

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені О.О.БОГОМОЛЬЦЯ

«Затверджено»

на методичній нараді
кафедри гігієни та екології

Завідувач кафедри

член-кор. НАМН України, професор
_____ В.Г. Бардов

« _____ » _____ 2017 року

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДЛЯ СТУДЕНТІВ

<i>Навчальна дисципліна</i>	Гігієна та екологія
<i>Модуль №1</i>	«Загальні питання гігієни та екології»
<i>Змістовий модуль 2</i>	Гігієнічне значення навколишнього середовища та методи його дослідження. Гігієна населених місць та житла. Гігієна повітряного середовища.
<i>Тема заняття</i>	Методика визначення і гігієнічна оцінка напрямку та швидкості руху повітря, вплив на теплообмін людини, біоетичні аспекти. Методи гігієнічної оцінки та біобезпека комплексного впливу параметрів мікроклімату на теплообмін людини.
<i>Курс</i>	2
<i>Факультет</i>	Медичний № 1, № 2

Укладач: доцент, д.мед.н. О.П.
Вавріневич

1. Актуальність теми:

Фізичні властивості повітряного середовища спричиняють суттєвий вплив на умови життя населення, здоров'я окремих колективів. В комплекс факторів, які характеризують ці властивості, входить рух повітря.

Швидкість руху повітря впливає на теплообмін в організмі людини, його використовують для розрахунку кратності повітрообміну, напрямок руху повітря в населеному пункті вказує на можливість надходження забруднювачів атмосферного повітря в житлові райони.

В практичній діяльності санітарного лікаря дослідження руху повітря необхідно для прогнозування теплового самопочуття людини перш за все у виробничих приміщеннях, оцінки ефективності вентиляції приміщень, правильності планування населених пунктів.

На організм людини повсюдно впливає мікроклімат: мікроклімат жител, виробничих приміщень, мікроклімат міста, лікарняної палати і ін..

Нормальна життєдіяльність і висока працездатність людини зберігаються тільки за умови теплової рівноваги, тобто коли теплопродукція і тепловіддача зрівноважені без напруження терморегуляції. Це можливе лише за умови оптимального мікроклімату. Значні зміни мікроклімату можуть призводити до специфічних і неспецифічних змін в організмі, які супроводжуються різною патологією.

У зв'язку з цим лікарю необхідно уміти оцінювати параметри мікроклімату та реакцію організму людини на їх вплив.

2. Конкретні цілі :

Засвоїти гігієнічне значення руху атмосферного повітря та повітря закритих приміщень, його роль в формуванні мікроклімату, в механізмах теплового обміну організму.

Оволодіти методами та засобами визначення напрямку та швидкості руху повітря на відкритих ділянках та в приміщенні.

Визначати напрямок та силу вітру. Вимірювати і оцінювати показники мікроклімату (температуру повітря, радіаційну температуру, вологість та швидкість руху повітря).

Скласти гігієнічні висновки та оцінювати результати визначення напрямку та швидкості руху повітря у відкритій атмосфері і в закритих приміщеннях.

Вимірювати і оцінювати фізіологічні показники впливу мікроклімату на теплообмін і терморегуляцію організму (частоту дихання, серцевих скорочень, артеріальний тиск, температуру тіла та поверхні шкіри, інтенсивність потовиділення, електропровідність шкіри), оцінювати суб'єктивне тепловідчуття людини на підставі фізіологічного стану та психоемоційних реакцій.

Для реалізації перерахованих цілей необхідні початкові знання-уміння, отримані студентами на попередніх заняттях.

3. Базовий рівень підготовки.

Назви попередніх дисциплін	Отримані навички
Медична і	Пояснювати закони термодинаміки та руху повітря.

біологічна фізика.	Вимірювати фізичні параметри повітря в приміщенні та на зовні. (Показники температури повітря, радіаційної температури, вологості, тиску)
Медична хімія	Інтерпретувати типи хімічної рівноваги для формування цілісного фізико-хімічного підходу до вивчення процесів життєдіяльності організму при терморегуляції. Трактувати загальні фізико-хімічні закономірності, що є в основі процесів життєдіяльності людини.
Медична біологія.	Пояснювати основи біологічної дії конвекційного нагрівання на організм людини. Пояснювати первинні процеси відповіді організму людини на дію конвекційного нагрівання. Пояснювати основи біологічної дії конвекційного охолодження на організм людини та на біологічні тканини. Пояснювати первинні процеси відповіді організму людини на нагрівання та переохолодження.

4. Завдання для самостійної праці під час підготовки до заняття

4.1. Перелік основних термінів, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент при підготовці до заняття:

Термін	Визначення
Роза вітрів	Графічне зображення періодичної повторюваності напрямку руху вітру в певній місцевості за певний проміжок часу.
Анемометр	Прилад для вимірювання швидкості, а часто і напрямку руху потоків (газів і рідин), наприклад, повітря (вітромір); швидкість потоку вимірюється за швидкістю обертання ротора з лопатками або півкулястими чашками. За конструкцією розподіляються на крильчасті, чашкові та термоелектричні.
Кататермометр	Спеціальні термометри які визначають охолоджуючу здатність повітря, завдяки якій можна розрахувати швидкість руху повітря.
Фактор кататермометра	Постійна величина для кататермометра, яка показує кількість тепла яку втрачає кататермометр з 1см ² поверхні резервуару приладу, за час його охолодження з 38°C до 35°C
Охолоджуюча здатність повітря	Здатність повітря відбирати тепло у поверхонь, температура яких більша, за температуру самого повітря.
Атмосферне повітря	Фізична суміш газів різної хімічної природи, які є дихальним середовищем більшості живих організмів і необхідні для життя, є складовою частиною атмосфери Землі.

Конвекція	Явище перенесення тепла в рідинах, газах або сипких середовищах потоками самої речовини (неважливо, вимушено або мимоволі).
Вентиляція	Створення обміну повітря в приміщенні для видалення надлишків теплоти, вологи, шкідливих та інших речовин з метою забезпечення допустимих метеорологічних, санітарно-гігієнічних, технологічних умов повітряного середовища
Мікроклімат	Сукупність фізичних чинник повітряного середовища, які впливають на процеси терморегуляції і формують тепловідчуття
Повітря	- Природна суміш газів, з яких складається атмосфера
Температура	- Фізична величина, яка описує здатність макроскопічної системи (тіла), що знаходиться в стані термодинамічної рівноваги, до передачі тепла іншим тілам.
Температура повітря	- Величина, що характеризує тепловий стан повітря.
Радіаційна температура	- Величина, що характеризує тепловий стан оточуючих поверхонь. - Температура чорного тіла, за якої його енергетична світність дорівнює енергетичній світності даного теплового випромінювача.
Відносна вологість	– відношення у відсотках абсолютної до максимальної вологості, або – відсоток насичення водяними парами повітря в момент спостереження. Ступінь випаровування води з поверхні тіла людини залежить від фізіологічної відносної вологості
Абсолютна вологість повітря	Кількість водяної пари в грамах в 1 м ³ повітря за даної температури.
Максимальна вологість	- Пружність водяних парів при повному насиченні повітря вологою при даній температурі. - Кількість водяних пар у грамах, необхідне для повного насичення 1 м ³ повітря при даній температурі.
Точка роси	- Температура, за якої повітря досягає стану насичення, а наявна у ньому водяна пара починає конденсуватися за даного вмісту вологи та незмінного тиску. - Температура, за якої абсолютна вологість повітря досягає максимальної.

Дефіцит насичення	- Різниця між тиском насичення і фактичним тиском водяної пари за даної температури і тиску повітря. - Різниця між максимальною та абсолютною вологістю.
Фізіологічний дефіцит насичення.	Це різниця між максимальною вологістю повітря при температурі тіла (36,5°C) та абсолютною вологістю при температурі повітря.
Еквівалентно-ефективна температура	Показник відчуття тепла, якого зазнає людина за різних комбінацій температури, вологості і швидкості руху повітря
Результуюча температура	Показник відчуття тепла, якого зазнає людина за різних комбінацій температури, вологості, радіаційної температури і швидкості руху повітря

4.2. Теоретичні питання до заняття:

1. Поняття про мікроклімат і фактори, що його характеризують.
 2. Гігієнічне значення температури повітря, радіаційної температури.
- Основні закони термодинаміки, закон Стефана-Больцмана.
3. Гігієнічне значення та показники вологості повітря (абсолютна, максимальна, відносна, фізіологічна вологість, дефіцит, фізіологічний дефіцит насичення, точка роси).
 4. Фізичні основи руху повітря. Значення сонячної радіації та типу підстиляючої поверхні Землі у виникненні вітрів.
 5. Гігієнічне значення руху атмосферного повітря, його вплив на формування клімату, погоди, чистоту атмосфери. Вплив сильних вітрів на довкілля, фізіологічний стан організму, його психо-емоційну сферу.
 6. Використання панівних напрямків вітрів у запобіжному санітарному нагляді при проектуванні будівництва житлових поселень, промислових підприємств, місць відпочинку. Роза вітрів.
 7. Значення руху повітря в формуванні мікроклімату, його вплив на тепловий обмін організму, на віддачу тепла конвекцією, випаровуванням.
 8. Системи підсилення руху повітря в приміщеннях. Природна та штучна вентиляція.
 9. Класифікація і характеристика приладів для визначення напрямку та швидкості руху повітря.
 10. Прилади для вимірювання параметрів мікроклімату, принципи їх побудови та методика використання.
 11. Загальна методика гігієнічного вивчення метеорологічних факторів та мікроклімату приміщень.
 12. Теплова рівновага та теплообмін організму з навколишнім середовищем. Фізіолого-гігієнічна характеристика теплопродукції і тепловіддачі. Суб'єктивні та об'єктивні показники теплового стану людини.

