

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

О. О. Врублевська, Г. П. Катеруша

ПРИКЛАДНА КЛІМАТОЛОГІЯ

Конспект лекцій

О д е с а
“ТЭС” – 2005

ББК 26.234.7

В 83

УДК 551.58

*Друкується за рішенням Вченої ради Одеського державного екологічного університету
(протокол № _____ від _____ 2005 р.).*

Врублевська О. О., Катеруша Г.П.

Прикладна кліматологія: Конспект лекцій. –Одеса: Вид-во
“ТЭС”, 2005. – 131с.

У конспекті лекцій викладено основні питання двох найважливіших розділів прикладної кліматології: будівельної та медичної. Знання їх дозволить більш глибоко зрозуміти дію метеорологічних умов та клімату на різні сторони життя людини і успішно розв’язувати низку практичних задач у вказаних напрямках.

Конспект лекцій використовується для денної та заочної форми навчання.

© Одеський державний
екологічний університет, 2005

ЗМІСТ

Передмова	5
Вступ	7
Частина 1	
Загальні положення	9
1 Основні джерела інформації про клімат	9
2 Загальні і спеціальні характеристики клімату	11
Частина 2	
Деякі питання будівельної кліматології	14
1 Задачі будівельної кліматології	14
2 Тепловий режим будинків	15
3 Характеристики радіаційного режиму для прикладних цілей	20
3.1 Розрахунок інсоляції на стіни будинків	22
3.1.1 Розрахунок прямої сонячної радіації на стіни будинків	23
3.1.2 Спрощений метод розрахунку інсоляції на вертикальні поверхні	26
3.2 Тепловий ефект сонячної радіації, що надходить на стіни будинків	27
3.3 Енергетична освітленість поверхонь	29
4 Характеристики температури повітря і ґрунту для прикладних задач	30
4.1 Розрахункові температури повітря	30
4.1.1 Розрахункові температури холодного періоду	31
4.1.2 Розрахункові температури теплого періоду	37
4.1.3 Розрахункові температури повітря різної забезпеченості	38
4.2 Комплексні показники термічного режиму	41
4.2.1 Ефективна і умовна температура	41
4.2.2 Ентальпія	44
4.3 Температура ґрунту	45
5 Характеристики вітрового режиму для прикладних цілей	47
5.1 Загальні відомості про вплив вітру	47
5.2 Вітрові навантаження	48
5.2.1 Статична складова вітрового навантаження	48
5.2.2 Методи визначення розрахункової швидкості вітру	49
5.2.3 Розрахункові швидкості вітру і вітрові навантаження на висотах	55
5.3 Динамічна складова вітрового навантаження	57
6 Характеристики зволоження стін будинків	59

6.1	Загальні поняття	59
6.2	Методи оцінки зволоження вертикальних поверхонь	61
Частина 3		
	Деякі питання біокліматології	68
1	Визначення і задачі біокліматології як науки та її зв'язок з іншими науками	68
2	Дія на організм людини метеорологічних та геофізичних факторів	73
2.1	Оцінка впливу на організм людини окремих метеорологічних величин	74
2.2	Комплексні характеристики для оцінки впливу погоди на організм людини	80
2.2.1	Система ефективних температур	80
2.2.2	Ентальпія повітря	89
2.2.3	Жарка і задущлива погода	90
2.2.4	Потреба в прохолоді	92
2.2.5	Показники дискомфорту	92
2.2.6	Показники суворості погоди	94
2.3	Деякі показники стану атмосфери та їхній вплив на людину	98
2.3.1	Парціальна густина кисню	98
2.3.2	Концентрація приземного озону	101
2.3.3	Характеристика атмосферної електрики	102
2.3.4	Напруженість магнітного поля Землі	104
3	Тепловий баланс тіла людини і його здоров'я	105
3.1	Поняття теплового балансу тіла людини	105
3.2	Рівняння теплового балансу тіла людини	108
3.3	Показник напруженості терморегуляторної системи	114
3.4	Шкала теплового стану людини	115
3.5	Оцінка термічного впливу елементів міської забудови	117
4	Оцінка впливу клімату на організм людини за допомогою методів, заснованих на класифікації типів погоди	119
4.1	Класифікація погоди Є.Є. Федорова – Л.А. Чубукова	119
4.2	Класифікація погоди для рекреації	126
	Література	130

ПЕРЕДМОВА

Прикладна кліматологія, як розділ кліматології, призначена задовольняти запити різних сфер життєдіяльності людини. І, як наука, вона виникла та розвивалась на основі потреби практики в кліматичній інформації, бо важко назвати галузь економічної діяльності людини, яка не виявляла би зацікавленості до даних про клімат. Найчастіше режимна кліматична інформація використовується як імовірнісний кліматичний прогноз при плануванні господарської діяльності з метою повного освоєння кліматичних ресурсів тої або іншої території.

Специфіка вимог кожної галузі народного господарства до кліматичних даних зумовила розвиток окремих напрямків цієї гілки кліматології: будівельна, технічна, сільськогосподарська, транспортна, морська, авіаційна, медична кліматологія та ін.

Дисципліна “Прикладна кліматологія” викладається студентам ОДЕКУ з напрямку гідрометеорологія на 1У курсі після вивчення дисциплін “Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації” і “Кліматологія”. Вона розроблена згідно з навчальним планом, як вибіркова, і традиційно містить в собі розділ “Будівельна кліматологія”, бо будівельна індустрія є однією з основних галузей народного господарства, що найбільш повно використовує кліматичну інформацію.

Останнім часом розроблено лекції для студентів-метеорологів та екологів з “Медичної кліматології”. Ця гілка прикладної кліматології є також важливою, бо стосується кожного з нас. Тепер вже нема потреби доводити, що клімат впливає на самопочуття і здоров’я людини, а тому виникає необхідність в оцінці цього впливу та використанні кліматичних ресурсів для відновлення здоров’я людей. Результати досліджень в області медичної кліматології можуть бути широко використані і в галузі екологічного та кліматичного туризму, який став активно розвиватись і в нашій державі.

Саме ці два згаданих напрямки прикладної кліматології і наведено в даному курсі лекцій, необхідність видання якого викликана декількома обставинами. Головною з них є відсутність підручника, що узагальнив би дослідження в різних сферах прикладної кліматології, і зокрема, будівельної та медичної. Це в деякій мірі визначило і труднощі в підготовці і розробці самого курсу лекцій. Ускладнена ця робота була й порушеними в останні десятиліття зв’язками з Головною Геофізичною Обсерваторією ім. О.І. Воєйкова (ГГО) – основним науковим і методичним центром в області прикладної кліматології в колишньому Радянському Союзі і нині в Росії, рівного якому в Україні ще нема.

У теперішній час питання будівельної кліматології представлено монографією М.В.Завариної (1976 року видання) та великою кількістю статей з різних її розділів. Питання медичної кліматології висвітлено в

багатьох статтях, монографіях і підручнику (Ремізов Н.А., 1951 року видання).

У 1981 році вийшов в світ навчальний посібник “Прикладна кліматологія”, який був підготовлений викладачами Ленінградського гідрометеорологічного інституту В.А. Шталь, Н.Ф. Циценко і Г.В. Біловим. Він містить в собі питання авіаційної, будівельної, транспортної і біокліматології. Можливо завдяки багатоплановості питань, що в ньому розглядаються, розділи, які цікавлять нас, надано в інформативному вигляді. Крім того, розробки останніх років потребують суттєвого доповнення і розширення цього курсу.

Кількість годин навчальних аудиторних занять, як лекційних так і практичних, з цієї дисципліни дуже обмежена і значна частина курсу виноситься на самостійну роботу. Проте, за умови відсутності підручника вивчення деяких питань по окремих монографіях і статтях для студентів є утрудненим, що з’явилося ще однією причиною написання даного курсу лекцій.

Слід зазначити, що інші розділи прикладної кліматології, зокрема, авіаційна і агрокліматологія, виділились в самостійні дисципліни і читаються окремо.

Дійсно, прикладні аспекти використання кліматичної інформації різноманітні. І спеціаліст - метеоролог має знати, яким чином метеорологічні фактори впливають на окремі сфери життєдіяльності людини, розуміти механізм впливу і вміти оцінити ступінь цього впливу при обслуговуванні різних галузей народного господарства для зростання їх економічної ефективності.

Основною *метою* даного курсу є ознайомлення студентів з найбільш важливими результатами наукових досліджень у галузі будівельної та медичної кліматології, які мали місце в колишньому Союзі і зарубіжжі, а також з методами здобуття спеціальних показників, розроблених в цих розділах прикладної кліматології.

У результаті вивчення названого курсу у студента має скластись уявлення про тепловий режим будівель і людини, він повинен *знати*:

- умови формування радіаційного режиму будівель;
- вплив клімату на зовнішні обгороджувальні конструкції;
- кліматичні характеристики при розрахунку систем опалювання, вентиляції і кондиціонування;
- умови зволоження стін будівель;
- методи оцінки ожеледних, вітрових та ожеледно-вітрових навантажень на різні споруди;
- вплив окремих метеорологічних величин і їх міждобової мінливості на самопочуття людини;
- фізичну суть основних біокліматичних показників та їх вплив на тепловідчуття людини;

- класифікації погоди і клімату на основі комплексної кліматології і медичну інтерпретацію класів погоди.

Студент повинен *вміти*:

- визначити тепловий ефект сонячної радіації, що надходить до стін будівель;
- кількісно оцінити вплив вітру на будівельні споруди;
- дістати кількісну характеристику впливу ожеледно-паморозових відкладень на лінії зв'язку і електропередач;
- проаналізувати режим зволоження стін будівель;
- провести дослідження метеорологічних умов аеротерапії і геліотерапії;
- розрахувати біокліматичні показники з використанням кліматичних довідників і щомісячників;
- визначити основні характеристики теплового стану людини методом теплового балансу та ін.

Таким чином, після вивчення курсу “Прикладна кліматологія” студент має надбати практичні навички, необхідні йому для обслуговування деяких сфер господарської діяльності, і теоретичні основи для науково-дослідницької роботи. Рекомендована література дозволить студентам поглибити свої знання з викладених питань.

ВСТУП

Відомо, що клімат є однією зі складових природних багатств тої або іншої країни. Він, в деякій мірі, визначає темпи економічного і культурного розвитку народів. Кліматичні дослідження дозволяють оцінити цей природний чинник.

Багатьох споживачів кліматологічної інформації не задовольняють тільки загальні відомості про клімат, їх цікавлять спеціальні його показники, що враховуються в тих або інших областях людської діяльності. Це і стало стимулом для самостійного розвитку спеціального розділу кліматології – *прикладна* кліматологія, призначеного вивчати кліматичні ресурси окремих регіонів для найбільш ефективного їх використання в різних областях практичної діяльності. В задачу прикладної кліматології входить також вивчення і несприятливих сторін клімату з метою запобігання або зменшення його негативного впливу на діяльність людини, її здоров'я, а також для використання метеорологічних чинників з метою профілактики різних захворювань.

Всі наведені питання є важливою частиною Всесвітньої Кліматичної Програми (ВКП), розробленої в рамках ВМО, і програми України з досліджень клімату. Ці програми, які потребують довгострокових наукових досліджень з прикладної кліматології, передбачають в перспективі розв'язання низки дуже важливих задач для народного господарства в галузі енергетики, транспорту, водного, лісного і сільського господарства, охорони здоров'я і будівництва, створення нових систем зберігання і видачі гідрометеорологічної інформації (створення спеціальних кліматичних банків даних) та ін.

Таким чином, сукупність усіх спеціальних гілок кліматології, які покликані забезпечити потреби споживача в кліматологічній інформації, називають *прикладною* кліматологією.

Одним з важливих розділів прикладної кліматології є *будівельна* кліматологія, яка призначена вивчати вплив метеорологічних умов на той або інший будівельний об'єкт і розробляти кліматичні показники, що дозволять найкращим чином врахувати цей вплив при плануванні і проектуванні.

У підсумку багатовікового досвіду в різних кліматичних зонах земної кулі склалась певна архітектура будівель: це гостроверхі і спадисті покрівлі будівель в районах з надмірним зволоженням; в жарких посушливих районах покрівлі будівель плоскі, вузькі віконні отвори з великою кількістю різних світлозахисних пристроїв; традиційно німецька двоскатна покрівля не зривається навіть сильним вітром, а у Швейцарських Альпах на пологих покрівлях затримується сніг, завдяки чому будівлі утеплюються.

Проте, сучасні будівельні матеріали, сама технологія будівництва вимагає більш детального врахування кліматичних умов кожного

конкретного району. Допомогти розв'язати ці питання і призначена будівельна кліматологія, метою якої є оцінка метеорологічних впливів на різні будівельні об'єкти і будівельні матеріали та розробка кліматичних показників для врахування цих впливів.

Ще одним важливим розділом прикладної кліматології є *медична кліматологія*. Ця наука вивчає вплив природних чинників на організм людини з метою розробки заходів щодо профілактики метеотропних реакцій і використання рекреаційних властивостей природного середовища.

Людина на протязі всього свого життя взаємодіє з природним середовищем. Можна сказати, що біологічною основою всієї діяльності людини є її здоров'я. Збереження здоров'я можливе лише при оптимальних взаємовідносинах організму із зовнішнім середовищем, а його повноцінне відновлення при захворюванні – лише за умови застосування фізичних природних чинників. Серед них важливе місце належить кліматичним впливам. Вони відіграють велику роль в укріпленні здоров'я людей, в профілактиці, лікуванні і реабілітації.

Таким чином, необхідність збереження здоров'я і розвитку людської популяції вимагає більш широкого і науково обґрунтованого використання рекреаційних властивостей кліматичних чинників. Саме це, перш за все, зумовило актуальність медичної кліматології взагалі.

Основним науковим і методичним центром в області прикладної кліматології є ГГО ім. О.І.Воєйкова. Значний вклад в розробку основних положень цього розділу кліматології внесли як радянські, так і зарубіжні вчені. Серед радянських слід назвати, перш за все, М.В.Заваріну, З.І. Півоварову, Н.В. Кобишеву, І.Д. Копаньова, Л.Є. Анапольську, Л.С. Гандіна та ін.

До найбільш визначних робіт з питань біокліматології людини, які виконано протягом останніх десятиліть, слід віднести роботи Б.А. Айзенштата, В.Г. Бокші, Н.А. Данилової, В.І. Русанова, В.Ф. Овчарової, Н.М. Вороніна та ін.

Вивченню низки задач, що розв'язуються у будівельній і медичній кліматології, і присвячено даний курс лекцій, який складено на основі аналізу наукової літератури та досвіду викладання цієї дисципліни студентам-метеорологам ОДЕКУ.

ЧАСТИНА 1

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1 Основні джерела інформації про клімат

Прикладна кліматологія і, зокрема, будівельна і біокліматологія, розвиваються на базі загальної кліматології і методів кліматологічної обробки метеорологічної інформації. Нам належить з'ясувати, які ж відомості про клімат є в розпорядженні дослідника і що являють собою джерела цієї інформації.

Вихідні дані. Всі висновки про метеорологічний режим того або іншого району ми робимо на підставі метеорологічної інформації, джерелом якої є спеціальним чином організовані спостереження на мережі метеорологічних станцій.

На території України одна станція припадає приблизно на площу близько 3 тис. кв. км. Як відомо, строки проведення метеорологічних спостережень змінювалися: до 1936 р. їх було три, до 1965 р. – чотири, а в теперішній час їх вже вісім. Природно, що це могло порушити однорідність в рядах вихідних даних. І працюючи з вибірками, які були сформовані з даних за різні роки, необхідно переконатися в їх однорідності або усунути знайдену неоднорідність, оскільки в протилежному випадку достовірність отриманих висновків може виявитися низькою.

Матеріали спостережень на метеорологічних станціях зберігаються в регіональних підрозділах гідрометслужби, в Українському управлінні ГМС. В колишньому Радянському Союзі ця інформація зберігалася у фондах ГГО і ВНДІГМІ (Всесоюзний науково-дослідний інститут гідрометінформації).

Ці матеріали також видавалися: всі дані спостережень на станціях до 1965 року по окремих метеорологічних величинах були опубліковані в кліматичних довідниках, які звичайно називають *щорічниками*. Починаючи з 1961 року, вони друкувалися в спеціальних збірках, *щомісячниках*, які складаються з двох частин (в першій частині були наведені щоденні і строкові дані, в другій – місячні висновки).

Довідники. З метою вивчення клімату, для обслуговування запитів практики часто використовують не вихідні матеріали спостережень, а вже деяким чином оброблені (з використанням статистичних і кліматологічних методів) дані за декілька років. Така узагальнена інформація (*багаторічні дані*) дозволяє судити про багаторічний режим того або іншого показника клімату і наведена вона в різній довідковій літературі. Сьогодні у розпорядженні дослідника і практика є декілька видів довідників. Це «Справочник по климату СССР» 1961-1969 років видання. Із структурою

цього довідника студенти познайомилися на попередньому курсі. Нагадаємо тільки, що в ньому була зведена багаторічна інформація з усіх показників клімату величезної за розмірами території колишнього Радянського Союзу: він складається з 34 випусків, в кожному з яких міститься п'ять частин. В цьому довіднику всі усереднення і вибір екстремальних значень з температури повітря виконано за період 1881-1960 рр., з опадів – 1891-1965 рр., з вітру і атмосферних явищ - за тридцятирічний період, починаючи з 1936 року. Єдиний для кожної метеорологічної величини і достатньо великий за обсягом період було прийнято називати *основним*, а всі середні, розраховані за основний період – *нормальною* середньої або *нормою*, з якою могли порівнюватися режими метеорологічних величин конкретного року.

З моменту виходу цього довідника пройшло 25-30 років і з'явилася необхідність в підготовці нового довідника, оскільки за цей час було відкрито багато нових станцій, змінилися вимоги до кліматичної інформації (розширилося коло інтересів споживачів цієї інформації), удосконалились методи її обробки. Це визначило видання в 1989 році нового «Научно-прикладного справочника по климату СССР». Україна в ньому була представлена, як і в попередньому, випуском №10.

При помітному (майже на порядок) зменшенні кількості наведених в ньому станцій, цей довідник істотно відрізняється від попереднього широтою і якістю інформації, що міститься в ньому. Тут з багатьох параметрів клімату вже є середній квадратичний відхил, коефіцієнт асиметрії, кореляційні функції, характеристики викидів, комплексні показники клімату, характеристики прикладного призначення. Базовим (основним) тут для більшості показників вже був прийнятий 30-річний період (з 1951 по 1980 рр.). Проте всі характеристики температурного режиму і режиму опадів місячного розділення були розраховані за роки у середині періоду 1881-1980 рр. і 1891-1980 рр. відповідно, а екстремальні дані – за період з 1881 по 1985 рр. Характеристики добового розділення були розраховані за період 1936-1980 рр., розділення по строках – за період 1966-1980 рр.

Навіть назва цього довідника говорить про те, що в ньому наведено багато різних характеристик прикладного плану, особливо з метою проектування і будівництва.

Монографії. Це дуже важливі джерела інформації про клімат. До їх числа відносяться монографії з клімату окремих регіонів Радянського Союзу, підготовлені на підставі багаторічних даних «Справочника по климату СССР». Вони відомі під загальною назвою «Климат СССР». Для нас особливий інтерес має її розділ, підготовлений під редакцією А.М.Лебедева, в якому описано клімат Європейської території колишнього Союзу, у тому числі і України. Тут, окрім опису метеорологічного режиму, міститься докладна характеристика основних кліматоутворювальних

факторів і процесів: умови рельєфу і підстильної поверхні, радіаційні і циркуляційні умови.

Клімат України, крім того, було представлено монографією «Клімат України» під редакцією Г.П. Прихотько (1967 р. вид.), монографіями і статтями І.Е. Бучинського (1961-1965 р. вид.) і виданої в 2003 р. монографією «Клімат України» під редакцією В.Н. Бабіченко.

Слід мати на увазі, що під редакцією А.М. Лебедева було підготовлено низку монографій з клімату зарубіжних країн: «Клімат Африки», «Клімат зарубіжної Азії» і інш.. В них широко надано результати номографічних методів розрахунку кліматичних характеристик для районів, слабо освітлених в метеорологічному відношенні.

Багаторічні дані «Справочника» стали базою для підготовки монографій з клімату міст з населенням, що перевищує 100 тис. мешканців. Серед них є і «Клімат Одеси». Значна частина матеріалів цих монографій має практичну спрямованість.

Окрім монографій, в яких наведені загальні оцінки клімату окремих регіонів, є ще видання, присвячені детальному дослідженню режиму окремих метеорологічних величин. Так, наприклад:

Л.Е. Анапольская - «Режим скоростей ветра на территории СССР»;

Ц.А. Швер – «Атмосферные осадки на территории СССР»;

Э.А. Бурман – «Местные ветры» і багато інших.

Вищеназване – тільки мала частина того, що присвячено питанням клімату того або іншого району. Бібліотечні каталоги дозволять вийти на літературу з питань, що вас цікавлять.

2 Загальні і спеціальні характеристики клімату

Основною задачею містобудування є створення найсприятливіших умов для праці, побуту і відпочинку людини. Вона, при сучасному рівні техніки, може бути практично розв'язаною в будь-яких кліматичних умовах, навіть шляхом створення стійкого штучного клімату в будівлі або комплексі будівель. Все це визначається тільки економічною доцільністю.

Задача ж будівельної кліматології полягає в тому, щоб допомогти проектувальникам якнайповніше врахувати специфіку клімату даного району з метою використати його корисні сторони і передбачити заходи захисту від шкідливих кліматичних впливів. Правильність цього врахування визначатиметься якістю кліматичних показників, що беруться до уваги при плануванні і які входять в розрахунки при проектуванні будівельних об'єктів і робіт.

Існує велика різноманітність характеристик або показників клімату. Їх умовно можна розділити на дві групи: *загальні і спеціальні*. Вибір тих або інших характеристик залежить від поставленої мети.

Так, дослідження кліматичних умов проводиться для обґрунтування вибору району будівництва (населеного пункту, промислового об'єкта, АЕС і ін.). Урахування ж їх в містобудуванні передбачає найбільш раціональне *розміщення* житлових і промислових будівель в населеному пункті, оцінку *щільності* розташування будівель і багато що інше. Тому будь-яке технічне обґрунтування (ТО) в обов'язковому порядку містить в собі кліматичний опис, для складання якого в першу чергу використовуються *загальні* показники клімату, які характеризують макропроцеси в атмосфері, радіаційний, вітровий і температурно-вологісний режими в районі майбутнього будівництва.

Таким чином, до числа *загальних* характеристик клімату відносяться показники режиму інсоляції, температури, опадів, вологості, хмарності, тиску, вітру і ін.

Всі ці показники повинні бути *єдині за змістом і стандартні за формою* надання. Наприклад, середня добова температура, на основі якої визначається середня місячна, має бути здобута усереднюванням строкових даних. Для опадів - це їх кількість (сума) за добу, місяць, теплий і холодний періоди, за рік.

Стандартна форма подання загальних характеристик клімату передбачає розрахунок *багаторічного* середнього значення величини, що досліджується, *показників її мінливості*, оцінку *повторюваності* її значень в певних межах, встановлення її *екстремальних значень і ймовірності* окремих значень. З методами отримання перерахованих показників ви ознайомилися на попередніх курсах, тому зараз на них зупиняться не будемо.

Загальні характеристики клімату, хоч і не призначені для повного задоволення запитів практики, все ж таки мають широку сферу використання.

Спеціальні характеристики клімату призначені для розв'язання чітко визначених, більш вузьких задач і мають обмежену, прикладну сферу використання. Вони мають особливу практичну цінність для тієї або іншої конкретної сфери діяльності споживача інформації. Через цю обставину склад спеціальних характеристик клімату надто різноманітний і обробляються вони по-різному. Так наприклад, для проектування ліній зв'язку і електропередач необхідні відомості про ожеледні і вітрові навантаження в районі їх майбутнього будівництва, а для оцінки потужності систем опалювання в будівлі – дані про температуру найхолодніших п'яти і трьох діб, а також однієї доби. Тому основною задачею прикладної кліматології є розробка цих характеристик і методів їх розрахунку. Слід пам'ятати, що їх здобувають на підставі загальних характеристик клімату, в надійності і можливості використання яких дослідник повинен бути впевнений.

Загальні і спеціальні характеристики клімату для будівельних цілей були зібрані в довідковій літературі, яка йде під загальною назвою «Строительные нормы и правила» (СНиП або БНіП)). Є декілька частин або розділів БНіП, які містять загальні положення або технічні вказівки, що стосуються чисто будівельних питань. Ці показники називаються *будівельними нормами*. В кліматології ж нормою називають багаторічну середню, розраховану за достатньо тривалий і певний часовий відрізок. Тому загальні і спеціальні характеристики клімату для будівельних цілей прийнято називати кліматичними *нормативами*. Якщо ж ці показники входять в розрахункові формули для проектування, то їх часто називають кліматичними *параметрами*.

Всі кліматичні показники в основному були зібрані в шостій главі «Строительная климатология и геофизика». Крім того низка кліматичних параметрів увійшла і в інші БНіП: «Нагрузки и воздействия», «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Дослідження з будівельної кліматології розвиваються, існуючі показники уточнюються і готуються для впровадження в практику.

ЧАСТИНА 2

ДЕЯКІ ПИТАННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ КЛІМАТОЛОГІЇ

1 Задачі будівельної кліматології

«Будівельна кліматологія» – це розділ «Прикладної кліматології», мета якого досліджувати клімат для максимального використання його сприятливих сторін і передбачення впливу несприятливих. Врахування кліматичних особливостей району будівництва при проектуванні різноманітних будівельних об'єктів дозволить отримати значний економічний ефект.

Розглядаючи той чи інший будівельний об'єкт у плані його залежності від кліматичних умов, ми розуміємо, що це спорудження має відповідати деяким вимогам:

- по-перше, воно повинне забезпечити наш захист від прямого впливу атмосферних умов і створити штучний клімат, сприятливий для перебування людини, його праці і відпочинку; для збереження вантажів чи будь-яких інших спеціальних цілей;
- по-друге, це спорудження повинне бути міцним, тобто воно має витримати всі можливі коливання погодних умов протягом усього передбачуваного періоду його експлуатації, і при цьому бути економічним.

Ці дві основні функції будівельного об'єкта повинні бути передбачені на стадії планування і проектування. Тому однією з важливих проблем будівельної кліматології є *оптимальне* врахування кліматичної інформації. Розв'язання цієї задачі здійснюється по наступних етапах:

1. власне вивчення впливу метеорологічних умов на той чи інший об'єкт і визначення кліматичних показників, що дозволяють щонайкраще врахувати цей вплив при плануванні і проектуванні;
2. розробка методів розрахунку спеціальних показників на основі характеристик клімату, що містяться в довідниках чи отриманих шляхом спеціальної обробки метеорологічних даних;
3. складання рекомендацій з використання здобутих показників, тобто впровадження результатів кліматологічної обробки в практику.

Врахування кліматичних умов є обов'язковим і на наступній стадії – стадії будівництва, тому що і тут має місце значна залежність проведення власне робіт від кліматичних умов, особливо в холодне півріччя. Так, планування обсягу робіт на відкритому повітрі (зовнішні роботи), тривалість цих робіт визначається повторюваністю і тривалістю

екстремальних умов погоди, зокрема сполученням низьких температур і великих швидкостей вітру. Повторюваність екстремальних умов погоди в холодне півріччя приймається до уваги навіть для уточнення фонду заробітної плати в зв'язку з необхідністю оплачувати простої робітників через важкі погодні умови.

Не викликає сумніву той факт, що оптимальне врахування кліматичних умов таїть у собі великий резерв підвищення продуктивності будівельних робіт тільки за рахунок більш ефективного їх планування.

І ще про один аспект досліджень в області будівельної кліматології варто згадати, а саме, про можливий вплив нових будівельних об'єктів на мікроклімат району будівництва.

Кожен новий район міста чи новий населений пункт у залежності від того, як він спланований, вже сам створює певні кліматичні умови, ретельна оцінка яких дуже необхідна, щоб мешканці цих районів не зазнавали дискомфорту. Помітно може порушуватися вітровий режим, створюватися ефект «острова тепла», що при деяких несприятливих сполученнях може визначити підвищене забруднення повітряного басейну міста.

Таким чином, питання, розв'язання яких вимагає будівельна індустрія, великі і різноманітні. Ми приділимо увагу, в основному, вивченню розроблених спеціальних характеристик клімату і методам їх здобуття.

Які ж характеристики клімату приймаються до уваги, насамперед, при плануванні, проектуванні і будівництві населених пунктів, при розробці типології помешкань?

Це температура повітря і ґрунту - основний фактор, який визначає тепловий режим будинків і мікроклімат міста.

Це режим зволоження (зокрема, режим опадів), який визначає умови експлуатації будинків і їхні теплотехнічні характеристики.

Різнноманітне врахування характеристик вітрового режиму: при оцінці теплового режиму будинків, оцінці можливих умов забруднення повітря, у розрахунках вітрових і ожеледно-вітрових навантажень і ін.

Це сонячна радіація, кількість надходження якої на стіни будинків визначає умови освітленості і тепловий режим будинків.

На розгляді цих питань зупинемося нижче.

2 Тепловий режим будинків

Ті аспекти досліджень у будівельній кліматології, що будуть розглянуті нижче, передбачають, насамперед, оцінку термічного режиму будинків, на особливостях якого ми і зупинимося.

Основні поняття про тепловий режим будинків

При розробці типології жител, проектуванні будинків передбачаються певні чисто технічні рішення, що зумовили б оптимальний тепловий режим будинків.

Під *тепловим* (термічним) *режимом* будинку розуміють просторовий і часовий розподіл потоків тепла в ньому, а також умови його теплообміну з навколишнім середовищем.

Вивченням питань теплового режиму будинків, тобто вивченням механізму передачі тепла (і вологи) через огорожувальні конструкції будинків, оцінкою їх повітропроникності, теплопровідності, теплоємності, вологовмісту займається *будівельна теплотехніка*. І з урахуванням вимог будівельної теплотехніки здійснюється найбільш раціональний вибір кліматичних параметрів, за допомогою яких при проектуванні враховується вплив клімату на будинки.

Різні теплотехнічні розрахунки, що виконуються при проектуванні, припускають насамперед:

- збереження в заданих межах температури повітря в приміщенні (при роботі систем опалення чи охолодження);
- збереження у визначених межах вологості повітря усередині приміщення;
- збереження в заданих межах температури внутрішніх поверхонь огорожень (для виключення конденсації вологи на них).

Розв'язання цих задач можливе при проектуванні певної потужності систем опалення і вентиляції, потужності огорожувальних конструкцій, використанні тих чи інших будівельних матеріалів.

Природно, що при теплотехнічних розрахунках огорожень, систем опалення і вентиляції приймають до уваги, що від кліматичних умов залежить:

1. кількість тепла, що втрачається будинком у холодну пору року,
2. кількість тепла, що надходить до будинку у літню пору,
3. перегрів будинків від сонячної радіації,
4. додаткове охолодження будинку за рахунок вітрового впливу.

І з урахуванням фізичних процесів, що відбуваються в огороженнях при передачі тепла і вологи, встановлюють необхідні якості зовнішніх огорожень: вони мають задовольняти вимогам довговічності і забезпечити комфортні умови усередині приміщення за даних кліматичних умов. Для цього і вибирають кліматичні нормативи, необхідні для теплотехнічних розрахунків.

Згадаємо основні фізичні процеси, що пов'язані з передачею тепла і вологи.

Теплообмін між тілами зумовлений розходженням у температурі цих тіл і здійснюється шляхом теплопровідності Q_1 , конвекції Q_2 і

випромінювання Q_3 . І при проектуванні будинків враховують усі три види передачі тепла:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3. \quad (2.1)$$

Коротко зупинимося на кожному з них.

Теплопровідність - передача кінетичної енергії молекул і у чистому вигляді спостерігається тільки в суцільних твердих тілах. Оскільки більшість будівельних матеріалів пористі, то в порах здійснюються й інші види передач тепла.

У випадку одномірного стаціонарного теплового потоку (температура шару суцільного середовища стала) теплопровідність Q_1 описується рівнянням Фур'є

$$Q_1 = -\lambda \frac{dt}{dx} \quad (2.2)$$

де Q_1 – кількість тепла, що проходить через 1 м^2 шару за годину;
 dt/dx – градієнт температури, у $^{\circ}\text{C}$;

λ – коефіцієнт теплопровідності розглянутого середовища. Це кількість тепла, що переноситься через одиницю поверхні в одиницю часу при градієнті температури, який дорівнює одиниці. Його розмірність $\text{мДж}/(\text{м}^2 \text{ год. } ^{\circ}\text{C})$. Рух тепла відбувається в напрямку зниження температури, тому $dt/dx < 0$.

Однак у реальних умовах відбувається змінювання з часом температури шару при поглинанні чи виділенні тепла обгороджувальною конструкцією. Тобто мають місце нестаціонарні умови, опис яких більш складний.

Зміна теплового потоку по товщині шару в цьому випадку буде дорівнювати

$$\frac{dQ_1}{dx} = -\lambda \frac{d^2 t}{dx^2}. \quad (2.3)$$

Якщо шар товщиною dx нагрівається на dt градусів за проміжок часу $d\tau$, то для цього необхідна кількість тепла

$$dQ_2 = -c\gamma dx \frac{dt}{d\tau}, \quad (2.4)$$

звідки

$$\frac{dQ_2}{dx} = -c\gamma \frac{dt}{d\tau}, \quad (2.5)$$

де

c – питома теплоємність матеріалу, мДж/(кг °С),
 γ – щільність матеріалу, кг/м³.

Підвищення температури шару відбувається за рахунок зменшення величини теплового потоку, тому $dQ_2 < 0$. Якщо відсутні внутрішні джерела тепла, то $dQ_1/dx = dQ_2/dx$, звідки

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{\lambda}{c\gamma} \frac{d^2t}{dx^2}. \quad (2.6)$$

Це рівняння теплопровідності для найпростішого випадку, коли потік спрямований тільки в один бік (по одній осі координат).

