед спостереженням при вимкненому лічильнику записують початкові показання анемометра, тобто положення усіх трьох стрілок на циферблаті (тисячі, сотні, десятки, одиниці) і встановлюють анемометр на заданій висоті. Через 1-2 хвилини, коли швидкість обертання півкуль встановиться, лічильник анемометра включають поворотом кільця вгору. Через певний час (на практиці частіше всього 100 секунд) лічильник відключають (кільце

повертають вниз) і знову записують показники приладу (тисячі, сотні, десятки, одиниці) і час роботи приладу в секундах. Секундомір включають і вимикають одночасно з аретиром анемометра.

Різниця у відліках до спостереження і після спостережень, ділена на час роботи приладу, дає число ділень лічильника анемометра в секунду. Для грубих розрахунків отримане число може бути використане як швидкість вітру, виражена в м/с.

Кожен анемометр забезпечений перевірочним свідоцтвом, в якому вказано число ділень лічильника в секунду і відповідну швидкість вітру в м/с.

Роза вітрів. Для вирішення багатьох практичних завдань необхідно знати переважаючий напрям вітру в цій місцевості. Особливо потрібні ці відомості для правильного розміщення полезахисних лісових смуг, куліс, при розставлянні щитів, а також для містобудування. Щоб визначити переважаючий напрям вітру, потрібні додаткові спостереження. На підставі щоденних спостережень складають таблиці повторюваності напрямку вітру по румбах (зазвичай по 8 румбам). Оскільки число випадків по кожному румбу буде дуже великим, то зрештою повторюваність вітру виражається у відсотках. За 100% приймаються випадки усіх напрямів (румбів). Наприклад, загальне число випадків 1000, з них північного напрямку 30, південного 50 випадків і так далі. В даному прикладі один випадок відповідає 0,1% (100/1000). Тому замість 30 випадків північного напрямку буде записано 3%, замість 50 випадків південного напрямку - 5%.

Для наочного зображення напрямку вітру будується роза вітрів. Для побудови її по напрямку 8 основних румбів відкладають повторюваність вітру, що відповідає їм, у вибраному масштабі.

Користуючись розами вітрів, можна зробити висновок, що промислові підприємства краще розташовувати з південного або північно-східного боку від населених пунктів, а лісові смуги мають бути спрямовані з півночі на південь.

Більш наочним є графічне зображення повторюваності напрямків вітру в прямолінійних координатах у вигляді розгорнутої рози вітрів. Для такої побудови румби наносять по горизонтальній осі через рівні проміжки, а повторюваність напрямку вітру - по вертикальній осі для кожного румба.

4.3. Практичне завдання

1. Визначте швидкість вітру ручним анемометром на пагорбі і біля підніжжя.
2. Побудуйте розу вітрів для основних місяців сезонів (січень, квітень, липень, жовтень). Проведіть аналіз цих графіків.
3. За даними спостережень метеостанції побудуйте графік добової зміни швидкості вітру за визначений місяць.

4.4. Контрольні запитання

1. Чому віє вітер?
2. Для чого використовують розу вітрів.

3. Які ще існують прилади для вимірювання швидкості вітру?

Лабораторне заняття №5.

5 Хмари і спостереження за ними

Завдання

1. Ознайомитесь з «Атласом хмар» і підібрати фотографії хмар відповідно до їх класифікації. Визначити кількість і форми хмар в даний момент.

2. Підберіть фотографії хмар (по «Атласу хмар»), що спостерігаються при проходженні теплих і холодних фронтів.

3. Дайте письмову відповідь на контрольні питання.

Хмарність називається міра покриття неба хмарами. Відомості про хмарність і характер хмар мають велике значення. Хмари зменшують приплив сонячної радіації і випромінювання Землі. З них випадають опади. По хмарах можна судити про процеси, що відбуваються в атмосфері. Різним повітряним масам і різним фронтам властиві різні хмари. Тому спостереження за хмарністю дають можливість передбачати майбутні зміни погоди на короткий термін.

При спостереженні за хмарністю визначаються переважно кількість (хмарність) і форми хмар.

5.1 Визначення кількості хмар

Кількість хмар визначається за 10-бальною шкалою (від 0 до 10). Повне покриття неба хмарами відповідає 10 балам, ясне небо - 0; покриття неба хмарами - 1 балу, 0,2 - 2 балам і так далі

Спостереження за кількістю хмар проводяться на око з одного і того ж місця. Зазвичай, окрім загальної кількості хмар, записує окремо кількість нижніх хмар, до яких відносяться шаруваті, шарувато-купчасті, шарувато-дощові, купчасті і купчасто-дощові хмари. День вважається похмурым, якщо хмарність 8 балів і більше, і ясним, якщо хмарність 2 бали і менше.

7.2 Визначення форм хмар

Форми хмар дуже різноманітні. На вигляд, по будові і висоті поширення вони об'єднані в чотири сімейства (морфологічна класифікація хмар), в яких розрізняють 10 основних форм хмар. Кожні з 10 основних форм залежно від умов просвічування і особливостей зовнішньої будови підрозділяється ще на види і різновиди. Детальні відомості про форми хмар, їх види і різновиди дані в «Атласі хмар».