13. Охолоджуючий мікроклімат та його вплив на організм людини. Фізіологічні реакції та захворювання, що ним обумовлені (переохолодження, відмороження та інші).

14. Нагріваючий мікроклімат та його вплив на організм людини. Фізіологічні та патологічні прояви гострого та хронічного перегрівання. Сонячний, тепловий удар. Профілактика перегрівання.

15. Методи вивчення впливу мікроклімату приміщень на організм людини: метод кататермометрії, ефективних, еквівалентно-ефективних, результуючих температур, їх порівняльна гігієнічна оцінка.

16. Розрахунок та комплексна гігієнічна оцінка теплового балансу організму: розрахунок теплопродукції та тепловіддачі (випромінюванням, конвекцією, випаровуванням, сумарних) в залежності від мікроклімату.

4.3. Практичні роботи (завдання) які виконуються на занятті:

Практичні роботи (завдання), які виконуються на занятті:

1. Визначити напрямок, силу та швидкість вітру повітря. Скласти гігієнічний висновок та оцінити результати визначення напрямку та швидкості руху повітря у відкритій атмосфері і в закритих приміщеннях.
2. Визначити рекомендоване місце для розміщення лікарні в населеному пункті. (Завдання кожен студент отримує індивідуальне).
3. Визначити швидкість руху повітря в учбовій лабораторії за допомогою кататермометра.
4. Дослідити клініко-фізіологічні реакції людини на зміни параметрів мікроклімату;
5. Визначити еквівалентно ефективну температуру та дати гігієнічну оцінку мікроклімату;
6. Визначити результуючу температуру та дати гігієнічну оцінку мікроклімату;
7. Оцінити мікроклімат факторним методом та дати гігієнічну оцінку;
8. Оцінити тепловий баланс людини шляхом розрахунку тепловиділення та теплопродукції

Зміст теми:

Зародження руху повітряних мас пов'язане з нерівномірним нагріванням земної поверхні, яке призводить до формування областей з більш високим та більш низьким атмосферним тиском.

Повітря завжди пересувається з території високого тиску до місцевості з низьким тиском. При чому чим більша різниця атмосферного тиску, тим швидше рухається повітря й має більшу силу. Вітер відсутній лише коли не відчуються коливань тиску. Отже, вітром називають явище горизонтального переміщення повітря з області високого в область низького тиску.

Вітер характеризується трьома основними показниками: напрямом, силою та швидкістю.

Напрямок вітру залежить від формування над земною поверхнею областей високого та низького атмосферного тиску. Він визначається за сторонами горизонту за допомогою флюгера

Сила вітру обумовлена різницею атмосферного тиску, між різними ділянками землі. Чим ця різниця більша, тим вітер сильніший. Силу вітру визначають в балах: від 0 до 12. Повна відсутність руху повітря – штиль

Швидкість вітру обчислюється в м/с та знаходиться у прямій залежності від його сили.

Напрямок вітру в приміщенні можна визначити за допомогою фумігатора – за рухом диму, або за відхиленням напрямку полум'я свічки.

Рух повітря в приміщеннях є важливим чинником, що впливає на теплове самопочуття людини. Рух повітря в приміщенні здійснюється за рахунок градієнту температур. Повітряні маси опускаються в напрямку від тепла до холоду. В побутових приміщеннях існує два напрямки руху повітря, це горизонтальний – «протяг» та ламінарний або висхідний, який утворюється коли нагріте повітря від обігрівачів піднімається вгору.

Підвищення руху повітря до 0,25 м/с зумовлює збільшення втрати тепла на 30% порівняно з тепловіддачею при швидкості 0,1 м/с. У жаркому приміщенні рух повітря сприяє збільшенню віддачі тепла організмом і покращує його самопочуття, проте має несприятливу дію при низькій температурі повітря в холодний період року. За наявності руху повітря швидше відбувається випаровування поту з поверхні тіла, що веде до більш інтенсивної віддачі тепла. Відомо, що на ділянках з малою рухливістю повітря в гарячих цехах самопочуття робітників погіршується. Збільшення рухливості повітря веде до покращення самопочуття, але до певної межі, після чого людина починає відчувати протяг. В поєднанні з фізичною напругою рух повітря до 3-3,5 м/с сприймається позитивно. Мінімальна швидкість руху повітря, який відчуває людина, складає 0,2 м/с.

Вважається, що оптимальною є швидкість руху повітря в приміщенні в межах 0,1-0,2 м/с.

В гігієнічній практиці для комплексної оцінки впливу мікроклімату на теплообмін людини використовують дві групи методів:

I. Суб'єктивні методи:

1. Анкетно-опитувальний;
2. Метод ефективних температур;
3. Метод еквівалентно-ефективних температур;
4. Метод результуючих температур.

II. Об'єктивні методи:

1. Факторний метод;
2. Метод кататермометрії;
3. Метод фригометрії;
4. Розрахунковий або метод оцінки теплового балансу;
5. Метод оцінки клініко-фізіологічних реакцій.

Анкетно-опитувальний метод відображає суб'єктивну характеристику теплового стану людини. Метод ґрунтується на опитуванні однорідної групи

людей, які знаходяться в однакових мікрокліматичних умовах. Використовують 7 характеристик: дуже холодно, холодно, прохолодно, комфортно, тепло, жарко, дуже

жарко. В суб'єктивній оцінці мікроклімату застосовують додаткові характеристики: душно, волого, вітряно.

Метод ефективних температур передбачає за допомогою номограм визначення ефективних температур. *Ефективна температура* – це показник відчуття тепла, якого зазнає людина за різних поєднань температури та вологості. В основу його для порівняння теплового ефекту умовно беруть насичене вологою та нерухоме повітря визначеної температури. Звідси градус ефективної температури виражають температурою, яку має нерухоме повітря й насичене до 100% відносною вологості повітря, яке викликає даний ефект.

Виділяють *зону комфорту* – не менше 50% людей почувають себе комфортно, та *лінію комфорту* – добре себе почувають майже 95% людей.

Метод еквівалентно-ефективних температур. Як і в попередньому методі використовуються номограми для визначення еквівалентно-ефективних температур. *Еквівалентно-ефективна температура* – показник, який враховує вплив на теплорегуляцію людини трьох показників – температури, вологості, швидкості руху повітря.

Метод результуючих температур. Метод результуючих температур враховує комплексну дію на організм температури, вологості, швидкості руху повітря та променистого тепла (радіаційної температури) – радіаційну температуру визначають за допомогою кульового термометра.

Результуюча температура – температура, яка викликає таке ж тепловідчуття, як і в приміщенні, де повітря повністю насичене вологою, перебуває у спокої, а середня температура внутрішніх поверхонь стін дорівнює температурі повітря.

Норми ефективних температур такі: зони комфорту для людського організму 17,2-21,2°C, лінія комфорту 18,1-18,9°C; комфортне тепловідчуття працюючих під час виконання легкої роботи настає при результуючій температурі 16-18°C, а при виконанні важкої роботи 10-13°C.

До об'єктивних методів належить **факторний метод**, який ґрунтується на визначенні температури повітря, вологості, швидкості руху повітря, радіаційної температури за допомогою відповідних приладів та порівняння отриманих показників мікроклімату з нормативними значеннями і робляться висновки.

Метод кататермометрії. Кататермометр визначає охолоджуючу здатність повітря (порівняння з тілом людини), однак виявилось, що кататермометр не відтворює умов втрати тепла з поверхні шкіри людини і не враховує впливу теплового випромінювання, яке істотно діє на тепловий обмін організму. Оскільки, при визначенні кататермометром охолоджувальної здатності повітря, не враховується реакція організму людини, показання кататермометра визнаються умовними й ними користуються лише як орієнтовними.

Кататермометр показує втрату тепла (мккал/с) з 1 см² приладу. Самопочуття людини залежить від втрати тепла, і тому приємного відчуття вона зазнає при втраті за одиницю часу еквівалентної виробленої організмом кількості тепла. Одягнена людина втрачає звичайно за 1 с з 1 м² поверхні свого тіла 1,2-1,4 мкал.

При охолоджуючій здатності повітря, що дорівнює 5,5-7,4 мкал/с із см², забезпечується найкраще самопочуття в приміщеннях для людей сидячих професій. Якщо охолодження кататермометру більше 7,0, людина відчуває холод, якщо ж воно менше 5,5 то людина зазнаватиме відчуття ядухи.

Метод фрігометрії враховує вплив всіх факторів мікроклімату: температури, вологості, швидкості руху повітря, радіаційної температури. Для цього використовується прилад Шахбазяна–Ермана, який реєструє охолоджуючу здатність повітря.