Конвекція (конвективний теплообмін) – перенос тепла частками рідини чи газу, що рухаються. Конвекція буває *природна* і *вимушена*. Перша обумовлена різницею температур, що створює розходження в густині і тиску. Вимушена конвекція пов'язана з зовнішніми механічними впливами (продуванням повітря вентилятором, перемішуванням рідини).

Для розрахунку тепловіддачі конвекцією користуються формулою

$$Q_2 = \alpha_k S (t_g - t_n), \quad (2.7)$$

де

Q_2 – кількість тепла, мДж/год;

S – площа поверхні;

t_g – температура повітря, °С;

t_n – температура поверхні, °С;

α_k – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, мДж/(м²год.°С). Це кількість тепла, що передається за годину від повітря до 1 м² поверхні при різниці температур між ними в 1°С.

Теплове випромінювання (променистий теплообмін) може відбуватися в газоподібному середовищі. Це теплообмін або перенос енергії у виді електромагнітних хвиль між двома взаємно випромінюючими поверхнями.

Ця кількість тепла, що втрачається поверхнею S або надходить до неї за рахунок випромінювання, визначається по формулі

$$Q_3 = \alpha_u (t_1 - t_2) S, \quad (2.8)$$

де α_u – коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням;

t_1 – температура випромінюючої поверхні;

t_2 – температура повітря.

Зазначимо, що точність теплотехнічних розрахунків залежить не тільки від правильного вибору характеристик навколишнього середовища. Тут дуже важлива точність теплотехнічних показників будівельних

матеріалів, що можуть помітно змінюватись в залежності від якості будівельних матеріалів і від впливу на них метеорологічних умов. Коли говорять про якість матеріалів, то мають на увазі його пористість чи щільність, які багато в чому визначають його теплотехнічні властивості. До того ж, наявність вологи в матеріалах теж помітно змінюють його теплопровідність і теплоємність.

В остаточному підсумку розрахунок тепловіддачі огорожень, тобто кількості тепла Q , переданого плоскою стіною за стаціонарних умов (при потоці тепла, що не змінюється згодом, і сталій температурі в огороженні), визначається з формули

$$Q = k \cdot (t_g - t_{z'}) \cdot S \cdot \tau. \quad (2.9)$$

Воно пропорційне різниці температур повітря з внутрішнього t_g і зовнішнього $t_{z'}$ боків огорожень, площі огороження S і часу τ , протягом якого відбувається теплообмін. Коефіцієнт тепловіддачі k залежить від теплотехнічних властивостей огороження. Він характеризує спроможність огороження передавати тепло від повітря з одного його боку до повітря з іншого його боку і вимірюється в мДж/(м²год⁰С).

Якщо в останній формулі замість температури повітря підставити температуру внутрішньої t_{en} і зовнішньої t_{zn} поверхні огороження, то дістанемо

$$Q = k_1 (t_{en} - t_{zn}) S \tau, \quad (2.10)$$

де k_1 – коефіцієнт теплопроникнення огороження, що залежить знову таки від його теплотехнічних властивостей. Він має ту ж розмірність, що і k , але визначається різницею температур на двох поверхнях огороження.

Природно, що проектувальникам необхідно розробити рекомендації з використання таких будівельних матеріалів, які оптимально визначили б теплозахистні властивості огороження, тобто створили б певний опір тепловіддачі R .

Слід вважати, що опір тепловіддачі обернено пропорційний коефіцієнту тепловіддачі k , тобто

$$R = \frac{1}{k}, \quad (2.11)$$

вимірюється в ⁰С м² год/мДж.

Опір тепловіддачі виражається різницею температур повітря з двох боків огороження, при якій тепловий потік через площадку в 1 м² дорівнює 1 кДж/год. Цю величину R називають термічним опором і за її допомогою оцінюють теплозахистні властивості огороження.

При проектуванні будинків важливо дістати велике значення R , тобто менше κ , тому що в цьому випадку в холодний період потрібно менше опалювати будинок.

Опір тепловіддачі R визначається сумою трьох величин

$$R = R_1 + R_2 + R_3, \quad (2.12)$$

де

R_1 – опір теплосприйняттю при передачі тепла повітря, що знаходиться усередині приміщення, до внутрішньої поверхні огородження (воно викликає температурний перепад $t_g - t_{gn}$);

R_2 – термічний опір, що викликає перепад температури $t_{gn} - t_{nz}$;

R_3 – опір передачі тепла від зовнішньої поверхні атмосферному повітрю, що викликає перепад температури $t_{zn} - t_z$.

Розрахунки теплопередачі за нестаціонарних умов складніші. Методи цих розрахунків викладено в курсі будівельної теплотехніки.

З наведених вище елементарних відомостей видно, що майже в усіх формулах присутня величина t_z – температура повітря із зовнішнього боку огородження. Це не завжди температура зовнішнього повітря. Це може бути температура в тонкому пристінному шарі повітря, що сформувалася за рахунок температури зовнішнього повітря і теплового впливу сонячного потоку тепла на стіну, за рахунок впливу вітру. Це також можуть бути температури, що відбивають температурно-часовий вплив на спорудження, так звані температури найхолоднішої доби, найхолодніших трьох діб і найхолодніших п'яти діб ($t_{нхд}$, $t_{нхт}$, $t_{нхп}$) – вони називаються *розрахунковими* температурами. І найбільш правильний вибір цього кліматичного параметра t_z , найбільш надійний метод його визначення багато в чому визначає точність теплотехнічних розрахунків.

Методам розрахунку названих параметрів і будуть присвячені наступні лекції.

Зазначимо, що теорія теплового режиму будинків для одномірного стаціонарного теплового потоку, тобто в умовах сталості температури розглянутого середовища, розроблена Л.Е.Анапольською і Л.С. Гандінім.

3 Характеристики радіаційного режиму для прикладних цілей

Загальновідомо, що подвоєння світового споживання енергії тепер відбувається через 15-20 років, а не за 50, як на початку минулого століття. І наприкінці 20-го сторіччя із загально спожитої кількості енергії

приблизно 80% припадало на органічні види енергії, і тільки 6% становила гідроенергія, і 1% – інші види енергії.

Однак запаси органічного палива неухильно зменшуються, а в ряді країн світу вони знаходяться на грані виснаження. Тому інтерес до практично невичерпного й екологічно чистого джерела енергії, енергії сонця, зростає з кожним днем.

Проблему використання радіаційних характеристик у будівельній кліматології розглядають у відношенні двох основних аспектів: світлового режиму і теплогового режиму.

Так, дійсно, врахування сонячної радіації при будівництві необхідне для оцінки умов нагрівання стін будинків і внутрішніх приміщень, тобто теплових умов будинків.

Найбільш доступним напрямком використання сонячної енергії в даний час є створення системи кондиціонування мікроклімату: опалення, гарячого водопостачання і кондиціонування повітря, що споживають до 40% добутого твердого і газоподібного палива. Це дозволить знизити енергоспоживання будинків і зробити внесок в економію паливно-енергетичних ресурсів.

Крім того, комфортні умови для праці і відпочинку людини будуть визначатися необхідною освітленістю житлових і робочих приміщень, кількістю споживаної людським організмом ультрафіолетової радіації (інтенсивністю ультрафіолетового випромінювання).

Виходячи з цих вимог приймаються *архітектурно-планувальні* рішення, тобто визначається орієнтація житлових кімнат, спалень, кухонь, розраховується потужність систем опалення і вентиляції.

При надлишку сонячної радіації, що надходить, передбачається спорудження світлозахисних пристроїв, лоджій, жалюзі, тентів, віконниць, визначаються розміри віконних отворів і ін.

Розглянемо методи визначення кількості енергії, що надходить до стін будинків і похилих поверхонь різної орієнтації і створює певний тепловий режим і режим освітленості будинків.

На мережі актинометричних станцій у певний строк, а за допомогою самописів – безперервно, реєструються наступні показники радіаційного режиму. Це пряма сонячна радіація, що надходить на перпендикулярну поверхню; розраховується її значення на горизонтальну поверхню, на основі співвідношення $S' = S \cdot \sin h$; розсіяна D , відбита R і сумарна радіація Q . Визначається радіаційний баланс.

Усі ці характеристики розраховані за багаторічний період спостережень і наведені в кліматичних довідниках двох видань: 1967-69 рр. і 1989 р. Територія України в ньому представлена випуском 10. Відзначимо, що в перших виданнях одиницями виміру зазначених характеристик радіаційного режиму були кал чи ккал на одиницю площі за різні інтервали часу. У даний час вони надаються в системі вимірювань

(СВ) в Дж/м² на квадратний метр або Вт/м². Для переходу від однієї системи одиниць виміру до іншої варто використовувати наступні співвідношення:

$$\begin{aligned}1 \text{ кал/см}^2 \cdot \text{хв} &= 698 \text{ Вт/м}^2 = 0,698 \text{ кВт/м}^2, \\1 \text{ кал/см}^2 &= 4,19 \cdot 10^4 \text{ Дж/м}^2 = 41,9 \text{ кДж/м}^2, \\1 \text{ ккал /см}^2 &= 4,19 \cdot 10^7 \text{ Дж/м}^2 = 41,9 \text{ мДж/м}^2.\end{aligned}$$

Безпосередньо виміри характеристик радіаційного режиму на похилі і вертикальні поверхні в даний час не проводяться.

У ГГО під керівництвом З.І.Пивоварової була розроблена методика розрахунку показників радіаційного режиму на вертикальні і похилі поверхні, на основі якої (використовуючи багаторічні дані довідників) можна оцінити багаторічний радіаційний режим вертикальних і похилих поверхонь різної орієнтації. На базі фактичних спостережень можна зробити цю оцінку для конкретного відрізка часу, що цікавить споживача.

3.1 Розрахунок інсоляції на стіни будинків

Кількість сумарної сонячної радіації Q_B , що надходить на незатінену вертикальну поверхню (стіну) в одиницю часу, можна виразити рівнянням

$$Q_B = S_B + \frac{D}{2} + \frac{R}{2}, \quad (3.1)$$

де

S_B - пряма сонячна радіація, що надходить на вертикальну поверхню (стіну);

D і R – відповідно розсіяна і відбита радіація.

Способи розрахунку прямої сонячної радіації S_B розглянемо нижче, а значення розсіяної і відбитої радіації на вертикальну поверхню приймаються такими, що дорівнюють половині їхніх значень на горизонтальну поверхню в припущенні *ізотропності* розподілу цих видів радіації.

У дійсності поле розсіяної і відбитої радіації анізотропно, тобто потік розсіяної і відбитої радіації на вертикальну поверхню залежить не тільки від кута падіння сонячних променів, але й орієнтації (азимута) стіни, і для точного визначення розсіяної D_B і відбитої R_B радіацій на вертикальні поверхні потрібно знати розподіл розсіяної радіації по небосхилу. Однак, все це відноситься до значень радіації в конкретні моменти часу. Якщо ж розглядати не миттєві їхні значення, і навіть не годинні, а осереднені за добу при реальній хмарності, то похибка через недоврахування

анізотропності розсіяної і відбитої радіації зменшується. І як показали дослідження, проведені співробітниками ГГО, для умов південних широт СНГ добові суми розсіяної і відбитої радіації на вертикальну поверхню в літній період практично не залежить від її орієнтації. У такому випадку як завгодно орієнтована поверхня одержує половину розсіяної і відбитої радіації, що міститься в небесному склепінні.

Для розрахунку прямої сонячної радіації S_B , що надходить на вертикальну поверхню, З.І. Пивоварова запропонувала кілька методів: прямий, непрямий і спрощений (для сумарної радіації).

3.1.1 Розрахунок прямої сонячної на стіни будинків

Прямий метод. Кількість прямої сонячної радіації, що надходить на вертикальну поверхню в одиницю часу, можна виразити наступною формулою:

$$S_g = S \cdot \cos h_{\odot} \cdot \cos(A_{\odot} - A), \quad (3.2)$$

де

- S_g – пряма сонячна радіація, що надходить на вертикальну поверхню;
- S – пряма сонячна радіація, що надходить на поверхню перпендикулярну сонячним променям;
- $h_{\odot}$ – висота сонця над обрієм;
- $A_{\odot}$ – азимут сонця;
- A – азимут нормалі до стіни.

З курсу «Астрономії» відомо, що азимут відраховується від небесного меридіана, тобто від точки півдня істинного горизонту за напрямком руху годинникової стрілки. У нашому випадку азимут від 0^0 до 180^0 через захід ми будемо вважати додатним, а в протилежному напрямку, через схід – від’ємним.

Для визначення висоти $h_{\odot}$ і азимута сонця $A_{\odot}$ використовуються відомі формули, які здобуті по формулі косинусів і формулі синусів сферичного трикутника:

$$\begin{aligned} \sin h_{\odot} &= \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \tau ; \\ \sin A_{\odot} &= \frac{\cos \delta}{\cosh} \sin \tau ; \quad \sinh_{\odot} = \frac{\cos \delta}{\cosh_{\odot}} \sin \tau . \end{aligned}$$

де φ – широта місця спостереження;

δ – схилення сонця;

τ – годинний кут сонця (відраховується від моменту істинного полудня чи від меридіана точки спостереження).

Виходячи із заданої орієнтації стіни в рівняння (3.2) підставляють значення азимута нормалі до стіни і дістають формули розрахунку S_e для стін різної орієнтації. Так, для *південної* стіни $A = 0^0$, тоді

$$S_{e,Пд} = S \cdot \cosh_{\odot} \cos A_{\odot} \quad (3.3)$$

Для стін *західної і східної* орієнтацій $A = \pm 90^0$. Тоді розрахункова формула прийме вигляд

$$S_{e,C} = S_{e,З} = S \cdot \cosh_{\odot} \cdot \sin A_{\odot} \quad (3.4)$$

Для *північної* стіни $A = 180^0$, рівняння має вигляд

$$S_{e,Пн} = -S \cdot \cosh_{\odot} \cdot \cos A_{\odot} \quad (3.5)$$

Виконавши деякі перетворення для стін проміжних орієнтацій можна одержати розрахункові формули для південно-західних і південно-східних, північно-західних і північно-східних стін

$$S_{e,ПдЗ,ПнС} = \pm 0,707 S (\cosh_{\odot} \cdot \sin A_{\odot} - \cosh_{\odot} \cdot \cos A_{\odot}) \quad (3.6)$$

$$S_{e,ПнЗ,ПдС} = \pm 0,707 S \cdot (\cosh_{\odot} \sin A_{\odot} + \cosh_{\odot} \cos A_{\odot}) \quad (3.7)$$

За даними формулами (припускаючи лінійну зміну S , $\sin A_{\odot}$, $\cos A_{\odot}$ і $\cos h_{\odot}$ протягом однієї години) може бути розрахована середня інтенсивність прямої сонячної радіації за одну годину, і таким чином, сумарна кількість радіації за годину.

Звичайно з використанням цих формул розрахунки виконуються на основі (багаторічних чи фактичних) даних про пряму сонячну радіацію на перпендикулярну до променів поверхню S для годинних інтервалів часу. Якщо ж дані про S відсутні, то її розраховують по S'

$$S = \frac{S'}{\sinh_{\odot}} \quad (3.8)$$

Добова кількість прямої сонячної радіації, що надходить до стіни тієї чи іншої орієнтації, визначається як сума по всіх годинних інтервалах за весь *період опромінення стіни* сонцем. Цей період опромінення стіни, його початок і закінчення визначається по азимутальному положенню сонця (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 – Період опромінення стін різної орієнтації

Орієнтація стіни	Період опромінення	
	початок	кінець
північна (тільки влітку)	від сходу сонця до $A_{\odot} = -90^{\circ}$	від $A_{\odot} = +90^{\circ}$ до заходу сонця
північно-східна	від сходу сонця	до $A_{\odot} = -45^{\circ}$
східна	від сходу сонця	до $A_{\odot} = 0^{\circ}$
південно-східна	від $A_{\odot} = -135^{\circ}$	до $A_{\odot} = +45^{\circ}$
південна (взимку)	від $A_{\odot} = -90^{\circ}$ від сходу сонця	до $A_{\odot} = +90^{\circ}$ до заходу сонця
південно-західна	від $A_{\odot} = -45^{\circ}$	до $A_{\odot} = +135^{\circ}$
західна	від $A_{\odot} = 0^{\circ}$	до заходу сонця
північно-західна	від $A_{\odot} = +45^{\circ}$	до заходу сонця

Місячні суми інсоляції обчислюють шляхом множення відповідних добових сум на число днів у місяці.

Непрямий метод. Розглянутий прямий метод розрахунку прямої сонячної радіації, яка надходить до стіни будинків різної орієнтації, дозволяє виконати детальний аналіз режиму інсоляції не тільки в річному, але і добовому (денному) розрізі. Однак цей метод розрахунку досить громіздкий і, головне, вимагає наявності даних про годинні значення прямої сонячної радіації S , що надходить на перпендикулярну до променів сонця поверхню. Число ж станцій, що роблять ці виміри, обмежено. Частіше ми маємо у своєму розпорядженні дані про годинні, добові і місячні суми S' прямої сонячної радіації, що надходить на горизонтальну поверхню.

Для розробки спрощеного методу розрахунку було виконано дослідження співвідношення між величинами прямої сонячної радіації, яка надходить на вертикальну і горизонтальну поверхні. Це співвідношення представлене за допомогою коефіцієнта K_S

$$K_S = \frac{S_g}{S'}, \text{ звідки } S_g = K_S \cdot S'. \quad (3.9)$$

У цьому способі розрахунку суттєво те, що використана для розрахунку *відносна* величина радіації значно менше залежить від хмарності і прозорості атмосфери, ніж абсолютна. І з факторів, що впливають на коефіцієнт K_S , залишається в основному широта місця φ .

При цьому для південної стіни залежність K_S від широти виявляється кращою, ніж для західної і східної, тому що в останньому випадку вплив хмарності не виключається через несиметричність її денного ходу. Несиметричність добового ходу коефіцієнта прозорості не має істотного значення, тому що вона перекривається впливом хмарності.

Територіальна мінливість K_S для західної і східної стін значно менша, ніж для південної. На більшій частині широт земної кулі коефіцієнт K_S менше одиниці, тобто добове надходження радіації на стіни менше, ніж на горизонтальну поверхню. У теплий період року коефіцієнт змінюється від 0,60 на широті 60⁰ пн.ш. до 0,40 на широті 40⁰ пн.ш.; у холодну частину року – від 0,90 до 0,50 у межах тих же широт. І тільки в зимові місяці на широтах північніших за 60⁰ надходження радіації на західну і східну стіни перевищує радіацію на горизонтальну поверхню.

Всі ці співвідношення отримані для середніх умов хмарності. Але як показали дослідження М.А. Гольдберг у Білорусії і В. Беєр у Німеччині при безхмарному небі ці співвідношення зберігаються, що дозволяє оцінити гранично можливі суми радіації на стіни будинків. Ці співвідношення трохи відрізняються для східних мусонних районів Азії.

Слід зазначити, що цей метод розрахунку звичайно ґрунтується на місячних значеннях S' , що дозволяє відразу одержати місячну суму S_e на різні стіни будинків. Розходження між результатами розрахунку по прямому і непрямому методах, як правило, не великі. Але простота розрахунку непрямым методом дозволяє використовувати його досить широко.

3.1.2 Спрощений метод розрахунку інсоляції на вертикальні поверхні

З.І. Пивоваровою проведені аналогічні дослідження з оцінки співвідношень між сумарною радіацією $(S_e + \frac{D}{2})$ на вертикальну і сумарною радіацією Q на горизонтальну поверхні, тому що дані з Q частіше бувають у розпорядженні дослідника.

Відношення добової суми прямої і розсіяної радіації стін до їх суми на горизонтальну поверхню також виражається деяким коефіцієнтом K_Q

$$K_Q = \frac{S_e + \frac{D}{2}}{Q}, \text{ тоді } \left(S_e + \frac{D}{2} \right) = K_Q \cdot Q \quad (3.10)$$

Це співвідношення значно менше змінюється з широтою і від місяця до місяця, ніж K_S для прямої радіації. Середня похибка коефіцієнта K_Q становить 2-3 %. Але в зимові місяці визначити значення K_Q для стіни

південної і південно-східної орієнтації з достатньою точністю неможливо. Тому сумарну радіацію для стін цих орієнтацій доцільно визначати по складових.

Величину відбитої радіації до стіни R_e у цьому випадку для розрахунку повного значення Q_e визначають у виді додатку у відсотках від $(S_e + \frac{D}{2})$.

Аналізуючи просторовий розподіл сумарної радіації, що надходить на стіни будинків, зазначимо наступне:

у *січні* кількість радіації, що надходить на стіни будинків, зростає з півночі на південь відповідно до загального збільшення радіації із широтою і зменшенням хмарності. На всіх широтах найбільшу кількість енергії дістає *південна* стіна (як у порівнянні з горизонтальною поверхнею, так і зі стінами інших орієнтацій).

На території східної Європи трохи більшим у порівнянні з її західними районами надходженням радіації характеризуються східні райони (за рахунок зменшення хмарності і збільшення альbedo снігового покриву);

у *липні* надходження радіації мало змінюється з широтою. Це характерно для стін будь-якої орієнтації. Найбільша кількість радіації надходить до східних та південних стін. При цьому в нижніх широтах південні стіни одержують менше сонячної радіації, ніж східні. І повсюдно ця кількість енергії на південну стіну менша (на 1/3 на півночі, на 1/2 на півдні), ніж на горизонтальну поверхню.

3.2 Тепловий ефект сонячної радіації, що надходить на стіни будинків

Врахування сонячної радіації, що надходить на стіни будинків, дозволяє більш правильно оцінити їх тепловий режим і мікроклімат приміщень.

Л.С.Гандінім і Л.Е.Анапольською розроблена теорія стаціонарного теплового режиму будинків з урахуванням ряду метеорологічних факторів, у тому числі і променистого теплообміну. Формули теорії дозволяють визначити температуру зовнішньої і внутрішньої поверхонь стіни, яка необхідна, наприклад, для теплотехники й інших потреб.

З.І.Пивоваровою зроблена спроба знайти зв'язок між сонячною радіацією, що надходить на стіни будинків, і температурою зовнішньої поверхні стіни для оцінки температурної добавки за рахунок радіації. З цією метою необхідно визначити насамперед кількість поглиненої стіною короткохвильової радіації, тому що тільки ця частка радіації визначає тепловий режим поверхні

$$P_6 = Q_6 \cdot (1 - \alpha), \quad (3.11)$$

де α – альbedo стіни; для відштукатурених стін світлих тонів, червоноцегляних, панельних і стін з темно-рожевого туфу альbedo приймають таким, що дорівнює 30 %.

Для одержання кількісної оцінки температурної поправки Δt за рахунок сонячної радіації досліджена кореляційна залежність її від поглиненої радіації P_6 . При цьому

$$\Delta t = t_2 - t_1,$$

де

t_2 – температура зовнішньої стіни з урахуванням сонячної радіації,

t_1 – те ж, але без врахування сонячної радіації.

Для розв'язання цієї задачі використовувався тільки теплий період року, коли поглинена радіація є головним чинником, що визначає радіаційний баланс. Залежність цю в першому наближенні можна вважати лінійною

$$\Delta t = 0,04P_6 - 0,8, \quad (3.12)$$

а коефіцієнт кореляції, що відбиває ступінь цієї залежності, перевищує 0,90.

Підвищення температури стіни за рахунок радіації починається, коли поглинена радіація досягає значення $84 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2 = 84 \text{ кДж/м}^2$, що у поза системних одиницях виміру, які використовувались раніше, відповідає 20 ккал/м². При величині поглиненої радіації менш 80 кДж/(год м²) спостерігається вже охолодження стіни в результаті переважного теплового випромінювання.

Для розрахунку температури зовнішньої поверхні стіни з урахуванням сонячної радіації, що А.М.Шкловер назвав умовною (або сумарною) температурою $t_{\text{сум}}$, він запропонував формулу

$$t_{\text{сум}} = t_3 + t_e \quad (3.13)$$

де

t_3 – температура зовнішнього повітря;

t_e – еквівалентна температура сонячного опромінення, яка розраховується за формулою

$$t_e = \frac{Q_6(1 - \alpha)}{a_n} = \frac{Q_6 p}{a_n}, \quad (3.14)$$

де p – коефіцієнт поглинання сонячної радіації вертикальною поверхнею;

a_n - коефіцієнт теплообміну між зовнішньою поверхнею стіни і навколишнім повітрям. Згідно з БНіП

$$a_n = 20 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \text{год } ^\circ\text{C}} = 2 \frac{\text{кал}}{\text{см}^2 \text{год } ^\circ\text{C}} \cdot 0.084 \frac{\text{мДж}}{\text{м}^2 \text{год } ^\circ\text{C}}$$

Якщо врахувати, що в полудневі години на південні стіни, в дополудневі - на південно-східні і східні, а в післяполудневі години – на західні стіни в південних широтах при середній хмарності приток тепла досягає влітку 1250-2100 кДж/м²год, то для стін з альбедо 30% температура стіни може підвищуватись на 10-15⁰С.

І, природно, що сильного нагріву зазнають металеві конструкції. Так, температура покрівель деяких ГРЕС досягає влітку 70⁰С і різниця між температурою покрівлі і повітря в денні години становить 40-50⁰С, що створює загрозу руйнування конструкцій споруди.

Підбираючи відповідні матеріали для обгороджувальних конструкцій будівель, фарбуючи їх у визначений колір, тобто регулюючи альбедо, можна змінювати частку поглинутої стіною радіації, зменшуючи або підвищуючи її, і, відповідно, регулюючи тепловий вплив сонячної радіації.

Урахування сонячної радіації, що надходить на стіни будівель, дозволяє скласти більш повне уявлення про тепловий режим будівель, режим їх освітленості і мікроклімат приміщень.

3.3 Енергетична освітленість поверхонь

Дослідження радіаційних умов ведеться не тільки в плані оцінки теплового, але й *світлового* режиму, тобто режиму природної освітленості.

Спостереження за природною освітленістю в Радянському Союзі вперше були проведені в 1925 році в Метеорологічній обсерваторії в Павловську під керівництвом М.А.Калітіна.

Безпосередні вимірювання освітленості потребують спеціальної апаратури і для отримання надійних кліматичних даних вимірювання радіації слід проводити протягом тривалого періоду. Тим не менше досить надійну інформацію про величини освітленості можна здобути і без спеціальних вимірювань завдяки матеріалам актинометричних спостережень, використовуючи *світловий коефіцієнт радіації*.

Світловим коефіцієнтом радіації прийнято називати відношення величини освітленості до одночасного значення інтенсивності радіації.

Освітленість горизонтальних і вертикальних поверхонь, яка вимірюється в шкалі Світового радиометричного еталону в кВт/м² (в минулому в Клк), може бути встановлена по значеннях прямої, розсіяної та сумарної радіації множенням їх на світловий коефіцієнт радіації. Таким

чином, можна отримати значення освітленості з точністю, що в більшості випадків є достатньою для практичного обслуговування народногосподарських організацій.

У новому “Научно-прикладном справочнике по климату СССР” наведені середні місячні значення *енергетичної освітленості* перпендикулярної і горизонтальної поверхонь для всіх видів радіації при ясному небі і середніх умов хмарності в актинометричні строки спостережень для 15 станцій України. Їх можна використати для оцінки освітленості нахилених і вертикальних поверхонь.

Якщо такі дані на станції відсутні, то енергетичну освітленість можна розрахувати за допомогою виміряних або розрахованих сумм радіації на перпендикулярну, горизонтальну, нахилену або вертикальну поверхні. Для цього необхідно *годинну* сумму радіації, що виміряна в мДж/м^2 , розділити на 3.6 і одержати середню *годинну енергетичну освітленість* в кВт/м^2 , а місячну суму – шляхом множення годинних сум на число днів в місяці.

Одержані розрахунковим методом показники радіаційного режиму и режиму природної освітленості широко використовуються для розв’язання багатьох практичних задач, особливо характерних для цілей проектування і будівництва.

4 Характеристики температури повітря і ґрунту для прикладних задач

4.1 Розрахункові температури повітря

Широке використання температурних даних у наукових і прикладних цілях потребує від кліматологів розробки значної кількості різних показників, за допомогою яких можна всебічно охарактеризувати температурний режим будь-якого пункту спостереження. Узагальнені за багаторічний період спостережень ці показники наведені в кліматичних довідниках різних років видання.

Температурний режим зовнішнього повітря чинить найістотніший вплив на тепловий режим жител, оскільки він значною мірою визначає умови теплообміну будівель. В залежності від температурного режиму того або іншого району вибирається тип будівель і визначається потужність їх обгороджувальних конструкцій, плануються системи опалювання і вентиляції, розраховуються запаси палива на зиму і багато що інше.

Проте в практиці проектування і будівництва використовується низка температурних показників, які не вимірюються безпосередньо, а отримуються розрахунковим шляхом.

Так, у теплотехнічні формули іноді входять розрахункові дані або показники, що враховують температурно-часовий або температурно-вітровий вплив на будівлю або інші споруди. Наприклад, інтенсивність охолодження приміщення і можливість підтримки в ньому температури $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ залежить не тільки і навіть не стільки від інтенсивності низьких температур, але і від часу дії цих температур, від швидкості вітру при цих температурах. А якщо говорити про чисто технічні характеристики будівель, то інтенсивність тепловтрат залежатиме від масивності обгороджувальних конструкцій, що обумовлюють інерційні властивості будівель.

Розрізняють масивні обгороджувальні конструкції, середньої масивності і легкі обгороджувальні конструкції.

Легкими обгороджувальними конструкціями вважаються різні види безгорищевих покриттів промислових будівель, великопанельні і щитові конструкції стін, які утеплені легкими ефективними теплоізоляційними матеріалами тощо.

Обгороджувальні конструкції *середньої масивності* – це стіни з легкої багатодірчастої цегли, пустотної кераміки, пустотного шлакобетонного каменю і т.ін.

До *масивних* обгороджувальних конструкцій відносяться однорідні стіни житлових будинків завтовшки 60 см і більш, що складаються з повнотілої глиняної або силікатної цегли, або з суцільного шлакобетонного каменю з об'ємною вагою 1600 кг/м^3 .

Таким чином, при оцінці впливу термічного режиму на будівельний об'єкт крім режимних характеристик використовуються різні розрахункові характеристики.

У районах на північ від 50° пн.ш. основними розрахунковими температурами є температури холодного періоду року.

У більш південних районах при визначенні всіляких будівельних нормативів враховуються розрахункові температури теплого періоду року, найжаркіших місяців року.

4.1.1 Розрахункові температури холодного періоду

До характеристик термічного режиму холодного періоду року, що використовуються різними господарськими організаціями, комунальними службами міста і, звичайно, проектувальниками, відносяться:

- дати початку і закінчення опалювального періоду,
- тривалість опалювального періоду,
- середня температура опалювального періоду,
- розрахункові температури.

Середньою датою початку опалювального періоду, зазвичай вважається дата стійкого переходу середньої добової температури повітря через $+8^{\circ}\text{C}$ у бік зниження, а закінчення – перехід у бік її підвищення.

За тривалість опалювального періоду приймається число днів з середньою добовою температурою повітря нижче $+8^{\circ}\text{C}$, тобто проміжок часу між середніми датами початку і закінчення опалювального періоду.

Середня температура повітря за вказаний період і є середньою температурою опалювального періоду. Вона являє собою відношення суми температур опалювального періоду до його тривалості.

Усі характеристики опалювального періоду в багаторічному розрізі звичайно дістають за допомогою гістограм або кривої річного ходу температури повітря перетином її прямою, що проходить паралельно осі x через задану температурну границю.

Проте в новому “Научно-прикладном справочнике по климату СССР” використовується принципово новий метод визначення періодів з температурою нижче встановленого порогового значення. Метод був розроблений в ГГО під керівництвом Н.В. Кобишевої. За цим методом початком (кінцем) періоду з температурою нижче вказаного значення вважається дата, для якої на графіку детермінованої складової ходу середніх добових температур від дня до дня має місце перший (останній) перетин детермінованої складової лінії заданого рівня температури у бік її зниження (підвищення).

Детерміновану складову рекомендується виділяти методом “ступінчастого тренда”, оскільки цей метод, по-перше, дозволяє розглянути границі будь-якого періоду і його тривалість в імовірнісному сенсі, по-друге, він більше, ніж інші відомі методи, наприклад ковзне згладжування, відбиває природні особливості метеорологічних рядів, у даному разі середніх добових температур.

Якщо графік річного ходу температури дозволяє виявити тільки дати стійкого переходу температури нижче $+8^{\circ}\text{C}$, то за допомогою графіка ступінчастого тренда річного ходу температури можна встановити перші і останні дати і, звичайно, стійкі переходи. Виконуючи цю роботу за даними кожного року ми можемо визначити дати настання опалювального періоду з різною забезпеченістю.

Розглянемо ще деякі розрахункові температури холодного періоду. Як було вже сказано, ступінь температурних впливів на будівлю залежить від теплової інерції обгороджувальних конструкцій, тобто від масивності стін будівель.

Відомо, що для центральної старої частини міста характерна товщина стін будівель в 1 метр і більше. Можливо, що в період опалення за допомогою печей і камінів таке будівельне рішення було необхідним. Але в теперішній час за наявності систем центрального опалення, в умовах

ощадливості і економії будівельних матеріалів така масивність стін не завжди була б виправдана.

Тому в залежності від масивності стін при теплотехнічних розрахунках обгороджувальних конструкцій і потужності систем опалення в будівлях використовують спеціальні показники температурного режиму – розрахункові температури повітря, тобто температури зовнішнього повітря, які використовуються для оцінки тепловтрат будівель: для масивних конструкцій – це середня температура найхолодніших п'яти днів (t_{hxn}), для середніх конструкцій – середня температура найхолодніших трьох днів (t_{hxm}), а для легких конструкцій – середня температура найхолоднішої доби (t_{hx0}).

Для довгорядних станцій за розрахункову температуру приймають середню температуру найхолодніших днів (відповідно одної, трьох або п'яти) із 16 % найхолодніших зим всього періоду спостережень. Так, якщо період спостережень становить 50 років, то для оцінки розрахункових температур достатньо мати дані восьми найхолодніших зим.