1 сімейство. До нього відносяться хмари верхнього ярусу, що спостерігаються на висоті більше 6000 метрів: перисті – Cirrus (Ci), перисто-купчасті – Cirrocumulus (Cc) і перисто-шаруваті хмари – Cirrostratus (Cs). Хмари верхнього ярусу складаються з дрібних крижаних кристалів. Це

дуже тонкі хмари, через які просвічується не лише сонце і місяць, але часто і блакитне небо. Опади з них не випадають.

Перисті хмари (Ci) на вигляд є окремими білими дуже тонкими волокнами, що розподіляються по небу то більш менш паралельно, то химерно переплутаним клубком.

Перисто-купчасті хмари (Cc) на вигляд нагадують дуже дрібні білі хвилі, пластівці або брижі.

Перисто-шаруваті хмари (Cs) мають вигляд білої або блакитнуватої тонкої однорідної пелени. Іноді ці хмари настільки тонкі, що їх вдається виявити тільки по наявності гало (круги навколо сонця або місяця).

2 сімейство включає хмари середнього ярусу, висота поширення яких від 2000 до 6000 м. До цього сімейства відносяться висококупчасті – *Altostratus* (Ac) і високошаруваті – *Altostratus* (As) хмари. Хмари середнього ярусу значно щільніші за хмари верхнього ярусу. Складаються вони переважно з переохолоджених крапель води і кристалів льоду. Взимку з них можуть випадати невеликі опади.

Висококупчасті хмари (Ac) білого, сірого і синюватого кольору, на вигляд нагадують великі гальки або пластівці, розділені просвітами блакитного неба, але можуть зливатися майже в суцільний покрив.

Високошаруваті хмари (As) сірого або синюватого кольору, є однорідною пеленою злегка хвилястої будови. На нижній поверхні високошаруватих хмар спостерігаються слабо виражені хвилі.

Сонце і місяць просвічуються через тонкі високошаруваті і висококупчасті хмари, як через матове скло, а через щільні зовсім не просвічуються. Краї хмар, проходячи поблизу сонця і місяця, забарвлюються в слабкі веселкові тони.

3 сімейство об'єднує хмари нижнього ярусу : шарувато-купчасті *Stratocumulus* (Sc), шаруваті *Stratus* (St) і шарувато-дощові хмари *Nimbostratus* (Ns). Ці хмари лежать нижче 2000 м і мають вигляд низьких сірих важких гряд, валів або пелени і що закриває небо суцільним покривом. Сонце через хмари нижнього ярусу, як правило не просвічується.

Шарувато-купчасті (Sc) хмари є великими грядами, пластинами сірого кольору, що розділені просвітами або зливаються в суцільний покрив. Складаються вони переважно з крапельок води. З шарувато-купчастих хмар опадів зазвичай не випадає.

Шаруваті хмари (St) покривають усе небо однорідною сіркою або жовто-сірою пеленою. На вигляд шаруваті хмари нагадують туман, підведений над землею. Нижня частина їх іноді може бути розірваною, клочкуватою. Шаруваті хмари складаються з найдрібніших крапель води, крижаних кристалів і сніжинок. Опади випадають з шаруватих хмар рідко і те у вигляді мряки, дрібного снігу або окремих снігових зерен.

Шарувато-дощові хмари (Ns) є суцільним хмарним шаром темно-сірого кольору, іноді з жовтуватим або синюватим відтінком. Складаються вони з переохолоджених крапельок води і крижаних кристалів. З шарувато-дощових хмар випадають опади обложного характеру у вигляді дощу або снігу.

4 сімейство до нього відносяться хмари вертикального розвитку. Нижня межа їх може бути на висоті 400 - 1500 м, а верхня межа досягає верхнього ярусу. До хмар вертикального розвитку відносяться купчасті – Cumulus (Cu) і купчасто-дощові хмари – Cumulonimbus (Cb).

Хмари вертикального розвитку мають вигляд окремих щільних хмарних мас з плоскими основами і химерними вершинами, що нагадують куполи, що громадяться, і вежі. Вершини хмар завжди сліпуче білі, а основи можуть бути сіруваті або темно-сірі.