Розрахунковий або метод теплового балансу передбачає оцінку теплообміну людини шляхом порівняння величини теплоутворення при виконанні тієї чи іншої роботи і тепловтрати, яка визначається шляхом розрахунку тепла, що виділяється людиною випромінюванням, проведенням, випаровуванням вологи.

За допомогою **методу визначення клініко-фізіологічних реакцій** здійснюється оцінка функціонального стану організму на основі таких показників:

1) *Температура шкіри на різних ділянках тіла* (тил кисті, грудини, тил стопи, лоб), вкритих одягом. Температур на різних ділянках шкіри коливається в межах 31-34 °С, що відповідає нормальному самопочуттю людини. Температуру шкіри вимірюють електротермометром;

2) *Різниця температур на різних ділянках шкіри* – в умовах теплового комфорту у здорової людини температура шкіри лоба складає – 32,5-33,5 °С, кисті – 29-30 °С, різниця між ними – 3-4 °С. Оскільки дистальні ділянки тіла охолоджуються швидше, то при зниженні температури повітря вказана різниця збільшується, при підвищенні – зменшується. Відповідно динаміці температури повітря змінюються і тепловідчуття людини;

3) *Частота пульсу*;

4) *Артеріальний тиск*;

5) *Частота дихання*;

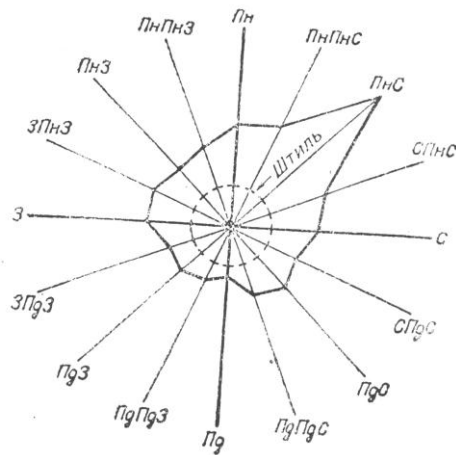
6) *Інтенсивність потовиділення*: вивчають йод-крохмальним методом (метод Міщука) або вимірюванням електричного опору поверхневих шарів шкіри.

УЧБОВА ІНСТРУКЦІЯ

з вивчення напрямку руху повітря

Під напрямом вітру розуміють сторону горизонту, звідки віє вітер і позначають румбами – 4 основними (Пн., Пд., Сх., Зх.) і 4 проміжними (Пн-Зх., Пн-Сх., Пд-Зх., Пд-Сх.).

Річну повторюваність вітрів в тій чи іншій місцевості зображають у графічному вигляді “рози вітрів”(мал..1).



Мал.1. Роза вітрів

Для побудови “рози вітрів” на графіку румбів відкладають виражену у відсотках частоту вітрів кожного напрямку і з’єднують ламаною лінією. Штиль позначають колом з радіусом відповідно відсотка штильових днів.

“Розу вітрів” використовують в метеорології, аеро- і гідронавігації, а також у гігієні. В останньому випадку – для раціонального планування, взаєморозміщення об’єктів при запобіжному санітарному нагляді за будівництвом населених місць, промислових підприємств, оздоровчих об’єктів, зон відпочинку.

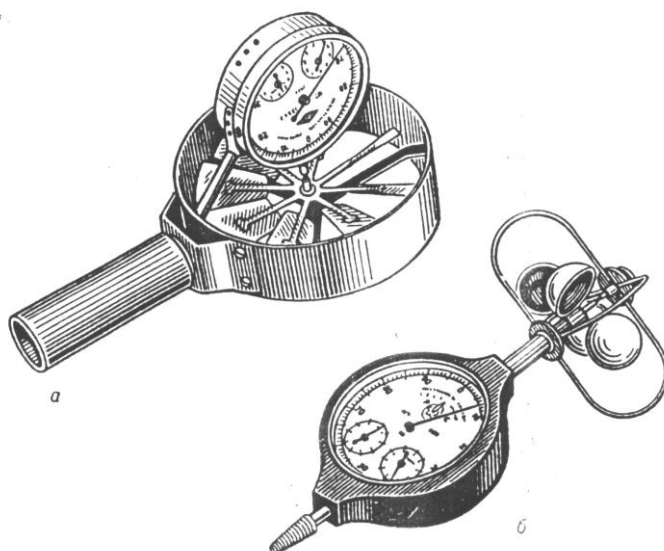
Напрямок руху атмосферного повітря визначається за допомогою вимпела, (на кораблях), флюгерів різної побудови та тканинного конусу (на аеродромах).

В приміщеннях, де рух повітря надто слабкий, напрямок руху повітря можна досліджувати за допомогою фумігатора (дим, синтезованого тим або іншим засобами) або відхиленням полум’я свічки.

УЧБОВА ІНСТРУКЦІЯ

з визначення швидкості руху повітря за допомогою анемометрів

Швидкість руху атмосферного повітря (а також руху повітря у вентиляційних отворах) визначають за допомогою анемометрів: чашечного (при швидкостях від 1 до 50 м/с) і крильчатого (0,5 – 10 м/с) (мал. 2). Робота вертикально встановленого чашечного анемометра не залежить від напрямку вітру; крильчатий анемометр потрібно чітко орієнтувати віссю на напрям вітру.



Мал. 2. Анемометри
(а – крильчатий; б – чашечний)

Для визначення швидкості руху повітря спочатку записують вихідні показники циферблатів лічильника (тисячі, сотні, десятки та одиниці), відключивши його від турбінки, виставляють анемометр у місці дослідження (наприклад, в створі відкритого вікна, вентиляційного отвору, надворі). Через 1–2 хв. холостого обертання вмикають одночасно лічильник обертів і секундомір. Через 10 хв. лічильник відключають, знімають нові показники циферблатів і розраховують швидкість обертання крильчатки (кількість поділок шкали за секунду – А):

$$A = \frac{N_2 - N_1}{t},$$

де: N_1 – показання шкали приладу до вимірювання;

N_2 – показання шкали приладу після вимірювання;

t – термін вимірювання в секундах.

За значенням “А” поділок/сек. на графіку (у кожного анемометра є свій індивідуальний графік згідно заводського номера приладу, що додається до анемометра), знаходять швидкість руху повітря в м/сек.

Для цього по графіку анемометра на осі абсцис знаходять відмітку, відповідну швидкості обертання в об/с, піднімають перпендикуляр до косої лінії графіка, а звідси вліво на осі ординат знаходять значення швидкості руху повітря в м/с.

Сила вітру визначається за 12-бальною шкалою: від штилю – 0 балів (швидкість руху повітря 0 – 0,5 м/с) до урагану – 12 балів (швидкість руху повітря 30 і більше м/с).

Детальніше шкала сили вітрів і швидкості руху повітря наведена в таблиці 1.

Таблиця 1.

Шкала швидкості руху повітря в балах

Бал	Сила вітру	Швидкість руху повітря, м/с
0	Штиль (безвітря)	0,0 – 0,5
1	Ледь помітний вітерець	0,6 – 1,7
2	Дуже слабкий вітер	1,8 – 3,3

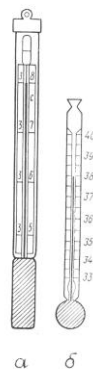
3	Слабкий вітер	3,4 – 5,2
4	Незначний вітер	5,3 – 7,4
5	Доволі сильний (свіжий) вітер	7,5 – 9,6
6	Сильний вітер	9,7 – 12,4
7	Дуже сильний вітер	12,5 – 15,2
8	Надзвичайно сильний вітер	15,3 – 18,2
9	Буря (шторм)	18,3 – 21,5
10	Сильна буря	21,6 – 25,1
11	Дуже сильна буря	25,2 – 29,0
12	Ураган	29,0 і більше

Визначення швидкості руху повітря в приміщеннях за допомогою кататермометра

Кататермометр дозволяє визначити дуже слабкий рух повітря в межах від 0,1 до 1,5 м/с. Прилад представляє собою спиртовий термометр з циліндричним або кульовим резервуаром. Шкала циліндричного кататермометра градуйована в межах від 35 до 38° С, кульового – від 33 до 40°С (мал. 3.).

Принцип роботи кататермометра полягає в тому, що попередньо нагрітий, він втрачає тепло не лише під дією температури повітря та радіаційної температури, але і під дією руху повітря, пропорційно його швидкості.

Кататермометр призначений для визначення охолоджуючої здатності повітря, на підставі якої і розраховується швидкість руху повітря. Знаючи цю величину



Мал.3. Кататермометр
(а – циліндричний (Хілла); б – кульовий)

охолодження кататермометра та температуру навколишнього повітря, по емпіричних формулах і за таблицями можна визначити швидкість руху повітря.