Проте у ряді випадків задачу визначення розрахункових температур доводиться вирішувати і для короткорядних станцій. Для цього використовується лінійна залежність, яка встановлена Є.С. Рубінштейн і М.М. Шацьким, між середньою місячною температурою найхолоднішого місяця року (зазвичай, це січень) і відповідною розрахунковою температурою. Вказані розрахункові температури можна визначити по наступних формулах:

$$\begin{aligned} t_{hxn} &= 1.25 t_{hxm} - T_5 \\ t_{hxm} &= 1.125 t_h - T_3 \\ t_{hx0} &= 1.31 t_{hxm} - T_1 \\ t_v &= 1.12 t_{hxm} - T_v \end{aligned} \quad (4.1)$$

В цих формулах t_{hxm} – середня місячна температура найхолоднішого місяця року, а T_5 , T_3 , T_1 – сталі емпіричні коефіцієнти, по яких було виконано районування всієї території колишнього Радянського Союзу. Вони визначаються по спеціальних картах залежно від району розташування досліджуваної станції. З цими картами ми познайомимося на практичних заняттях. Зазначимо тільки, що по температурі найхолодніших п'яти днів територія СРСР була поділена на 6 районів, по температурі найхолодніших трьох днів і доби – на 8 районів. Вся територія України, як правило, розташовується в одному районі.

Тут, на жаль, слід зазначити, що у ряді випадків карти районів, для яких було наведено типові спеціалізовані характеристики, що використовуються в будівельному проектуванні в даний час, побудовано для величезної території колишнього Радянського Союзу вельми схематично, без використання об'єктивних критеріїв. І перед

кліматологами України стоїть питання перегляду або уточнення цього районування на базі об'єктивного аналізу.

Отже, наведемо значення коефіцієнтів T рівнянь регресії (4.1) в таблиці 4.1:

Таблиця 4.1 – Емпіричні коефіцієнти T для різних районів

Райони	I Б	I А	I	II	III	IV		
T_5	20.6	17.6	14.6	11.6	8.6	5.6		
Райони	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII
T_3	22.5	19.5	16.5	13.5	10.5	7.5	4.5	1.5
T_1	24.2	21.2	18.2	15.2	12.2	9.2	6.2	3.2

У вище наведених формулах надана і так звана вентиляційна температура, яка визначається як середня температура повітря за найхолоднішу частину опалювального періоду, що становить 15 % його тривалості. По цій температурі на території Радянського Союзу виділено три райони, коефіцієнти T для яких мають наступні значення: для району А він дорівнює $+6.5^{\circ}\text{C}$, для району В – $+3.0^{\circ}\text{C}$, для району С – -0.5°C .

А тепер декілька слів ще про одну дуже цікаву характеристику сезонних тепловтрат, яку використовують при виборі типу житла.

У будівельній практиці існує таке поняття, як *режим теплообміну із зовнішнім середовищем*. У залежності від погодних умов можуть мати місце відкритий, напіввідкритий, закритий і ізольований режими теплообміну.

Відкритий режим характеризується сталим безпосереднім теплообміном між приміщенням і зовнішнім середовищем, при цьому для підтримки теплового комфорту в приміщенні не потрібні ні опалювальні, ні охолоджувальні прилади, ні обгороджувальні конструкції, що мають високі якості теплоізоляції. Цей режим спостерігається при комфортній погоді, коли людина обходиться без верхнього теплового одягу (пальто, плащ).

Під погодою тут розуміється поєднання метеорологічних величин, що визначають режим експлуатації жител. Але про це дещо далі.

Напіввідкритий режим характеризується необхідністю боротьби з переохолодженням або перегрівом приміщень при безпосередньому теплообміні між приміщенням і зовнішнім середовищем. При цьому режимі для підтримки теплового комфорту в приміщеннях необхідні спеціальні технічні засоби (опалення або механічна вентиляція), а при перегріві – також особливі архітектурно-планувальні рішення (крізне, кутове або вертикальне провітрювання квартир). Цей режим спостерігається при прохолодній або теплій погоді. Щоб зорієнтуватися,

нагадаємо, що при прохолодній погоді потрібен вже демісезонний верхній одяг (плащ, пальто); при теплій погоді на вулиці носять легкий одяг.

Закритий режим характеризується надійною тепловою ізоляцією приміщень від зовнішнього середовища і роботою постійно діючих опалювальних або охолоджувальних приладів. Цей режим потрібен при холодній або посушливій погоді. При холодній погоді людина на вулиці носить зимовий одяг (тепле пальто і взуття). При сухій жаркій погоді використовується дуже легкий і світлий, достатньо пористий одяг, який зменшує нагрів сонцем, не перешкоджає потовиділенню (випоту).

Ізольований режим характеризується не тільки надійною тепловою ізоляцією, але і герметичністю всіх обгороджувальних конструкцій будівлі; тепловий комфорт і необхідний повітрообмін забезпечуються або ефективною опалювальною системою і спонукальною приточною вентиляцією з підігрівом і зволоженням зовнішнього повітря, або повним кондиціонуванням приміщень. Цей режим потрібний за суворої або жаркої погоди. За суворої погоди перебування людини на відкритому повітрі обмежується, необхідні особливо теплий одяг і взуття. За жаркої погоди людина прагне носити мінімум одягу, шукає тінь і прохолоду.

І залежно від умов теплообміну приміщень із зовнішнім середовищем виділяють дві групи *режимів експлуатації жителів*:

1 - режим, який не потребує витрати тепла або холоду на підтримку сприятливого мікроклімату приміщень. Це відповідає відкритому або напіввідкритому режиму теплообміну із зовнішнім середовищем;

2 – режим, який потребує таких витрат. Це відповідає закритому або ізольованому режимам теплообміну із зовнішнім середовищем.

Природно, що вимоги до проектів житлових будівель, до вибору типу будівель, габаритів систем опалення, вентиляції і кондиціонування будуть в першу чергу залежати від експлуатаційних тепло- і холодовтрат, кількісно характеризуючих умови теплообміну між зовнішнім середовищем і приміщенням.

В якості кліматичних характеристик питомого тепло- і холодопоживання були прийняті такі показники, як сума градусо-днів опалювання за опалювальний сезон і сума питомих калорій-годин охолоджування за час роботи охолоджувальних систем.

На розгляді першого з цих показників, який відбиває температурні умови опалювального періоду, ми стисло зупинимося.

Розрахунок градусо-днів базується на наступному положенні.

Встановлено, що в неопалювальному приміщенні в середньому температура усередині приміщення в результаті випадкового накопичення тепла (в процесі приготування їжі, користування різними приладами, виділення тепла людиною і ін.) вища, ніж зовні. Для традиційних споруд ця різниця становить приблизно 3 С. Для більш масивних або більш легких будівель вона коливається від 8°C до 2°C.

І теоретично будівля має опалюватися з того моменту, коли зовнішня температура знижується на величину більшу, ніж *прийнята різниця* (для того або іншого типу будівель) між температурою усередині приміщення і температурою зовнішнього повітря.

Наприклад, умови усередині приміщення прийнято вважати комфортними при температурі в ньому 18°C . Таким чином, опалення будівлі можна починати при температурі зовнішнього повітря нижче 15°C (при середній різниці 3°C).

І зовнішня температура, яка нижча внутрішньої на величину, що передбачена в проекті, називається *базовою* $t_{\text{баз}}$. У наведеному прикладі це температура 15°C .

У кожній країні «базові значення» температури можуть бути різними, вони призначаються залежно від характеру клімату і економічних можливостей даної країни. І, крім того, вони розрізняються залежно від призначення будівлі.

І середня сума градусо-днів Q визначається як сума відхилень середньої добової температури повітря від «базової». Розраховується вона непрямым способом по графіку річного ходу температури повітря. Для цього по кривій річного ходу знімається середня багаторічна добова температура $t_{\text{доб}}$ для кожного дня з температурою нижче 15°C , обчислюється різниця між нею і базовою $t_{\text{баз}}$, і підсумовується за весь період:

$$Q = \sum_{i=1}^w (t_{\text{доб}} - t_{\text{баз}}) \quad (4.2)$$

Якщо в місяці всі добові температури нижче базової, то сума градусо-днів визначається по формулі:

$$Q = (t_{\text{сер.м.}} - t_{\text{баз}}) \cdot n, \quad (4.3)$$

де $t_{\text{сер.м.}}$ - середня місячна температура повітря, n - число днів в місяці.

Більш повну оцінку цього показника теплоспоживання можна отримати при розрахунку суми градусо-днів опалювання за кліматичними і метеорологічними даними для кожного типу погоди.

По сумі градусо-днів можна судити і про суворість клімату. У роботі О.А. Гербур-Гейбовича «Оценка климата для типового проектирования жилищ» були наведені дані про суму градусо-днів опалювання по 500 населених пунктах Радянського Союзу і зарубіжних країн, які підраховані по середніх місячних нічних і денних температурах. І на основі аналізу цих даних була прийнята наступна шкала градацій градусо-днів (град.-дн.) опалювання: ≤ 479 , 480-949, 950-1899, 1900-3799, 3800-7499, ≥ 7500 .

Зазначимо, що 480 град.-дн. відповідають мінімальній повторюваності прохолодної погоди, що враховується при проектуванні; це найм'якші кліматичні умови, при яких вже потрібне опалювання.

Згідно шкалі градусо-днів опалювання виділяються райони і підрайони, які відмінні по теплозахисних характеристиках житла – шириною корпусу будівель, що визначає компактність його архітектурно-планувального рішення; теплозахисними якостями обгороджувальних конструкцій, залежними багато в чому від опору теплопередачі зовнішніх стін (R); утепленням сходових кліток і входів в будинок.

4.1.2 Розрахункові температури теплового періоду

При проектуванні обгороджувальних конструкцій будівель в південних районах враховується можливий перегрів внутрішніх приміщень. І згідно БНіП при проектуванні житлових, цивільних і, у ряді випадків, промислових будівель, мають бути передбачені заходи боротьби із цим явищем в тих районах, де середня температура повітря в 13 годин в липні перевищує 25°C. Ця характеристика температурного режиму не входить в розрахунки обгороджувальних конструкцій, а служить лише для визначення границь районів, в яких треба передбачити заходи боротьби із перегрівом будівель. До таких районів належать, наприклад, південні райони Європейської території СНД, південне Поволжя, більша частина Казахстану, Середня Азія, Закавказзя. У теперішній час ми з повним правом до таких районів можемо віднести південні райони України. Тут передбачається зменшення теплопровідності або збільшення опору теплопередачі стін будівель.

При теплотехнічних розрахунках будівель для цих районів як кліматична характеристика температурного режиму використовується середня температура найжаркіших днів $t_{жс.доб.}$, яка визначається як середнє значення з температури повітря найжаркіших днів за 8 років, вибраних з 50-річного періоду спостережень, або по рівнянню лінійної залежності (для короткорядної станції):

$$t_{жс.доб.} = t_{жс.м.} + T, \quad (4.4)$$

де $t_{жс.м.}$ – середня місячна температура повітря найжаркішого місяця року;

T – емпіричний коефіцієнт, по якому було виконано районування досліджувальних територій.

Зарубіжні автори для визначення цього показника пропонують наступну формулу:

$$t_{жс} = t_{max} - A_t \cdot \beta, \quad (4.5)$$

де t_{max} –максимальна температура повітря;

A_t – найбільша добова амплітуда температури повітря;

β – поправочний коефіцієнт, що залежить від масивності конструкцій і орієнтації стіни за сторонами світу. Так, для легких конструкцій його значення наведено у таблиці 4.2:

Таблиця 4.2 – Значення поправкового коефіцієнта β

Орієнтація стін	С	Пд-С	Пд	Пд-З	З	Пн
β	0.60	0.60	0.15	0.10	0.10	0.50

Для масивних огорожень, незалежно від їхньої орієнтації за сторонами світу, а також для будь-яких огорожень північної орієнтації його значення приймається таким, що дорівнює 0.5.

У теплий період року для оцінки теплостійкості і деформації огорожень під впливом температури необхідні відомості про добові коливання температури повітря, показником чого є *добова амплітуда* температури. При цьому слід пам'ятати, що до уваги береться не просто температура зовнішнього повітря (хоч і вона обов'язково враховується), а розрахункова температура, наприклад, яка формується під впливом температури зовнішнього повітря і дії сонячної радіації.

Для розрахунку потужності кондиціонуючих установок за норматив приймають середню температуру повітря в 13 годин найжаркішого місяця або середній максимум температури повітря.

4.1.3 Розрахункові температури повітря різної забезпеченості

Оскільки вище наведені розрахункові температури ($t_{нхп}$, $t_{нхт}$, $t_{нхд}$) визначаються як середні з 16% найхолодніших зим, а середнє значення (за умови нормального розподілу) має забезпеченість, що близька до 50%, то забезпеченість розрахункових температур становить тільки 8%. Тоді, на основі співвідношення між повторюваністю T в роках і забезпеченістю P у %, впливає, що такі температури можуть спостерігатися приблизно 1 раз за 12 років. Така інформація не завжди задовольняє споживача.

В залежності від масивності спорудження і передбачуваної тривалості його експлуатації, доцільно користуватись розрахунковими температурами різної забезпеченості.

Розрахункову температуру, можливу один раз у задану кількість років, можна визначити, побудувавши (розрахунковим методом) криву інтегрального розподілу повторюваностей відповідних розрахункових температур по щорічних спостереженнях. Для цього їх значення

ранжируються по абсолютній величині у зростаючому порядку. І інтегральну повторюваність P того, що розрахункова температура по абсолютній величині менша деякого значення t , визначається за формулою

$$P = \frac{m}{n + 1} \cdot 100 \%, \quad (4.6)$$

де m – кількість років спостережень,

n – порядковий номер температури в ранжированому ряді. Інтегральна повторюваність того, що розрахункова температура по абсолютній величині перебільшить t , тобто буде нижче заданої границі, дорівнює $1 - P$.

Криву інтегрального розподілу будують на білогарифмічній клітчатці спрямлення в системі координат $\ln t$ і $\ln(-\ln P)$, де вона набуває вигляду прямої. За допомогою цієї кривої можна встановити, нижче яких значень може знижуватись розрахункова температура повітря один раз у задану кількість років T (5, 10, 20, 50 і т.ін.):

$$T = \frac{I}{1 - P} \cdot 100 \% \quad (4.7)$$

Порядок виконання цієї роботи ілюструють таблиця 4.3 і рисунок 4.1.

Таблиця 4.3 – Розподіл імовірностей $t_{нхп}$

m	$t_{нхп}$	$P, \%$
1	14	2.1
2	15	4.3
3	16	6.4
4	17	8.5
...	...	...
...	...	...
...	...	...
43	22	91.5
44	24	93.7
45	25	95.7
45	26	97.9

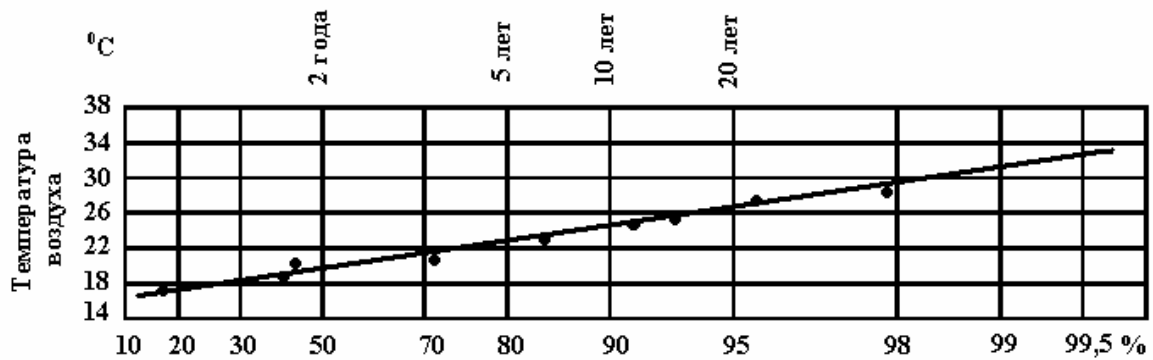


Рисунок 4.1 – Крива розподілу інтегральної повторюваності

Отже, один раз в 5 років розрахункову температуру слід очікувати нижчою -22°C , один раз в 10 років – нижчою -23.5°C .

Аналогічним способом можна визначити значення будь-яких екстремальних температур (середніх і абсолютних максимумів і мінімумів) заданої забезпеченості.

Наприклад, проектування кондиціонуючих установок буде виконано точніше не по середній температурі в 13 годин найжаркішого місяця року, а по ймовірнісних значеннях річних максимумів температури повітря. Для цього розрахунковим методом необхідно побудувати криву інтегральної повторюваності річних максимумів і з неї зняти значення t_{max} потрібної забезпеченості.

Такий розрахунок потужності кондиціонуючих установок за максимальної температури, що спостерігається один раз у рік або рідше, хоч і вимогливий, але економічно не вигідний. Тому для проектування кондиціонуючих установок зарубіжні автори (Том Х.С і ін.) пропонують використовувати температуру заданої забезпеченості, яка розрахована по ряду річних k -тих величин від максимуму, тобто замість максимальної середньої добової температури в даному році треба брати температури більш низькі – не перших діб, коли спостерігається максимум, а k -тих, тобто таких, що відстоять від найбільшої на k днів (в ранжированому ряді за даний рік). При цьому припускається деякий ступінь ризику.

Розглянемо це на прикладі: нехай слід визначити розрахункову температуру для кондиціонуючих установок, які мають працювати у даному пункті з середини червня до середини вересня, тобто протягом 93 днів. Припустимо, що інженери вважають можливим виконувати розрахунки не по максимальній температурі заданої забезпеченості, а по температурах, які мають ймовірність 95 %, тобто з можливим ризиком, котрий визначається ймовірністю 5 %. На основі заданої ймовірності знаходимо значення k , тобто 5 % від 93 днів. Воно буде дорівнювати $93 \cdot 0.05 = 5$. Таким чином, треба розглянути розподіл 5-тих величин від максимальної в кожному році. Так, якщо протягом одного року середні

добові значення температури повітря, що розташовані в порядку зменшення, складають ряд: 40.5, 40.3, 39.0, 38.5, 38.1, 37.9⁰С, то з цього ряду слід взяти величину не максимальну (40.5⁰С), а 38.1 або 38⁰С.

З вибраних за весь період спостережень k -тих від максимума значень знов складають ряд вихідних даних, на основі якого будується крива інтегрального розподілу розрахунковим методом.

4.2 Комплексні показники термічного режиму

Тепловий комфорт в приміщенні може бути забезпеченим тільки при врахуванні в процесі проектування таких метеорологічних факторів, як температура і вологість повітря, вітер і сонячна радіація, які безпосередньо впливають на формування мікроклімату приміщень. Природньо, що самим важливим серед них є температура зовнішнього повітря, тому що вона визначає перш за все ступінь необхідної ізоляції житлових приміщень від зовнішнього середовища протягом усього року, в окремі сезони і дні. І різко дискомфортна для людини температура зовнішнього середовища викликає необхідність застосовувати штучні засоби підтримки теплового комфорту в приміщенні (опалення, кондиціонування та ін.).

Однак при типизації проектних рішень житла важливу роль грають радіаційні умови району будівництва, вітровий та вологістний режим, тому що в комплексі вони можуть посилювати або послабляти роль температурного чинника.

На минулому занятті ми вже познайомились з тепловим ефектом, який створює сонячна радіація. Кількісною оцінкою цього впливу є *еквівалентна* температура, яка в сумі з температурою зовнішнього повітря складає *сумарну* температуру, як показник комплексу “температура повітря – сонячна радіація”.

4.2.1 Ефективна і умовна температура

Розрахункові температури повітря цілком би влаштовували будівельників, якщо б втрати тепла будинками відбувались тільки завдяки теплопровідності.

В дійсності тепловтрати будівель складаються з двох частин, одна з яких визначається *теплопровідністю*, друга – *інфільтрацією* зовнішнього повітря всередину приміщень через пори будівельних матеріалів, щілини будинків, віконні пройоми і залежить вона від режиму вітру.

Виходячи з практики експлуатації будівель при проектуванні слід враховувати напрямок вітру, повторюваність якого перевищує 20 % (з 8-ми румбів). Але напрямок вітру значно змінюється в залежності від рельєфу місцевості, характеру підстильної поверхні, умов забудови і типу забудови та інших причин. Тому цей показник розглядається як місцевий

чинник і не враховується при будівельно-кліматичному районуванні великих територій.

Швидкість же вітру розглядається у зв'язку з впливом її на загальний тепловий баланс і мікроклімат усіх приміщень житлового будинку, а не тільки повернутих на *навітряний* бік.

Дійсно, при *слабких вітрах* в щільно забудованих населених пунктах головну роль відіграє теплопровідність, а тепловтрати будинків від інфільтрації не перевищують 20 % першої. У цьому випадку головне значення при розрахунках тепловтрат має режим температури зовнішнього повітря.

У тих же районах, де домінують *великі швидкості* вітру (10 м/с і більше), тепловтрати будинків від інфільтрації перевищують тепловтрати індуктивного характеру, тобто за рахунок теплопровідності: тут вирішальну роль в охолодженні будинків грає інфільтраційна тепловіддача. У таких випадках в розрахунки слід вводити *ефективну* температуру, яка враховує температурний та вітровий вплив на будинок.

Цю комплексну характеристику теоретично обґрунтував Л.С.Гандін, а на фактичному матеріалі розробила Л.Є. Анапольська. Математичний вираз цього показника має такий вигляд:

$$t_e = t_3 - m(A - 1) (t_6 - t_3), \quad (4.8)$$

де t_e - ефективна температура, t_3 - температура зовнішнього повітря, t_6 - температура усереднені приміщення, m - безрозмірний параметр, який залежить від теплотехнічних характеристик обгороджувальних конструкцій будинків (площі вікон, термічного опору стін і вікон і інш.), A - параметр, який залежить від швидкості вітру і коефіцієнту *повітропроникливості* будинку.

Ця розрахункова формула може бути наведена в декілька іншому вигляді:

$$t_e = t_3 - c v^2 (t_6 - t_3), \quad (4.9)$$

де

c - коефіцієнт, який характеризує інфільтраційні властивості обгороджування ($c = 0.005 - 0.014 \text{ с / м}^2$),

v - швидкість вітру.

Л.Є. Анапольською розроблена номограма, за допомогою якої по вихідній температурі повітря і швидкості вітру визначається ефективна температура.

Що ж таке ефективна температура?

Ефективною називають температуру, яка в умовах штилю обумовлює таку ж тепловіддачу будівель, як і фактична температура повітря при фактичній швидкості вітру.

Наприклад, ефективна температуру в -25°C буде мати місце при наступних сполученнях температури повітря і швидкості вітру:

$t^{\circ}\text{C}$:	-25°	-21°	-11°	-5°
$V_{\text{м/с}}$:	0 – 1	4 – 5	10 – 11	14 – 15

Таким чином, ефективна температура являє собою кількісну характеристику комплексного впливу температури повітря і швидкості вітру на тепловіддачу будівель.

Для великої території колишнього Радянського Союзу були побудовані карти просторового розподілу ефективної температури, на яких спостерігається зниження її з ПдПдЗ на ПнПнС (так, в Тбілісі вона дорівнює -14°C , а в бухті Тиксі -- -157°C). Це пов'язано з тим, що в такому напрямку взимку знижується температура повітря і підвищується швидкість вітру.

Схожі ефективні температури можуть мати райони з дуже низькими температурами і слабкими вітрами, або з не дуже низькими температурами, але сильними вітрами, тобто інтенсивність тепловтрат тут аналогічна.

Полюс холоду північної півкулі (Верхоянськ і Оймякон) має ефективну температуру -60°C , в Омську, що розташований ближче до півдня, вона становить -63°C , а на території Казахстану і того нижче – -78°C .

Сприятливі сполучення температури повітря і швидкості вітру в районах Далекого Сходу з сильними північними і північно-західними вітрами континентального мусону створюють тут ефективну температуру -83°C , а на узбережжі Сахаліну нижче -100°C .

І в залежності від того, який з факторів визначає дуже низькі ефективні температури, температура зовнішнього повітря чи швидкість вітру, треба передбачити заходи захисту в першому випадку від індуктивних, а в другому – від інфільтраційних тепловтрат.

Слід звернути увагу на той факт, що розбіжності між розрахунковими температурами найхолодніших (одної, трьох, п'яти) діб і ефективної температурами менше в штилевих внутрішніх районах (до $10 - 15^{\circ}\text{C}$). На узбережжях північних та східних морів ці розбіжності можуть перевищувати 50°C .

Існує ще одна комплексна температурно-вітрова характеристика, яка використовується будівельниками при плануванні всіх видів робіт на відкритому повітрі. Це умовна температура, метод визначення якої теоретично менше обґрунтований: прийнято розрахунок умовної температури виконувати при швидкості вітру 7 м/с і більше шляхом додавання до фактичної від'ємної температури ще -2°C на кожний метр швидкості вище 7 м/с .

Зазначимо, що при від'ємних температурах нижче -10°C і швидкості вітру більш 7 м/с складаються суворі умови роботи на відкритому повітрі, які потребують обігріву людей через кожну годину або повне припинення таких робіт.

Слід пам'ятати, що за винятком аварійно-рятувальних робіт, роботи на відкритому повітрі *не проводяться*:

- при фактичній і умовній температурі повітря нижче -50°C ;
- при швидкості вітру 15 м/с і більше і від'ємній температурі повітря;
- при температурі повітря -36°C і менше в сполученні зі швидкістю вітру 7 м/с і більше.

Необхідно надати *перерву* на обігрів:

- через кожну годину роботи на 10 хвилин при фактичній і умовній температурі від -21° до -34°C ;
- через кожну годину роботи на 15 хвилин при фактичній і умовній температурі від -35° до -49°C .

Зі сказаного випливає, що для планування і організації робіт взимку на відкритому повітрі, для визначення можливого числа неробочих днів і днів з перервами на обігрів (це регулює навіть фонд заробітної плати), будівельникам необхідні відомості про дати переходу середньої добової температури через 0°C в сторону зниження восени і підвищення весною, тривалість періоду з температурою нижче 0°C .

В умовах більш суворого клімату, особливо північних і східних районах Росії, де панують сильні вітра, необхідні відомості про дати переходу температури повітря через -10 , -15 , -20°C і число днів з такими температурами.

Усі ці характеристики можна дістати (для багаторічної оцінки) за допомогою кліматичних довідників або кривої річного ходу температури повітря.

4.2.2 Ентальпія

Важливу роль при типізації проектних рішень житла грає вологісний режим зовнішнього повітря. В теплу пору року відносна вологість, як правило, змінюється протягом доби. І на Черноморському узбережжі Криму, Кавказу відносна вологість повітря в ночні години часто перевищує гігієнічну норму: висока відносна вологість при додатних температурах може викликати зволоження конструкцій будівель і появу сирості в приміщеннях. Для боротьби з цим в приміщенні доцільно застосовувати спеціальні прилади для осушення повітря.

Вологісний режим впливає і на теплообмін між людиною і навколишнім середовищем, що особливо помітно при температурі вище 24 - 25°C . При температурі вище 24°C для людини комфортно вважається

відносна вологість повітря 30-50 %, а при температурі нижче 24⁰ С – вологість 30-70 %. Тому тепловідчуття в теплий період року для мешканців Середньої Азії і Чорноморського узбережжя Кавказу помітно різняться: в умовах високої вологості повітря при достатньо високих температурах переважають задушливі погоди, дискомфортні для людини. При низьких значеннях відносної вологості в умовах високих температур Середньої Азії жара перноситься декілька легше.

Кількісною характеристикою *тепловмісту* повітря, яка визначається комплексом “температура – вологість повітря”, є *ентальпія*.

Перші значні роботи з ентальпії зовнішнього повітря були проведені в США. У подальшому подібні роботи були виконані у ФРГ, Аргентині, Польщі, Угорщині, Великій Британії, Радянському Союзі.

У “Научно-прикладном справочнике по климату СССР” цей показник наведено достатньо великим числом характеристик, а саме: середнє значення ентальпії в кожному місяці по строках, середнє місячне значення, тривалість періоду з ентальпією, яка перевищує 40 кДж/кг та інші.

Вихідними даними для розрахунку ентальпії є синхронні ряди значень температури і вологовмісту. Розрахункова формула для середніх добових і середніх за певний строк значень ентальпії наведені в 3.2.2.

4.3 Температура ґрунту

Довговічність будівлі у значній мірі залежить від міцності її несучих конструкцій і фундаменту. У теперішній час використовуються два типи фундаментів: стрічковий та пальовий.

Для правильного вибору і розрахунку фундаменту будівлі необхідно серед багатьох показників перш за все врахувати *глибину промерзання ґрунту*. Цей показник береться до уваги також при проектуванні підземних споруджень (трубопроводів, метро, тунелів, комунікацій тощо).

Відомо, що при температурі ґрунту, близькій до 0⁰С, різко змінюються його механічні властивості, а при промерзанні відбувається *вспучування* ґрунту, що викликає додаткове напруження на трубопроводи і елементи різних споруджень, які знаходяться під землею.

У БНіП за *нормативну* глибину промерзання ґрунту h_n прийнята середня щорічна максимальна глибина сезонного промерзання ґрунту за 10 років спостережень на ділянках оголеної від снігу поверхні ґрунту.

По цих даних побудована схематична карта нормативних глибин промерзання ґрунту на теренах СНД.

Якщо на станції систематичні спостереження за температурою ґрунту на оголених ділянках не проводяться, для розрахунку h_n використовується встановлена залежність між глибиною сезонного промерзання ґрунту і

абсолютним значенням суми середніх місячних від'ємних температур за холодний період року:

$$h_n = c\sqrt{\sum|t| + 2}, \quad (4.10)$$

де c - коефіцієнт, що залежить від виду (складу) ґрунту: для глинистих і суглинистих ґрунтів $c = 23$, для піску середньої і великої структури $c=30$; $\sum|t|$ - сума абсолютних значень середніх місячних від'ємних температур.

У районах, де глибина промерзання ґрунту не перевищує 2.5 м, h_n можна розрахувати по формулі

$$h_n = c\sqrt{\sum|t|}. \quad (4.11)$$

Розрахункова глибина сезонного промерзання ґрунту h_p біля фундаментів визначається по формулі

$$h_p = m_i \cdot h_n, \quad (4.12)$$

де m_i - коефіцієнт, що враховує вплив теплового режиму будівель (споруджень) на глибину промерзання ґрунту біля фундаменту і колон. Він залежить від конструктивних особливостей будівель, а також від температури повітря у приміщенні, яке безпосередньо примикає до фундаменту, і коливається від 0.4 до 1.0.

Для розв'язання низки практичних задач потрібні дані про глибину промерзання ґрунту не тільки на ділянках з оголеною від снігу поверхнею, але і на захищених сніговим покривом. Ці дані використовуються при проектуванні магістральних газопроводів, нафтопроводів, більша частина котрих проходить під природною поверхнею.

Будівельникам необхідні також відомості про температуру ґрунту на різних глибинах, тому що в залежності від діапазону температур суттєво змінюються механічні властивості ґрунтів (стиск, зчеплення тощо), а це може призвести до деформації підземних споруджень.

Для розрахунку ймовірнісних характеристик температурного режиму ґрунту потрібні дані спостережень за період, який становить не менш 25 років.

Максимальна глибина промерзання ґрунту різної забезпеченості, наприклад, визначається шляхом побудування кривої інтегральної повторюваності максимальних глибин за кожен рік. Інтегральна повторюваність P визначається за формулою (4.6).

Добре спрямляється дана крива на клітчатці з помірною асиметричністю. Перехід від P до періоду повторення T здійснюється по

формулі $P\% = 100/(TN)$: повторюваність $P = 20 \%$ відповідає періоду повторення $T=5$ років, $P = 10 \%$ відповідає $T = 10$ рокам тощо.

При коротших рядах спостережень для здобуття ймовірнісних значень глибин промерзання ґрунту доцільно використовувати закон Пуасона.

5 Характеристики вітрового режиму для прикладних цілей

5.1 Загальні відомості про вплив вітру

Різноманітне врахування характеристик вітрового режиму. Можна говорити як про позитивний, так і негативний його вплив на різні споруди. Так, тепловіддача будинків у значній мірі залежить від швидкості вітру, при посиленні якого збільшуються інфільтраційні тепловтрати будинку через нещільності вікон і дверей. Оцінку цього впливу виконують за допомогою ефективної температури.

У той же час у вологих районах вітер сприяє збільшенню довговічності будинків, тому що прискорює просушування (стін) обгороджувальних конструкцій. Вітер можна використовувати і для поліпшення мікроклімату приміщень. В умовах жаркого клімату створюються пристосування для уловлювання прохолодного вітру: кімнати в будинках розташовуються так, щоб забезпечувалося наскрізне провітрювання квартир.

Проте, найзначніший збиток, що спричиняє спорудженням вітер, пов'язаний з його тиском. Дійсно, всі спорудження, що здійснюються над поверхнею землі, тією чи іншою мірою піддаються вітровому впливу. І при проектуванні будинків висотою більш 40 м, крім оцінки їх тепловтрат, не менш важливо враховувати величину вітрового навантаження. А для таких споруджень, як радіощогли і телевізійні вежі, опори ліній зв'язку і електропередачі (ЛЗіЕП), димарі ТЕС і АЕС вітрові навантаження є головним фактором при їх проектуванні і розрахунку міцності.

Дійсно, відомості про вітрові навантаження, що може зазнавати спорудження, необхідно враховувати при визначенні перерізу конструкцій, кількості необхідного будівельного матеріалу. А все це разом узятє визначає вартість спорудження, його надійність і терміни експлуатації.

Перші дослідження вітрового навантаження на будівельні споруди було розпочато ще в кінці 19 століття. Поштовхом до цього було обвалення моста ТЕЙ у Шотландії в 1879 році, коли загинуло 75 чоловік. Але тільки обвал під дією *пульсуючого* вітрового навантаження підвісного моста Токама у Вашингтоні в 1940 році дозволив усвідомити велику роль навантажень, що створюють не тільки стійкі, але і нестійкі повітряні

потоки. Оцінка вітрових навантажень у статичному наближенні для більшості споруд адекватна. Для більш легких і крихких будівель, як вже в 1971 році встановили англійські дослідники Скрутон і Роджерс, зростає значимість динамічних ефектів.