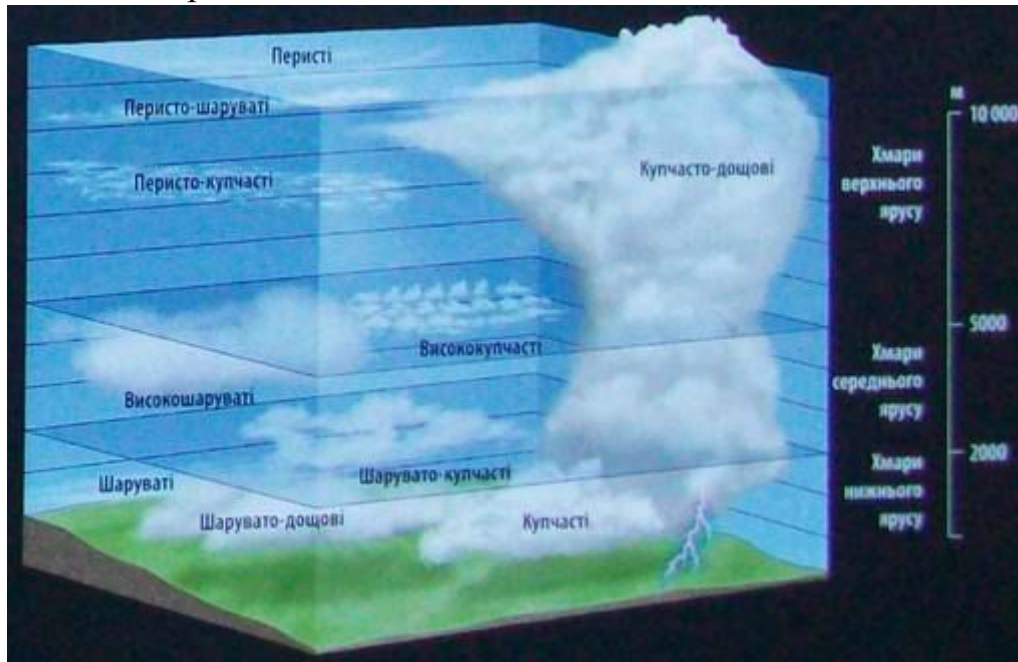


Рисунок 5.1 – Основні форми хмар.

Купчасті хмари (Cu) можуть бути на небі у вигляді окремих рідкісних хмар або у вигляді значного скупчення їх. Розташовуються по небу зазвичай безладно. Купчасті хмари складаються з крапель води, розміри яких у вершини хмари більші, ніж біля основи. Купчасті хмари спостерігаються влітку. Опадів не дають.

При сильному розвитку купчасті хмари переходять в потужні купчасті, такі, що є химерним нагромадженням з темними підставами і дуже білими вершинами, що клубочаться.

Купчасто-дощові хмари (Cb) мають велику вертикальну потужність і є гороподібними хмарними масами з темними, іноді синюватими, основами і з білими вершинами волокнистої будови. Купчасто-дощові хмари спостерігаються у вигляді окремих хмар, але можуть закривати на короткий час увесь небозвід. У верхній частині купчасто-дощові хмари складаються з крижаних кристалів і переохолоджених крапель, а в нижній - з крапельок води з домішкою сніжинок або крапель дощу. Сонце або місяць не просвічуються через купчасто-дощові хмари.

З купчасто-дощових хмар випадають опади зливого характеру. Влітку може випадати град.

Під час спостережень над формами хмар на початку визначають сімейство, а потім вже рід і вид хмар. Назву хмар записують скорочено.

5.3 Практичне завдання

1. Ознайомитися з «Атласом хмар» та відібрати фотографії хмар, характерні для теперішньої пори року.
2. На виїзному занятті визначити форми та класифікацію хмар.
3. Намалювати схему розміщення хмар у різних шарах атмосфери.

5.4 Контрольні запитання

1. Як утворюються хмари?
2. Як визначити погоду по хмарах?
3. При певних умовах з хмар випадають опади, тобто краплі або кристали досить великих розмірів, які не можуть утримуватися в атмосфері в підвішеному стані. При яких умовах і які опади?

Лабораторне заняття №6.

6 Сонячна радіація

Завдання

1. Дайте визначення видів сонячної радіації і методів виміру їх.
2. Вивчить методи виміру сонячної радіації
3. Дайте письмову відповідь на контрольні питання.

6.1 Види сонячної радіації і одиниці виміру

Сонячна радіація є одним з найважливіших метеорологічних елементів. Життя на Землі в усьому різноманітті обумовлене сонячною радіацією. Особливо важливу роль грає сонячна радіація у біологічних процесах.

Зростання і розвиток рослин відбувається в результаті використання тепла і світла. Оскільки важлива не лише кількість, але і якість сонячної радіації, то необхідно враховувати як радіаційний баланс в цілому, так і окремі види радіації.

Пряма сонячна радіація(S) - це частина сонячної енергії, що доходить до земної поверхні у вигляді пучка паралельних променів.

Інтенсивність прямої сонячної радіації вимірюється кількістю тепла в Джоулях, що поступає в 1 секунду на 1 м² абсолютно чорної поверхні, перпендикулярної сонячним променям. (Перерахунок у несистемні одиниці: 1 кал/см²мин = 700 Дж/м²с).

Інтенсивність прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню (S₁) обчислюється за формулою:

$$S_1 = S \sin \alpha, \quad (6.1)$$

де S – інтенсивність прямої сонячної радіації на перпендикулярну поверхню

S_1 – інтенсивність сонячної радіації на горизонтальну поверхню

h – висота сонця над горизонтом.

Частина сонячної енергії, яка поступає на земну поверхню після розсіювання сонячної радіації атмосферою і зваженими в ній частками, називається *розсіяною радіацією* (D).

Інтенсивність розсіяної радіації вимірюється кількістю тепла в Джоулях, що поступає на 1 м² абсолютно чорної горизонтальної поверхні в 1 секунду, або виражається у відсотках по відношенню до прямої сонячної радіації.