Хід роботи: кульовий кататермометр занурюють в посудину з гарячою водою при температурі останньої 65 – 70° С до тих пір, поки зафарбований спирт не заповнить на 1/2-1/3 об'єм верхнього резервуару. Після цього кататермометр насухо витирають і підвішують на штатив в центрі приміщення (або в іншому місці, де необхідно визначити швидкість руху повітря). При визначенні у відкритій атмосфері кататермометр захищають від впливу променевої енергії Сонця. Далі за допомогою секундоміра визначають час в секундах, за який стовпчик опустився

від T_1 до T_2 . Інтервали охолодження кататермометра можна брати від 40° до 33° , тобто такий інтервал, щоб частка від ділення суми $\frac{T_1 + T_2}{2}$ дорівнювала $36,5^\circ$.

Величину охолодження циліндричного кататермометра та кульового з інтервалом $38 - 35^\circ$ знаходять за формулою:

$$H = \frac{F}{a} \cdot \text{мккал} / \text{см}^2 \cdot \text{с} ,$$

де: H – охолоджуюча здатність повітря в $\text{мккал} / \text{см}^2 \cdot \text{с}$;

F – фактор кататермометра – постійна величина, нанесена на тильній стороні шкали, яка показує кількість тепла, втраченого з 1см^2 поверхні резервуару приладу за час його охолодження з 38°C до 35°C і дорівнює більше $600 \text{мккал} / \text{см}^2$ (у кульового кататермометра старих випусків – при охолодженні на 1° і знаходиться в межах $200 - 250 \text{мккал} / \text{см}^2$);

a – термін в секундах, протягом якого кататермометр охолоджується з 38° до 35° . При використанні кульового кататермометра старого випуску (у якого фактор градування на $1^\circ \approx 200 - 250 \text{мккал} / \text{см}^2$) величину охолодження знаходять за формулою:

$$H = \frac{F}{a} \cdot (T_1 - T_2) \cdot \text{мккал} / \text{см}^2 \cdot \text{с} ,$$

де: $T_1 - T_2$ – різниця температур вибраного інтервалу в градусах;

a – час охолодження приладу в секундах.

Для визначення швидкостей руху повітря менше 1 м/с застосовують формулу:

$$V = \left(\frac{\frac{H}{Q} - 0,20}{0,40} \right)^2 ,$$

а для визначення швидкостей більше 1 м/с – формулу:

$$V = \left(\frac{\frac{H}{Q} - 0,13}{0,47} \right)^2 ,$$

де: V – швидкість руху повітря (м/с);

H – охолоджуюча здатність повітря;

Q – $(36,5 - t^\circ \text{ повітря})$ – різниця між середньою температурою тіла $36,5^\circ$ та температурою навколишнього середовища;

$0,20$ і $0,40$ – емпіричні коефіцієнти;

$0,13$ і $0,47$ – емпіричні коефіцієнти.

Швидкість руху повітря при роботі з кататермометром може бути визначена не лише шляхом розрахунку за формулами але і за допомогою таблиць для кульового кататермометра (табл. 2), після попереднього розрахунку $\frac{H}{Q}$, або таблиці 3.

Таблиця 2

Таблиця для визначення швидкості руху повітря по кульовому кататермометру

H/Q	V, м/с	H/Q	V, м/с	H/Q	V, м/с
-----	--------	-----	--------	-----	--------

H/Q	V, м/с	H/Q	V, м/с	H/Q	V, м/с
0,33	0,046	0,50	0,44	0,67	1,27
0,34	0,062	0,51	0,48	0,68	1,31
0,35	0,077	0,52	0,52	0,69	1,35
0,36	0,09	0,53	0,57	0,70	1,39
0,37	0,11	0,54	0,62	0,71	1,43
0,38	0,12	0,55	0,68	0,72	1,48
0,39	0,14	0,56	0,73	0,73	1,52
0,40	0,16	0,57	0,80	0,74	1,57
0,41	0,18	0,58	0,88	0,75	1,60
0,42	0,20	0,59	0,97	0,76	1,65
0,43	0,22	0,60	1,00	0,77	1,70
0,44	0,25	0,61	1,03	0,78	1,75
0,45	0,27	0,62	1,07	0,79	1,79
0,46	0,30	0,63	1,11	0,80	1,84
0,47	0,33	0,64	1,15	0,81	1,89
0,48	0,36	0,65	1,19	0,82	1,94
0,49	0,40	0,66	1,22	0,83	1,98
				0,84	2,03

Таблиця 3

Обчислення до формули для визначення швидкості руху повітря менше 1 м/с з урахуванням поправок на температуру

H/Q	Швидкість (м/с) при температурі, °C							
	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	26
0,27	-	-	-	-	0,044	0,047	0,051	0,059
0,28	-	-	-	0,049	0,051	0,061	0,070	0,074
0,29	0,041	0,050	0,051	0,060	0,067	0,076	0,085	0,089
0,30	0,051	0,060	0,065	0,073	0,082	0,091	0,101	0,104
0,31	0,061	0,070	0,079	0,088	0,098	0,107	0,116	0,119
0,32	0,076	0,085	0,094	0,104	0,113	0,124	0,136	0,140
0,33	0,091	0,101	0,110	0,119	0,128	0,140	0,153	0,159
0,34	0,107	0,115	0,129	0,139	0,148	0,160	0,174	0,179
0,35	0,127	0,136	0,145	0,154	0,167	0,180	0,196	0,203
0,36	0,142	0,151	0,165	0,19	0,192	0,206	0,220	0,225
0,37	0,163	0,172	0,185	0,198	0,212	0,226	0,266	0,245
0,38	0,183	0,197	0,210	0,222	0,239	0,249	0,240	0,273
0,39	0,208	0,222	0,232	0,244	0,257	0,274	0,266	0,301
0,40	0,229	0,242	0,256	0,269	0,287	0,305	0,293	0,330
0,41	0,254	0,267	0,282	0,299	0,314	0,330	0,323	0,364
0,42	0,280	0,293	0,311	0,325	0,343	0,361	0,349	0,386
0,43	0,310	0,324	0,342	0,356	0,373	0,392	0,379	0,417
0,44	0,340	0,354	0,368	0,385	0,401	0,417	0,410	0,449
0,45	0,366	0,381	0,398	0,412	0,429	0,449	0,445	0,478
0,46	0,396	0,415	0,429	0,446	0,465	0,483	0,471	0,508
0,47	0,427	0,445	0,464	0,482	0,500	0,518	0,501	0,544

H/Q	Швидкість (м/с) при температурі, °C							
	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	26
0,48	0,468	0,480	0,499	0,513	0,531	0,551	0,537	0,579
0,49	0,503	0,516	0,535	0,556	0,571	0,590	0,572	0,615
0,50	0,539	0,557	0,571	0,589	0,604	0,622	0,608	0,651
0,51	0,574	0,593	0,607	0,628	0,648	0,666	0,640	0,691
0,52	0,615	0,633	0,644	0,665	0,683	0,701	0,684	0,727
0,53	0,656	0,674	0,688	0,705	0,724	0,742	0,720	0,768
0,54	0,696	0,715	0,729	0,746	0,764	0,783	0,760	0,808
0,55	0,737	0,755	0,770	0,790	0,827	0,827	0,801	0,851
0,56	0,788	0,801	0,815	0,833	0,851	0,867	0,844	0,894
0,57	0,834	0,852	0,867	0,882	0,898	0,915	0,933	0,940
0,58	0,879	0,898	0,912	0,929	0,941	0,959	0,972	0,977
0,59	0,930	0,943	0,957	0,971	0,985	1,001	1,018	1,023
0,60	0,981	0,994	1,008	1,022	1,033	1,044	1,056	1,060

Всі результати вимірювання та етапів розрахунку заносять у протокол, після чого дають гігієнічний висновок. При цьому керуються тим, що швидкість руху повітря в приміщеннях, в залежності від їх призначення, повинна знаходитись у межах 0,1 – 0,5 м/с.

Таблиця 4.

Норми швидкості руху повітря в житлових, громадських і адміністративно-побутових приміщеннях (Витяг з БНіП 2.04.05-86)

Період року	Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптимальна	Допустима
Теплий	0,2 – 0,3	0,5
Холодний і перехідний	0,2	0,2

Примітка: норми встановлено для людей, які знаходяться в приміщенні більше 2 годин безперервно.

Силу вітру (у балах та описово) і швидкість руху атмосферного повітря (в м/с) оцінюють за таблицею 6.

