

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>	Методи гігієнічної оцінки та біобезпека комплексного впливу параметрів мікроклімату на теплообмін людини.
<i>Курс</i>	3
<i>Факультет</i>	Медичний № 1, № 2

Укладач: доцент О.П. Вавріневич

1. Актуальність теми:

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 врівноважені 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.

1. Конкретні цілі :

2.1. Знати:

2.1.1. Основні закони термодинаміки та фізіологічні основи теплообміну і терморегуляції організму (в об'ємі програм біофізики, біохімії, фізіології).

2.1.2. Гігієнічне значення мікроклімату приміщень різного призначення, його різновиди та показники.

2.1.3. Вплив на людину комфортного та дискомфортного (нагрівального та охолоджуючого) мікроклімату.

2.1.4. Суб'єктивні та об'єктивні показники теплового стану організму.

2.2. Вміти:

2.2.1. Вимірювати і оцінювати показники мікроклімату (температуру повітря, радіаційну температуру, вологість та швидкість руху повітря).

2.2.2. 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.

2. Базовий рівень підготовки.

Назви попередніх дисциплін	Отримані навички
Медична і 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 нагрівання на організм людини. Пояснювати первинні процеси відповіді організму людини на нагрівання та переохолодження.

Фізіологія	Аналізувати стан здоров'я людини за різних умов на підставі фізіологічних критеріїв. Вимірювати й оцінювати фізіологічні показники впливу мікроклімату на теплообмін людини і терморегуляцію організму, оцінювати суб'єктивне тепловідчуття людини.
------------	--

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
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. Гігієнічне значення швидкості руху атмосферного повітря та повітря закритих приміщень.
5. Прилади для вимірювання параметрів мікроклімату, принципи їх побудови та методика використання.
6. Загальна методика гігієнічного вивчення метеорологічних факторів та мікроклімату приміщень.
7. Теплова рівновага та теплообмін організму з навколишнім середовищем. Фізіолого-гігієнічна характеристика теплопродукції і тепловіддачі. Суб'єктивні та об'єктивні показники теплового стану людини.
8. Охолоджуючий мікроклімат та його вплив на організм людини. Фізіологічні реакції та захворювання, що ним обумовлені (переохолодження, відмороження та інші).
9. Нагріваючий мікроклімат та його вплив на організм людини. Фізіологічні та патологічні прояви гострого та хронічного перегрівання. Сонячний, тепловий удар. Профілактика перегрівання.
10. Методи вивчення впливу мікроклімату приміщень на організм людини: метод кататермометрії, ефективних, еквівалентно-ефективних, результуючих температур, їх порівняльна гігієнічна оцінка.
11. 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. Дослідити клініко-фізіологічні реакції людини на зміни параметрів мікроклімату;

2. Визначити еквівалентно ефективну температуру та дати гігієнічну оцінку мікроклімату;
3. Визначити результуючу температуру та дати гігієнічну оцінку мікроклімату;
4. Оцінити мікроклімат факторним методом та дати гігієнічну оцінку;
5. Оцінити тепловий баланс людини шляхом розрахунку тепловиділення та теплопродукції

Зміст теми:

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% відносної 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 (мкал/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.

ся, 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.

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 контрольної і піддослідної групи 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 мік-

роклімату, 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	мккал/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, мккал/с.см ²
	температура повітря, °С	відносна вологість, %	швидкість руху повітря, м/с	середня радіаційна температура, °С	
I ()					
II ()					