Значна частина досліджень з цього питання, що проведено радянськими і закордонними вченими, присвячена оцінці впливу вітру на провода повітряних ЛЗіЕП, тому що додаткові навантаження, які виникають через коливальні рухи проводів, ускладнюють умови їх експлуатації, а в ряді випадків призводять до аварій на цих лініях, особливо якщо мають місце і ожеледні відкладення.

Відомо кілька видів коливальних рухів проводів. Один з них - вібрація. Це коливання з невеликою амплітудою (порядку діаметра проводу), що утворюють *стоячі хвилі*. Вібрація виникає через зрив вихорів при слабкому рівномірному русі повітря, коли швидкість вітру не досягає 6 м/с. Це досить розповсюджене явище і проти нього енергетиками розроблені надійні міри захисту. Коливальні рухи проводів, що виникають під впливом поривів вітру, носять неупорядкований характер і врахування їх більш складне.

Більше неприємностей і турбот спричиняє експлуатаційникам ЛЕП вид коливальних рухів, який носить назву «танець проводів». Завдяки йому у прольоті ЛЕП можуть виникати різні хвилі, амплітуда яких досягає декількох метрів, а період - декількох секунд у залежності від довжини прольоту.

«Танець проводів» може викликати міжфазові замикання, у результаті чого відбуваються перебої в роботі ЛЕП на кілька годин і днів; може викликати ушкодження проводів, великі механічні напруження; скорочує тривалість служби опор, а також проводів у точках кріплення й інших елементів. Це явище ще мало вивчено і немає досить надійних мір захисту від нього.

Таким чином, загальне вітрове навантаження має статичну і динамічну складову. Розглянемо методи їх оцінки.

5.2 Вітрові навантаження

5.2.1 Статична складова вітрового навантаження

Статичне вітрове навантаження, нормальне до поверхні спорудження чи до його елемента, визначається формулою

$$Q = C_x q, \quad (5.1)$$

де C_x - аеродинамічний коефіцієнт (коефіцієнт лобового опору) , q - швидкісний напір вітру (тиск вітру на одиницю поверхні в кг/м^2).

На основі закону кінетичної енергії

$$q = \frac{1}{2}mv^2, \quad (5.2)$$

де

v – швидкість вітру, м/с,

m - маса повітря,

$m = \frac{\rho}{g}$ при температурі повітря 15^0 С і атмосферному тиску 1013 гПа,

ρ - густина повітря, яка дорівнює $1,225 \text{ кг/м}^3$, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Тоді

$$q = \frac{v^2}{16} \text{ кг/м}^2, \quad (5.3)$$

Тоді

$$q = \frac{1}{2} \cdot \frac{1,225 \text{ кг/м}^3 \cdot V^2 \text{ м}^2/\text{с}^2}{9,8 \text{ м/с}^2} = \frac{V^2}{16} \text{ кг/м}^2.$$

Швидкість вітру, що входить у формулу (5.3) в квадраті, має бути визначена з великою точністю, тому що незначна помилка може призвести до істотних похибок у визначенні вітрового навантаження. А це у свою чергу до невиправданих витрат. Так, при збільшенні швидкісного напору від 45 до 55 кг/м^2 , що відповідає збільшенню швидкості вітру на 3 м/с, вартість 100 км ЛЕП -500 зростає в 2 рази.

Швидкість вітру, що входить у дану формулу, називається *розрахунковою*.

5.2.2 Методи визначення розрахункової швидкості вітру

У якості розрахункової тривалий час приймалася максимальна швидкість вітру, зареєстрована за весь період спостережень, чи середня з річних максимумів швидкості. У деяких країнах і тепер для розрахунку вітрових навантажень використовують саме ці показники. Вибір такого нормативу був би виправданим, якби всі метеорологічні станції мали однаковий досить тривалий період спостережень і всі спорудження розраховувалися б на один і той ж період експлуатації.

У даний час відповідно до нині існуючих методів визначення вітрового навантаження в якості розрахункової приймають максимальну швидкість вітру з заданою забезпеченістю.

У залежності від типу спорудження, від передбачуваної тривалості його експлуатації по заданій забезпеченості може бути встановлена межа

швидкості вітру, перевищення якої можливо за те або інше число років. Це дозволить надати споруді необхідної міцності, не підвищуюя вартості будівництва.

Методика визначення розрахункових швидкостей вітру розроблена Л.С.Гандіним і Е.С.Анапольською. Вона здобула подальше удосконалення в роботах М.В. Завариної, О.В.Мастрюкової, Н.С.Семенової, Н.В.Кобишевої й ін.

Суть її в наступному:

Для одержання найбільших швидкостей вітру різної імовірності будують інтегральні криві розподілу швидкостей вітру і екстраполюють їх у бік великих значень v .

Для побудови кривих інтегрального розподілу (інтегральної повторюваності) можна скласти вибірку з усіх даних спостережень по швидкості вітру за рік. Це і було зроблено на перших етапах розробки цієї методики (при 4-х строкових спостереженнях на метеостанціях). Ряд вибірових величин може також бути складеним з місячних чи річних максимумів швидкості вітру. У залежності від цього вибирається *апроксимаційна* функцію.

При розрахунку інтегральної повторюваності по всій сукупності чотирьохстрокових спостережень за багаторічний період у якості апроксимаційної приймається функція, яка запропонована Л.С.Гандіним.

$$F(V \geq x) = e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma}} \quad (5.4)$$

Вона є частинним випадком функції Гудріча. Її називають функцією Гандіна-Гудріча. Тут $F(x)$ є ймовірність (повторюваність) того, що швидкість вітру V досягне чи перевищить величину x ; β, γ – параметри, які відбивають особливості вітрового режиму розглядаемого району (значення β близьке до середнього значення перемінної ряду, а γ характеризує відносне розсіювання членів ряду).

У роботах Фішера і Типпета, Фреше, Н.П.Гнеденка показано, що функція розподілу максимумів, обмежених нулем ($x \geq 0$), тобто таких, що мають додатні значення, зводиться до другого типу розподілу Фішера-Типпета

$$\varphi(V < x) = e^{-\left(\frac{x}{U}\right)^{-\alpha}} \quad (5.5)$$

Тому при визначенні розрахункових швидкостей вітру на основі річних або місячних максимумів для апроксимації їх розподілу використовують функцію (5.5).

Якщо розглядати розподіл повторюваностей, що відповідає функції $F(x)$, то період повторювання T (число років, за яке спостерігалася швидкість, що перебільшувала x) можна визначити по формулі

$$T = 1/N \cdot F(x). \quad (5.6)$$

А інтегральні повторюваності $F(x)$ швидкостей вітру, що відповідають заданим періодам повторення T , визначаються по формулі

$$F(x) = 1/T \cdot N, \quad (5.7)$$

де N – число спостережень протягом одного року.

Аналогічно міркуючи щодо функції $\varphi(x)$, дістанемо

$$\varphi(x) = 1 - \frac{1}{T \cdot N}, \quad (5.8)$$

де T – також число років, за яке швидкість вітру може перебільшити величину x .

При визначенні емпіричних значень повторюваності по чотирьохстрокових спостереженнях за багаторічний період число спостережень становить за рік $N = 1460$. Звичайно, швидкості вітру за всі наступні строки в цьому випадку не можна вважати випадковими, незалежними одне від одного величинами і запропоноване співвідношення (5.6) тут не цілком справедливе.

Якщо інтегральна повторюваність x розраховується по річних максимумах, то $N = 1$, якщо ж по місячних максимумах, то $N = 12$.

Значення функцій $F(x)$ і $\varphi(x)$, що відповідають різним періодам T повторення максимальної швидкості в залежності від вибору кліматологічного ряду, тобто від числа значень за рік N , надано у вигляді таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 –Значення інтегральної повторюваності (%) при різних періодах T

Ф-ція	N	T (роки)							
		щорічно	2	5	10	15	20	25	50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$F(x)$	1460	0,0684	0,0342	0,0137	0,0068	0,0046	0,0034	0,0027	0,0014
$F(x)$	12	8,3	4,17	1,67	0,83	0,56	0,42	0,33	0,17
$\varphi(x)$	12	91,7	95,83	98,33	99,17	99,44	99,58	99,67	99,83
$\varphi(x)$	1		50,00	80,00	90,00	93,30	95,00	96,00	98,00

Розраховувавши таким чином інтегральні повторюваності швидкостей по їхніх значеннях легко визначити відповідні значення найбільших швидкостей вітру, можливих 1 раз у задане число років T .

На практиці визначення можливих швидкостей вітру чи, іншими словами, максимальних швидкостей вітру встановленої забезпеченості, проводиться за допомогою графіка емпіричної кривої інтегрального розподілу, побудованого за принципом гістограмного чи розрахункового методу.

Якщо використовуються всі дані спостережень чи місячні максимуми, то звичайно на основі створеної вибірки формується ряд статистичного розподілу і диференціальна повторюваність розраховується по формулі

$$P = \frac{m_i}{n} 100\%, \quad (5.9)$$

де m_i – число значень у кожній градації,
 n – об'єм вибірки.

Інтегральні повторюваності дістають підсумовуванням диференціальних повторюваностей від великих значень швидкостей до менших, тобто в напрямку їх зменшення.

При побудуванні інтегральної кривої розподілу по річних максимумах дані вихідного ряду ранжируються в порядку зростання, а розрахунок інтегральної повторюваності визначається по формулі

$$P = \frac{m_i}{n+1} 100\%, \quad (5.10)$$

де m_i – порядковий номер кожного члена ранжированого ряду.

Для одержання максимальних швидкостей вітру, перевищення яких можливе 1 раз у задане число років, криву інтегрального розподілу, про що вже говорилося раніше, *екстраполюють* убік великих швидкостей. При досить складній формі кривої розподілу, особливо на кінцях, для підвищення точності екстраполяції криву необхідно спрямити, побудувавши її у відповідній системі координат. У нашому випадку стосовно до розглянутих законів розподілу скористаємося білогарифмічною клітчаткою спрямлення, у якій одна вісь – логарифм перемінної, інша – білогарифм функції.

Дійсно, прологарифмувавши двічі функцію $F(x)$ дістанемо

$$\ln F(x) = -\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\gamma},$$

$$\ln[-\ln F(x)] = \gamma(\ln x - \ln \beta). \quad (5.11)$$

Аналогічно для функції $\varphi(x)$

$$\ln[-\ln \varphi(x)] = -\alpha(\ln x - \ln U), \quad (5.12)$$

тобто у зазначених координатах отримуємо рівняння прямої лінії.

Якщо емпіричні інтегральні повторюваності досить добре описуються функцією $F(x)$ і $\varphi(x)$, то точки, по яких будується крива, будуть укладатися на пряму лінію.

У колишньому Радянському Союзі при розрахунку вітрового навантаження зазвичай використовувалася максимальна швидкість вітру, що можлива 1 раз у 5 років. На основі цих так званих *нормативних* навантажень q_n (чи вірніше *нормативних* швидкісних напорів) виконано районування території колишнього Радянського Союзу. Карти цих районів надані в БНіП. На них виділено 7 вітрових районів, де вітрові напори коливаються від 27 кг/м² у I до 85 - 100 кг/м² у VI -VII районах, куди відносяться узбережжя Арктичних морів і Далекого Сходу. Найменші швидкісні напори відзначаються у внутрішньоконтинентальних районах, а зростання – у передгір'ях і на узбережжях водойомів.

В Україні для розрахунку швидкісного напору і тиску вітру в якості нормативної теж приймається найбільша швидкість вітру, що можлива 1 раз у 5 років. Для розв'язання спеціальних задач приймається до уваги найбільший вітер більш рідкої повторюваності, а саме 1 раз у 10,15, 20 і т.ін. років.

Для визначення вітрових навантажень, зв'язаних з дією різних напрямків вітру, оцінюється розрахункова швидкість вітру по кожному напрямку. Ця робота виконується аналогічно викладеному вище, а саме, формуються вибірки чи то по усіх швидкостях вітру за рік даного напрямку, чи по максимальних швидкостях у розглядаємому напрямку. Апроксимуючою в першому випадку буде функція Гандіна-Гудріча, у другому – Фішера-Тіппета.

Максимальні швидкості вітру різної забезпеченості по окремих напрямках здобуємо за допомогою графіка інтегральної кривої розподілу, побудованої на білогарифмічній клітчатці спрямлення. Тут тільки змінюється співвідношення між $F(x)$ і T : якщо в другому випадку N залишається таким, що дорівнює 12, то в першому варіанті формування вибірки число N буде різним. Його беруть як середнє число випадків з вітром даного напрямку за весь розглянутий період років, або оцінюють від загального за рік числа випадків з вітром з урахуванням річної повторюваності вітру розглянутого напрямку.

Для розв'язання задачі розрахунку максимальних швидкостей вітру по напрямках можна скористатися і кліматологічною інформацією, наданою в таблиці 7 «Справочника по климату СССР» про повторюваність швидкостей вітру по напрямках.

При обслуговуванні тих чи інших споживачів кліматологу доводиться вирішувати дуже відповідальну задачу: за даними за 25-30 років оцінити найбільші швидкості вітру, які можливі 1 раз у 50 і навіть 100 років. Такі задачі розв'язувалися, наприклад, при кліматологічному забезпеченні районів будівництва АЕС.

І тут, природно, на перший план виходить питання про надійність такої екстраполяції, точність екстремумів, що передбачаються.

Як відомо, мірою точності одержуваних характеристик можуть бути довірчі інтервали, що залежать від виду розподілу, об'єму вибірки і розширюються зі збільшенням оцінюваного періоду повторення T .

Але ні для одного з розглянутих раніше законів розподілу (Гидріча-Гандіна, Фішера-Тіппета), тобто ні для одного з зазначених способів розрахунку $V_{\max}$, не розроблено методу побудови довірчих інтервалів.

І тільки перше граничний розподіл виду $P(x \geq x_0) = 1 - e^{-e^{-y}}$ або $\left(P(x \leq x_0) = e^{-e^{-y}} \right)$, тобто закон розподілу крайніх членів вибірки чи розподілу Гумбеля Е.І. – єдине з відомих розподілів екстремальних величин, для якого розроблено питання про побудову довірчих інтервалів. Теорія цього питання викладена в монографії Е.І.Гумбеля «Статистика екстремальних величин».

Можливість апроксимувати розподіл максимальних річних швидкостей вітру розподілом Гумбеля знайшла підтвердження в дослідженнях ГГО. Там розроблена клітчатка спрямлення Гумбеля. І відомості про можливі максимальні швидкості вітру біля поверхні землі і на висотах, що наведені в новому «Научно-прикладном справочнике», визначалися методом екстраполяції річних максимумів за даними 1936-1980 рр.

У завершення розгляду методів визначення розрахункових швидкостей вітру можна зазначити, що при рядах малої тривалості (менш 20 років) можна екстраполювати розподіл щоденних швидкостей вітру, який добре апроксимується функцією Вейбула. Число значень N у вихідній вибірці за рік у цьому випадку становить 365.

Слід зазначити, що збігу знову отриманих розрахункових швидкостей з раніше визначеними і наведеними в БНіП не спостерігається. Особливо помітні ці розбіжності в районах сильного вітру, де вони виявилися трохи меншими.

У подальшому уточнення методів визначення розрахункових швидкостей буде одною з найбільш важливих задач прикладної кліматології.

5.2.3 Розрахункові швидкості вітру і вітрові навантаження на висотах

Розглянуті нами розрахункові швидкості вітру і швидкісні напори визначалися за даними спостережень на висоті флюгера (10-12 м над поверхнею землі).

Однак ці кліматичні параметри самі по собі мають обмежену область застосування. Але вони насамперед є основою для визначення можливого швидкісного напору і швидкісних навантажень на висотах, що перевищують 10м.

Зрозуміло, що чим вище споруда над поверхнею землі, тим більший вплив чинить на нього вітер. А це означає, що тим більша роль вітрових навантажень у визначенні технічних параметрів спорудження і, отже, його вартості.

Для споруди, що перевищують висоту 10 м, вітровий напір перераховується за допомогою деякого коефіцієнта K_h . Він визначається на основі експериментальних даних з урахуванням ступеня захищеності місцевості в припущенні, що швидкість вітру в приграничному шарі атмосфери змінюється з висотою за ступеневим законом виду

$$\frac{V}{V_1} = \left(\frac{z}{z_1} \right)^m, \quad (5.13)$$

де

m – показник ступеневої функції профілю вітру,

V і V_1 – середні швидкості вітру на висоті z і z_1 .

Тоді, швидкісний напір на висоті h дорівнює

$$q_h = K_h \cdot q_1. \quad (5.14)$$

Це співвідношення гарно працює до висоти 100 м, тому що до цієї висоти може бути задовільно визначений K_h : у цьому шарі в багатьох пунктах проводяться спостереження на щоглах і вежах, що підтверджують теоретичні розрахунки. Для більш значних висот при визначенні розрахункових швидкостей доцільно використовувати дані аерологічних спостережень. Для збільшення об'єму виборки ці розрахунки виконані М.В. Завариною по *місячних* (а не *річних*) максимумах швидкості вітру на

$h = 100, 200, 300, 500, 600$ і 900 м, тому що на момент виконання цієї роботи період аерологічних спостережень був ще коротким (недостатнім).

Варто звернути увагу на те, що експериментальні і натурні спостереження показують, що на окремих ділянках стін високих будинків вітрові навантаження приймають *від'ємні* значення і що вони найбільш значні поблизу кутів цих будинків.

Дійсно, при сильному рвучкому вітрі рідко стінка і рама вдавлюються усередину приміщення, значно частіше вони випадають назовні, тобто як би *висмокчуються* вітром. І це явище частіше спостерігається в кутових квартирах будинків. Іноді видуваються вітром покриття, навіси, панелі.

І багато фахівців зтверджують, що для висотних споруджень вітрове навантаження є основним показником, тому що по ньому виконуються розрахунки цих будинків на міцність і деформативність.

Отже, дотепер ми говорили про *статичне* навантаження, тобто про тиск, що створюється вітром будь-якої сили. Дійсно, тверді конструкції сприймають вітрове навантаження як статичне. Однак для гнучких споруд (тих же ЛЕП, телевеж, високих труб) варто враховувати і *динамічне* навантаження, яке вони зазнають, та реакцію спорудження на пориви вітру, що залежить багато в чому від частоти їхніх власних вільних коливань. І при проектуванні таких конструкцій необхідно приймати до уваги тривалість дії сильних поривів вітру, тому що вони викликають явище «*втоми*» конструкцій.

І вітровий напір на споруду, висота якої вище 10 м, згідно БНіП, визначається по формулі

$$q_h = K_h \cdot n \cdot \beta \cdot q, \quad (5.15)$$

де

q – вітровий напір на висоті 10 м, розрахований по швидкості вітру, що можлива один раз у 5 років;

n – коефіцієнт перевантаження. За його допомогою здійснюється перерахування вітрового напору q , що можливий раз у 5 років, на напір, який спостерігається рідше (має меншу ймовірність). Наприклад, якщо $n = 1,3$, тоді вітровий напір, що дорівнює $1,3q$, на висоті 10 м повторюється приблизно 1 раз у 20 років;

β – коефіцієнт, що враховує пульсації вітрового напору і динамічність конструкції (реакцію спорудження на пориви вітру);

K_h – визначений раніше коефіцієнт перерахунку вітрового напору з висоти 10 м на інші висоти.

Загальне вітрове навантаження на високе спорудження (висотою до 100 м) розраховується по окремих ділянках (елементах) конструкції і сумується.

Формула для розрахунку має вид:

$$Q = n \cdot \sum C_x \cdot K_h \cdot \beta \cdot q \cdot S, \quad (5.16)$$

де C_x – аеродинамічний коефіцієнт,

S – проекція площі окремого елемента споруди на площину, перпендикулярну до напрямку вітру.

5.3 Динамічна складова вітрового навантаження

Динамічне навантаження, що зумовлене поривами вітру, є короткотерміновим, однак по величині часто воно може перебільшувати статичне навантаження.

Статистична частка вітрового навантаження розраховується на всі споруди з урахуванням їхніх аеродинамічних властивостей, при цьому коефіцієнт лобового опору залежить від типу споруди і напрямку вітру.

Ефект впливу *поривів* вітру ще в більшій мірі залежить від динамічних властивостей конструкції. Так, якщо при проектуванні масивних невисоких споруд цим коефіцієнтом нехтують, то проектування ряду інших об'єктів не допускається без врахування динамічної частини навантаження.

До таких об'єктів належать:

1. споруди з періодом вільних коливань більш 0,25 секунди (щогла, димарі, опори ліній електропередачі і т.п.);
2. багатоповерхові будинки висотою більш 40 м;
3. одноповерхові однопроектні виробничі будинки, висотою більш 30 м, якщо відношення висоти будинку до його ширини (прольоту) більш одиниці.

Число факторів чисто технічних, що враховується при розрахунку динамічної частки навантаження, дуже велике. І це говорить про складність визначення коефіцієнта β , що входить у формулу (5.15). Але це питання виходить за межі кліматологічного аспекту будівельної кліматології.

Слід пам'ятати, що при проектуванні інженеру необхідні відомості про повторюваність різних швидкостей вітру, так само, як і дані про їх осереднені за годину чи максимальні значення, якщо проектується невелика легка споруда; відомості про максимальні пориви тривалістю 3 секунди, які дають навантаження, що на 50-100 % перевищують ті, що оцінені по середній за годину швидкості вітру.

І саме метеорологи у відповіді за дані про поривчастість і розробку характеристик поривчастості вітру, необхідних при розрахунку динамічного навантаження на споруду.

Тому в останні десятиліття в метеорологічних дослідженнях, як теоретичного, так і експериментального напрямку, велика увага приділяється вивченню поривчастості вітру, дані по якій мають широке коло застосування.

До характеристик поривчастості вітру, встановлених шляхом експериментальних спостережень, варто віднести, насамперед, показник ступеня поривчастості повітряного потоку, який наведено у вигляді коефіцієнта, визначеного як відношення максимальної швидкості вітру ($V_{\max}$) за якийсь проміжок часу, до швидкості, осередненої за цей проміжок (V).

Однак кліматологічні узагальнення за даними про поривчастість вітру провести поки важко. І пов'язано це з тим, що названий вище коефіцієнт поривчастості ($V_{\max}/V$) визначався з використанням різних інтервалів осереднення, а в інших роботах він взагалі встановлюється як відношення різниці між $V_{\max}$ і $V_{\min}$ за якийсь інтервал часу до швидкості, осередненої за цей інтервал.

В останньому «Научно-прикладном справочнике по климату СССР» вже наведені деякі характеристики поривчастості. Так, в одній з таблиць містяться відомості про максимальну швидкість вітру і пориви вітру по флюгеру й анеморумбометру.

Коефіцієнт поривчастості вітру розраховувався як відношення пориву вітру в середині 10-ти хвилинного інтервал до середньої швидкості вітру за той же інтервал, які виміряні в строк спостереження.

Для отримання ймовірнісних значень поривів вихідна сукупність складалась з даних спостереження за швидкістю і поривами вітру усіх восьми строків спостережень для року в цілому за трирічний період (період, за який могли отримати інформацію з книжок КМ-1): об'єм сукупності становив 8760 випадків. Статистичний розподіл цих даних апроксимується розподілом Вейбула. Дані про інтегральну повторюваність наносяться на клітчатку Вейбула і графік розподілу екстраполюється в область рідкої повторюваності. Значення поривів, можливих один раз у 1, 5, 20, 50 і 100 років, визначаються по реперних лініях на клітчатці Вейбула. Виходячи з того, що пориви варто вибирати з книжок КМ-1, вихідні дані доцільно підготовляти в УГМС.

Якщо говорити про вітрові навантаження стосовно ліній зв'язку і електропередач, то тут значну роль відіграє наявність чи відсутність ожеледних відкладень. Тому для споживача особливу важливість мають відомості про ожеледні і ожеледньо – вітрові навантаження, методика розрахунку яких докладно надано в методичних вказівках з питань прикладної кліматології.

6 Характеристики зволоження стін будинків

6.1 Загальні поняття

Відомо, що підвищена вологість повітря погіршує експлуатаційні якості будівельних конструкцій, зменшує термін їхньої придатності і негативно впливає на мікроклімат приміщень.

Дійсно, сухі стіни будинків довше зберігаються при будь-якій температурі. Вологі, навіть кам'яні стіни в суворі зими швидко руйнуються. У вологому огороженні легко утворюється цвіль і грибок, тому дерев'яні частини огороження швидко гниють. А тепловіддача будинків, стіни яких побудовані з гігроскопічних матеріалів, може виявитися в кілька разів більшою, ніж передбачена БНіП.

У районах з вологим кліматом у холодну пору року можлива навіть конденсація вологи на внутрішніх стінах будинків. У таких кліматичних умовах не можуть бути застосовані суха штукатурка й обклеювання стін.

А в умовах суворого клімату, наприклад, при температурі зовнішнього повітря -25°C і нижче, не можна допускати, щоб у шлакобетонному будинку відносна вологість перевищувала 75 % .

Ступінь зволоження конструкцій, що обгороджують, насамперед визначається режимом опадів даного району. І дуже значне змочування стін відбувається при дощах, що супроводжуються сильними повирчастими вітрами.

Багато будівельних матеріалів, що використовуються нині, швидко всмоктують вологу і вона переміщується в більш глибокі шари огорожень. Якщо будівельні конструкції «л е г к і», то при сильному вітрі, що прискорює проникнення вологи, вона може досягати внутрішньої поверхні стіни. Випадки суцільного промокання стін деяких будинків мають місце в прибережних районах Камчатки і Чукотки при штормових вітрах з дощем. Такі випадки нерідкі в районі Батумі.

Звичайно, масивні кам'яні конструкції не допускають наскрізного промокання стін, але в умовах інтенсивного зволоження і не високих температур такі стіни повільно висихають, створюючи дискомфортні умови усередині приміщення.

Спостереження показують, що не тільки кількість, але й інтенсивність опадів визначають ступінь зволоження стін. Виявляється, що тривалі дощі, які мрячать, більш шкідливі для стін будівель, ніж інтенсивні, але нетривалі опади, тому що дрібні краплі краще утримуються на поверхні й усмоктуються пористими матеріалами. Та й навіть при слабких вітрах вони легше відхиляються від вертикального падіння й осідають на стінах будинків.

Природно, що в районах з дощовою осінню і холодною зимою будівельники повинні передбачати захист стін від впливу опадів. І методи

захисту визначаються, насамперед, режимом зволоження стін будинків, тобто кількістю вологи, осідаючої на вертикальних конструкціях, що обгороджують.

Але, як відомо, у всіх країнах світу в теперішній час атмосферні опади вимірюються за допомогою опадкомірів, приймальний отвір яких розташовано горизонтально, що дозволяє оцінити їх кількість, яка випадає на горизонтальну поверхню. І відсутність надійних методів вимірювання опадів на похилі і вертикальні поверхні сприяло розвитку розрахункових методів їх визначення.

Отже, ступінь зволоження стін будинків буде визначатися спільною дією дощу і вітру. І чим більша швидкість вітру при дощі, тим більше крапля відхиляється від свого вертикального падіння і осідає на стінах будинків, інтенсивніше змочуючи їх. Таким чином, на вертикальні поверхні дощ падає тільки при наявності вітру, коли він падає не вертикально. Тому дощ при вітрі, що визначає змочування стін, прийнято називати «*скісним*» дощем.

Перші спроби оцінити ступінь зволоження стін будинків були розпочаті англійськими дослідниками Р.Е. Лаці і Х.С. Шералдом. Для цієї мети вони запропонували деякий комплексний показник, що оцінює спільну дію вітру і дощу, показник, який дістав назву «**індекс косих дощів**» X_v .

$$X_a = \frac{X \cdot \bar{U}}{1000} \quad (6.1)$$

де X – річна кількість опадів,
 $\bar{U}$ – середня річна швидкість вітру.

Автори не дають фізичного тлумачення цього показника. Але для території Англії вони побудували карти розподілу цього індексу, що дозволило їм виявити райони більше чи менше піддані впливу «скісних» дощів, тобто провести деякий порівняльний аналіз ступеня зволоження стін будинків.

Хоча і дотепер фізичного роз'яснення цей індекс немає, усе-таки він знайшов широке застосування в більшості країн Європи і навіть в Індії. Подібні розрахунки для території колишнього Радянського Союзу виконані Ц.А.Швер.

Побудовані нею карти розподілу цього індексу показали, що він коливається в значних межах: від 1-2 на території європейській території Росії, до 5-6 у прибережних районах Далекого Сходу, досягаючи 9-10 на Курильських островах.

Ц.А.Швер робить спробу пояснити його фізичного змісту, вважаючи, що це показник деякого уявного максимального зволоження стіни у межах території, де швидкість врівноважного падіння краплі майже не змінюється

(на останньому понятті ми ще зупинемося). А зараз кілька слів про уявне максимальне зволоження стіни.

Опади на стіну попадають у тому випадку, якщо ця стіна перпендикулярна вітру, що супроводжує їх випадання. Але жодна реально існуюча стіна не залишається увесь час перпендикулярною різним напрямкам вітру. Ми ж виходили саме з цього припущення. Тобто це той показник зволоження, що відповідає сумарному зволоженню всіх стін.

І, звичайно, цей індекс – перше грубе наближення в задачі про розрахунок кількості вологи, що попадає на стіни будинків. Його поширення можна пояснити лише простотою розрахунку і наочною просторовою порівняльністю.

Отже, цей індекс використовувався для відносної оцінки умов зволоження стін будинків на досліджуваній території з метою розв'язання питання про застосування заходів захисту від «скісних» дощів.

Тим часом будівельне проектування вимагало розробки не просто відносного індексу, а методу кількісного розрахунку реального шару опадів, що попадають на обгороджувальні конструкції.

У Радянському Союзі для оцінки режиму зволоження стін будинків широке застосування знайшли розрахункові методи, розроблені А.А. Цвідом і Ц.А. Швер.

6.2 Методи оцінки зволоження вертикальних поверхонь

Постановка задачі в цих методах зводиться до того, щоб по кількості опадів, що виміряна опадкоміром, знайти кількість опадів, яка випадає на негоризонтальну (нахилену або вертикальну) поверхню, якщо вона має певний схил α і певну орієнтацію, котра характеризується азимутом схилу чи стіни B .

Розрахункові формули в цьому випадку здобуто за допомогою таких же міркувань, які використовувалися при розробці розрахункових методів визначення інсоляції на похилі і вертикальні поверхні, якщо потік на горизонтальну поверхню відомий.

Для похилої поверхні ця формула має вид:

$$X_C = X_H \cdot \cos \alpha [1 + \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta \cdot \cos(B - C)] \quad (6.2)$$

де X_H – шар опадів на горизонтальну поверхню,
 X_C – шар опадів, що попадає на схил (похилу поверхню),
 α – кут схилу,
 β – нахил траєкторії падіння краплі,
 B – азимут схилу,

C – азимут траєкторії краплі (напрямок вітру).

Зазначимо, що розв'язання задачі виконується з уведенням спрощувальної гіпотези:

1. Нахил траєкторій падіння крапель однаковий в пункті, де стоїть опадкомір, і в місці розташування об'єкта, тобто числові характеристики слухні в тій мірі, у якій справджуються вихідні умови про прямолінійність і паралельність траєкторій крапель в кожен момент часу над усією площиною об'єкта, що розглядається ;

2. Горизонтальна складова швидкості краплі дорівнює швидкості вітру;

За умови усталеного руху крапель

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{U}{V_P} \quad (6.3)$$

де

U – швидкість вітру,

V_P – швидкість рівноважного падіння краплі, що при сталому тиску залежить тільки від діаметра краплі. Тобто, *швидкість рівноважного падіння це швидкість краплі, що падає, при якій її вага врівноважується силою тертя об повітря.*

Тоді рівняння набере вигляду:

$$X_C = X_\Gamma \cos \alpha + X_\Gamma \frac{U}{V_P} \cdot \sin \alpha \cdot \cos(B - C) \quad (6.4)$$

Але для потреб будівництва в першу чергу потрібний розрахунок зволоження стін будинків, тобто вертикальних поверхнень: тоді $\alpha = 90^\circ$, а $\cos \alpha = 0$.

Кількість опадів для вертикальної поверхні X_B буде розраховано по формулі:

$$X_B = X_\Gamma \frac{U}{V_P} \cos(B - C). \quad (6.5)$$

При вітрі, перпендикулярному стіні, $B = C$ і тоді

$$X_B = X_\Gamma \cdot \frac{U}{V_P} = \frac{1}{V_P} X_\Gamma \cdot U = d \cdot X_\Gamma \cdot U. \quad (6.6)$$

Схема розподілу складових рівняння (6.4) і (6.6) наведена на рис.6.1

І довгі роки для задач будівельної кліматології використовувалася ця найпростіша формула (6.6). У ній X_G – річне значення кількості опадів на горизонтальну поверхню, U – середня річна швидкість вітру.