Сума прямої і розсіяної сонячної радіації, що падає на горизонтальну поверхню, називається *сумарною радіацією* (Q) :

$$Q = S_1 + D \quad (6.2)$$

Сумарна радіація складає прибуткову частину радіаційного балансу підстилаючої поверхні.

Частина сумарної радіації, відбитої від земної поверхні, називається *відбитою радіацією* (R).

На практиці вимірюють частіше відбивну здатність, або альбедо (A).

Альбедо називається відношення інтенсивності відбитої радіації до сумарної, виражене у відсотках:

$$A = \frac{R}{Q} 100 \quad (6.3)$$

Нагріваючись за рахунок сонячної радіації, поверхня Землі і її атмосфера випромінюють тепло. У відмінності від сонячної радіації випромінювання відбувається у вигляді довгохвильової радіації. В результаті безперервного випромінювання Землі і атмосфери в кожен цей момент трапляється нагода визначити тільки різницю між випромінюванням земної поверхні (E_z) і випромінюванням атмосфери (E_a). Ця різниця називається ефективним випромінюванням (E) :

$$E = E_z - E_a \quad (6.4)$$

Відбита радіація і ефективне випромінювання є витратною частиною радіаційного балансу підстилаючої поверхні.

Радіаційний баланс (B) підстилаючої поверхні в кожен цей момент дорівнює різниці між приходом і витратою радіації :

$$B = S_1 + D - R - E \quad (6.5)$$

чи

$$B = (S_1 + D)(1 - A) - E \quad (6.6)$$

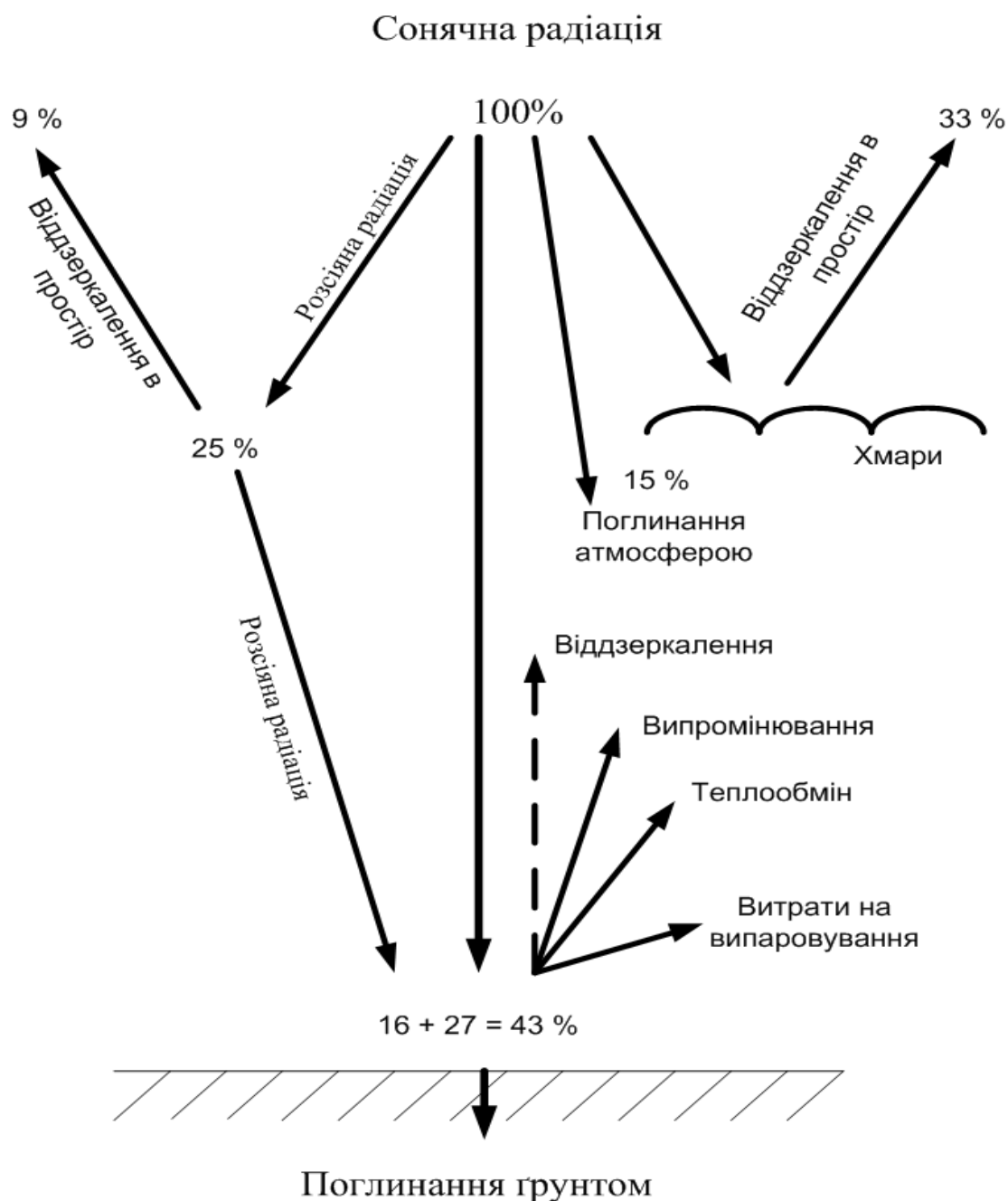


Рисунок 6.1 – Баланс сонячної радіації на поверхні Землі.