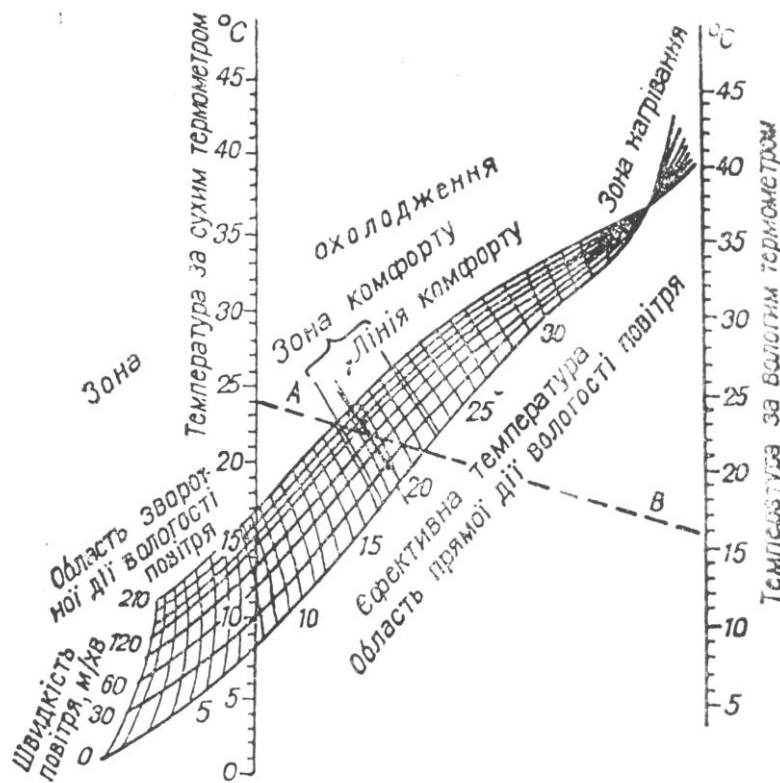
Визначення еквівалентно-ефективних та результуючих температур.

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).

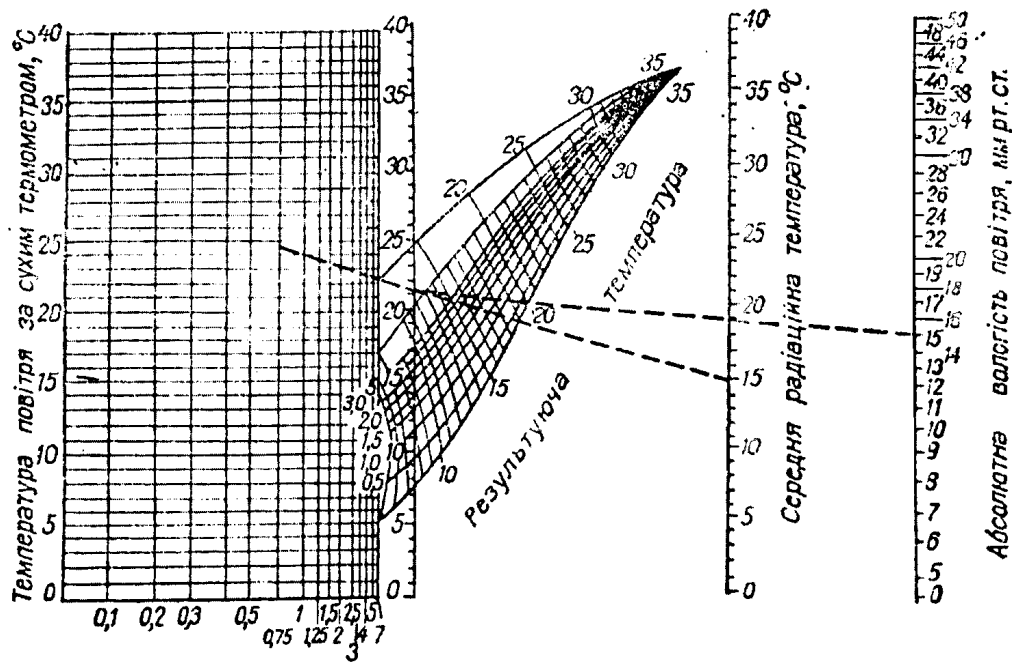
На номограмі (мал. 8.1) еквівалентно-ефективну температуру знаходять на перетині показників сухого (ліворуч), вологого (праворуч) термометрів психрометра та швидкості руху повітря (в м/хв, на кривих лініях).