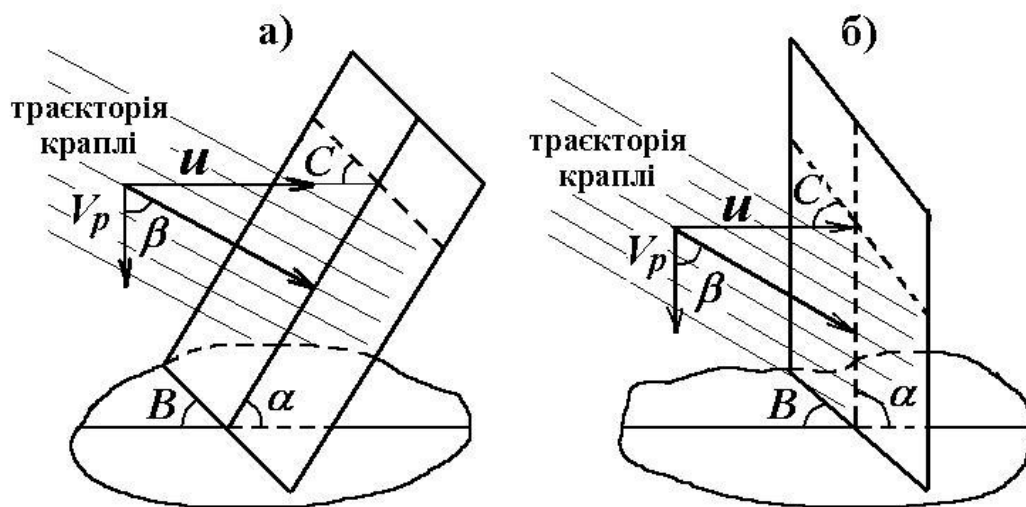


Рисунок 6.1 – Розподіл складових рівняння 6.4 і 6.6
а-нахилена поверхня, б- вертикальна поверхня

Коефіцієнт d , що дорівнює величині, зворотній швидкості рівноважного падіння краплі, як правило, визначається емпірично. За даними Цвіда, здобутими на основі експериментальних спостережень у районі Далекого Сходу, Примор'я, він дорівнює 0.27. Це середнє за період з рідкими опадами значеннями величини V_p . На жаль, інформації про уточнення значення цього коефіцієнта в інших районах колишнього Союзу, і зокрема для території України, у нас немає. А для уточнення його регіональних значень потрібні дані фактичних спостережень, що в умовах навчального закладу нездійсненно. Можливо, що і це буде предметом ваших подальших наукових інтересів.

Ясна річ, що зволоження стін відбувається тільки під впливом рідких опадів, то в запропонованій формулі варто враховувати кількість *рідких* опадів.

Має потребу і уточнення величини U . Ми вже відзначали, що крапля відхиляється від свого вертикального падіння тільки під впливом вітру. Найбільше відхиляє її вітер швидкістю більш 5м/с. З урахуванням цього положення і був у наступному уточнений внесок швидкості вітру.

$$X_B = (1,4 P_1 + 2,4 P_2 + 3,0 P_3) X_G, \quad (6.7)$$

де P_1, P_2, P_3 - повторюваність (у частках одиниці) швидкостей вітру в градаціях 6-9, 10-14, і ≥ 15 м/с.

Усі наведені розрахункові формули були запропоновані Цвідом.

Отримана таким чином кількість опадів X_B може потрапити на вертикальну поверхню в тому випадку, якщо вона увесь час буде знаходитися в положенні, перпендикулярному напрямку вітру. Тобто це деяке сумарне значення опадів, що осідають на всі стіни будинку. Кількість вологи, що може потрапити на стіни певної орієнтації, пропорційна повторюваності вітрів кожного румба.

Таким чином можна оцінити і багаторічний режим зволоження стін будинків. Однак, слід зазначити, що здобуті при цьому дані про багаторічну кількість вологи, яка осідає на вертикальних поверхнях, можна вважати орієнтовними, тому що загальний режим вітру в ряді районів значно відрізняється від режиму вітру при опадах. Тому, природно, що цю оцінку необхідно проводити з урахуванням даних про повторюваність напрямків і швидкостей вітру під час дощів.

Дослідники даного питання пішли саме по цьому шляху. Ц.А. Швер оцінку режиму швидкостей і напрямків вітру за опадів виконала по 146 станціях Союзу, і це дозволило їй установити, що повсюдно повторюваність швидкостей вітру ≥ 6 м/с у дні з дощем вища, ніж загальна, тобто і середня швидкість вітру за опадів вища, ніж загальна.

Як вже згадувалось вище, при першому наближенні кількість опадів, що попадають на стіни різної орієнтації, можна оцінити по повторюваності напрямків вітру того чи іншого румба. І вона легко розраховується для всіх пунктів, де є дані про повторюваність напрямків вітру під час дощу й уточнені регіональні коефіцієнти.

Ц.А. Швер були виконані ці розрахунки і побудовані карти ізомір (чи ліній рівних процентних відношень кількості опадів на вертикальну і горизонтальну поверхню). Виявилось, що в центральній частині Східної Європи на вертикальні поверхні попадає до 50-60 % їхньої загальної кількості, на узбережжі Балтійського моря вони становлять вже 70-90 %, тобто наближаються до їх кількості на горизонтальну поверхню.

Швидкість і напрямок вітру протягом випадіння дощу не залишаються сталими. І методика обробки метеорологічних спостережень з метою оцінки параметрів «скісних» дощів була розроблена і запропонована Г.Р. Садагашвілі і Л.Г. Картвелішвілі. Вона базується, насамперед, на записах плівіографа.

Визначення напрямку вітру при дощі є досить складною задачею, тому з метою її спрощення і деякої систематизації даних з напрямку визначалися за наступним принципом:

1. якщо напрямок вітру коливається рівномірно біля одного з трьох румбів протягом приблизно рівних проміжків часу (наприклад, ПнПнЗ, З, ПнПнС), то за основний приймається проміжний напрямок (у даному випадку З);

2. якщо напрямок вітру коливається між двома румбами (наприклад, ПнЗ і З), то за основний приймається більш *тривалий*;

3. якщо напрямок вітру коливається з різною тривалістю між двома румбами (ПнЗ і З), то за основний приймається напрямок вітру, що має *більшу швидкість*.

Для розрахунку кількості «скісного» дощу поряд зі швидкістю вітру необхідно знати і швидкість падіння дощу.

Ми вже говорили про те, що дрібні краплі дощу навіть при слабкому вітрі легко відхиляються від вертикального падіння й осідають на вертикальних поверхнях. Швидкість їхнього вертикального падіння мала.

Навпаки, великокапельний дощ при слабких швидкостях вітру може і не змочити стіну. І для його відхилення від вертикального падіння необхідний вітер достатньої сили. Швидкість його вертикального падіння більша.

Тобто в даному випадку мова йде про *структуру дощу*, зв'язок якої з *інтенсивністю* дощу в теперешній час досить надійно встановлено.

І для з'ясування зв'язку між кількістю опадів, що випадають на горизонтальну і вертикальну поверхні, і швидкістю вітру, що наданий формулою

$$X_B = d X_T U, \quad (6.8)$$

можна використовувати багаторічні дані по інтенсивності дощу, які містяться в «Справочнике по климату СССР».

Отже, $d = \frac{1}{V_p}$, коефіцієнт, що дорівнює величині, оберненої швидкості рівноважного падіння краплі. Залежність між інтенсивністю дощу і швидкістю рівноважного падіння краплі встановлена Е.Г.Богдановою. Вона надана у виді графіка, з яким Ви познайомитеся при виконанні практичних робіт. У даний час, використовуючи встановлену залежність, проводиться уточнення регіонального значення коефіцієнта d , що спрощує цю роботу звільняючи нас від необхідності проведення тривалих натурних спостережень. Тут досить багаторічних даних з інтенсивності дощу.

Однак автори методичних указівок по обробці даних для «Научно-прикладного справочника по климату СССР» не обмежилися тільки цією розробкою. Для уточнення методики розрахунку ними проаналізовані й інші відомі в цій області роботи, вивчені експериментальні дані лабораторії Норвезького НДІ по будівництву, по яких швидкість падіння дощу можна визначити за його інтенсивністю по формулі

$$V_p = 4,5 J^{0,107}, \quad (6.9)$$

J - інтенсивність у мм/годину.

Власне цим шляхом (з використанням вище викладених рекомендацій) і пішли при розрахунку «скісних» дощів у період підготовки науково-прикладного довідника.

Багаторічна кількість опадів «скісного» дощу визначалася по вихідній сукупності одночасних спостережень за вітром і опадами, при цьому обробка велася за період 1936-1980 р.

Не відійшли тут і від розрахунку індексу «скісного» дощу, що використовується при виборі місця будівництва і на стадії ухвалення архітектурно-планувального рішення будинку в цілому, при виборі матеріалів будівництва.

Індекс «скісного» дощу наведений тут середнім значенням, що розраховується по формулі

$$I_{CD} = \bar{X} \cdot U_{75}, \quad (6.10)$$

де

$\bar{X}$ – середня річна кількість опадів,

U_{75} – значення швидкості вітру, що має забезпеченість 75 %.

Квантіль U_{75} визначався з річної сукупності швидкостей вітру.

Згадаємо ще про одну характеристику зволоження стін.

У 60-70 рр. у Німеччині Хелбіг почав цікаві виміри по оцінці енергії удару потоку дощу на вертикальну стінку. Він запропонував ще один індекс R ,

$$R = J_e U^2, \quad (6.11)$$

де

R – характеристика кінетичної енергії дощу, яку він передає при змочуванні одиниці вертикальної поверхні за одиницю часу;

J_e - інтенсивність опадів на вертикальну стіну за 5-ти хвилинний інтервал часу;

U – швидкість вітру при даній інтенсивності.

Натурні спостереження інтенсивності опадів на вертикальні поверхні майже відсутні. Цю величину дістають шляхом перерахування інтенсивності опадів за 5-ти хвилинний інтервал на горизонтальну поверхню, наведену в «Справочнике по климату СССР»

$$J_e = d \cdot J_\Gamma \cdot U = J_\Gamma \cdot \frac{U}{V_P} \quad (6.12)$$

Тоді $R = J_\Gamma \cdot \frac{U^3}{V_P}$, що називають оцінкою «січного» дощу.

Як указує Хелбіг, там, де R перевищує 100, можливе проникнення вологи в житлові приміщення крізь шви й утворення плям усередині будинків.

Таким чином, для оцінки режиму зволоження вертикальних поверхонь і розрахунку кількості опадів, що осідають на них, необхідне детальне дослідження режиму вітру при опадах, тобто наявність комплексних характеристик, які враховують кількість опадів, швидкість і напрямок вітру під час дощу, його тривалість і інтенсивність.

ЧАСТИНА 3

ДЕЯКІ ПИТАННЯ БІОКЛІМАТОЛОГІЇ

1 Визначення і задачі біокліматології як науки та її зв'язок з іншими науками

Біокліматологія виникла на стику наук – геофізики, фізики атмосфери, кліматології, географії і біології (медицини). Вона є розділом біології і прикладної кліматології. Іноді термін “біокліматологія” трактується більш широко і використовується як синонім терміна “біометеорологія” (наука про взаємозв'язки між фізичними і хімічними процесами в атмосферному середовищі і реакцією на них людини, тварин і рослин). Таким чином, предметом її досліджень є реакції і поведіння рослин і тварин, обумовлені різними природними факторами. У цьому курсі ми обмежимося лише деякими питаннями біокліматології людини (медичної кліматології). Біокліматологія людини – це прикладна наука, що вивчає вплив на організм людини окремих погодних, кліматичних і геофізичних факторів, а також їхніх комплексів, адаптацію організму людини до цих впливів (акліматизацію) і використання названих впливів у лікувально-профілактичних цілях. Розділами цієї науки є:

- кліматофізіологія,
- кліматотерапія,
- кліматопрофілактика,
- медична географія.

Кліматофізіологія вивчає вплив на організм комплексу різних кліматичних і погодних факторів у різних географічних умовах, а також змін, що відбуваються при переїзді з одного кліматичного району в інший (акліматизація), змін, пов'язаних із впливом сезонів і інших біоритмів.

Кліматотерапія вивчає метеорологічні фактори з метою лікування хворих з різними захворюваннями.

Кліматопрофілактика вивчає використання метеорологічних факторів для профілактики різних захворювань.

Медична географія вивчає закономірності поширення хвороб у різних географічних зонах земної кулі.

У зв'язку з тим, що кліматотерапія і кліматопрофілактика є також розділами курортології як науки про природні лікувальні фактори, їхні дії на організм і методи застосування в лікувально-профілактичних цілях, медична кліматологія тісно пов'язана з курортологією і через неї з медициною. Таким чином, медична кліматологія, з одного боку пов'язана з фізикою атмосфери і фізичною географією, а з іншого боку - з медициною і біологією. Схематично це можна представити рисунком 1.1.

місцевих вод...грунт місцевості: голий він і безводний чи покритий лісом, чи розташовується він в глибокій долині з теплим і задушливим повітрям, чи високий і прохолодний”.

Гіппократ був першим з лікарів, що рекомендував застосування з лікувальною метою повітряних і сонячних ванн. Він відзначав, що рани в рибалок гояться набагато швидше, ніж в інших людей, завдяки морській воді і сонцю. Уже тоді лікували хворих туберкульозом в умовах гірського клімату Олімпу.

Повітряні і сонячні ванни були повсякденним гігієнічним заходом у побуті стародавніх греків і римлян, що влаштовували для цих цілей солярії на дахах житлових будинків.

У середні століття пізнання стародавніх греків, римлян і арабів в області біокліматології проникнули в Європу завдяки ченцям. Вони переписували древні рукописи, вивчали їх.

У Середній Азії в цей час у книзі “Канони лікарської науки” чудовий узбецький вчений і лікар Авіцена (Ібн-Сина) (980 – 1037 р.р.) докладно описав вплив на людину повітря, вітрів, сонячного світла, порів року, різних кліматів – жаркого, холодного, вологого і гірського.

Інтерес до питань кліматолікування став виявлятися лише з другої половини 18 століття. Саме до цього часу відносяться перші спроби лікування хворих у місцях з морським кліматом (на узбережжі Англії).

Трохи пізніше з'явилися праці Гумбольдта (1769 – 1859 р.р.), що першим розробив поняття про морський і континентальний клімат. Висунуті ним положення про фізіологічну дію клімату лягли в основу подальших вишукувань у цій області.

Гуфелянд (1762 – 1836 р.р.), видатний лікар свого часу, друг і лікар Гете, знайшов взаємозв'язок між метеорологічними явищами і смертністю, а дрезденський лікар і натураліст Карус (1789 – 1869 р.р.) у своїй книзі “Психіка” (1846 р.) описав вплив клімату і погоди на організм.

У 1885 р. вийшла у світ книга Ріклі, в якій він підсумував досвід роботи в області аерогеліотерапії. Увівши кліматолікування в практику санаторної роботи, він сприяв застосуванню сонячних променів і повітря з профілактичною і лікувальною метою, а тому деякі дослідники називали його батьком сучасної геліотерапії.

Великий внесок у вивчення аерогеліотерапії в місцях з гірським кліматом при різних захворюваннях (незагойні рані, свищі, виразки, позалегеневий туберкульоз і т.ін.) внесли Бернхард (1902 р.), Роллір (1903р.) і ін. у Швейцарії, Леріше – у Франції.

У Росії кліматолікування стали застосовувати, починаючи з перших десятиліть 19 століття. Кліматолікування, будучи зв'язане спочатку з розвитком кумисолікування, по суті являло собою своєрідне сполучення питва кумису, відповідного харчування і кліматолікування.

Розвитку кліматолікування в Росії сприяли видатні клініцисти минулого століття – С.П. Боткін, В.Ф. Снігирьов, Г.А. Захар'їн, А.А.Остроумов і ін.

Велика роль С.П. Боткіна в розвитку кліматолікування на Південному березі Криму. Г.А. Захар'їн підкреслював значення кліматолікування в місці проживання хворого, рекомендуючи тривале перебування на лоні природи (у селі, на дачі) і вказував на значення гарних погод і ландшафтного фактора.

У 1872 р. в Оранієнбаумі з'явився перший у Росії дитячий санаторій.

На початку 20-го століття в наукове вивчення кліматичних факторів і їхнє впровадження в санаторно-курортну практику цінний внесок внесли російські вчені: О.Д. Хвольсон, О.І. Воєйков, П.П. Лазарєв, Н.А.Вельяминов, А.А. Бобрів, П.В. Щергин і ін.

Н.А. Вельяминів (1900 р.) належить заслуга організації першого в Росії санаторію на балтійському узбережжі для дітей, що страждають хірургічним туберкульозом (кісток, суглобів і ін.). Такий санаторій у 1902р. був організований на Південному березі Криму (біля Алупки) А.А.Бобровим і П.В. Щергиним.

На початку 20-ого століття вже за допомогою комплексних методів зайнялися вивченням впливу погоди на організм людини. В якості чинників, що впливають, стали розглядати не окремі метеорологічні величини, а погоду як таку.

Основні напрямки розвитку біокліматології

При дослідженні біокліматології людини виникає багато складностей. З одного боку, вони визначаються різноманіттям кліматичних і мікрокліматичних умов, сонячною активністю і магнітним полем Землі, які впливають на організм людини. З іншого боку, їх обумовлює сама людина, що має розвинуту фізіологічну систему, яка посилюється різними захворюваннями. Тому досить часто питання про вплив погоди і клімату на організм і здоров'я людини наштовхується на поки що нерозв'язні труднощі.

Виконано досить багато робіт (в основному у країнах далекого зарубіжжя і в Росії), що підтверджують зв'язок між станом атмосфери і самопочуттям людини. Зараз наведемо основні питання, що були розв'язані медичною кліматологією і використовуються в практичній роботі. Проте, зазначимо, що дотепер не вдалось чітко й однозначно оцінити характер і ступінь впливу геліофізичних, кліматичних і метеорологічних факторів на організм людини, виділити домінуючі параметри, здобути надійні кількісні критерії. Існує досить багато біокліматичних показників, але усі вони, як правило, носять якісний характер.

При всій розмаїтості біокліматичних досліджень кліматологи найчастіше звертаються до вивчення умов теплообміну людини з навколишнім середовищем. Це пояснюється залежністю основних фізіологічних факторів теплового балансу людини від теплового балансу підстильної поверхні (сонячної радіації, температури повітря і ґрунту, вологості повітря і швидкості вітру).

Метод теплового балансу дозволяє оцінити основні характеристики теплового стану людини: середню температуру шкіри t_{sk} (показник тепловідчуття), вологовтрати з поверхні шкіри (показник напруження терморегуляторної системи людини, особливо в умовах жаркого клімату) і теплозахисні властивості одягу (Б.А. Айзенштат, Д.І. Будико).

Широке розповсюдження в біокліматології дістав метод комплексної кліматології, розроблений Є.Є. Федоровим і Л.А. Чубуковим. За допомогою цього методу можна представити структуру клімату в погодах у конкретному регіоні, визначити його біокліматичну значимість у виді повторюваності класів “погоди доби”, а потім дати їхню медичну інтерпретацію. Відомі розробки в цій області Б.А. Айзенштата, І.В. Бутьєвої, Н.А. Данилової, Н.Р. Деряпи, В.Ф. Овчарової, В.І. Русанова та ін.

Подальший розвиток метод комплексної кліматології дістав у роботах В.І. Русанова, що запропонував для оцінки впливу клімату на людину класифікацію погоди моменту.

У біометеорології для оцінки метеорологічних умов, що визначають тепловідчуття людини, використовуються різноманітні температурні шкали й індекси комфорту, дискомфорту, патогенності, суворості, жорсткості погоди і клімату. Найбільш поширеною є система розрахункових ефективних температур. Ефективні температури знайшли широке застосування в курортології при дозуванні геліо- і аеротерапевтичних процедур, виділенні зон комфорту, оцінці біокліматичних умов і рекреаційного районування територій для відпочинку і туризму.

Фізіологами І.С. Кандрором і ін. розроблено метод фізіолого-гігієнічної характеристики клімату, що використовується архітекторами, проектувальниками, гігієністами для цілей комунальної гігієни (житлове будівництво, планування, гігієна одягу), фізіології і гігієни праці, а також при виборі місць відпочинку і курортного лікування.

Фахівцями різних інститутів курортології і фізіотерапії виконаний великий цикл робіт з біокліматичної оцінки курортів і медико-метеорологічному прогнозуванню для профілактики і лікування серцево-судинних захворювань.

В Ялтинському науково-дослідному інституті фізичних методів лікування і медичної кліматології ім. Сеченова І.М. під керівництвом В.Г.Бокши виконані дослідження з вивчення впливу кліматичних і

погодних факторів на організм людини і розробці оптимальних методів курортно-кліматичного лікування і реабілітації.

У ГГО ім. Воейкова підготовлена програма і рекомендації з опису клімату курортної зони.

Подальші дослідження з біокліматології, як відзначалося на останній Всесоюзній нараді з прикладної кліматології, мають здійснюватися по наступних напрямках:

- оцінка кліматичних ресурсів різних регіонів з точки зору збереження і створення оптимальних умов для мешкання і трудової діяльності людини;
- подальше дослідження умов теплообміну людини з навколишнім середовищем;
- вивчення впливу погодних і кліматичних факторів на виникнення і поширення інфекційних захворювань;
- адаптація й акліматизація при міграції населення;
- мезо- і мікрокліматична оцінка санаторно-курортних зон, зон рекреації з метою охорони і раціонального використання природно-кліматичних ресурсів для оптимального лікування і відпочинку;
- створення банку спеціалізованих даних стосовно проблеми клімат і здоров'я людини;
- розробка комплексних біокліматичних показників, відповідних індексів, їхня класифікація і районування.

2 Дія на організм людини метеорологічних та геофізичних факторів

До метеорологічних факторів належать температура повітря, вологість повітря, вітер, атмосферний тиск, сонячна радіація і т.ін., до геофізичних – парціальна густина кисню, озон, характеристики атмосферної електрики та магнітного поля Землі.

Вплив цих природних факторів на організм людини багатогранний і неоднозначний. Проте, можна виділити три основні напрямки. По-перше, вплив природних факторів, обумовлених як багаторічним режимом погоди (кліматом), так і неперіодичними змінами в атмосфері. По-друге, вплив факторів зовнішнього середовища, пов'язаних з антропогенними впливами. Багато перетворень у навколишньому середовищі, що пов'язані з виробничою діяльністю людини, несприятливо впливають на організм. По-третє, цілеспрямоване застосування метеорологічних факторів у виді кліматолікувальних і кліматопротілактичних процедур.

2.1 Оцінка впливу на організм людини окремих метеорологічних величин

Температура повітря, як відомо, визначається переважно сонячною радіацією, що надходить на підстильну поверхню у зв'язку з чим відзначаються періодичні (добові і сезонні) коливання температури. Неперіодичні зміни температури можуть бути пов'язані з загальними процесами циркуляції атмосфери. Для характеристики термічного режиму в кліматології використовуються середні добові, місячні і річні температури повітря, а також максимальні і мінімальні значення.

Для визначення температурних змін служить величина, яка називається міждобовою мінливістю температури (різниця між середніми добовими температурами двох сусідніх днів). Міждобові коливання температури повітря в межах $0 - 2^{\circ}\text{C}$ для людини є нейтральними чи індиферентними. Якщо мінливість температури від доби до доби коливається від 2 до 4°C , то організм людини пристосовується до неї. Міждобова мінливість $4 - 6^{\circ}\text{C}$ вже помітна, а $> 6 - 8^{\circ}\text{C}$ – відчутна. Для людини чуттєві добові амплітуди температури $8 - 12^{\circ}\text{C}$, а $> 12^{\circ}\text{C}$ – дратівні. Тут наведено дані досліджень В.Г. Шелейховського.

Наведемо приклади, що показують вплив коливання температури на стан людського організму по Єгерову. В одну із січневих ночей 1780 р. у Петербурзі різко потеплішало: температура підвищилася від -43.6°C до 6°C . За одну цю ніч 40 000 мешканців занедужало грипом. У 1932 р. з червня по вересень стояла сильна жара і зовсім не було опадів. У цей час усі “сердечники” почували себе добре. У вересні погода різко змінилася, наступили холодні дощові дні й у всіх цих хворих знову з'явилися їхні колишні нездужання.

Термічні умови зовнішнього середовища дуже впливають на теплообмін організму людини з зовнішнім середовищем. Від умов теплообміну залежить можливість переохолодження або перегріву, створення термічного комфорту.

При впливі на організм високих температур повітря може наступити перегрів організму. У цих умовах відбувається розширення кровоносних судин, зниження серцевого тонуусу й артеріального тиску, частішання пульсу, збільшення температури шкіри. Більш значний перегрів може призвести до важких патологічних явищ з боку серцево-судинної системи і загального стану організму (теплового удару). Тепловий удар настає раптово і часто призводить до важких ускладнень; найбільш характерний симптом – дуже висока температура тіла. При цьому, з невідомих причин, теплорегулюючий центр мозку припиняє функціонувати, і організм зовсім утрачає здатність звільнитися від надлишку тепла. Лікування полягає в можливості більш швидкого зниження температури тіла – за допомогою холодних ванн, обгортання холодними вологими простирadлами,

змочування тіла холодною водою, холодних клізм та ін. – доти, поки температура тіла не знизиться до 38,8°C. Потім можна обтерти тіло губкою, змоченою холодною водою. Лікар у випадку теплового удару повинний допомогти якнайшвидше.

Яку ж максимальну температуру тіла може знести людина? Ґрунтуючись на достовірних клінічних даних, лікарі вважають температуру тіла від 42 до 43°C винятком. Дуже мало хворих витримують ці температури.

Яку максимальну температуру зовнішнього повітря здатна витримати людина? Відомо, що ад'юнкт-професор Каліфорнійського університету в Лос-Анжелесі в інтересах науки пробув без будь-яких серйозних наслідків 14 хвилин 32 секунди при температурі 121°C.

В одній із британських публікацій, у якій описуються незвичайні наукові експерименти, повідомлялося, що одна людина витримала 15 хвилин при температурі 132°C і одну хвилину – при температурі 180°C. За вірогідність цих повідомлень не можна ручатися.

Вплив на організм низьких температур викликає підвищення обміну речовин і звуження периферичних кровоносних судин, що призводить до зниження температури шкіри. Швидкість кровотоку при цьому знижується, а теплопровідність шкіри і поверхневих тканин зменшується в 6 – 7 разів. Артеріальний тиск при низькій температурі повітря має тенденцію до підвищення (особливо при м'язовому тремтінні).

Небезпека, що являє собою холод для організму, як правило, полягає не в спаді температури тіла, а в місцевих змінах, які відбуваються в шкірі і підшкірних тканинах відкритих ділянок тіла; головним чином це руки, пальці рук і ніг, ступні, вуха, ніс і щоки. У залежності від тривалості перебування на морозі й у вогкості можуть наступити більш-менш небезпечні явища – почервоніння шкіри (кисті рук і ступні червоніють, починають горіти і свербіти; іноді шкіра тріскається, з'являються виразки), обмороження шкіри або траншейна стопа. Що таке траншейна стопа? Якщо ноги озуті в тісне взуття або людина знаходиться в нерухомому стані на сильному морозі й у вогкості, це може шкідливо позначитися на тканинах ніг. Спочатку людина відчуває біль, потім повну нечутливість, після чого настає зараження крові або гангрена; однак тканини можуть і ожити, коли відновиться нормальний кровообіг. Випадки траншейної стопи та інші наслідки відмороження стопи – усе це варіанти одного захворювання, що розрізняються тривалістю перебування на морозі й у вогкості.

Установлено, що у випадках надзвичайно сильного обмороження можна врятувати людині життя, швидше зігрівши його.

Про несприятливий вплив низьких температур на здоров'я людей свідчать сезонні коливання показників смертності. У зимовий період у Великобританії, США, Франції, Швеції й ін. країнах відзначається більша

кількість випадків госпіталізації і смертності, ніж улітку. Між смертністю узимку і температурою зовнішнього повітря спостерігається лінійна залежність. Однак, лише невелика кількість смертей у зимовий період безпосередньо пов'язана з низькою температурою тіла (гіпотермія). Причиною смерті частіше є серцево-судинні і респіраторні захворювання. Розлад серцево-судинної системи посилюється з подовженням холодного періоду. Кількість серцевих нездужань зростає після 1 – 2 днів холодної погоди, серцевих нападів – після 3 – 4 днів, захворювань пневмонією і бронхітом – після 7 днів холодної погоди.

Вологість повітря як біокліматичний фактор впливає по-різному. По-перше, від неї істотно залежить парціальна густина кисню в повітрі (при зменшенні парціального тиску водяної пари e зростає парціальна густина кисню за інших рівних умов); по-друге, вологість повітря впливає на радіаційні умови (через утворення хмарності); по-третє, від неї залежить утрата рідини в організмі.

Відомо, що різниця між тиском насичення E і парціальним тиском водяної пари e при даних температурі і тиску називають дефіцитом насичення d . У біокліматології існує поняття фізіологічний дефіцит вологості повітря d_ϕ , що визначається формулою Дорно $d_\phi = E_\phi - e$, де E_ϕ – фізіологічна вологість повітря, що чисельно дорівнює тиску насичення водяної пари при температурі тіла людини 37°C ($E_\phi = 62.8$ гПа). Влітку парціальний тиск водяної пари значно вищий, а фізіологічний дефіцит насичення менший, ніж узимку. Фізіологічний дефіцит насичення d_ϕ зростає зі збільшенням висоти (тому що температура повітря зменшується, а значить зменшується і парціальний тиск водяної пари), тому гірське повітря характеризується високою сухістю.

У метеорологічних зведеннях, зазвичай, вказується відносна вологість, бо її зміна може безпосередньо відчуватися людиною. Повітря вважається сухим при вологості до 55%, помірно-сухим – при 56 – 70%, вологим – при 71 – 85%, дуже вологим (сирим) – вище 85% (по І.В.Бутьєвій). Зона комфорту по вологості повітря для практично здорових людей коливається від 45 до 80%. За умов посухи, коли вологість повітря не перевищує 30%, різко збільшується вологовіддача з боку організму. При відносній вологості $> 80\%$, випаровування утруднено, відчуття жару і холоду більш неприємне. Хворі гіпертонічною хворобою і коронарним атеросклерозом дуже чутливі до коливань відносної вологості повітря. У таких хворих переважна більшість приступів настає при відносній вологості 80 – 95%.

Вітер є чинником, здатним істотно змінити швидкість тепловіддачі організму. Вітер переносить прилягаючий до шкіри шар більш теплого і насиченого вологою повітря і замінює його більш холодним і сухим навколишнім повітрям, створює умови для посилення тепловіддачі зі

шкіри як шляхом конвекції, так і шляхом випаровування. Тим самим вітер посилює охолоджувальну силу повітряного середовища.

При температурах більш низьких, ніж температура шкіри, вітер, збільшуючи конвекційну тепловіддачу, сприяє охолодженню тіла.

При температурі повітря більш високій, ніж температура поверхні тіла, вітер посилює випаровувальну спроможність повітряного середовища і тим самим сприяє збільшенню віддачі тепла організмом. Повсякденний досвід говорить про приємний охолоджувальний вплив вітру у жарку суху погоду.

Іншою важливою особливістю дії вітру на організм є подразнення рецепторів шкіри (нервових закінчень), що може викликати загострення серцево-судинних захворювань. Якщо механічний вплив вітру поєднується з холодовими подразненнями, то виразність відповідних реакцій організму значна і вона тим більша, чим більша швидкість вітру.

Особливо велике метеобіологічне значення мають фени. Загальновідомо, що фенові нездужання більш за все виявляються перед настанням фену, у передфеновій стадії, і що після вторгнення фена вони слабшають.

Статистичні дані Хантингтона показали, що в холодну пору року вітряна погода призводить до підвищеної смертності, а в теплу пору року вітер, навпаки, знижує смертність.

Атмосферний тиск і його коливання впливають на організм подвійно: по-перше, сприяють зміні насичення крові киснем і зміні кровообігу, по-друге, механічно впливають на рецептори тіла (плеври, очеревини), а також судини.

Так на висоті 200 – 800 м над рівнем моря (зниження атмосферного тиску на 33 – 93 гПа) зниження парціальної густини кисню в повітрі призводить до невеликих змін насичення артеріальної крові киснем і в зв'язку з цим відбувається частішання дихання, прискорення кровообігу.

На висоті 800 – 1800 м над рівні моря (зниження тиску на 93 – 213 гПа) сприяє частішанню і поглибленню дихання, зростанню числа еритроцитів і вмісту гемоглобіну, підвищенню судинного тонуусу й артеріального тиску.

Клініко-експериментальні спостереження показали, що помірно-розріджене повітря (висота близько 1000 м, наприклад, у Кисловодську) поліпшуючи функцію зовнішнього дихання, відіграє відому роль у поліпшенні загального стану хворого під впливом комплексної терапії на гірських курортах.

На великих висотах (2500 – 5000 м і більше) відзначають різкі порушення в диханні та кровообігу і може розвиватися картина “гірської хвороби”.

Багато дослідників показали, що на самопочуття хворих, які страждають серцево-судинними захворюваннями (гіпертонія, стенокардія,

інфаркт міокарда й інсульт) впливає не абсолютна величина тиску, а його неперіодичні коливання, пов'язані зі зміною погоди. Слабкою зміною тиску вважається зниження або підвищення його середнього добового значення на 1 – 4 гПа, помірним – на 5 – 8 гПа, різким – більш 8 гПа. Випадки з міждобовою мінливістю атмосферного тиску > 8 гПа добре узгоджуються з піками викликів швидкої допомоги з приводу серцево-судинних захворювань. Коефіцієнт кореляції між ними становить близько 0.70.

Сонячна радіація. Сонце є основним джерелом енергії для Землі й атмосфери. Енергія, що випромінюється Сонцем, називається сонячною радіацією. Весь спектр випромінювання Сонця поділяють, як відомо, на ряд областей з такими граничними значеннями довжин хвиль:

- гамма-промені ($\lambda < 10^{-5}$ мкм),
- рентгенівське випромінювання ($10^{-5} < \lambda < 10^{-2}$ мкм),
- ультрафіолетова радіація ($0.01 < \lambda < 0.39$ мкм),
- видиме випромінювання спектра, чи видиме світло ($0.39 < \lambda < 0.76$ мкм), що у свою чергу поділяється на сім кольорів,
- інфрачервона радіація ($0.76 < \lambda < 3000$ мкм),
- радіохвильове випромінювання ($\lambda > 0.3$ см).

Близько 47% енергії, що випромінюється Сонцем, припадає на видиму ділянку спектра, 44% - інфрачервону область, 9% - ультрафіолетову область.

Сонячна радіація, і особливо її короткохвильова частина, являють собою один із самих могутніх факторів навколишнього середовища, що визначають умови розвитку й існування всього живого на земній кулі і, людини особливо.

Промені *видимої* і *інфрачервоної* частини сонячного спектра, завдяки їхній здатності проникати на різну глибину в тканини організму, мають велике біологічне значення. Найглибше проникають червоні і інфрачервоні промені. Поглинаючись різними шарами тканин організму, вони нагрівають їх, а при тривалому впливі цих променів підвищується і температура тіла. Нагрівання шкіри сонячними променями викликає розширення шкірних судин (гіперемію), частішання пульсу, зниження рівня обмінних процесів і т.ін.