6.2 Методи виміру сонячної радіації

Для виміру інтенсивності сонячної радіації застосовуються різні актинометричні прилади.

Розрізняють абсолютні і відносні актинометричні прилади. По абсолютних приладах свідчення знімають відразу в теплових одиницях, а по відносних – у відносних. Тому для таких приладів необхідно знати перевідні множники для переходу до теплових одиниць.

Абсолютні прилади по пристрою і зверненню досить складні і не мають масового поширення. Застосовуються вони переважно для порівняння даних, отриманих по відносних приладах. Облаштування абсолютних приладів ґрунтоване на компенсаційному методі.

Для виміру інтенсивності сонячної радіації компенсаційним методом беруть два однакових за якістю і площею приймача. Згори приймачі зафарбовані сажею або платиновою черню, знизу покриті ізоляційним шаром, до якого підклеєні спаї термопар з міді і константану. Термострум, що виникає в ланцюзі, реєструється гальванометром. До одного з приймачів приєднаний другий ланцюг, в який входять батарея, реостат і амперметр.

При вимірі один приймач опромінюється сонячною радіацією, а інший, закритий екраном від сонячних променів, нагрівається електричним струмом. За допомогою реостата в другому ланцюзі підбирається така сила струму, щоб термострум в першому ланцюзі зник. В цей час приймачі отримуватимуть одне і теж кількості тепла. Знаючи кількість тепла, витрачену на нагрівання другого приймача електричним струмом, можна визначити інтенсивність сонячної радіації, що падає на перший приймач.

Кількість тепла (Q_1), отримана першим приймачем, пропорційно інтенсивності сонячної радіації (S):

$$Q_1 = S \cdot \delta \cdot s, \quad (6.7)$$

де δ - поглинаюча здатність приймача;

s – площа приймача.

Кількість тепла, що отримується другим приймачем в 1 хвилину (Q_2), за законом Джоуля-Ленца можна виразити формулою:

$$Q = 0,24 \cdot r \cdot i^2 \cdot 60, \quad (6.8)$$

де r – опір провідника;

i – сила струму.

Оскільки приймачі отримали одне і теж кількості тепла, то $Q_1 = Q_2$ чи $S\delta_s = 0,24 \cdot r \cdot i^2 \cdot 60$. З цієї рівності знаходимо:

$$S = \frac{0,24 \cdot r \cdot 60}{\delta_s} i^2. \quad (6.9)$$

Позначивши постійні величини через A , отримаємо:

$$S = A \cdot i^2. \quad (6.10)$$

Величина A дається в перевірочному свідоцтві приладу.

Таким чином, для визначення інтенсивності сонячної радіації компенсаційним методом потрібно виміряти силу струму в мить, коли гальванометр в першому ланцюзі встановиться на нулі.

У відносних приладах найчастіше використовується термоелектричний метод. При цьому інтенсивність сонячної радіації визначається по силі термоструму, різниці температур спаїв, що виникає в результаті.

Приймачем термоелектричних приладів служать термобатареї з міді-константана. Різниця температур спаїв створюється в результаті різної поглинаючої здатності різнойменних спаїв. Спай 1 покривається платиновою черню або сажею, а спай 2 – окислом магнію. В результаті різниці температур спаїв в ланцюзі виникає термострум, який вимірюється гальванометром.

Різниця температур різнойменних спаїв може бути досягнута також шляхом термоізоляції одних і опромінення сонячною радіацією інших спаїв.

Оскільки різниця температур спаїв обумовлена сонячною радіацією, що падає, то інтенсивність її буде пропорційна силі термоелектричного струму :

$$S = k \cdot N, \quad (6.11)$$

де N - відхилення стрілки гальванометра;

k - перевідний множник в Дж/м²с.

6.3 Прилади для виміру сонячної радіації

На метеорологічних станціях і в польових умовах найчастіше застосовують термоелектричні прилади. Вони прості по пристрою і мають малу інерцію (15-35 с). Тому для виміру усіх видів сонячної радіації і радіаційного балансу підстилаючої поверхні, тут розглядаються тільки термоелектричні прилади.

Прилади для виміру інтенсивності прямої сонячної радіації називаються актинометріями, для виміру інтенсивності розсіяної і сумарної радіації - піранометрами. Відбивну здатність вимірюють альбедометрами, а радіаційний баланс - балансометрами. Тривалість сонячного сьйва в годинах вимірюють геліографом.