Мал. 8.1. Номограма для визначення ефективних температур

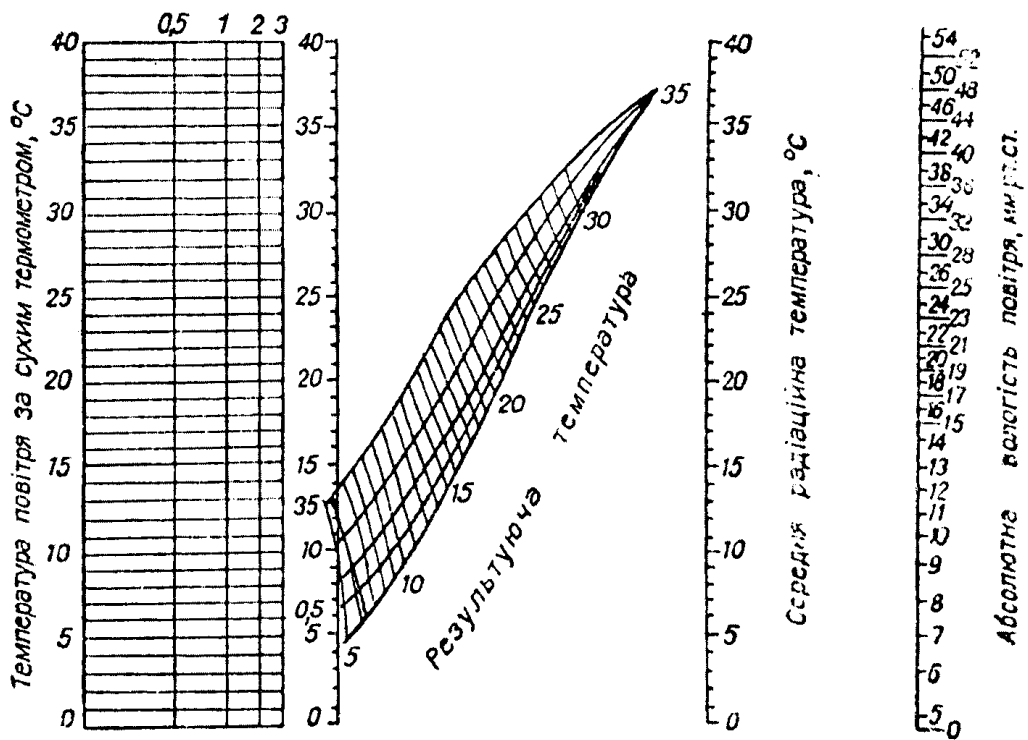
На номограмі РТ (мал. 8.2) спочатку знаходять точку взаємовідношення між температурою повітря (за сухим термометром психрометра) і швидкістю

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 градусах, С	Швидкість руху повітря в метрах за хвилину																					t° в градусах, 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 граду- сах, С	Швидкість руху повітря в метрах за хвилину																					t° в гра- дусах, 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 тепло- виділення

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;

T_1 – температура тіла, °С;

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 нагрівачий 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

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. 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.

2. 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.

3. 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.

4. 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

Основна:

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.
2. Гігієна та екологія . Підручник / за ред.. В.Г. Бардова. – Вінниця: Нова книга, 2006. – 720 с.
3. Общая гигиена. Пропедевтика гигиены. / Е.И.Гончарук, Ю.И.Кундиев, В.Г.Бардов и др.- 2-е изд.- К.: Вища школа, 2000.- С. 221-237.
4. Даценко І.І., Габович Р.Д. Основи загальної та тропічної гігієни. – К.: Здоров'я, 1995. – С. 22-31.
5. Габович Р.Д., Познанский С.С., Шахбазян. Гигиена. – К.: Вища школа, 1983. – С. 36-40.
6. Загальна гігієна. Посібник до практичних занять. / І.І.Даценко, О.Б.Денисюк, С.П.Долошицький. / За ред. І.І. Даценко. – 2-ге вид. – Львів: „Світ”, 2001. – С. 32-40; 256-258.
7. Лекція.

Додаткова:

1. Новожилов Л.А., Ломов С.Т. Гигиеническая оценка микроклимата. – Л., 1986.
2. Руководство к практическим занятиям по гигиене труда / Под ред. А.М. Шевченко. – К.: Вища школа, 1986. – С. 54-67.
3. Даценко І.І., Габович Р.Д. Профілактична медицина. Загальна гігієна з основами екології. – 2-ге вид.: К.: Здоров'я, 2004. – С. 120-123.
4. Г.Х. Шахбазян. Гигиена производственного микроклимата. К., 1978.
5. Руководство к практическим занятиям по коммунальной гигиене / Под ред. Е.И. Гончарука. – М.: Медицина, 1990. – С. 318-327.
- а. Медведев В.И. Устойчивость физиологических и психологических функций человека при действии экстремальных факторов. – Л.: «Наука», 1982. – 104 с.