Великої уваги заслуговують зміни вищої нервової діяльності під впливом освітлення. Денне освітлення підвищує процеси збудження в корі головного мозку, змінює загальну збудливість центральної нервової системи, підвищує обмін речовин і загальну життєдіяльність організму,

сутінкове ж гальмує обмін речовин і рухову активність організму за даними досліджень Слоніма А.Д..

Ультрафіолетова (УФ) радіація характеризується більш високою біологічною активністю, ніж видима і інфрачервона області спектра. Це пояснюється високою енергією кванта УФ випромінювання, яка передається поглинаючій молекулі. При довжині хвилі < 0.315 мкм світловий квант має енергію, достатню для руйнування молекул білка. При довжинах хвиль < 0.280 мкм переважають летальні ефекти УФ радіації. Тому всю область УФ радіації умовно поділяють на три частини: УФ-А ($0.315 - 0.400$ мкм), УФ-В ($0.280 - 0.315$ мкм) і УФ-С (< 0.280 мкм).

Безпосередня інтенсивна дія короткохвильової сонячної радіації (УФ-В і УФ-С) на живу речовину загрожує їй смертю внаслідок руйнування молекул білка. Ультрафіолетова радіація області С поглинається у високих шарах атмосфери і не досягає земної поверхні. При цьому вся енергія витрачається на дисоціацію (розщеплення) молекул газів на атоми і їхню іонізацію. Таким чином, атмосфера захищає життя на землі від згубної дії УФ-С.

УФ-промені не проникають у тканини глибше $0.5 - 1$ мм, але при цьому відбуваються хімічні зміни в тканинах. Безпосередній ефект УФ-впливу – бактерицидний. Помірні дози УФ-В благотворно впливають на організм, підвищуючи обмінні процеси, стійкість організму до захворювань, загальний тонус і працездатність. Недостатні дози УФ-В призводять до розвитку патологічних явищ, що одержали назву сонячного голодування або ультрафіолетової недостатності. Особливо небезпечний такий стан для дітей, тому що він супроводжується розвитком рахіту. Надлишкове опромінення сприяє виникненню раку шкіри.

Захисно-приспосувальні реакції організму при УФ опроміненні зводяться головним чином до підвищення вмісту меланіна в епідермісі (засмага). Засмагу поділяють на негайну і уповільнену. *Негайна засмага* виникає протягом $5 - 10$ хвилин опромінення і більш виражена в осіб з початково сильніше пігментованою шкірою. Зберігається вона від 30 хвилин до $30 - 40$ годин у залежності від інтенсивності опромінення. *Уповільнена (істинна) засмага* розвивається протягом $2 - 3$ днів опромінення. Захисна роль меланіна полягає не тільки в тому, що він є екраном, який не пропускає УФР у більш глибокі шари шкіри, але й у тім, що він має антиоксидантні властивості.

Загальна кількість УФ променів в інтегральному потоці сонячної енергії, що досягає земної поверхні, не перевищує $3 - 4\%$. Ця радіація дуже поглинається озоном у високих шарах атмосфери й істотно розсіюється на молекулах і аерозолях. Тому до земної поверхні доходить зовсім мала частина цієї радіації.

Труднощі при вивченні природної УФ радіації пов'язані з тим, що її частка в загальному потоці сонячного випромінювання дуже мала і сильно

змінюється в залежності від широти місця, пори року і часу доби, загального вмісту озону в атмосфері, прозорості атмосфери і інших факторів. Режим короткохвильової УФР в атмосфері мало схожий на режим сонячної радіації видимої й інфрачервоної областей спектра.

Для характеристики режиму УФ радіації зручно користуватись еритемною радіацією, тобто оціненою по її еритемній дії. Потужність еритемної радіації прийнято виражати в ерах. Один ер – умовний ватт – відповідає еритемній ефективності (максимальної) монохроматичної УФ радіації довжиною хвилі 0.297 мкм, потужністю 1 Вт. На практиці, зазвичай, користуються в 1000 разів дрібнішими одиницями – міліерами (мер). Інтенсивність еритемної радіації виражають в міліерах на квадратний метр (мер/м²), а відповідні дози – у міліерах-годинах на квадратний метр (мер·год/м²). У кліматотерапії прийнято вважати, що для одержання граничної еритеми (тобто ледь помітного почервоніння незасмаглої, слабо пігментованої шкіри) потрібна гранична доза (біодоза) 80 мер·год/м². Інтенсивність еритемної радіації більше 320 мер/м² є небезпечною для здоров'я. Інтенсивність УФ-В при цьому становить 2.75 Вт/м².

У річному ході найбільші значення УФР приходяться, як правило, на червень – липень. Так, за даними станції Кара-Даг, максимум інтенсивності ультрафіолетової радіації спостерігається в липні (2.06 Вт/м²), а мінімум – у грудні (0.19 Вт/м²). Найбільша інтенсивність УФР спостерігається саме в місяці можливої геліотерапії – з березня по вересень.

2.2 Комплексні характеристики для оцінки впливу погоди на організм людини

Для оцінки біоклімату найчастіше застосовуються комплексні показники, що відбивають тепловий стан людини, оскільки клімат і погода впливають, насамперед, на термічний режим організму і його функціональна діяльність багато в чому залежить від умов теплообміну з навколишнім середовищем. Ці показники дозволяють оцінити біокліматичні ресурси конкретних територій, визначити їхній рекреаційний потенціал, розв'язати низку окремих задач, пов'язаних з оптимізацією біоклімату.

2.2.1 Система ефективних температур

У біокліматології для оцінки комплексних метеорологічних умов, що визначають тепловідчуття людини, використовується, насамперед, система розрахункових ефективних температур: еквівалентно-ефективних

(*EET*), радіаційно-еквівалентно-ефективних (*PEET*) і біологічно активних температур (*BAT*).

Метод ефективних температур у Радянському Союзі вперше був застосований В.А. Яковенко. Цей метод з моменту появи (у 20-их роках 20-го століття) здобув поширення.

Основними метеорологічними факторами, що впливають на тепловідчуття людини, є температура повітря, його вологість, швидкість вітру і радіаційний обмін із зовнішнім середовищем, у якому основну роль відіграє промениста енергія Сонця і теплове випромінювання найближчих предметів, що оточують людини, а також випромінювання з поверхні його власного тіла.

Відомо, що однакове тепловідчуття можна зазнавати при самих різних сполученнях температури і вологості повітря та швидкості вітру.

При повному затишші ($v = 0$ м/с), відносній вологості $f = 100\%$ у тіні теплове відчуття людини залежить тільки від температури повітря t . У цьому випадку при збільшенні температури повітря людина буде відчувати збільшення тепла, а при зниженні температури – охолодження.

У ненасиченому вологою, нерухомому повітрі тепловідчуття буде вже залежати від комплексного впливу температури і відносної вологості. При низьких температурах повітря збільшення вологості підвищує тепловіддачу з поверхні шкіри і посилює відчуття холоду. При високих температурах збільшення вологості повітря утрудняє тепловіддачу з поверхні шкіри шляхом випаровування і тим самим посилює відчуття жару. А при зменшенні вологості посилюється тепловіддача і послабляється відчуття жару. Таким чином, можливі випадки, коли підвищення температури повітря при одночасному зниженні його вологості не змінює тепловідчуття людини. І навпаки, при одній і тій же температурі повітря, але різній вологості тепловідчуття буде змінюватись.

У рухливому повітрі (при вітрі) інтенсивність тепловіддачі з поверхні тіла, а отже, і тепловідчуття будуть залежати не тільки від температури і вологості повітря, але і від швидкості вітру, що значно посилює тепловіддачу.

Досвідним шляхом установлена низка сполучень температури, відносної вологості і швидкості вітру, при яких ефект впливу на величину тепловіддачі і тепловідчуття буде однаковим. Наприклад, аналогічні тепловідчуття виникають при наступних умовах:

температурі повітря 18.0°C , відносній вологості 100% і штилі;

температурі повітря 24.5°C , відносній вологості 100% і швидкості вітру 2 м/с;

температурі повітря 28.0°C , відносній вологості 50% і швидкості вітру 3 м/с;

температурі повітря 31.0°C , відносній вологості 10% і швидкості вітру 5 м/с.

Таким чином, *еквівалентно-ефективна* температура – це така температура, при якій у нерухомому і насиченому вологою повітрі тепловідчуття людини таке ж, як при даному сполученні температури повітря, відносної вологості і швидкості вітру.

Тепловідчуття одягненої й оголеної людини за тих самих метеорологічних умов різне, тому розроблено дві шкали *EET* – “основна шкала” для оголеної людини (еквівалентно-ефективна температура *EET*) і “нормальна шкала” для людини, одягненої в звичайний, стандартний одяг (нормальна еквівалентно-ефективна температура *HEET*).

У біокліматичній практиці доцільно використовувати *HEET*, у курортології для оцінки умов проведення кліматотерапевтичних процедур (аеро- і геліотерапія) – *EET* і *PEET*. Оцінка тепловідчуття за допомогою *EET* і *HEET* відноситься тільки до тіньових просторів, де на людину не впливає пряма сонячна радіація. Для розрахунку *EET* і *HEET* використовуються формули, розрахункові номограми, таблиці. Номограми для розрахунку *EET* і *HEET* наведені на рисунках 2.1 і 2.2. Формула для розрахунку *EET*, яку здобув Б.А. Айзенштат на основі номограми для оголеної людини, має вигляд

$$EET = t[1 - 0.003(100 - f)] - 0.385v_2^{0.59}[(36.6 - t) + 0.622(v_2 - 1)] + \\ + [(0.0015 v_2 + 0.0008)(36.6 - t) - 0.0167](100 - f), \quad (2.1)$$

де v_2 – швидкість вітру на висоті 2 м

$$v_2 = \frac{v}{1.3}. \quad (2.2)$$

Нормальна еквівалентно-ефективна температура розраховується по формулі Місенарда

$$HEET = 37 - \frac{37 - t}{0.68 - 0.0014f + \frac{1}{1.76 + 1.4v_2^{0.75}}} - 0.29t \left(1 - \frac{f}{100}\right) \quad (2.3)$$

або по більш простій формулі, запропонованій І.В. Бутьєвою

$$HEET = 0.8 EET + 7^\circ\text{C}. \quad (2.4)$$

EET і *HEET* розраховуються на основі даних стандартних метеорологічних спостережень.

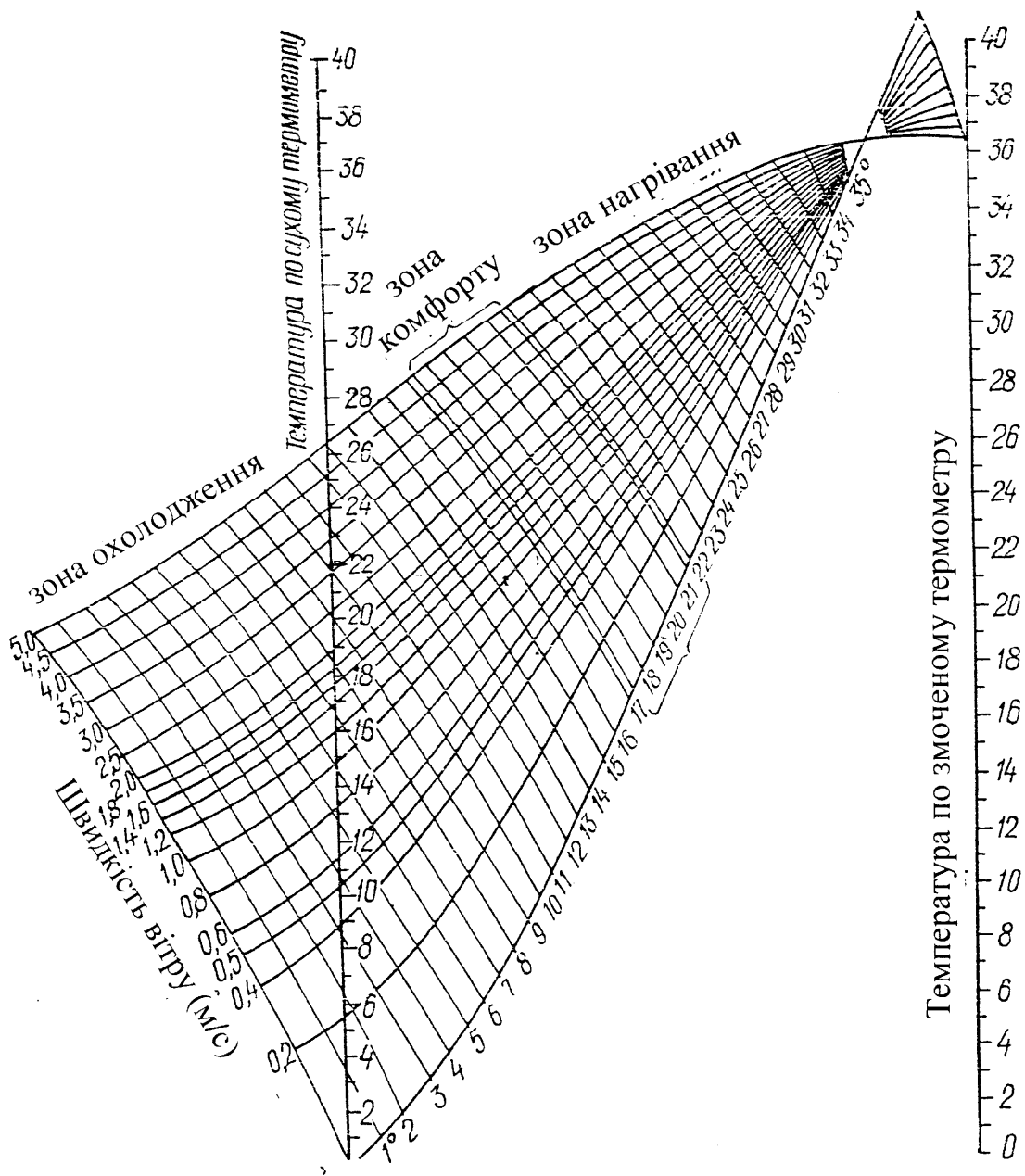


Рисунок 2.1 – Номограма для визначення EET по основній шкалі

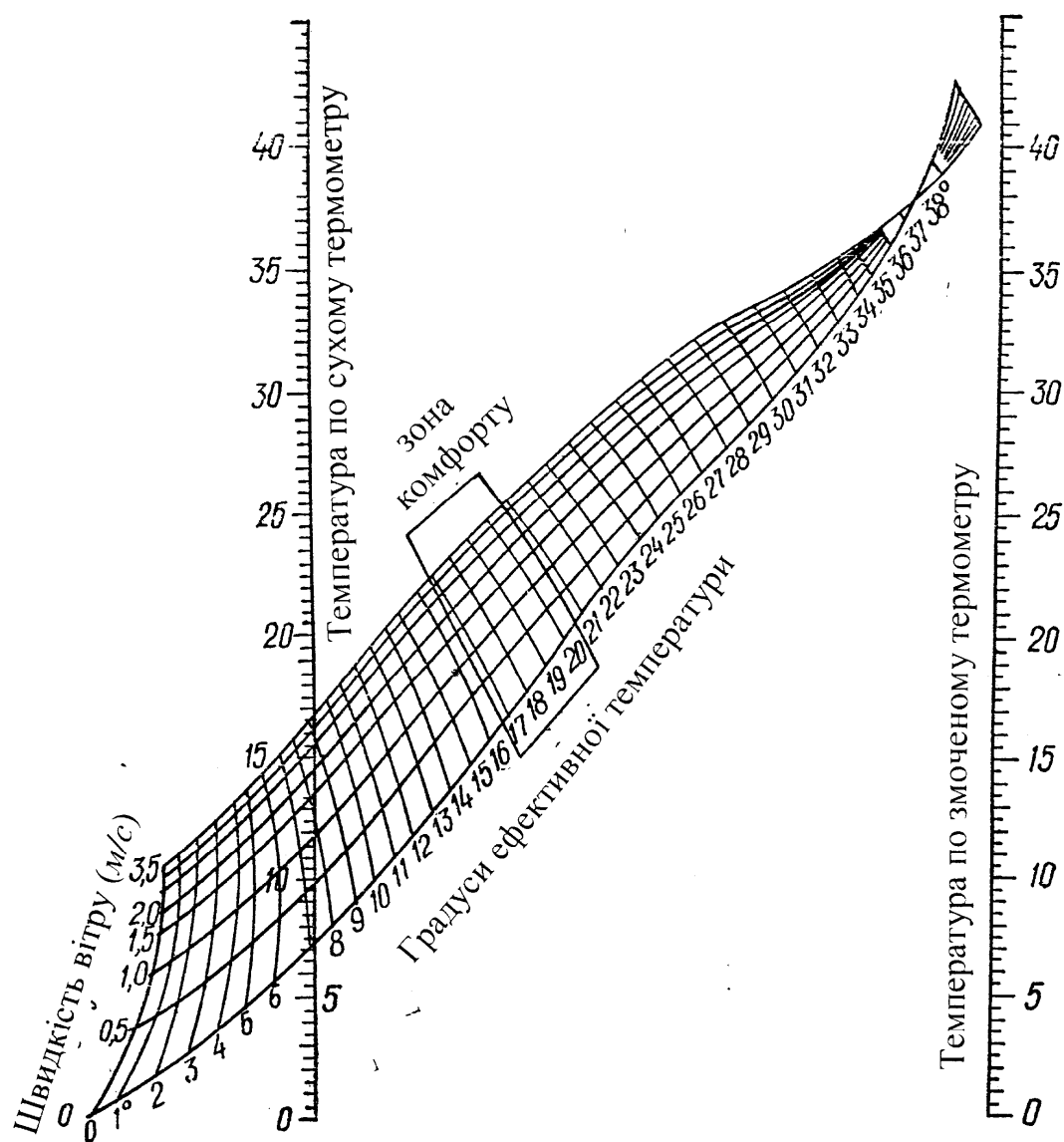


Рисунок 2.2 – Номограм для визначення *HEET*

Для обчислення *EET* і *HEET* по номограмах необхідні значення температури по сухому і змоченому термометрах, а також швидкість вітру на рівні 1.5 – 2.0 м (v_2).

Для визначення *HEET* дуже зручно використовувати таблиці, складені Н.А. Ремизовим. Маючи дані по температурі повітря, швидкості вітру і відносній вологості, можна знайти відповідне значення *HEET* для нормально одягненої людини.

У середині межі *еквівалентно-ефективних температур*, за яких більшість людей почувають себе комфортно у відношенні тепловідчуття, тобто не відчують ні мерзлякуватості, ні зайвого тепла, називаються “зонами теплового комфорту” чи “зонами комфорту”. Границі цієї зони строго говорячи, різні для кожного індивідуума; вони залежать від його віку, статі, професії, ступеня загартованості, стану нервової системи, стану системи кровообігу і загального стану здоров'я. Навіть для тої ж самої людини ці границі в різні дні можуть бути різними. Вони залежать і від розходження у фізико-географічних умовах курорту і місцевості, звідки прибула людина, а також від пори року, що пов'язано з адаптацією людини до термічних умов місцевості або сезону.

Проте, встановлені середні межі *EET*, у яких більшість людей не зазнає дискомфортного тепловідчуття (іноді для кожного курорту свої). Зона комфорту по основній шкалі для здорових людей знаходиться в межах 17.3 – 21.7°C значень *EET*, однак для середньої смуги, Сибіру і Далекого Сходу зона комфорту приходить на інтервал 13.5 – 18°C. Значення *EET*, менші нижньої межі зони комфорту, відповідають зоні переохолодження, а більші верхньої межі – зоні перегріву. Н.З.Михайловим запропонована класифікація кліматотерапевтичних процедур, побудована на принципах комплексної кліматології. Ця класифікація використовується в практиці кліматолікування. Наведемо її (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Класифікація повітряних ванн за повітряно-теплових умов

Градації <i>EET</i> , °C	Найменування
1 – 8	Холодні
9 – 16	помірно-холодні
17 – 20	Прохолодні
21 – 22	індиферентні (комфортні)
23 – 27	Теплі
> 27	Жаркі

По тривалості періоду зони комфорту можна судити про кліматичні ресурси місцевості. І.В. Бутєва виділила 4 зони комфорту в залежності від повторюваності *EET* у межах 17 – 22°C: мінімальний комфорт (< 30% днів на місяць), достатній комфорт (30 – 50%), оптимальний комфорт (50 – 70%), максимальний комфорт (> 70%).

У хворих людей границі зон комфорту порушуються. При певних значеннях *EET* повітряні ванни показані людям з такими захворюваннями:

EET ≥ 22°C – хворим, що знаходяться на постільному режимі,

EET ≥ 20°C – при ревматичному пороці серця,

EET ≥ 19°C – при гіпертонічній хворобі 2-ого ступеня,

EET ≥ 17 – 18°C – при ішемічній хворобі серця,

EET ≥ 16 – 17°C – при бронхіальній астмі в легкій формі,

EET ≥ 12 – 15°C – при анемії з явищами загальної слабкості, різних формах туберкульозу і т.ін.

Якщо в процесі лікування загартованість організму підвищується, гранична *EET* може бути знижена.

Зона комфорту по *HEET* знаходиться в межах 16.7 – 20.6°C.

Для південного узбережжя Криму зона комфорту, що рекомендується, для здорових людей від 13.5 до 18.0°C. Однак В.Ю. Мілевський вважає, що для теплого періоду року на європейській частині Росії більш прийнятна зона комфорту від 10 до 18°C. Збільшення діапазону комфорту майже удвічі він пояснює великою мінливістю кліматичних умов навіть протягом теплого періоду року і відповідною адаптацією до неї населення середньої смуги.

У біокліматології температурні шкали дуже популярні, незважаючи на необґрунтованість їх з фізичної точки зору.

Слід зазначити, що в аридній зоні період з несприятливими біотермічними умовами значно стійкіший і триваліший, ніж в інших зонах, оскільки в денні години переважають умови жаркого дискомфорту. Так, в Ашхабаді вдень значення еквівалентно-ефективної температури нерідко можуть досягати 30°C – значення, прийнятого за границю витривалості.

Біотермічні умови на Чорноморському узбережжі, у Криму і на Кавказі м'якші. Відчуття перегріву в тіні (*EET* >21°C) спостерігається переважно в липні, зазвичай, з 11 до 16 годин.

У районах з помірним і холодним кліматом особливо важливе значення при оцінці біотермічних умов має врахування вітрового режиму, тому що саме в діапазоні порівняно низьких додатних температур навіть невеликі швидкості вітру можуть помітно посилити відчуття холодового дискомфорту. При температурі повітря, що перевищує 18°C, посилення вітру не викликає різкого холодового ефекту, а при температурі >25°C воно відіграє позитивну роль, пом'якшуючи стан перегріву.

Радіаційно-еквівалентно-ефективна температура (PEET) враховує вплив на людину чотирьох метеорологічних факторів: температури повітря, відносної вологості, швидкості вітру і сонячної радіації.

PEET можна розрахувати по формулі Г.В. Шелейховського

$$PEET = 1251g \left[1 + 0.02t + 0.0001(t-8)(f-60) - 0.0045(33-t)\sqrt{v_2} + 0.185\rho \right], \quad (2.5)$$

де

ρ – поглинена поверхнею тіла сонячна радіація (кВт / м²),

$$\rho = Q(1 - A_u);$$

Q – інтенсивність сумарної сонячної радіації;

A_u – альbedo шкіри людини (0.28 для непігментованої шкіри і 0.11 – для пігментованої).

PEET розраховуються на основі даних стандартних метеорологічних і актинометричних спостережень.

Оцінка тепловідчуття на сонці може бути виконана на основі знання EET і HEET (формули І.В. Бутьєвої)

$$PEET = 0.83 EET + 12^\circ\text{C}, \quad (2.6)$$

$$PEET = HEET + 6.2^\circ\text{C}. \quad (2.7)$$

PEET можна визначити і по номограмі. Для цього спочатку обчислюються EET і величина поглиненої тілом людини сонячної радіації, а потім знаходять за допомогою номограми відповідне значення PEET (рисунок 2.3).

Класифікація PEET характеризує можливості геліотерапії. Геліотерапія – застосування сонячних променів з лікувальною і профілактичною метою.

Для геліотерапії хворих з певними формами захворювань розроблені оптимальні теплові умови, які характеризуються величиною PEET:

PEET = 17 – 29°C – при гіпертонічній хворобі 1-ої стадії,

PEET ≤ 26°C – хворим з ішемічною хворобою серця,

PEET ≤ 29°C – при затяжній і хронічній пневмонії 1-ої стадії, хронічному бронхіті 1-ої стадії і т.ін.

Геліотерапія протипоказана при всіх захворюваннях у гострій стадії й у період загострення, при кровотечах, виснаженні, злоякісних і доброякісних пухлинах, формах туберкульозу легенів, що прогресують, і та ін.

Геліотерапія показана при всіх проявах гіповітамінозу D, при ряді шкірних захворювань, ранах, що в'яло гояться, виразках, переломах кісток та ін.

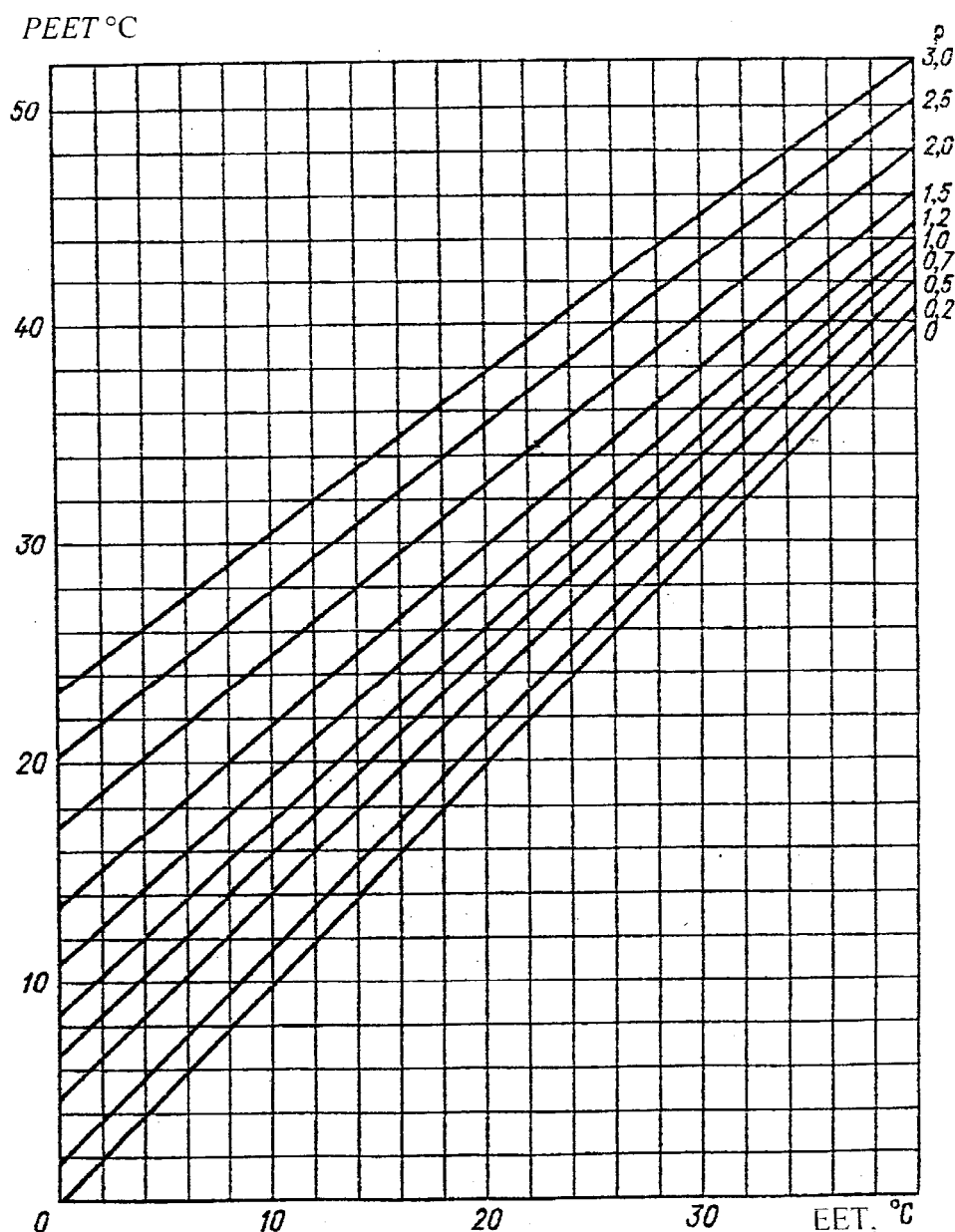


Рисунок 2.3 – Номограма для визначення *PEET*

Як профілактичний та загартовуючий засіб геліотерапія може призначатися всім практично здоровим людям.

Біологічно активна температура (БАТ) враховує вплив комплексу таких метеорологічних величин: температури повітря, відносної вологості, швидкості вітру, сумарної сонячної радіації і довгохвильової радіації від підстильної поверхні, атмосфери і всіх навколишніх предметів (стін будівель, зелених насаджень, водойм і т.ін.). Потоки довгохвильової радіації, що надходять до тіла людини, майже цілком ($\approx 95\%$) поглинаються поверхневими тканинами, трансформуються в тепло й у такий спосіб

беруть участь у нагріванні організму. Відомо, що інтенсивність теплового випромінювання безпосередньо залежить від температури випромінюючої поверхні, зростаючи з її підвищенням (закон Стефана – Больцмана).

Біологічно активну температуру можна розрахувати по формулах

$$BAT = 0.8 EET + 9 \quad (2.8)$$

чи

$$BAT = 0.8 PEET + 6. \quad (2.9)$$

Значення BAT обчислюють і по номограмі для визначення EET , але замість температури повітря використовують половину суми температур по двох максимальних термометрах: один із зачерненим резервуаром, інший – з блискучим резервуаром для ртуті.

Границі тепловідчуття людини по BAT : оптимальна – від 10 до 22°C, низька – < 10°C і висока – > 22°C.

Одним з недоліків ефективних температур є те, що не існує фізіологічного обґрунтування різних градацій цих температур для різних географічних районів. Крім того, усі розрахунки, проведені на основі ефективних температур, стосуються нерухомої людини. Тому їх не можна використовувати для характеристики активної рекреаційної діяльності.

2.2.2 Ентальпія повітря

Ентальпія повітря E – міра загальної тепломісткості повітря, що поєднує в одну комплексну величину температуру і вологість повітря. Вона характеризує тепломісткість повітря і теплообмін організму.

Розрахункова формула для середніх добових значень ентальпії має вигляд

$$E_{доб} = c_p \bar{t}_{доб} + (L + c'_p \bar{t}_{доб}) \bar{s}, \quad (2.10)$$

де

c_p – питома теплоємність сухого повітря $c_p = 1$ кДж / (кг·К);

$\bar{t}_{доб}$, $\bar{s}$ – середні добові значення відповідно температури повітря

і відношення суміші, $s = 0.622 e / (P - e)$, e – парціальний тиск водяної пари;

L – питома теплота пароутворення, при $t = 0^\circ\text{C}$ $L = 2501$ кДж/кг;

c'_p – питома теплоємність водяної пари $c'_p = 1.85$ кДж/кг К.

Середнє місячне значення ентальпії можна розрахувати по формулі

$$E_{mic} = c_p \bar{t} + 0.622 \left(L + c'_p \bar{t} \right) \frac{\bar{f} E(\bar{t})}{\bar{P}} + c'_p r_{t f} \sigma_t \sigma_f, \quad (2.11)$$

де

$\bar{t}, \bar{P}, \bar{f}$ – середні місячні значення температури повітря, атмосферного тиску і відносної вологості в частках одиниці;

$E(t)$ – тиск насичення повітря при середній місячній температурі;

$r_{t f}$ – коефіцієнт кореляції між добовими значеннями температури повітря і відносної вологості.

Найвищі літні значення ентальпії мають місце на границях вод жарких пустель, на території тропічних джунглів і в деяких районах Тихого океану. На території СНД це, насамперед, Закавказзя й узбережжя Каспійського моря.

Д. Бразол запропонував класифікацію теплових умов на основі наступної шкали значень ентальпії:

$E = 25.1 - 31.3$ кДж/кг – прохолодні умови,

$E = 31.4 - 35.6$ кДж/кг – комфортно-прохолодні умови,

$E = 35.7 - 41.9$ кДж/кг – ідеальні умови,

$E = 42.0 - 46.1$ кДж/кг – комфортно-теплі умови,

$E = 46.2 - 50.3$ кДж/кг – дуже теплі умови,

$E > 50.4$ кДж/кг – некомфортні теплі умови.

Д. Бразолом встановлено значення ентальпії, яке є кліматичним оптимумом для всієї земної кулі і становить 40 кДж/кг.

2.2.3 Жарка і задушлива погода

У біокліматології існують методи оцінки жаркої і задушливої погоди. Установлено, що така погода викликає негативні реакції в організмі людини, пов'язані з порушенням терморегуляції.

Жарким вважається день, коли максимальна температура повітря сягає $25.0 - 29.9^\circ\text{C}$.

Дуже жарким або “тропічним” називається день, коли максимальна температура $t_{max} \geq 30^\circ\text{C}$.

Задушливим прийнято вважати день, коли парціальний тиск водяної пари e хоча б в один зі строків метеорологічних спостережень сягав або перевищував 18.8 гПа.

Н.Н. Акимович і О.А. Балалла запропонували класифікацію задушливої погоди по балах інтенсивності духоти в залежності від парціального тиску водяної пари.

За значеннями температури повітря і відносної вологості складена номограма (рисунок 2.4) для визначення інтенсивності духоти.