Таблиця 5

Оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в житлових, громадських та адміністративно-побутових приміщеннях (Витяг із СНіП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»)

Період року	Температура повітря, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Теплий період року	20-22	60-30	До 0,2
	23-25	60-30	До 0,3
Холодний і перехідний періоди року	20-22	45-30	До 0,2

Таблиця 6

Оцінка швидкості та сили вітру за шкалою Бофорта

Бал	Штифти флюгера	Швидкість вітру, м/с	Характеристика вітру	Візуальна оцінка
-----	----------------	----------------------	----------------------	------------------

Бал	Штифти флюгера	Швидкість вітру, м/с	Характеристика вітру	Візуальна оцінка
0	0	0 ... 0,5	Штиль	Дим підіймається вертикально, листя нерухоме
1	0-1	0,6 ... 1,7	Тихий	Порухи флюгера непомітні; напрямок визначається за димом
2	1-2	1,8 ... 3,3	Легкий	Подуви вітру відчутно обличчям; листя ворухиться
3	2 і 2-3	3,4 ... 5,2	Слабкий	Листя й тонкі гілки ворухаться
4	3 і 3-4	5,3 ... 7,4	Помірний	Тонкі гілки ворухаться; здіймається пилюка
5	4 і 4-5	7,5 ... 9,8	Свіжий	Хитаються тонкі стовбури дерев
6	5 і 5-6	9,9 ... 12,4	Сильний	Хитаються товсті стовбури дерев
7	6	12,5 ... 15,2	Дужий	Хитаються стовбури дерев, гнуться великі гілки, проти вітру відчувається опір
8	6-7	15,3 ... 18,2	Дуже сильний	Вітер ламає тонкі гілки, утруднює рух
9	7	18,3 ... 21,5	Шторм	Вітер завдає великих руйнувань
10		21,6 ... 25,1	Сильна буря	Вітер завдає великих руйнувань
11		25,2 ... 29,0	Дуже сильна буря	Вітер завдає великих руйнувань
12		29 і більше	Ураган	Вітер завдає великих руйнувань

Методика клініко-фізіологічного дослідження впливу мікроклімату на організм та самопочуття людини

Студенти академічної групи поділяються на 2 бригади: одна бригада вивчає стан мікроклімату в комфортних умовах учбової лабораторії (контрольна група), друга – в умовах дискомфортного мікроклімату (камеральні умови).

Дискомфортний мікроклімат створюється штучно: переохолоджуючий мікроклімат створюється в одному з приміщень кафедри звичайним шляхом (відкриваються двері, вікна, створюються протяги); перегріваючий мікроклімат створюється в спеціальному боксі (додатково встановлюють опалювальні прилади, підвищують вологість повітря шляхом випаровування води з відкритих поверхонь різних ємностей).

Напруження процесів терморегуляції вивчають у контрольній і піддослідній групі двічі: у стані спокою, через 10-15 хвилин адаптації студентів до даних мікрокліматичних умов, і відразу ж після виконання дозованої роботи (15-20 присідань або 10-15 відтискувань на руках від підлоги тощо).

Оцінка напруження процесів терморегуляції здійснюється за такими клініко-фізіологічними показниками:

1. Температура шкіри чола, тилу кисті, грудини, тилу стопи у °С;
2. Різниця температур шкіри чола, тилу кисті, грудини, тилу стопи у °С;
3. Частота дихання за 1 хв.;
4. Частота серцевих скорочень (пульс) за 1 хв.;
5. Артеріальний тиск у мм.рт.ст.;
6. Проба на тривалість довільної затримки дихання на глибині вдиху у секундах;
7. Наявність та інтенсивність потовиділення шкіри чола (описово або за

методом Міщука – йодкрохмальна проба, визначенням електропровідності шкіри) в умовних одиницях.

Крім того, студенти контрольної і піддослідної групи фіксують суб'єктивні показники теплового стану за шкалою: “холодно”, “прохолодно”, “комфортно” або “нормально”, “тепло”, “жарко”, “дуже жарко”.

Результати досліджень параметрів мікроклімату і показників стану організму заносять у таблиці 2 і 3.

На цій же першій половині заняття студенти переходять до засвоєння інших методів комплексної оцінки впливу мікроклімату на теплообмін організму.

Зокрема, ними повинен бути засвоєний один із так званих методів фізичного моделювання (кататермометрія, фрігометрія).

Отримавши дані про охолоджуючу здатність навколишнього середовища (комфортного мікроклімату однієї з учбових лабораторій та дискомфортного мікроклімату, що штучно створюється в одному з приміщень чи боксі кафедри) студенти дають оцінку мікрокліматичним умовам методом кататермометрії. При цьому вони користуються нормативами, наведеними в таблиці 1.

Таблиця 1.

Методи комплексної оцінки впливу мікрокліматичних факторів на організм

Показники	Методи		
	Кататермометрії	Еквівалентно-ефективної температури (ЕЕТ)	Результуючої температури (РТ)
Чинники, які враховуються даним методом.	Температура повітря, швидкість руху повітря, радіаційна температура.	Температура повітря, вологість повітря, швидкість руху повітря.	Температура повітря, вологість повітря, швидкість руху повітря, радіаційна температура.
Показники, що використовуються для оцінки реакції організму.	Охолоджуюча здатність середовища (охолодження резервуару кататермометра – Н).	Теплове відчуття людини.	Теплове відчуття людини.
Одиниці вимірювання	мкал/см ² .с	Умовні одиниці (град. ЕЕТ).	Умовні одиниці (град. РТ).
Зона теплового комфорту при роботі різної важкості: - легка; - середньої важкості; - важка.	5,5 – 7,0 8,4 – 10,0 15,4 – 18,4	17,2 – 21,7 16,2 – 20,7 14,7 – 19,2	16 – 18 13 – 16 10 – 13
Недоліки методу:	1. Охолодження приладу прирівнюється до реакції людини. 2. Не враховується вплив вологості повітря.	Не враховуються втрати тепла випромінюванням.	Не враховуються індивідуальні особливості стану організму (здоровий, хворий та інше).

Перша половина заняття завершується тим, що на підставі даних вимірювання мікрокліматичних умов, показників клініко-фізіологічних досліджень процесів

терморегуляції, суб'єктивного почуття і охолоджуючих властивостей середовища, отриманих за допомогою кататермометра, студенти роблять висновки про мікрокліматичні умови закритих приміщень та їх вплив на тепловий стан організму.

Для зручності результати вимірювання параметрів мікроклімату та його впливу на теплообмін заносять у таблиці 2, 3.

Таблиця 2.

ПАРАМЕТРИ МІКРОКЛІМАТУ В ЗАКРИТИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Приміщення (в дужках вказати різновид мікроклімату)	Показники стану мікроклімату				Охолоджуюча здатність середовища за кататермометром, мкал/с.см ²
	температура повітря, °С	відносна вологість, %	швидкість руху повітря, м/с	середня радіаційна температура, °С	
I ()					
II ()					

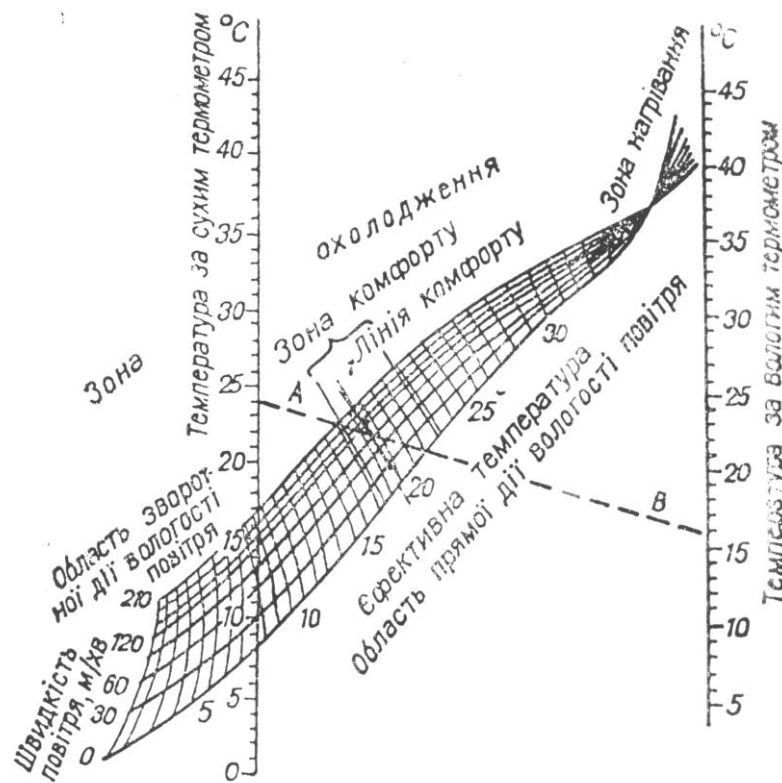
Визначення еквівалентно-ефективних та результуючих температур.

Еквівалентно-ефективна температура (ЕЕТ) – умовно-числове визначення суб'єктивного теплового відчуття людини (“комфортно”, “тепло”, “холодно” і т.д.) при різних співвідношеннях температури, вологості, швидкості руху повітря, а результуюча температура (РТ) – і радіаційної температури. Ці умовні числа ЕЕТ та РТ відповідають температурі нерухомого (0 м/с), на 100 % насиченого вологою повітря, яке створює відповідне теплове відчуття.

ЕЕТ та РТ розроблені в камеральних умовах при різних співвідношеннях параметрів мікроклімату і оформлені у вигляді таблиць та номограм.

Для визначення ЕЕТ спочатку вимірюють температуру, вологість, швидкість руху повітря у досліджуваному приміщенні. А потім в таблиці ЕЕТ (таблиця 4) за цими даними знаходять її значення і роблять відповідні висновки. Користування таблицею просте: ЕЕТ знаходять на перетині значення температури повітря (1 і остання колонки) і швидкості руху та вологості повітря (у головці таблиці).