6.4 Практичне завдання

1. Нарисуйте схему балансу сонячної радіації.
2. Побудувати графік добового ходу потоку сонячної радіації за вимірюваннями на ст. Тянь-Шань (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

τ, години	4	6	9	12	15	18	19
S, кал/см ² мин	0,00	1,35	1,53	1,56	1,48	1,04	0,00

3. Визначити, у скільки разів червоні промені розсіюються в атмосфері менше жовтих і зелених. Коефіцієнт розсіювання визначається за формулою:

$$K = \frac{c}{\lambda^4}, \quad (6.12)$$

де c - коефіцієнт, який залежить від природи газу і його щільності

6.5 Контрольні запитання

1. Що таке радіація та радіоактивність?
2. Чи є комп'ютер джерелом радіації?
3. Чи може людина стати джерелом радіації?

Завдання

1. Дайте визначення видів сонячної радіації і методів виміру їх.
2. Вивчить методи виміру сонячної радіації
3. Дайте письмову відповідь на контрольні запитання.

Лабораторне заняття №7.

7 Клімат і порівняльні характеристики клімату Одеської області.

Завдання

1. Побудувати кліматограми України і Німеччини. Зробити аналіз кліматограм.
2. Розрахувати індекс патогенності Одеської області.
3. Дайте письмову відповідь на контрольні запитання.

7.1 Коротка біокліматична характеристика навколишнього середовища

В даний час більшість захворювань людини (до 80%) мають природне походження в результаті зміни умов навколишнього середовища. Відставання адаптаційних можливостей людського організму від мінливих умов середовища проявляється у збільшенні захворювань, смертності, зменшення тривалості життя.

На думку експертів ВОЗ, глобальна проблема людства в третьому тисячолітті - проблема збереження генофонду та здоров'я людини в умовах погіршення довкілля. Вирішення цього фундаментального завдання сучасності покладено на кліматологію і біокліматологію - науки, що базуються на комплексі природних і медичних наук, вивчають вплив зміни метеорологічних умов навколишнього середовища на адаптаційні механізми людського організму.

Для кліматології в основному представляють інтерес нижні шари атмосфери - тропосфера, де найбільш інтенсивно відбувається теплообмін і вологообмін між атмосферою і земною поверхнею, утворення хмар та опадів. Цей шар атмосфери має висоту 10-12 км у середніх широтах.

Перш за все, виділяють три групи основних природних факторів зовнішнього середовища, що впливають на людину: атмосферні або метеорологічні; космічні або радіаційні; телуричні або земні. Хімічні фактори - гази і різні домішки, фізичні метеорологічні чинники - температура повітря, атмосферний тиск, вологість повітря, хмарність, опади, вітер; космічні чинники - космічні промені, радіаційне поле, імпульсивна електромагнітне поле атмосфери; при цьому електромагнітні імпульси є одним з ознак розвитку атмосфери, які можуть викликати різного роду метеопатичні реакції до видимої зміни погоди; до групи телуричних факторів належать особливості підстилаючої поверхні Землі: геологічний характер ґрунтів, її рослинність, водойми, рельєф (долини, гори).

Ці особливості земної поверхні впливають на хід метеорологічних і радіаційних факторів, певною мірою змінюючи їх вплив. Крім того, природні ландшафти є джерелом позитивних емоцій. Всі перелічені фактори зовнішнього середовища безпосередньо впливають на організм людини. Однак ці фактори діють не ізольовано, а комплексно. В залежності від характеру поєднання чинників вплив їх на організм буде різним, тому необхідна комплексна оцінка зовнішнього середовища. При цьому слід

зазначити, що поняття "погода" і "клімат" включають саме таку комплексну оцінку. Погода - це фізичний стан атмосфери, що виникає під впливом сонячної радіації та циркуляційних процесів у атмосфері, і також підстилаючої поверхні. Погоду розглядають як цілісне утворення природи, що характеризується комплексом взаємозв'язаних та взаємозумовлених процесів.

В основу дослідження покладено результати спостережень за станом атмосфери, що послужили вихідними даними для розрахунків біокліматичних показників. Серед великої кількості біокліматичних індексів обраний індекс патогенності метеорологічної ситуації. Даний індекс вказує не на характер зміни погоди, а на ступінь її дратівної дії на організм і є сумою індексів патогенності різних метеорологічних величин

$$I = I_t + I_h + I_v + I_n + I_{\Delta p} + I_{\Delta t}, \quad (7.1)$$

де I_t - індекс патогенності температури повітря:

$$I_t = 0,02 (18 - t) \text{ при } t \geq 18^\circ\text{C};$$

t - середньодобова температура, $^\circ\text{C}$;

$I_{\Delta t}$ - індекс патогенності середньодобової зміни температури Δt ;

I_h - індекс патогенності вологості повітря;

h -середньодобова відносна вологість (%);

I_v -індекс патогенності вітру;

v - середньодобова швидкість вітру (м/с);

I_n -індекс патогенності хмарності, який визначають за 11-бальною системою: 0 відповідає повна відсутність хмар, а 10 балів - суцільна хмарність;

$I_{\Delta p}$ -індекс патогенності середньодобової зміни атмосферного тиску Δp .