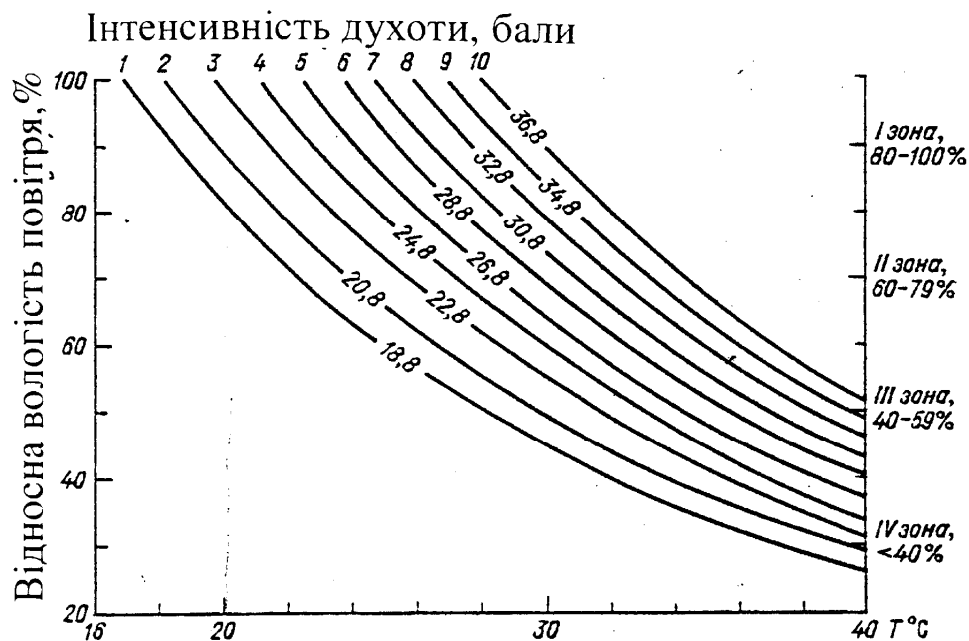


Рисунок 2.4 – Номограма для визначення інтенсивності духоти

По осі абсцис відкладена температура повітря, по осі ординат – відносна вологість. У полі графіка – похилі лінії, що являють собою ізолінії парціального тиску водяної пари, проведені через 2 гПа, починаючи з критичного, яке відповідає початку відчуття духоти (>18.8 гПа). Однак оскільки кожному балу духоти відповідає великий діапазон змінювання температури і відносної вологості повітря, то весь діапазон їхнього коливання поділений ще на чотири зони в залежності від відносної вологості повітря: 1-а зона – 80 – 100%, 2-а – 60 – 70%, 3-я – 40 – 59%, 4-а – менш 40%. Перша зона характеризується найвищою вологістю повітря і найнижчими температурами. У кожній наступній зоні відносна вологість зменшується, а температура зростає.

За допомогою наведеної діаграми по сполученню температури повітря і відносної вологості можна визначити бал і зону інтенсивності духоти при оцінці біотермічних ресурсів.

Біологічний ефект впливу погоди залежить не тільки від коливань метеорологічних величин, але і від тривалості впливу погоди. Тому підраховується не тільки число жарких і дуже жарких днів, задушливих днів і ночей, але і кількість серій з різною тривалістю днів у кожній серії.

Серія жарких, дуже жарких і задушливих днів – це три і більше названих сусідніх дні. Серії впливають на організм людини більш шкідливо, ніж окремі дні.

Слід зазначити, що в біокліматології визначається ще і такий показник, як *задушлива ніч*. Критерієм задушливої ночі є високий вологовміст повітря, що дорівнює 18.8 гПа, який зафіксовано хоча б в один

з нічних строків спостереження при температурі повітря близькій до 20.0°C.

Якщо вночі температура повітря не опускається нижче 20°C, то такі ночі називають *тропічними*. Такі ночі бувають не тільки в тропіках, але й у помірних широтах. Наприклад, на берегах Балтійського моря тропічні ночі можуть спостерігатися 1 раз у 20 років. В Одесі ж вони спостерігаються майже щорічно. Тропічні ночі шкідливо діють на людину, викликаючи безсоння, порушення кровообігу, теплові удари.

2.2.4 Потреба в прохолоді

При жаркій і задушливій погоді, природно, виникає потреба в прохолоді (ПП). Умови нульової потреби в прохолоді створюються тоді, коли еквівалентна температура $ET = 55^\circ\text{C}$. У випадку, якщо $ET > 55^\circ\text{C}$, потребу в прохолоді (у балах) можна розрахувати по формулі

$$ПП = (ET - 55) \cdot 0.24, \quad (2.12)$$

$$ET = t + 1.57 e.$$

Найбільша потреба в прохолоді, яка дорівнює 7.5 бала, характерна для Каліфорнійської затоки, низов'їв ріки Амазонки, Червоного моря, узбереж Сомалі, Перської затоки. Потреба в прохолоді, що становить 10 балів, здобута для узбереж Бенгальської затоки і Південно-Китайського моря.

2.2.5 Показники дискомфорту

Вплив температури і вологості повітря, температури і швидкості вітру на тепловідчуття людини можна виразити через показники дискомфорту.

Для території України Л.З. Прох запропонував номограму комфорту (рисунок 2.5). Знаючи середні місячні значення температури і відносної вологості повітря, можна оцінити період комфортності протягом року.

Дуже впливає на охолодження організму людини швидкість вітру. Оскільки вітер викликає додаткове охолодження, при низькій температурі підвищення швидкості вітру збільшує дискомфортність. Для розрахунку охолоджень з урахуванням швидкості вітру Сиволл запропонував емпіричну формулу

$$C_w = (0.21 + 0.17 v^{0.62}) (98 - t). \quad (2.13)$$

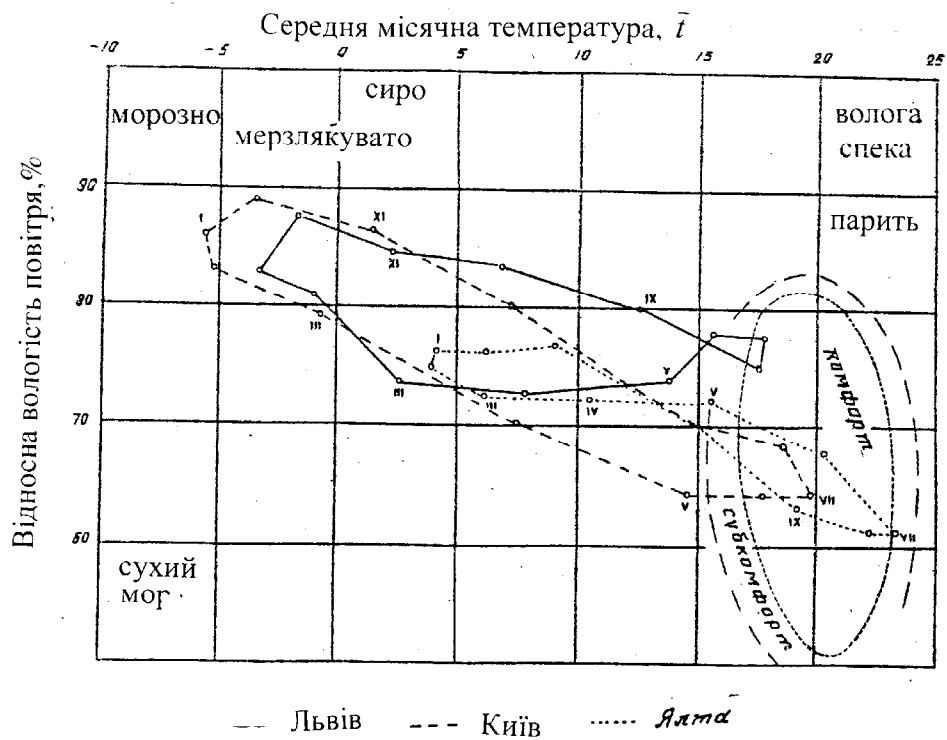


Рисунок 2.5 – Номограма комфорту

Температурно-вологісний режим літнього періоду можна визначити по номограмі, наданій на рисунку 2.6.

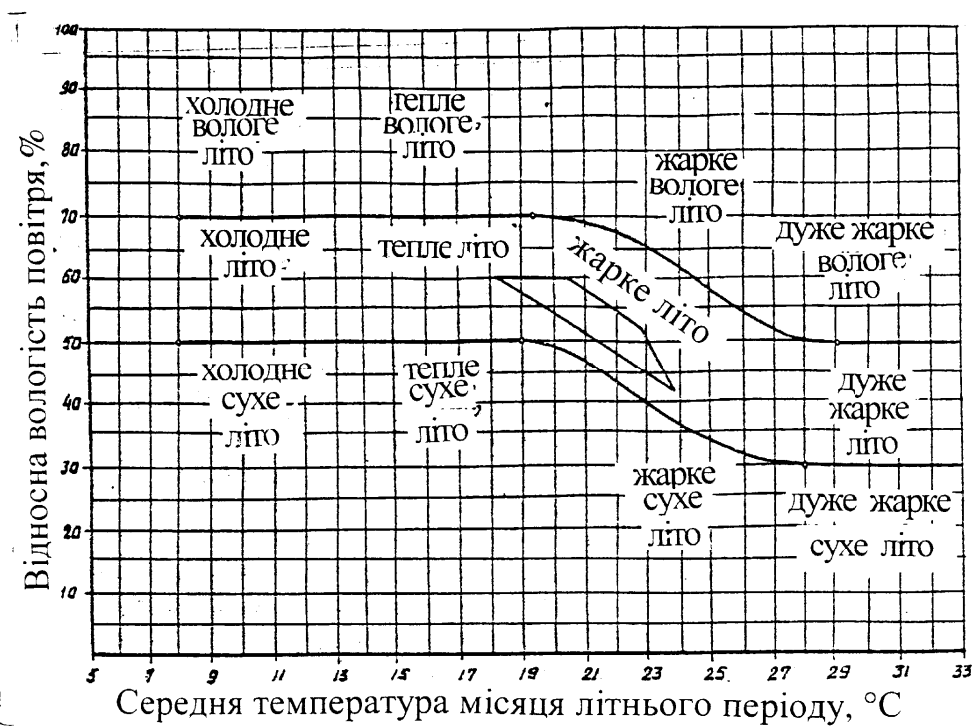


Рисунок 2.6 – Номограма температурно-вологісного режиму в літній період

При $C_W < 20$ відчувається дискомфорт. Якщо $C_W = 7$ працююча людина дістає тепловий удар. У стані спокою тепловий удар настає при $C_W = 1$.

2.2.6 Показники суворості погоди

Одним з найчастіше використовуваних методів оцінки суворості погоди в зимовий сезон є метод Бодмана. Ступінь суворості (жорсткості) погоди S у балах він запропонував визначати за наступною формулою:

$$S = (1 - 0.04t)(1 + 0.272v). \quad (2.14)$$

За одиницю прийняті умови при $t = 0^\circ\text{C}$ і штилі. Згідно з формулою Бодмана взимку в центрі Якутії погода менш сувора, ніж у північних районах, де температура помітно вища. Розходження в суворості сягає двох балів.

Класифікація суворості зим виконується за наступними градаціями суворості:

S	характеристика зими
< 1.0	несувора, м'яка
$1.0 - 2.0$	малосувора
$2.1 - 3.0$	помірно-сувора
$3.1 - 4.0$	сувора
$4.1 - 5.0$	дуже сувора
$5.1 - 6.0$	жорстко сувора
> 6.0	українська сувора

Основний недолік даного методу полягає в тому, що він не обґрунтований фізіологічно і не відбиває реакції організму людини на різні сполучення температурно-вітрового режиму.

Надалі формула Бодмана була уточнена І.М. Осокінім. Він увів три поправочних коефіцієнти і трохи змінив константи перед температурою повітря і швидкістю вітру:

$$S = (1 - 0.006t)(1 + 0.20v)(1 + 0.006H)K_B A_C, \quad (2.15)$$

де

H – висота над рівнем моря, м;

K_B – коефіцієнт, який враховує вплив відносної вологості на суворість погоди;

A_C – коефіцієнт, який враховує вплив добової амплітуди температури

повітря на суворість погоди.

Значення поправкових коефіцієнтів K_B і A_C по І.М. Осокіну надано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення поправкових коефіцієнтів K_B і A_C

Відносна вологість, %	K_B	Добова амплітуда, °C	A_C
до 60	0,9	$\leq 4,0$	0,85
61 – 70	0,95	4,1 – 6,0	0,90
71 – 80	1,00	6,1 – 8,0	0,95
81 – 90	1,05	8,1 – 10,0	1,00
> 90	1,10	10,1 – 12,0	1,05
		12,1 – 14,0	1,10
		14,1 – 16,0	1,15
		16,1 – 18,0	1,20
		> 18,0	1,25

Для класифікації суворості зим прийняті наступні градації суворості:

- $S < 1,0$ – зима несувора, м'яка;
- $S = 1,0 - 2,0$ – малосувора;
- $S = 2,1 - 3,0$ – помірно-сувора;
- $S = 3,1 - 4,0$ – сувора;
- $S = 4,1 - 5,0$ – дуже сувора;
- $S = 5,1 - 7,0$ – жорстко-сувора;
- $S > 7,0$ – вкрай сувора.

Слід зазначити, що це уточнення не є вдалим. Наприклад, відповідно до розрахунків за формулою Осокіна, Москва і Кисловодськ характеризуються однаковим помірно-суворим зимовим кліматом, що зовсім не відповідає дійсності.

Вплив від'ємних температур повітря і швидкості вітру на тепловий стан оцінюється також за допомогою вітро-холодового індексу Сайпла, що розраховується за наступною формулою:

$$W = (9.0 + 10.9 \sqrt{v} - v) (33 - t), \quad (2.16)$$

v – швидкість вітру на висоті 2,0 м; м/с;

W – вітро-холодовий індекс, ккал/(м²·год).

Оцінка тепловідчуття проводиться за наступною шкалою: 600 ккал/(м² · год) – прохолодно; 800 – холодно; 1000 – дуже холодно; 1200 – жорстко холодно; 2500 – нестерпно холодно.

Вітро-холодовий індекс Сайпла краще, ніж попередні показники, відбиває відчуття холоду, що зазнає людина, хоча і він не має серйозного наукового обґрунтування.

І.І. Арнольдї в результаті експедиційних досліджень у ряді районів Крайньої Півночі запропонував свій коефіцієнт жорсткості погоди T . Відповідно до нього, збільшення швидкості вітру на 1 м/с умовно прирівнюється до зниження температури повітря на 2°C

$$T = t - 2v. \quad (2.17)$$

І.І. Арнольдї встановив чіткий зв'язок між збільшенням жорсткості погоди і зниженням температури шкіри щоби в людей, що працюють на відкритому повітрі узимку. Відповідно до наведеної формули, погода, оцінювана в 30 балів жорсткості, обмежує перебування і проведення робіт на відкритому повітрі, а в 45 балів – робить його неприпустимим.

В.І. Русанов, аналізуючи існуючі показники суворості погоди, відзначає практичну цінність застосування коефіцієнта Арнольдї, оскільки стійкість людини до впливу низьких температур у кінцевому рахунку визначається незахищеністю одягом частин тіла. При цьому він вважає, що залежність між швидкістю вітру і його охолоджувальною спроможністю підпорядковується не лінійному закону, як це впливає з методу Арнольдї, а параболічному, тобто холодове навантаження на людину істотно збільшується при швидкості вітру до 5 м/с і повільнішає при великих швидкостях.

Увівши виправлення на нелінійність впливу швидкості вітру на охолодження людини, величину, що характеризує ступінь суворості погоди, В.І. Русанов назвав умовною температурою і використовував її в класифікації погоди моменту для медико-географічної оцінки клімату в холодну пору року.

Для оцінки впливу погоди на людину в зимовий сезон використовується метод і *приведених температур*, запропонований В.Н. Адаменко і К.Ш. Хайрулліним. Під приведеними температурами вони розуміють температуру повітря при штилі. Цей метод дозволяє оцінити ступінь дискомфорту за формулою

$$t_{np} = t - 8.2 \sqrt{v}, \quad (2.18)$$

де t_{np} – приведена температура, °C.

При розрахунку приведеної температури, крім швидкості вітру, може бути врахована і сонячна радіація, що зм'якшує ступінь дискомфорту

$$t_{np} = t - 8.2 \sqrt{v} + \frac{R_0}{\kappa}, \quad (2.19)$$

де R_0 – радіаційний баланс поверхні тіла людини, Дж/см²;

$$\kappa = 0.04 + 0.01 \sqrt[3]{e^v} \frac{\text{Дж}}{\text{см}^2 \cdot ^\circ\text{C}}.$$

К.Ш. Хайруллін вважає, що відчутний результат радіаційна добавка дає лише в ті місяці, коли висота сонця опівдні становить 15° і більше.

Ця методика дозволяє оцінити можливість виконання різного виду робіт або просто перебування на відкритому повітрі в зимовий період. Автори даного методу запропонували граничне значення приведеної температури за ступенем несприятливого впливу на тепловий режим людини:

- $t_{np} > -17^\circ\text{C}$ – ніяких обмежень для перебування людей на відкритому повітрі;
- $t_{np} < -17^\circ\text{C}$ – часткове обмеження перебування на відкритому повітрі тільки ослаблених людей або людей з розладом серцево-судинної системи;
- $t_{np} < -28^\circ\text{C}$ – умови слабого дискомфорту; при перебуванні на відкритому повітрі в русі або на роботі необхідний 10 – 15-хвилинний обігрів у теплом приміщенні через кожні 40 – 50 хвилин;
- $t_{np} < -38^\circ\text{C}$ – умови жорсткого дискомфорту, при якому можливе обмороження обличчя навіть з короткочасною появою на вулиці; потрібно скоротити час перебування на відкритому повітрі або робочий час на 30% проти звичайного;
- $t_{np} < -42^\circ\text{C}$ – умови жорсткого дискомфорту, коли необхідне повне припинення перебування і виконання будь-якої роботи на повітрі.

Серед усіх розглянутих показників, що характеризують біоклімат холодної пори року, у практиці курортології і містобудування найбільш розповсюдженим є метод Бодмана, хоча в багатьох роботах указувалося на його недосконалість і явну необґрунтованість стосовно до людини.

Для оцінки тепловідчуття людини в зимових умовах, і особливо в районах з континентальним кліматом, можна використовувати умовні температури, запропоновані І.І. Арнольд і В.І. Русановим, і приведені температури, запропоновані В.Н. Адаменко і К.Ш. Хайруллінім.

2.3 Деякі показники стану атмосфери та їхній вплив на людину

2.3.1 Парціальна густина кисню

Дія атмосферних факторів на організм людини не обмежується тільки радіаційно-тепловим впливом, а більш складна і багатогранна.

Численні медико-біологічні дані свідчать про пряму залежність кисневої забезпеченості організму від синоптичних і метеорологічних умов, тобто вміст кисню в повітрі на рівнинах не є сталим. У зв'язку з цим В.Ф. Овчаровою запропоновано параметр кисню, що міститься в повітрі, - парціальна густина кисню, який можна розрахувати по відомій формулі Клапейрона

$$\rho_{O_2} = 0,232 \cdot \frac{P - e}{RT}, \quad (2.20)$$

де

R – газова стала сухого повітря;

T – абсолютна температура повітря.

З аналізу формули (2.20) видно, що зростання тиску при незмінній температурі призводить до росту парціальної густини кисню. При низькому тиску і зростанні температури відбувається зменшення парціальної густини кисню. Отже, при антициклональній погоді узимку парціальна густина кисню в повітрі найбільша, а при циклонічній – найменша. При проходженні холодного фронту через зниження температури повітря парціальна густина кисню в ньому буде зростати, а при проходженні теплого фронту при цьому ж тиску – навпаки, знижуватися.

Природно, при одній і тій же парціальній густині кисню, що виникає в одному випадку в період її зростання, а в іншому – при його зниженні, тобто при різній тенденції ходу парціальної густини кисню в атмосферному повітрі, самопочуття хворих, а також фізіологічні реакції, будуть різними.

Добовий хід парціальної густини кисню (рис. 2.7) є простим з одним максимумом у 02 – 04 години і мінімумом у 12 – 13 годин. Характер такого ходу зберігається в усі сезони в різних кліматогеографічних регіонах.

Погодна гіпоксія спостерігається при встановленні області зниженого атмосферного тиску (циклони, улоговини) і при проходженні теплого атмосферного фронту, погодна гіпероксія – при встановленні області підвищеного атмосферного тиску (антициклони, гребені) і при проходженні холодного атмосферного фронту. У залежності від основних метеорологічних величин (температури або тиску) можуть формуватися гіпотермічна чи гіпербарична гіпероксія і гіпертермічна чи гіпобарична гіпоксія.

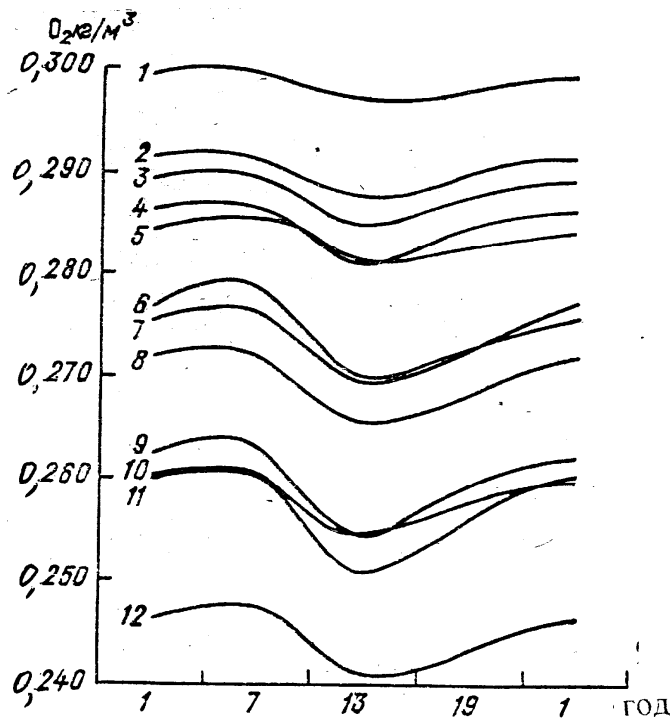


Рисунок 2.7 – Добовий хід парціальної густини кисню в повітрі.
Жовтень, 1965 р.

1 – Москва, 2 – Рига, 3 – Фрунзе, 4 – Сочі, 5 – Владивосток,
6 – Байрам-Алі, 7 – Тбілісі, 8 – Ташкент, 9 – Алта-Трійцька
копальня, 10 – Душанбе, 11 – Єрewan, 12 – Ленінакан

Вміст кисню в повітрі від 0,280 до 0,300 кг/м³ вважається комфортним, при такому вмісті кисню в повітрі людина відчуває себе дуже добре.

Зменшення вмісту кисню до 0,200 – 0,230 кг/м³ вважається критичним, при такому вмісті його людина відчуває кисневе голодування.

При значеннях парціальної густини кисню менш критичного настають незворотні структурні зміни, тому що для нормального ходу біологічних процесів велике значення має не тільки забезпечення киснем, але і забезпечення живильними речовинами і звільнення тканин від продуктів обміну.

При формуванні вираженої погодної гіпоксії на рівнині виявлено:

- порушення коркової нейродинаміки, перевага тону су симпатичного відділу вегетативної нервової системи;
- порушення водно-електролітного обміну і кислотно-основного стану;
- зменшення коефіцієнта використання кисню в легенях.

Парціальну густину кисню можна визначити і по номограмі (рис. 2.8) у залежності від тиску, парціальної густини кисню і температури повітря.

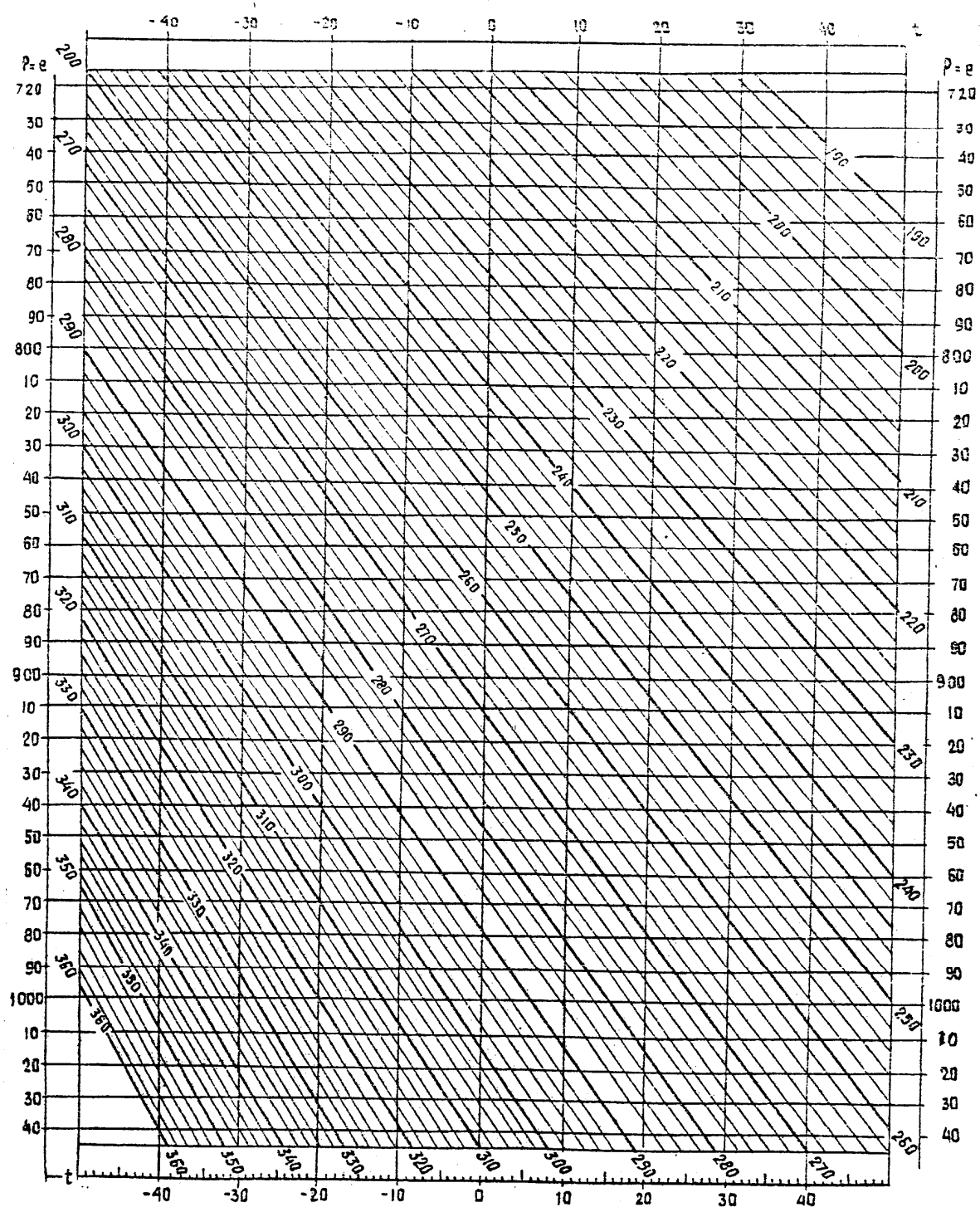


Рисунок 2.8 – Номограма для визначення парціальної густини кисню

Дані про парціальну густину кисню і його мінливості можуть доповнювати медичну оцінку погоди, уточнюючи її характер з метою визначення сприятливого і несприятливого кліматолікування.

2.3.2 Концентрація приземного озону

Відомо, що озон до тропосфери попадає, в першу чергу, через розриви тропопаузи у випадках коливань висоти тропопаузи.

Оскільки біля поверхні землі відбувається дуже активне руйнування озону, спостереження за його концентрацією у приземному шарі важливі для вивчення всієї проблеми озону. А згідно з теорією Юнга, яка стверджує, що зі зменшенням стратосферного озону зростає його концентрація в тропосфері і приземному шарі, озон стає пріоритетним об'єктом фонових екологічних моніторингу. Крім того, треба ще врахувати, що озон, за умови його високої концентрації, є дуже токсичним для всього живого і має великі окислювальні властивості.

Річний хід приземного озону простий, він має максимум влітку, а мінімум – взимку. За даними спостережень Карадагської обсерваторії в 1998 р. максимум приземного озону спостерігався в червні (62 млрд ⁻¹), а мінімум - в січні (9 млрд ⁻¹). Річний хід приземного озону з максимумом влітку є типовим для помірного поясу. Очевидно, цей максимум є наслідком „хвилі” озону, що поширюється зверху зі стратосфери. Згідно з А. Мані тропосфера являє собою якби добре перемішуваний вторинний резервуар озону, особливо влітку. Взимку, за умови стійкої стратифікації, концентрація озону біля землі стає малою.

У таблиці 2.3 наведено екстремальні значення концентрації приземного озону в 1998 р. (дата і час, коли вони спостерігались).

Таблиця 2.3 – Екстремальні значення концентрації озону, млрд ⁻¹

Місяці	Макс.	Дата і час спостереж.	Мін.	Дата і час спостереж.
1	17	5.01 ; 6.00	4	11.01 ; 9.00
2	26	25.02 ; 10.00	5	23.02 ; 7.00
3	51	5.03 ; 19.00	8	19.03 ; 7.00
4	70	15.04 ; 11.00	6	29.04 ; 17.00
5	45	9.05 ; 17.00	5	13.05 ; 17.00
6	148	21.06 ; 11.00	13	3.06 ; 11.00
7	146	1.07 ; 17.00	10	10.07 ; 23.00
8	141	6.08 ; 20.00	9	11.08 ; 8.00
9	81	20.09 ; 11.00	3	4.09 ; 11.00
10	88	13.10 ; 11.00	3	1.10 ; 20.00
11	80	3.11 ; 14.00	2	19.11 ; 8.00
12	28	12.12 ; 14.00	2	10.12 ; 8.00

З табл. 2.3 видно, що абсолютна амплітуда приземного шару у 1998р. становила 53 млрд $^{-1}$. Велика мінливість приземного озону пов'язана з локальними процесами, що відбуваються в приземному шарі даного району. Про це може свідчити аналіз добового ходу приземного озону. Як видно з таблиці, майже у всіх випадках мінімальні значення приземного озону були зареєстровані вранці, рідше увечері і ніколи мінімум не відмічався вдень. Вночі руйнування озону відбувається за рахунок окислювальних процесів. Максимум концентрації приземного озону спостерігається переважно в світлі часи доби, коли активізується конвективний і турбулентний обмін. О.С. Брітаєв, який вивчав приземний озон у Довгопрудному, виявив, що низхідні рухи повітря в нижній тропосфері супроводжуються зростанням кількості приземного озону. Проходження холодного фронту в 60% випадків також визиває зростання приземного озону, тоді як однозначного зв'язку з теплим фронтом не виявилось.

Особливу роль в коливаннях приземної концентрації озону можуть мати місцеві вітри. Так, за спостереженнями обсерваторії Мауна-Лоа (Гавайські острови), що розташована в горах, максимум приземного озону настає рано-вранці, коли низхідний потік склонового вітру найбільш сильний.

Можливо, що в приземному шарі атмосфери виявляється також безпосередній вплив сонячної радіації на озон. Так, наприклад, Риппертон, котрий вивчав добовий хід озону в Чепел-Хіллі (США), висунув гіпотезу про деяких „попередників” озону, що містяться в приземному повітрі і утворюють озон під впливом ультрафіолетової сонячної радіації.

Якщо раніше вважалось, що озон шкідливо впливає на людину, то результати останніх досліджень дозволяють розглядати його як важливий біологічний чинник, який має високу лікувальну цінність при низці захворювань.

2.3.3 Характеристики атмосферної електрики

Землю в цілому можна вважати гігантським електричним конденсатором, обкладками якого є її поверхня і атмосфера, переважно іоносфера. Носіями заряду в атмосфері є іонізовані молекули її газів. Різниця потенціалів між обкладками цього конденсатора становить в середньому 400 тис. вольт (В). При цьому поверхня Землі заряджена в цілому негативно, а атмосфера – позитивно.

Електричний стан атмосфери характеризується наступними параметрами:

- градієнтом потенціалу (напруженість) електричного поля,
- іонізацією,
- електричною провідністю повітря.

Напруженість електричного поля біля поверхні Землі становить в ясну погоду 150 – 200 В/м. Але локально можуть виникати суттєві змінювання електричного поля Землі аж до зміни його знака. Це пов'язано зі станом іонізації атмосфери, хмарністю, грозовою активністю. У передгрозовому стані напруженість електричного поля може сягати 100 кВ/м, що призводить до електричного пробою атмосфери (блискавка), який супроводжується електромагнітними коливаннями радіочастотного діапазону (атмосферіки).

Серед атмосферних газів негативну полярність набувають, зазвичай, молекули і атоми кисню, позитивну – вуглекислий газ, хмари в залежності від умов їхнього виникнення можуть бути заряджені як позитивно, так і негативно. У зв'язку з цим при проходженні хмари електричне поле локально може протягом декількох хвилин дуже сильно змінитись в тому числі зі зміною його знака, наприклад, з +1200 до -4000 В/м.

У помірних широтах північної півкулі спостерігається простий річний хід градієнта потенціалу з максимумом узимку і мінімумом улітку.

Електрична провідність повітря визначається, перш за все, рухливими легкими аероіонами, що являють собою комплекс з декількох десятків молекул газу, які несуть один елементарний заряд. Важкі аероіони – значно більші за розміром і менш рухливі електрично заряджені частинки: мікрокраплі води, мікропилинки і т. ін. Завдяки наявності градієнта потенціалу між поверхнею Землі і атмосферою, виникає вертикальний рух іонів, який утворює вертикальний тік провідності. При цьому позитивно заряджені іони рухаються до Землі, негативно заряджені – від неї.

Відношення числа позитивно заряджених аероіонів n^+ до числа негативних n^- називається *коефіцієнтом уніполярності повітря*.

Коефіцієнт уніполярності у всіх кліматогеографічних зонах, крім гір, > 1 (1.2 – 1.5), тобто переважають позитивні аероіони. Вважається, що ця зарядова асиметрія утворюється вертикальним током провідності, завдяки якому позитивні аероіони концентруються в нижніх шарах атмосфери, а негативні – в верхніх.