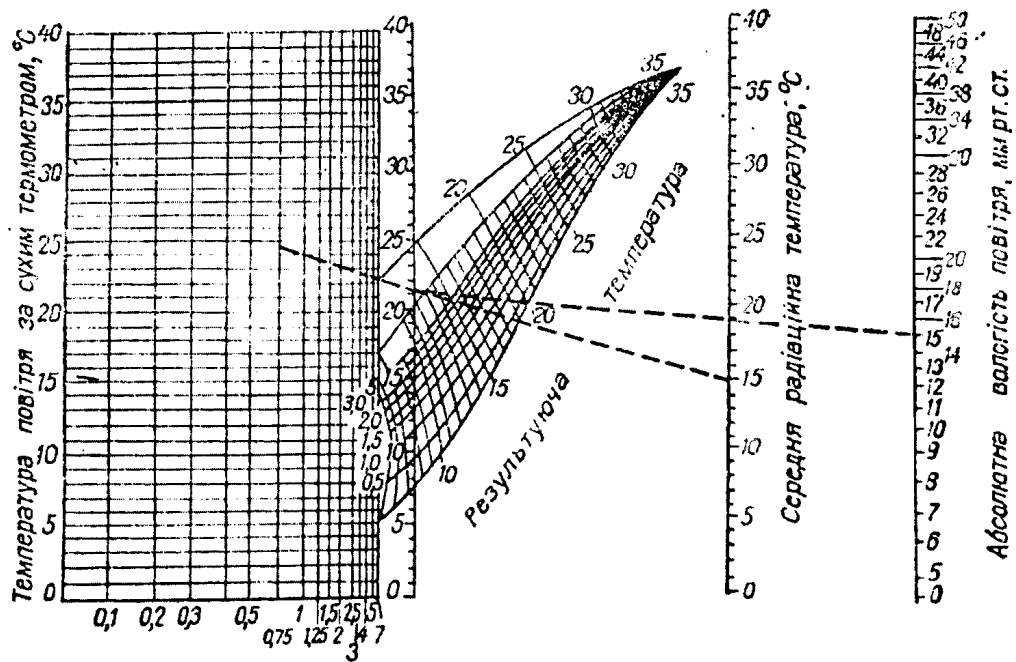
На номограмі (мал. 8.1) еквівалентно-ефективну температуру знаходять на перетині показників сухого (ліворуч), вологого (праворуч) термометрів психрометра та швидкості руху повітря (в м/хв, на кривих лініях).



Мал. 8.1. Номограма для визначення ефективних температур

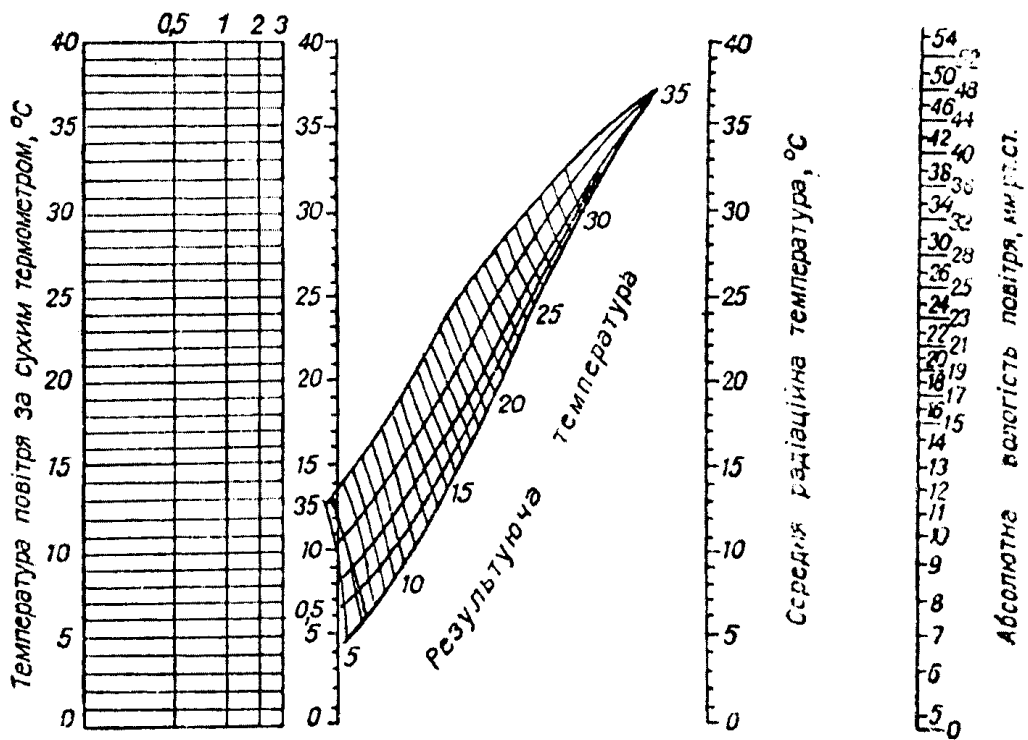
На номограмі РТ (мал. 8.2) спочатку знаходять точку взаємовідношення між температурою повітря (за сухим термометром психрометра) і швидкістю

руху повітря, від якої проводять пряму лінію до значення радіаційної температури, а від точки перетину цієї лінії з правою шкалою температури повітря проводять пряму лінію до значення абсолютної вологості повітря (права шкала), а на перетині цієї прямої з кривими лініями номограми знаходять результуючу температуру.



швидкість, м./с

а



швидкість, м./с

б

Мал. 8.2. Номограма для визначення результуючої температури:
(а – під час легкої роботи; б – під час важкої роботи.)

На малюнку 8.2. пунктирними лініями нанесено приклад визначення РТ.

Таблиця 4.

Нормальна шкала ефективних температур для середньо одягнених людей при умові виконання легкої роботи

t° в градуса х, С	Швидкість руху повітря в метрах за хвилину																					t° в градуса х, С
	0			15			30			60			90			150			210			
	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	
0	0	0,9	1,3	—	0,9	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
1	1	1,8	2,1	0,8	0,1	0,4	—	—	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
2	2	2,7	3,0	0,3	1,0	1,4	—	0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
3	3	3,7	3,9	1,3	2,0	2,3	0,3	0,5	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3
4	4	4,5	4,7	2,4	3,0	3,2	0,8	1,7	1,9	0,7	1,0	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4
5	5	5,4	5,5	3,4	4,0	4,1	1,9	2,6	2,9	0,4	0,1	0,5	—	—	1,0	—	—	—	—	—	—	5
6	6	6,2	6,3	4,5	4,9	5,1	3,0	3,6	3,9	1,6	1,2	1,6	—	0,5	1,0	—	—	—	—	—	—	6
7	7	7,1	7,1	5,5	5,8	5,9	4,2	4,6	4,7	2,9	2,3	2,8	0,3	0,5	1,1	—	—	—	—	—	—	7
8	8	7,9	7,9	6,6	6,9	6,9	5,3	5,7	5,8	4,2	3,5	3,9	1,0	1,9	2,2	—	0,2	0,3	—	—	0,8	8
9	9	8,8	8,7	7,7	7,7	7,7	6,4	6,8	6,8	5,4	4,5	4,9	2,2	2,9	3,3	0,2	1,0	1,4	—	0,3	0,3	9
10	10	9,7	9,6	8,8	8,7	8,7	7,6	7,7	7,7	6,6	5,7	5,8	3,5	4,2	4,4	1,1	2,1	2,5	0,6	0,9	1,5	10
11	11	10,5	10,3	9,9	9,6	9,4	8,8	8,8	8,8	7,9	6,8	6,9	4,9	5,3	5,5	2,4	3,3	3,6	0,9	2,2	2,8	11
12	12	11,3	11,1	10,8	10,5	10,2	9,9	9,6	9,4	9,1	8,0	8,0	6,1	6,3	6,4	3,9	4,5	4,6	2,2	3,3	3,9	12
13	13	12,1	11,8	12,0	11,4	11,1	11,0	10,5	10,3	10,3	8,9	8,9	7,3	7,4	7,4	5,2	5,7	5,9	3,6	4,5	5,0	13
14	14	13,0	12,5	13,1	12,3	11,9	12,1	11,5	11,2	11,5	10,0	9,7	8,6	8,5	8,4	6,6	6,9	7,0	5,1	5,8	6,1	14
15	15	13,9	13,3	14,1	13,2	12,8	13,1	12,4	12,0	12,7	11,0	10,6	10,0	9,8	9,5	8,0	8,1	8,1	6,6	7,0	7,2	15
16	16	14,7	14,1	15,2	14,1	13,5	14,3	13,4	12,8	13,9	12,0	11,6	11,3	10,7	10,5	9,4	9,1	9,1	8,0	8,2	8,3	16
17	17	15,5	14,8	16,2	15,0	14,2	15,3	14,3	13,6	15,1	13,0	12,5	12,5	11,7	11,4	10,8	10,2	10,1	9,5	9,5	9,4	17
18	18	16,3	15,5	17,3	15,7	15,0	16,4	15,2	14,4	16,2	14,0	13,3	13,7	12,7	12,4	11,9	11,3	11,1	10,8	10,5	10,4	18
19	19	17,2	16,3	18,4	16,6	15,7	17,5	16,1	15,3	17,4	14,9	14,2	15,0	13,8	13,4	13,3	12,4	12,1	12,2	11,7	11,4	19
20	20	18,0	17,0	19,4	17,4	16,5	18,7	17,0	16,0	18,5	15,9	15,1	16,2	14,8	14,4	14,6	13,5	13,1	13,5	12,9	12,4	20
21	21	18,8	17,7	20,4	18,3	17,2	19,8	17,8	16,7	19,6	16,7	15,8	17,4	15,9	15,1	16,0	14,6	14,1	14,9	13,9	13,4	21
22	22	19,5	18,3	21,4	19,1	18,0	20,9	18,6	17,5	20,9	17,6	16,7	18,6	16,9	16,0	17,2	15,6	15,0	16,2	15,0	14,4	22
23	23	20,3	19,0	22,5	19,9	18,5	21,9	19,4	18,3	22,0	18,6	17,5	19,9	17,9	16,7	18,3	16,6	15,9	17,5	16,1	15,3	23
24	24	21,1	19,7	23,5	20,6	19,3	23,0	20,3	19,0	23,1	19,5	18,3	21,1	18,8	17,6	19,6	17,8	16,8	18,8	17,1	16,2	24
25	25	22,0	20,4	24,5	21,5	20,0	24,0	21,2	19,6	24,2	20,5	19,0	22,3	19,6	18,5	21,0	18,8	17,8	20,0	18,1	17,2	25
26	26	22,8	21,2	25,5	22,3	20,7	25,1	22,0	20,4	25,3	21,2	19,8	23,4	20,6	19,3	22,1	19,7	18,5	21,2	19,1	18,0	26
27	27	23,5	21,8	26,6	23,0	21,3	26,1	22,8	21,1	26,5	22,0	20,5	24,5	21,5	20,1	23,4	20,8	19,4	22,5	20,1	18,8	27
28	28	24,2	22,5	27,6	23,9	22,0	27,2	23,5	21,8	27,8	22,9	21,2	25,7	22,4	20,8	24,5	21,6	20,2	23,6	21,0	19,8	28