Таблиця 7.1 – Градація індексу патогенності

I	0 - 9	10 - 24	> 24
Умови погоди	Оптимальні (комфортні)	Подразливі	Гострі

Представляє інтерес вивчення просторового розподілу індексу патогенності I , що відображає вплив погодних умов на організм людини. Метеорологічні, геліо-та геофізичні фактори розглядаються як обурення, які надають на хворих слабкий вплив порівняно з факторами внутрішнього середовища організму людини. При оптимальних значеннях режиму метеорологічних показників або нульових значеннях патогенних параметрів погода не викликає негативних реакцій, а зміна будь-якого параметра в тому чи іншому напрямку збільшує індекс погоди і пропорційний цьому ризик негативної реакції.

Усім відомо, що живий організм перебуває під одночасним впливом безлічі факторів навколишнього середовища, але їх інтегральна дія не може бути представлена простою сумою складових. Більш різкі зміни I поєднуються з несприятливими зрушеннями параметрів геодинаміки організму (артеріального тиску, ударного і хвилинного обсягу серця), більш низькими середніми значеннями проникності електричних мембран крові і

більшою частотою раптових смертей, що підтверджує високу зв'язок І з метеопатичних реакціями.

Таким чином, характер теплообміну визначається, з одного боку, метеорологічними умовами, з іншого - станом людини. Стан людини залежить як від індивідуальних особливостей (хвороби тощо), так і від умов перебування людини на повітрі (одягнений або роздягнений, відпочиває або працює).

7.2 Кліматограми метеостанцій

Французький кліматолог Емберже запропонував класифікацію кліматів на основі режиму кліматичних факторів – кількості опадів, температури, вологості, освітленості, що, напевно, правильно з екологічної точки зору, якщо враховувати значення мінливості екологічних факторів. Емберже виділяє такі типи кліматів:

пустельний – дощі випадкові і бувають не щороку (це клімат екваторіальних і позатропічних районів);

позапустельний – опади підпорядковуються правильному річному режиму;

тропічні клімати – одні ізотермні із вираженим сухим сезоном або без нього – це клімати екваторіальні та субекваторіальні; інші – з проявами термічних сезонів – тропічні клімати;

позатропічні – у деяких виражений добовий і сезонний фотоперіодизм (таким є океанічні клімати без посушливого сезону, континентальні з посушливою зимою, середземноморські клімати з посушливим літом).

Інші клімати відрізняються лише сезонним фотоперіодизмом, сюди належать клімати субполярні та полярні.

Кожний тип клімату характеризується вологістю, висотою місця і середньою температурою найхолоднішого місяця.

Побудова кліматограм є класичним способом представлення клімату даної місцевості. Порівнюючи кліматограми різних місць, можна швидко виявити їх кліматичні розбіжності і подібність.

Вивчивши кліматограму, можна пояснити можливість поширення і адаптації нового виду, наприклад, шкідника плодів, яким є середземноморська плодова муха. Ця комаха інтенсивно розмножується лише при відповідній температурі і вологості повітря.

Характеристика кліматичного режиму місцевості складається на основі кліматограми, яка являє собою графічне відображення річного ходу основних метеорологічних елементів у даній місцевості.

7.3 Практичне завдання

Графіки, на яких зображений річний хід середніх місячних температур і місячні суми опадів для будь-якого пункту, у навчальній літературі називають зазвичай кліматограму.

Кліматограму являє собою графік з дванадцяти вертикальних смуг - по числу місяців, номера або початкові літери яких підписуються внизу. З одного боку підписується шкала температур, з іншого - шкала кількості опадів; ці шкали задають вертикальний масштаб. Ні строгого правила - на якій висоті щодо один одного слід поміщати ці шкали; можна розташувати нуль опадів навпаки нуля температур, але, наприклад, для антарктичної станції «Восток» таке розташування виявиться неекономним: максимальна із середніх місячних температур тут становить -31°C . На осьовій лінії кожної смуги наносять згідно вертикальному масштабу точки, що відповідають середній температурі і кількості опадів у цьому місяці.

Точки середніх температур з'єднують лінією: частину графіка, вище нуля, проводять червоним, нижче нуля - синім. Крива лінія виглядає більш природно, різких переломів у ході температур (тим більше, осереднених) не буває. У той же час на кривій можуть з'явитися значення, що виходять за межі обчислених середніх температур.

Графік ходу опадів іноді будують так само - у вигляді кривої або ламаної; наприклад, криві побудовані в німецькому підручнику, яким ми користувалися. Більш правильним видається, однак, спосіб, прийнятий у вітчизняній навчальній літературі: кількість опадів по місяцях представляється у вигляді стовпчастої діаграми (гістограми): кожному місяцю відповідає стовпчик, висота, а отже і площа якого пропорційна середньому місячному кількості опадів.

Кліматограму дуже виразні. Але іноді й аналіз таблиці може дати цікаві результати. Так, зсув мінімуму і максимуму температур з січня на лютий (а то й на березень), з липня - на серпень чи на вересень - характерна ознака морського клімату: вода дуже теплоємність, вона володіє високою температурною інерцією. Побачивши таке зміщення (а воно добре помітно - максимум і мінімум виділені шрифтом), переконаємося в тому, що пункт знаходиться на узбережжі або поблизу нього, простежимо хід температури і з'ясуємо, що амплітуда температур невелика, і підтвердимо це значною сумою опадів, характерною для морського клімату.