t° в градуса х, С	Швидкість руху повітря в метрах за хвилину																				t° в градуса х, С	
	0			15			30			60			90			150			210			
	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%	20%	100%	50%		20%
29	29	25,0	23,1	28,6	24,6	22,6	28,2	24,3	22,4	28,8	23,6	21,9	26,8	23,3	21,5	25,9	22,5	21,0	24,9	21,9	20,5	29
30	30	25,8	23,6	29,6	25,4	23,6	29,3	25,2	23,1	29,8	24,5	22,5	28,1	24,1	22,2	27,1	23,4	21,7	26,3	22,8	20,9	30
31	31	26,5	24,2	30,8	26,2	23,9	30,3	25,9	23,6	30,8	25,3	23,3	29,2	25,0	22,9	28,2	24,3	22,5	27,5	23,8	22,1	31
32	32	27,2	24,6	31,7	27,0	24,5	31,4	26,7	24,2	32,1	26,2	23,9	30,3	25,8	23,6	29,4	25,1	23,2	28,8	24,6	22,9	32
33	33	28,0	25,2	32,8	27,8	25,1	32,4	27,4	24,9	33,2	27,0	24,5	31,5	26,5	24,2	30,6	26,0	23,9	30,2	25,5	23,5	33
34	34	28,6	25,9	33,9	28,4	25,6	33,5	28,3	25,4	34,5	27,6	25,1	32,8	27,3	24,9	32,2	26,7	24,5	31,6	26,4	24,2	34
35	35	29,5	26,4	34,8	29,1	26,2	34,6	28,9	26,0	35,5	28,4	25,8	34,0	28,1	25,4	33,5	27,5	25,2	33,1	27,2	24,9	35
36	36	30,1	27,0	35,9	29,9	26,8	35,8	29,5	26,3	36,8	29,2	26,3	35,3	28,8	26,1	35,0	28,3	25,8	34,6	28,0	25,5	36
37	37	30,7	27,4	37,0	30,5	27,3	36,9	30,3	26,9	38,0	29,9	26,9	36,6	29,6	26,7	36,5	29,1	26,4	36,4	28,9	26,2	37
38	38	31,4	28,1	38,0	31,2	27,9	38,0	31,0	27,4	39,2	30,6	27,4	38,0	30,3	27,3	38,1	29,9	27,0	—	29,5	26,8	38
39	39	32,1	28,6	39,0	32,0	28,4	39,1	31,7	28,0	40,4	31,4	28,0	39,4	31,1	27,9	39,9	30,6	27,5	—	30,4	27,3	39
40	40	32,8	29,1	40,0	32,7	28,9	40,2	32,4	28,5	41,6	32,1	28,5	40,7	31,9	28,3	41,4	31,4	28,1	—	31,2	27,9	40
41	41	33,4	29,6	41,1	33,3	29,3	—	33,1	29,3	—	32,8	29,0	42,2	32,6	28,9	—	32,2	28,8	—	32,0	28,4	41
42	42	34,1	30,1	—	34,0	29,9	—	33,8	29,8	—	33,5	29,5	—	33,3	29,4	—	33,0	29,1	—	32,1	29,0	42
43	43	34,9	30,5	—	34,8	30,3	—	34,5	30,3	—	34,2	30,1	—	34,1	30,0	—	33,8	29,6	—	33,7	29,4	43
44	44	35,5	31,0	—	35,4	30,9	—	35,2	30,9	—	35,1	30,5	—	35,0	30,4	—	34,6	30,1	—	34,5	30,0	44
45	45	36,2	31,4	—	36,1	31,3	—	36,0	31,3	—	36,0	31,0	—	35,8	30,9	—	35,4	30,6	—	35,3	30,5	45
46	46	36,9	31,9	—	36,9	31,9	—	36,7	31,6	—	36,7	31,4	—	36,5	31,3	—	36,3	31,1	—	36,2	31,0	46
47	47	37,6	32,3	—	37,6	32,2	—	37,5	32,2	—	37,5	32,0	—	37,4	31,8	—	37,3	31,6	—	37,2	31,4	47
48	48	38,4	32,8	—	38,4	32,7	—	38,3	32,6	—	38,3	32,4	—	38,3	32,3	—	38,3	32,1	—	38,3	32,0	48
49	49	39,2	33,2	—	39,2	33,2	—	39,1	33,1	—	39,2	32,9	—	39,2	32,8	—	40,0	32,7	—	39,5	32,4	49
50	50	39,9	33,6	—	40,0	33,5	—	40,0	33,5	—	40,0	33,3	—	40,3	33,2	—	40,6	33,1	—	—	32,9	50

Примітка. У відсотках приведена відносна вологість повітря.

Методика оцінки теплового балансу людини шляхом розрахунку тепловиділення
 Оцінка теплового самопочуття людини виконується шляхом порівняння величини теплоутворення при виконанні роботи і тепловиділення, визначених шляхом розрахунку – кількості тепла, яке виділяється людиною випромінюванням, проведенням, випаровуванням вологи.

Вихідні показники:

а) теплопродукція організму у спокої складає 0,8 – 1,5 ккал (3,34 – 6,27 кДж) на 1 кг маси тіла за 1 годину, при виконанні важкої роботи – 7-9 ккал/кг год;

б) поверхня тіла “середньої” людини зі зростом 170 см та масою тіла 65 кг складає приблизно 1,8 м² (див. табл. 5);

в) у виділенні тепла проведенням та випаровуванням поту приймає участь 100 % поверхні тіла;

г) у виділенні тепла випромінюванням бере участь 80 % поверхні тіла (див. дані табл. 4).

Якщо є одnobічне джерело теплової радіації, то по відношенню до нього у теплообміні випромінюванням бере участь 40 % поверхні тіла.

Таблиця 5.

Залежність поверхні тіла людини від її маси

Маса тіла, кг	Поверхня тіла, кв. м	
	100 %	80 %
40	1,323	1,058
45	1,482	1,186
50	1,535	1,228
55	1,635	1,308
60	1,729	1,383
65	1,830	1,464
70	1,922	1,538
75	2,008	1,606
80	2,098	1,678
85	2,188	1,750
90	2,263	1,810
95	2,338	1,870
100	2,413	1,930

1. Формула для розрахунку тепловиділення випромінюванням (радіацією):

$$Q_{\text{рад.}} = 4,5 \cdot (T_1 - T_2) S \quad (1)$$

де: Q – кількість тепла, що виділяється випромінюванням, ккал/год;

T₁ – температура тіла, °C;

T₂ – температура внутрішньої поверхні стін °C;

S – площа поверхні тіла, кв. м.

2. Формули для розрахунку тепловиділення проведенням:

$$Q_{\text{пр}} = 6(T_1 - T_2) \cdot (0,5 + \sqrt{v}) S \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{пр}} = 7,2 (T_1 - T_2) \cdot (0,27 + \sqrt{v}) S \quad (2.2)$$

де: Q – кількість тепла, виділеного проведенням, ккал/год;

6; 0,5 – постійні коефіцієнти при швидкості руху повітря менше 0,6 м/с;

T₁ – температура тіла, °C;

T_2 – температура повітря, °С;

7,2; 0,27 – постійні коефіцієнти при швидкості руху повітря більше 0,6 м/с;

V – швидкість руху повітря, м/с;

S – площа поверхні тіла, кв. м.