1. Побудувати кліматограми України і Німеччини. Зробити аналіз кліматограм.

Таблиця 7.2 – Вихідні данні для побудови кліматограм

Показник		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
t, °C	Німеччина	1	0,5	4,5	8	12,5	13,5	17,5	16	13,5	9,5	5,5	2,5
	Україна	-4	-3, 5	2,5	8,5	16	20,5	23,5	22,5	15,5	10,5	5,5	0
h, мм	Німеччина	73	65	72	84	83	81	82	87	88	92	91	90
	Україна	88	86	87	85	75	71	63	70	80	82	92	91

2. Розрахувати індекс патогенності Одеської області.

Через географічне положення Одеської області прийнято вважати, що вона знаходиться в зоні з відносно сприятливими умовами погоди. В силу цього безперечно актуальна інформація про її біокліматичні ресурси, знаючи які можна провести економічну оцінку ролі клімату.

Дані дослідження дозволяють констатувати, що умови погоди в досліджуваному регіоні протягом всіх сезонів, згідно з вище наведеною градацією, можна вважати подразнюючими. Однак умови погоди восени за значенням індексу патогенності наближаються до оптимальних.

В цілому як теплий, так і холодний сезони відрізняються подразнюючими умовами погоди, при цьому найбільш варіабельний є холодний сезон. Географічне положення позитивних і негативних форм рельєфу Одеської області щодо горизонту, а також значний вплив на клімат близькості Чорного моря обумовлює формування своєрідних вітрових коридорів, зручних для вторгнення повітряних мас, що розрізняються за своїми фізичними властивостями, а також утворення так званих вітрових тіней. Можна припустити, що цим і пояснюється специфічний дискомфорт даної місцевості в досліджуваній період.

Аналіз отриманих результатів дослідження дозволяє припустити, що провідну роль у формуванні патогенних метеорологічних умов в холодний сезон грає інтенсивна циклонічна діяльність. Теплий сезон, з менш інтенсивною атмосферною циркуляцією, відрізняється появою оптимальних погодних умов на заході і південному заході області.

В практиці біокліматичних досліджень найбільш прийнятним є розгляд тенденцій індексу за окремими сезонами року, найчастіше для теплого і холодного. Холодний сезон в Одеській області відрізняється досить значною активністю синоптичних процесів і циркуляції в цілому, що обумовлює біокліматичної дискомфорт за індексом патогенності метеоумов. Теплий сезон року в Одеській області в більшій мірі відрізняється комфортними або близькими до них біокліматичними умовами. При районуванні території за річними значеннями індексу патогенності метеоумов виділені чотири області: Північна, Західна, Центральна і Східна. Практично всі виділені ділянки знаходяться в некомфортних, що дратують умовах погоди.

Комфортні умови для південного регіону, при яких виникає мінімум метеопатичних реакцій, визначається наступними значеннями метеорологічних величин: температура повітря 18 °С, еквівалентно-ефективна температура 16,7 - 21,7 °С, відносна вологість повітря 50%, швидкість вітру, хмарність, зміни тиску і температури дорівнюють нулю.

7.4 Контрольні запитання

1. Які існують кліматограми? Навіщо вони потрібні?
2. Опишіть оптимальні умови комфортності?
3. Які існують методики класифікації погод?

Додаток 1. Таблиця для визначення точки роси за СП 23-101-2004.

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

33	17,6	19,48	21,18	22,76	24,2	25,54	26,78	27,97	29,08	30,14	31,14	32,19
34	18,49	20,38	22,1	23,68	25,14	26,49	27,74	28,94	30,05	31,12	32,12	33,08
35	19,38	21,28	23,02	24,6	26,08	27,64	28,7	29,91	31,02	32,1	33,12	34,08

Додаток 2. Діапазон комфорту.

Людина при високих значеннях точки роси відчуває себе некомфортно. У континентальному кліматі умови із точкою роси між 15 і 20 °С доставляють деякий дискомфорт, а повітря із точкою роси вище 21 °С сприймається як задущливе. Висока точка роси має тенденцію викликати в людей почуття дискомфорту. Нижня точка роси, менш 10 °С, корелює з більш низькою температурою навколишнього середовища й тіло вимагає меншого охолодження. Нижня точка роси може відповідати високій температурі тільки при дуже низькій відносній вологості.

Точка роси, °С	Відчуття людиною	Відносна вологість (при 32 °С), %
більш 26	у край високе сприйняття, смертельно небезпечно для хворих астмою	65 і вище
24—26	у край некомфортний стан	62
21—24	дуже волого й некомфортно	52—60
18—21	неприємно сприймається більшістю людей	44—52
16—18	комфортно для більшості, але відчувається верхня межа вологості	37—46
13—16	комфортно	38—41
10—12	дуже комфортно	31—37
менш 10	трохи сухо для деяких	30