3. Формула для розрахунку максимальної кількості води, яка може випаровуватися з поверхні тіла:

$$P_{\text{вип}} = 15(F_{\text{max}} - F_{\text{абс}}) \cdot (0,5 + \sqrt{V})S \quad (3.1)$$

де: $P_{\text{вип}}$ – кількість води, яка може випаровуватися з поверхні тіла при даних умовах, мл/год;

15 – постійний коефіцієнт;

F_{max} – максимальна вологість при температурі шкіри тіла;

$F_{\text{абс}}$ – абсолютна вологість при даній температурі повітря.

$(F_{\text{max}} - F_{\text{абс}})$ – фізіологічний дефіцит насичення, мм рт.ст.;

V – швидкість руху повітря, м/с;

S – площа поверхні тіла, м².

“ $F_{\text{абс}}$ ” – можна визначити за формулою:

$$F_{\text{абс}} = \frac{F_{\text{відн}} \cdot F_{\text{max}}}{100\%}; \quad (3.2)$$

де: F_{max} – максимальна вологість при температурі повітря, мм рт.ст. ;

$F_{\text{відн}}$ – відносна вологість при даній температурі повітря, %;

Кількість тепла, що виділяється при цьому, можна розраховувати, помноживши результат на 0,6 (калорійний коефіцієнт випаровування 1 г води), або замість коефіцієнта “15” у формулі (3.1) поставити цифру “9” ($0,6 \cdot 15 = 9$). При цьому необхідно врахувати, що нормальне теплове самопочуття зберігається, якщо величина випаровування поту не перевищує 250 мл, на що витрачається 150 ккал.

Приклад розрахунку:

Оцінити теплове самопочуття “стандартної людини” (поверхня тіла 1,8 м², зріст 170 см, маса 65 кг) у легкому одязі при температурі поверхні тіла 36° С, яка виконує важку роботу (570 ккал/год) у приміщенні, де температура повітря 32° С, середня радіаційна температура 22° С, швидкість руху повітря 0,7 м/с, відносна вологість 70 %.

За спрощеною формулою (1) визначаємо тепловіддачу за рахунок випромінювання (віддачі тепла з 80 % поверхні тіла) та проведення:

$$Q_{\text{рад}} = 4,5(36-22) \cdot 1,8 \cdot 0,8 = 90,72 \text{ ккал/год}$$

$$Q_{\text{пров}} = 7,2 \cdot (36-22) \cdot (0,27 + 0,83) \cdot 1,46 = 160 \text{ ккал/год}$$

Для розрахунку максимальної кількості води, яка може випаровуватись з поверхні тіла, за таблицею “Максимальна напруга водяних парів при різних температурах” визначаємо величину максимальної вологості при температурі 36° С. Вона складає, згідно таблиці, 42,2 мм рт. ст.

Абсолютну вологість при температурі повітря 32° С визначимо за спрощеною формулою (3.2):

$$F_{\text{абс.}} = \frac{70\% \cdot 42,2 \text{ мм рт.ст.}}{100\%} = 29,5 \text{ мм рт.ст.}$$

Підставимо знайдені результати у формулу (3.1):

$$P_{\text{вип}} = 15 \cdot (42,2 - 29,5) \cdot (0,5 = 0,83) \cdot 1,8 = 456 \text{ мл/год.}$$

Кількість тепла відданого випаровуванням при цьому складає:

$$456 \cdot 0,6 = 273,6 \text{ ккал/год.}$$

Розраховуємо сумарне тепловиділення:

$$Q = 90, 72 + 160,0 + 273,6 = 524,32 \text{ ккал.}$$

Зіставляючи розрахункове тепловиділення і теплопродукцію (570 ккал/год) для оцінки теплового самопочуття людини можна прийти до висновку, що в умовах даного приміщення теплопродукція людини перевищує величину тепловиділення. Мікроклімат приміщення викликає нагріваючий ефект.

Примітка: Приведені розрахунки не враховують виділення тепла диханням: на нагрівання вдихаємого повітря та на випаровування вологи з поверхні легень, що складає в комфортних умовах біля 15% загальної кількості тепловиділення. Ми вдихаємо повітря певної температури і вологості, а видихаємо повітря, нагріте до температури тіла і на 100% насичене вологою.

Таблиця 6

Оптимальні норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в житлових, громадських та адміністративно-побутових приміщеннях (Витяг із СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»)

Період року	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Теплий період року	20-22	60-30	До 0,2
	23-25	60-30	До 0,3
Холодний і перехідний періоди року	20-22	45-30	До 0,2

Таблиця 7.

Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень (Витяг із Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99)

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Холодний період року	Легка Іа	22 - 24	60 - 40	0,1
	Легка Іб	21 - 23	60 - 40	0,1

	Середньої важкості Іа	19 - 21	60 - 40	0,2
	Середньої важкості Іб	17 - 19	60 - 40	0,2
	Важка ІІІ	16 - 18	60 - 40	0,3
Теплий період року	Легка Іа	23 - 25	60 - 40	0,1
	Легка Іб	22 - 24	60 - 40	0,2
	Середньої важкості Іа	21 - 23	60 - 40	0,3
	Середньої важкості Іб	20 - 22	60 - 40	0,3
	Важка ІІІ	18 - 20	60 - 40	0,4

Матеріали для самоконтролю:

Завдання (задачі) для самоконтролю

1. В населеному пункті планується будівництво нової лікарні. Визначте, у якому напрямку по відношенню до теплової електростанції слід вибрати ділянку для будівництва, якщо роза вітрів характеризується такими даними: Північ – 8 %, Північ-Схід – 7 %, Схід – 6 %, Південь-Схід – 4 %, Південь 8 %, Південь-Захід – 11 %, Захід – 22 %, Північ-Захід – 27 %, Штіль – 7 %.

2. Визначте швидкість руху повітря у цеху, якщо фактор кульового кататермометра (F) дорівнює 620, час падіння стовпчика спирту з 38 до 35° - 100 сек., температура повітря 26°.

3. Дайте оцінку теплового стану організму методом кататермометрії за такими результатами вимірювання: термін охолодження кататермометра з 38° до 35° С в одному приміщенні 3 хвилини і 15 секунд, в другому приміщенні – 1 хвилина 25 секунд. Фактор кататермометра F = 630.

4. Визначте еквівалентно-ефективну температуру у приміщенні, в якому температура повітря за сухим термометром аспіраційного психрометра Ассмана складає 25° С, за вологим 19° С, швидкість руху повітря 2 м/с. Зробіть висновок про тепловий стан організму.

5. Визначте результуючу температуру в приміщенні, температура повітря якого за сухим термометром психрометра Ассмана складає 25° С, швидкість руху повітря 2,5 м/с, абсолютна вологість повітря 10,5 мм рт.ст., середня радіаційна температура 18° С. Людина виконує важку роботу. Зробіть висновок про тепловий стан організму.

6. Розрахуйте та оцініть тепловий баланс “стандартної людини”, що перебуває в легкому одязі при температурі поверхні тіла 35° С, виконує роботу середньої важкості (енерговитрати 180 ккал/год.) у приміщенні, температура повітря в якому складає 12° С, середня температура оточуючих поверхонь 10° С, швидкість руху повітря 0,8 м/с, відносна вологість 85 %.

7. Література

7.1. Основна

7.1.1. Основи екології : підручник для студ. Вищих навч. Закладів / [В.Г. Бардов, В.І. Федоренко, Е.М. Білецька та ін.]; за ред.. В.Г. Бардова, В.І. Федоренко. – Вінниця : Нова книга, 2013. – 424 с.

7.1.2. Гігієна та екологія . Підручник / За ред.. В.Г. Бардова. – Вінниця: Нова Книга, 2006. – 720 с.

7.1.3. Загальна гігієна. Пропедевтика гігієни. /Є.Г.Гончарук, Ю.І.Кундієв, В.Г.Бардов / За ред. Є.Г. Гончарука. – К.: Вища школа, 1995. – С. 118-137.

7.1.4. Общая гигиена. Пропедевтика гигиены). / Е.Г. Гончарук, Ю.И. Кундиев, В.Г. Бардов и др. – К.: Вища школа, 2000. – С. 221-237.

7.1.5. Загальна гігієна. Посібник до практичних занять. /І.І.Даценко, О.Б.Денисюк, С.Л.Долошицький та ін. / За ред. І.І. Даценко. – 2-ге вид. – Львів: „Світ”, 2001. – С. 25-32.

7.1.6. Габович Р.Д., Познанский С.С., Шахбазян Г.Х. Гигиена. – К.: Вища школа, 1983. – С. 36-40, 121-123, 202-207.

7.1.7. Даценко І.І., Габович Р.Д. Профілактична медицина. Загальна гігієна з основами екології. – 2-ге вид.: К.: Здоров'я, 2004. – С. 111-113.

7.1.8. Лекція.

7.2. Додаткова

7.2.1. Даценко І.І., Габович Р.Д. Основи загальної і тропічної гігієни. – К.: Здоров'я, 1995. – С. 25-28, 296-297.

7.2.2. Минх А.А. Методы гигиенических исследований. – М.: Медицина, 1971.