Відмічається добова і сезонна періодичність стану атмосферної електрики. Градієнт потенціалу і вертикальний тік провідності мінімальні влітку і максимальні взимку, аеронізація максимальна в кінці літа і на початку осені, мінімальна – в кінці зими і на початку весни. Добовий хід градієнта потенціалу має два максимуми (8 – 10 і 19 – 23 години місцевого часу) та два мінімуми (2 – 5 і 16 – 18 годин). Закономірний хід добових змінювань може порушуватись при зміні повітряних мас.

Річний і добовий хід електричної провідності повітря в основному протилежний ходу градієнта потенціалу.

Для кожної місцевості характерний свій іонізаційний режим повітря (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Середні концентрації легких аероіонів і коефіцієнт уніполярності в різних пунктах

Пункт спостереження	n^+	n^-	n^+ / n^-
Кисловодськ	555	469	1,18
Москва	710	625	1,12
Санкт Петербург	600	570	1,05
Алма-Ати	740	590	1,17
Ялта	700	683	1,03
Сочі	748	788	0,93
Анапа	780	685	1,12

Добовий і річний хід іонізаційного стану повітря визначається сукупністю багатьох фізичних факторів ґрунту й атмосферних процесів, що призводять як до утворення аероіонів, так і до їхнього знищення (рекомбінації).

Концентрація легких аероіонів з висотою збільшується. Максимум концентрації легких аероіонів у добовому ході в більшості пунктів виникає в пізні нічні або ранні ранкові години, що пов'язано з чистотою повітря.

У вологому і забрудненому пилом і димом повітрі кількість важких аероіонів зростає, досягаючи максимуму в денні години і таким чином коефіцієнт уніполярності повітря є показником ступеня забруднення повітря.

Поблизу гірських рік, водоспадів, фонтанів із прісною водою і т.ін., де відбувається розбризкування води, виникає підвищена іонізація повітря з різкою перевагою негативних аероіонів, концентрація яких досягає декількох десятків тисяч у 1 см³ повітря. Процес утворення аероіонів при розбризкуванні води широко використовується для штучного одержання негативних аероіонів, використовуваних з лікувально-профілактичною метою.

При розбризкуванні морської води повітря на березі насичується переважно позитивними аероіонами. У Криму на пляжах поблизу прибою при хвилюванні моря в 3 бали концентрація позитивних аероіонів у середньому дорівнює 1200, а негативних – 700 у 1 см³ повітря (коефіцієнт уніполярності – 1.73).

У даний час лікарі і біологи надають великого значення фізіологічній дії аероіонів. Для лікування деяких хвороб (бронхіальної астми, гіпертонії й ін.) з успіхом застосовується метод аеронізації.

2.3.4 Напруженість магнітного поля Землі

Земля є не тільки гігантським конденсатором, але і гігантським магнітом, полюси якого розташовані поблизу її географічних полюсів. Горизонтальна складова напруженості магнітного поля Землі має

максимум біля екватора (0.3 – 0.4 Е, вертикальна – біля полюсів (0.6 – 0.7 Е). Основна частина магнітного поля зумовлена процесами в земному ядрі, де течуть електричні струми, що утворюють магнітне поле. Друга його частина утворюється магнітним полем земної кори. Періодичні коливання напруженості магнітного поля пов'язані з рухом Землі і Місяця навкруги своєї осі (сонячнодобові і місячнодобові коливання), які максимальні на екваторі та в помірних широтах і сягають 0.001 Е. Магнітні бурі, зазвичай, пов'язані зі збільшенням сонячної активності і вторгненням в магнітосферу Землі корпускулярного випромінювання. Геомагнітні бурі охоплюють всю Землю і продовжуються декілька діб. По інтенсивності вони поділяються на малі (до 0.0005 Е), помірні (до 0.001 Е), великі (0.001 – 0.002 Е) і дуже великі (> 0.002 Е). Невеликі змінювання магнітного поля, що охоплюють лише частину магнітосфери, називають геомагнітними збурюваннями.

3 Тепловий баланс тіла людини і його здоров'я

3.1 Поняття теплового балансу тіла людини

Між людиною і навколишнім середовищем відбувається постійний теплообмін. Організм людини, як відомо, являє собою складну термодинамічну систему, що відрізняється високою стабільністю температури внутрішніх частин тіла при можливих значних коливаннях інтенсивності теплообміну між тілом і зовнішнім середовищем. У переважної більшості людей температура тіла становить $36.6...36.8^{\circ}\text{C}$. При цьому температура периферичних тканин у залежності від метеорологічних умов може змінюватися в значних межах. Для збереження ізотермічного стану необхідно, щоб надходження і витрати тепла з поверхні тіла були рівні між собою.

Основним джерелом тепла для організму людини є енергія, що утворюється в ньому в процесі хімічних реакцій біологічного окислювання. Окислюванню в клітках організму піддаються живильні речовини – жири, білки і вуглеводи. Ці перетворення закінчуються утворенням води, вуглекислого газу і звільненням теплової енергії. Виділення тепла в організмі, що зумовлено окисними процесами, які відбуваються в організмі, називають *теплопродукцією*. Інтенсивність теплопродукції постійно змінюється. Для людини, яка стоїть, і знаходиться в стані спокою, виділення тепла вважається таким, що дорівнює 93 Вт. Під час ходьби теплопродукція збільшується в 2 – 4 рази, а при дуже напруженій роботі – у 7 – 10 разів. Якщо прийняти теплопродукцію людини в спокої за одиницю, то зміни її при різному фізичному навантаженні такі:

фізичне навантаження	теплопродукція
спокій	1
легка робота	1.5
робота середньої важкості	2.5 – 3.0.

У горах вище 3000 – 4000 м теплопродукція збільшується на 8 – 13% внаслідок посилення активності дихальних м'язів.

У природних умовах іншим джерелом тепла для організму людини є енергія сонячної радіації.

Тепло, що утворюється в організмі, переноситься кров'ю по кровоносних судинах до шкіри і слизоватих оболонок, а також витрачається з видихуванням повітрям. Теплообмінні функції організму забезпечують динамічне співвідношення процесів теплотворення і тепловіддачі в залежності від конкретних метеорологічних умов середовища.

Передача тепла в зовнішнє середовище з поверхні тіла відбувається шляхом турбулентної дифузії теплового випромінювання і випаровування вологи. При температурі повітря, що дорівнює температурі поверхні тіла, тепловіддача турбулентним шляхом і випромінюванням відсутня, а тепловіддача здійснюється лише шляхом випаровування поту. Коли температура навколишнього середовища нижча, ніж температура поверхні тіла, швидкість вітру збільшує тепловтрати турбулентним шляхом і випаровуванням. При високих температурах повітря великі швидкості вітру не завжди сприяють посиленню тепловтрат організму, іноді це призводить до збільшення теплового навантаження. З підвищенням температури помітно зростає вплив вологості повітря. Збільшення вологості повітря зменшує фізіологічний дефіцит насичення і тим самим обмежує тепловтрати випаровуванням. Аналогічна роль вологості при знижених температурах повітря значно менша. У той же час при низьких температурах повітря підвищена вологість збільшує тепловтрати організму в результаті інтенсивного поглинання водяною парою енергії довгохвильового випромінювання з поверхні тіла людини. Однак більше зростання тепловтрат відбувається при безпосередньому зволоженні тіла й одягу.

При теплообміні організму, як вже згадувалося, мають місце і тепловтрати через органи дихання, що відбуваються за рахунок нагрівання вдихуваного повітря і випаровування з поверхні дихальних шляхів. Зростання тепловтрат тим більше, чим нижче температура вдихуваного повітря і чим більше фізіологічний дефіцит насичення водяною парою навколишнього повітря і повітря, що міститься в легенях і дихальних шляхах, а також чим більше обсяг легеневої вентиляції. Ступінь

спроможності кондиціювання органів дихання визначають по температурі і вологості видихуваного повітря і життєвої ємності легенів.

При різних метеорологічних умовах в організмі людини виникають зміни функцій ряду систем і органів, що приймають участь у терморегуляції – у системі кровообігу, нервової і потовіддільної. Інтегральним показником теплового стану організму людини в тих чи інших метеорологічних умовах може бути температура тіла. Про ступінь напруження терморегуляторних функцій і його тепловий стан можна судити також по зміні температури шкіри і тепловому балансу.

Тепловий баланс тіла людини визначається впливом комплексу метеорологічних і фізіологічних факторів, а також теплозахисних властивостей одягу і фізичного навантаження.

До фізіологічних факторів теплового балансу людини відносять теплопродукцію, температуру шкіри і характеристику умов зволоження поверхні шкіри.

Тепловий стан людини характеризується середнім зваженим значенням температури шкіри, визначеним для основних частин тіла з урахуванням їх площі.

Співвідношення між суб'єктивними оцінками тепловідчуття людини і середньою температурою шкіри такі:

температура шкіри, °С	тепловідчуття
27,8 – 28,8	холодно
28,9 – 29,9	дуже прохолодно
30,0 – 32,1	прохолодно
32,2 – 33,2	комфорт
33,3 – 34,2	тепло
34,3 – 35,5	жарко
> 35,5	дуже жарко.

Умови випаровування характеризуються ступенем зволоження шкіри. У звичайних умовах приблизно 10% поверхні шкіри вологі. У жарких умовах уся поверхня шкіри волога. Умови зволоження шкіри функціонально пов'язані з температурою шкіри.

Роль одягу полягає в зниженні втрати тепла з поверхні тіла і захисту її від надмірного впливу сонячної радіації. Теплозахисні властивості одягу не залежать від природи волокна тканин. Вони визначаються кількістю інертного повітря, що міститься між волокнами тканин.

Оцінка теплопровідних властивостей одягу може бути виконана за допомогою вимірів або розрахунку коефіцієнта, що характеризує дифузію тепла в одязі.

У біокліматичних дослідженнях показників теплоізоляційних властивостей одягу прийнята одиниця КЛО. Термін КЛО відповідає трьом початковим буквам англійського слова *clothing* – одяг. Величина КЛО відповідає теплоізоляції, що створюється звичайним одягом, який носять працівники розумової праці у приміщенні в умовах теплового комфорту при температурі повітря 18°C, а також при середній зваженій температурі шкіри 33°C, і теплопродукції 93 Вт. Таку теплоізоляцію має комплект одягу, що складається з вовняного костюма і білизни. Фізична величина одиниці КЛО дорівнює 0,18 ккал/м²·град.

Оцінка теплозахисних властивостей деяких типів одягу в числах КЛО надана в таблиці 3.1.

За допомогою одягу, теплоізоляція якої компенсує велику частину тепловтрат, дія низьких температур навколишнього середовища значно знижується.

Таблиця 3.1 – Значення чисел КЛО для різних типів одягу

Число КЛО	Тип одягу
0,5	літня легка
1,0	літня (комплект білизни і вовняний костюм)
1,5	літнє пальто
2,0 – 2,5	демісезонна
3,0 – 3,5	зимова
4,0 – 4,5	арктична
5,0 – 6,0	утеплена арктична

3.2 Рівняння теплового балансу тіла людини

Відомі різноманітні методи розрахунку теплового балансу тіла людини, однак найбільш обґрунтованими є два методи. Перший з них розроблений М.І. Будико і Г.В. Циценко, другий – Б.А. Айзенштатом. В основі їх лежить рівняння теплового балансу, складовими якого є метеорологічні, радіаційні і фізіологічні параметри.

В умовах стаціонарного режиму, коли температура тіла незначно змінюється за часом, витрата тепла з поверхні тіла дорівнює приходу у виді власної теплопродукції і сонячної радіації.

Рівняння теплового балансу тіла людини, що випливає з закону збереження енергії, можна представити в наступному виді:

$$R + q = LE_{\text{л}} + P + P_{\text{л}}, \quad (3.1)$$

де

R – радіаційний баланс поверхні тіла, Вт;

q – теплопродукція, Вт;

LE_d – витрати тепла на випаровування води з поверхні дихальних шляхів при диханні (L – теплота випаровування, при температурі шкіри 33°C $L = 2.4$ Дж/кг; E_d – швидкість випаровування в г/год); Вт;

P – турбулентний теплообмін між поверхнею тіла й атмосферним повітрям або конвекція, Вт;

P_d – теплообмін між поверхнею дихальних шляхів і повітрям при диханні, Вт.

Рівність тепловтрат і теплонадходжень, яка забезпечує баланс, може бути досягнута шляхом підбора відповідного одягу. Тому М.І. Будико і Г.В. Циценко ввели в дане рівняння для окремих складових коефіцієнти, що враховують вплив теплозахисних властивостей одягу на тепловий баланс людини.

Рівняння теплового балансу може бути розв’язане відносно середньої зваженої температури шкіри, яка є гарним показником теплового стану людини, особливо в інтервалі температур $27 - 37^\circ\text{C}$, або теплозахисних властивостей одягу, що забезпечує тепловий комфорт (збереження середньої зваженої температури шкіри в межах $31 - 33^\circ\text{C}$) за конкретних метеорологічних умов і при заданому рівні фізичного навантаження.

Для практичного використання методу теплового балансу Г.В.Циценко побудувала номограми, що дозволяють визначати теплозахисні властивості одягу в залежності від температури повітря, сонячної радіації і швидкості вітру (рис. 3.1). Визначення теплоізоляції одягу в одиницях КЛО за допомогою номограми виконується таким чином. Наприклад, температура повітря t дорівнює 10°C , інтенсивність сонячної радіації – $0,6$ кал/см² хв, швидкість вітру – 5 м/с). По шкалі, що відповідає $0,6$ кал/см²хв, знаходиться значення $t = 10^\circ\text{C}$. Ця точка на рис. 3.1 позначена буквою A . Для визначення теплоізоляції одягу з точки A опускається перпендикуляр до перетинання зі шкалою вітру (точка B), потім треба зміститися вправо на кількість поділок, що дорівнює швидкості вітру (на 5 поділок), тобто переходимо в точку C . Нормаль, що проведена з точки C на шкалу КЛО, показує значення теплоізоляції одягу при заданих значеннях метеорологічних величин (у наведеному прикладі теплоізоляція одягу дорівнює $2,4 - 2,5$ КЛО). Номограма дозволяє розв’язати обернену задачу: визначення кліматичного оптимуму з фіксованою теплоізоляцією.

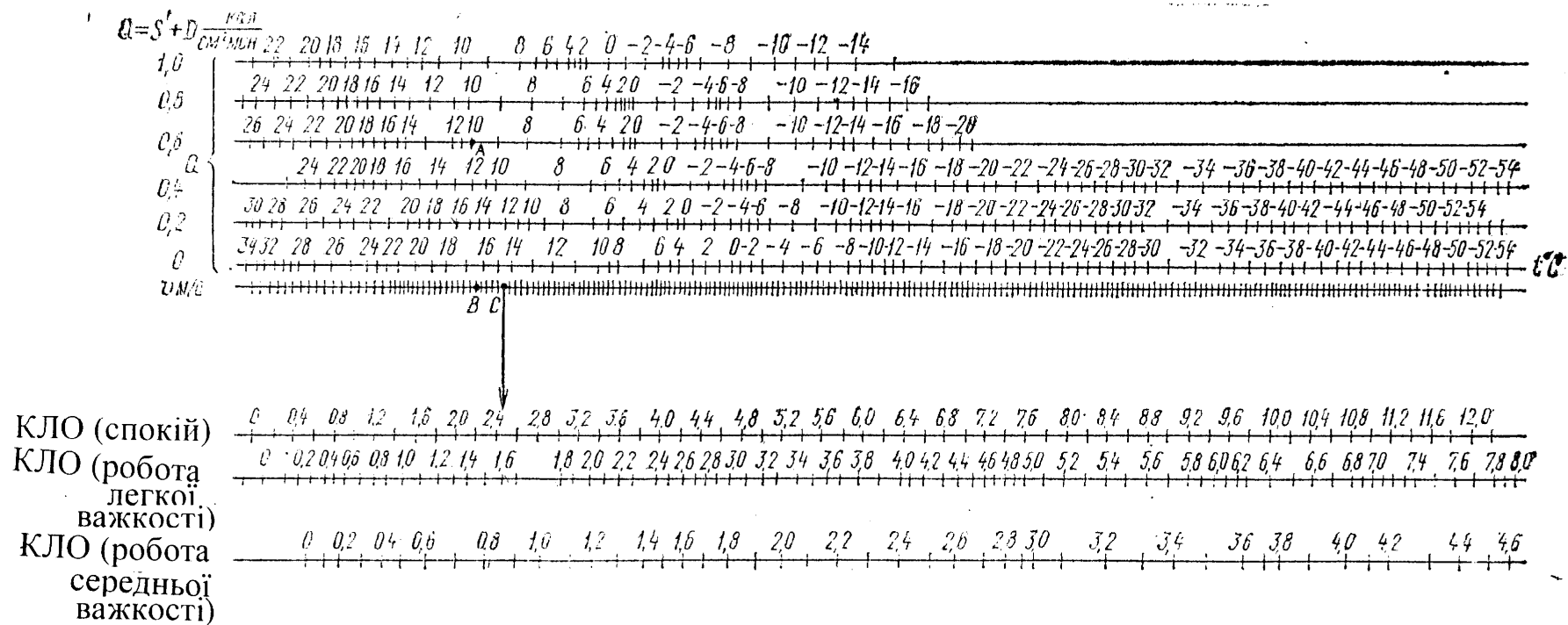


Рисунок 3.1 – Номограма для визначення характеристики теплозахисних властивостей одягу, що забезпечує тепловий комфорт

Найбільш надійні результати можна очікувати при використанні рівняння для розрахунку теплорегуляції одягу в області комфортних температур. У випадку підвищеної або зниженої температури повітря погрішність кінцевого результату буде зростати, оскільки наведене вище рівняння складене для середньої людини і розраховано для умов теплової рівноваги між організмом і зовнішнім середовищем.

Метод, запропонований Б. А. Айзенштатом, заснований на тому ж вихідному рівнянні теплового балансу, але як показник ступеня теплового навантаження на організм людини в умовах жаркого клімату прийнята величина вологовтрати випаровуванням поту або еквівалентна їй величина витрат тепла на випаровування поту. Розглянемо його докладніше.

$$FLE = FR + FP + P_{\text{л}} - LE_{\text{л}} + q, \quad (3.2)$$

де

F – площа поверхні тіла людини, $F \approx 1.5 \text{ м}^2$;

FLE – витрати тепла на випаровування поту, Вт;

FR – радіаційний баланс тіла людини, Вт;

FP – турбулентний теплообмін між тілом і навколишнім повітрям (конвекція), Вт.

Розрахувавши всі члени правої частини рівняння, можна знайти значення FLE . Знаючи FLE у Вт, легко знайти величину вологовтрати випаровуванням поту FE у г/год: $FE = FLE / L = FLE / 0.67$.

Згідно з рівнянням (3.2), члени FR , FP , $P_{\text{л}} > 0$, коли вони характеризують надходження тепла до організму, і < 0 при тепловіддачі; тепловтрати при випаровуванні FLE і $LE_{\text{л}}$, а також вологовтрати FE і $E_{\text{л}}$ варто вважати додатними.

Якщо надходження тепла до організму перевищує тепловтрати, то відбувається виділення поту ($FLE > 0$) і розширення периферичних судин, що супроводжується посиленням кровообігу з внутрішніми зонами організму, тобто відбувається терморегуляція в умовах нагрівання.

При охолодженні організму ($FLE < 0$) потовідділення практично припиняється, відбувається звуження периферичних судин, а значить і послаблення кровообігу з центральними зонами тіла, тобто терморегуляція в умовах охолодження.

Від'ємне значення FLE чисельно дорівнює тій кількості тепла, що організм повинний зберегти шляхом використання відповідного одягу або виділити за рахунок підвищення фізичної активності, щоб забезпечити стан теплового комфорту.

Отже, з рівняння (3.2) випливає, що витрата тепла на випаровування поту FLE дорівнює сумарному надходженню тепла до організму за рахунок впливу всіх зовнішніх факторів і теплопродукції. Отже, FLE (а

також і FE) є кількісною характеристикою теплового навантаження на організм.

Радіаційний баланс тіла людини FR складається з короткохвильового FR_k і довгохвильового FR_o балансів:

$$FR = FR_k + FR_o. \quad (3.3)$$

Вигляд формули FR_k залежить від прийнятої геометричної моделі тіла людини.

Для людини, що знаходиться у вертикальному положенні (геометрична модель – вертикальний циліндр, висота якого дорівнює шістьом діаметрам), FR_k (Вт) виражається формулою

$$FR_k = 0.5 F (1 - A_k) [S(0.6 \cos h + 0.08 \sin h) + D + r], \quad (3.4)$$

де

S – інтенсивність прямої сонячної радіації, що надходить на перпендикулярну до сонячних променів поверхню, Вт/м²,

D – інтенсивність розсіяної радіації, Вт/м²,

r – інтенсивність відбитої радіації, Вт/м²,

h – висота сонця над обрієм (°),

A_{sk} – альbedo шкіри людини (для середньопігментованої шкіри A_{sk} можна прийняти таким, що дорівнює 0.33).

Для людини, що знаходиться у зігнутому положенні (наприклад, що виконує деякі види монтажних чи сільськогосподарських робіт), доцільно користатися моделлю у формі кулі. Тоді FR_k (Вт) обчислюється по формулі

$$FR_k = 0.5 F (1 - A_{sk}) \left(\frac{S}{2} + D + r \right). \quad (3.5)$$

Довгохвильовий баланс FR_o (Вт) можна обчислити по спрощеній формулі для обох моделей:

$$FR_o = 0.5 F \beta (t_z + t_a - 2t_{sk}), \quad (3.6)$$

де

t_z – температура поверхні ґрунту (°C),

t_a – радіаційна температура атмосфери (°C),

t_{sk} – середня температура шкіри, яку можна прийняти такою, що дорівнює 33°C,

β – коефіцієнт, Вт/(м² · °C).

Радіаційна температура t_a визначається за допомогою номограми (рис. 3.2), побудованої для парціального тиску водяної пари $e = 12$ гПа і значень кількості хмар, виражених у балах. Якщо фактичний парціальний

тиск відрізняється від 12 гПа, то спочатку по рисунку 3.2 визначається t_{al} , а потім до здобутого значення вводиться поправка Δt_a (°C), що дорівнює

$$\Delta t_a = 0.6(e - 12). \quad (3.7)$$

Коефіцієнт β обчислюється по формулі

$$\beta = 0.014(t_e + t_a) + 5.37. \quad (3.8)$$

Величина FP (Вт) виражається формулою

$$FP = F \alpha (t - t_w) \sqrt{\frac{p}{p_0}}, \quad (3.9)$$

де

p – атмосферний тиск у даному пункті, гПа,

p_0 – атмосферний тиск, приведений до рівня моря, $p_0 = 1000$ гПа,

α – коефіцієнт теплообміну між тілом і повітря, Вт/(м²·°C).

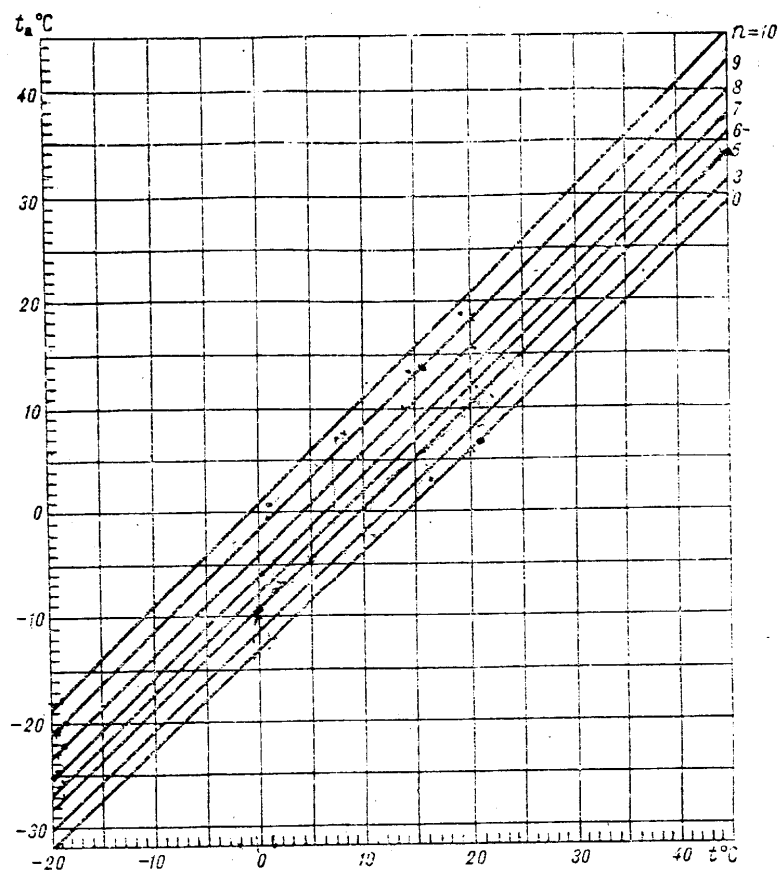


Рисунок 3.2 – Номограма для визначення t_a по температурі повітря t при парціальному тиску водяної пари $e = 12$ гПа (n – кількість хмарності у балах)

У залежності від швидкості вітру коефіцієнт α може приймати такі значення:

$v, \text{ м/с}$	0	0.5	1	2	3	4
$\alpha, \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{С)}$	3.49	9.42	12.91	18.49	23.24	27.36.

Величини P_l (Вт) і LE_l (Вт) виражаються формулами

$$P_l = 0.00002 W b (t - t_l), \quad (3.10)$$

$$LE_l = 0.029 W (e_l - e), \quad (3.11)$$

де

W – хвилинний обсяг подиху (л/хв), при спокої W – становить біля 8 л/хв;

t_l – температура видихуваного повітря, $t_l \approx 35^\circ\text{С}$;

e_l – тиск насичення водяної пари видихуваного повітря, $e_l = 56.3$ гПа;

e – парціальний тиск водяної пари.

Слід зазначити, що величина P_l дуже мала в порівнянні з іншими членами рівняння (3.2), LE_l трохи більша, ніж P_l , але також невелика, причому порівняно мало змінюється в добовому і річному ході.

Так, при змінюванні температури повітря від 40°С до -40°С P_l змінюється в межах від 0.8 до 11.9 Вт, а LE_l при змінюванні e від 1 до 30 гПа змінюється від 12.7 до 6.0 Вт.

3.3 Показник напруженості терморегуляторної системи

Додатковою характеристикою теплового стану людини може бути показник напруженості терморегуляторної системи M , що виражає відношення фактичного теплового навантаження FE до максимально можливого $FE_{\text{макс}}$ за тих же метеорологічних умов.

Фактор M (%) також характеризує відносну площу зволоження поверхні тіла потом

$$M = \frac{FE}{FE_{\text{макс}}} 100\%. \quad (3.12)$$

Величина $FE_{\text{макс}}$ (г/год) виражається формулою

$$FE_{\text{макс}} = 1.493 F \alpha_e (e_m - e), \quad (3.13)$$

де

α_e – коефіцієнт тепловіддачі шляхом випаровування, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{гПа)}$, що залежить від швидкості вітру ($\alpha_e \approx 1.5\alpha$);

e_l – тиск насичення водяної пари при температурі шкіри 33°С , $e_l = 50.4$ гПа.

При значенні показника $M > 50 - 60\%$ спостерігається виражене напруження терморегуляторних механізмів. При M , що наближується до 100% створюється загроза перегріву, теплового чи сонячного удару.

3.4 Шкала теплового стану людини

Для визначення ступеня теплового навантаження і напруженості терморегуляторної системи Б.А. Айзенштат склав шкалу теплового стану оголеної людини в стані спокою на відкритому повітрі (таблиця 3.2).

З табл.3.2 випливає, що оптимальному тепловому стану людини або умові її теплового комфорту відповідає значення FE у межах від 50 до 150 г/год, значення FLE у межах 34 – 100 Вт і значення M в межах 5 – 12%. Значення $M < 0$ не має фізичного сенсу. Виділеним градаціям теплового навантаження відповідають словесні характеристики. Словесні характеристики, які відносяться до режиму втрати тепла, носять трохи умовний характер, бо вважається, що тепловідчуття людини, одягненої відповідно до умов погоди, мало відрізняється від оптимального.

Таблиця 3.2 – Шкала теплового стану людини, що знаходиться на відкритому повітрі при м'язовому спокої

Тепловий стан	Тепловідчуття	Показник теплового стану			Вид одягу
		FE , г/год	FLE , Вт	M , %	
Втрата тепла					
дуже велика	дуже холодно	$< - 900$	$< - 606$	-	зимовий утеплений
велика	холодно	$- 900 \div - 551$	$- 606 \div - 371$	-	зимовий
помірна	помірно холодно	$- 550 \div - 201$	$- 370 \div - 136$	-	демісезонний
мала	прохолодно	$- 200 \div 49$	$- 135 \div 33$	-	костюм
оптимальний тепловий стан	тепловий комфорт	$50 \div 150$	$34 \div 100$	$5 \div 12$	
Теплове навантаження					
мале	тепло	$151 \div 300$	$101 \div 202$	$13 \div 25$	
помірне	дуже тепло	$301 \div 500$	$203 \div 337$	$26 \div 45$	
велике	жарко	$501 \div 700$	$338 \div 472$	$46 \div 64$	
дуже велике	дуже жарко	$701 \div 900$	$473 \div 607$	$65 \div 85$	
надмірне	надмірно жарко	> 900	> 607	> 85	

У правій частині шкали тепловтрат наведено типи одягу, що по своїх теплоізоляційних властивостях приблизно відповідають певним градаціям утрати тепла організмом.

Дані таблиці 3.2 відповідають умовам перебування оголеної людини в стані спокою на відкритому повітрі. Оптимальному тепловому стану людини або умові її теплового комфорту відповідають значення FE у межах від 50 до 150 г/год, значення FLE у межах 34 – 100 Вт. Виділеним градаціям теплового навантаження, втраті тепла і тепловідчуттю надано відповідні словесні характеристики. У правій частині шкали тепловтрат наведено типи одягу, теплоізоляційні властивості яких орієнтовно відповідають градаціям утрати тепла організмом.

Слід зазначити, що даний метод доцільно використовувати при біокліматичній оцінці районів у жаркому кліматі. Розраховані складові теплового балансу тіла людини показують, що в такому кліматі формується надзвичайно високий рівень теплового дискомфорту. Так, для Ашхабаду влітку його тривалість у середньому за добу може перевищувати 9 – 11 годин. Особливо напруженим у термічному відношенні є липень (рис. 3.3).

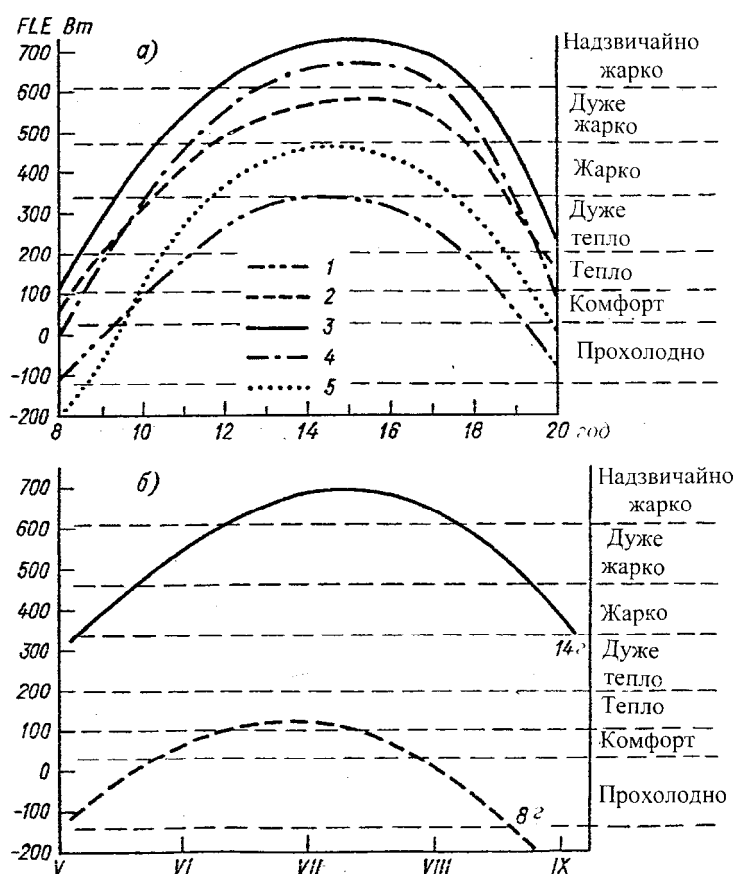


Рисунок 3.3 – Добовий (а) і сезонний (б) хід показника теплового стану людини FLE для Ашхабаду
1 – травень, 2 – червень, 3 – липень, 4 – серпень, 5 – вересень

В Ашхабаді у липні витрати тепла на випаровування поту FLE вдень з 11 до 17 годин можуть сягати 550 – 700 Вт, що відповідно до шкали теплового стану людини, відповідає дуже великому і надмірному тепловому навантаженню.

3.5 Оцінка термічного впливу елементів міської забудови

Розглянутий розрахунковий метод характеризує умови перебування людини на відкритій однорідній місцевості. Таким чином ці умови відбивають деякий фоновий біотермічний рівень міста.

У дійсності людина, знаходячись у реальних умовах міського середовища, підпадає під вплив безлічі локальних, складно взаємодіючих між собою факторів, що здійснюють сумарний тепловий вплив на організм. Тому для оцінки теплового стану міського жителя поряд із загальною біокліматичною характеристикою міста необхідно враховувати вплив на людину окремих міських ландшафтів.

Б.А. Айзенштат розв'язав цю задачу на основі методу теплового балансу з урахуванням кутових коефіцієнтів (або коефіцієнтів форми), що характеризують радіаційну взаємодію між міськими об'єктами і людиною.

Не вдаючись у деталі розв'язання цієї задачі, наведемо деякі результати розрахунків, здобуті для жаркого літнього дня, що характеризують вплив окремих елементів міського середовища на потовідділення в людини:

- у тіні окремого дерева потовідділення зменшується на 500 – 550 г/год,
- у тіні суцільного ряду дерев вологовтрати знижуються на 600 – 650 г/год,
- у стіни висотою 12 м, освітленої сонцем, потовідділення зростає на 200 г/год,
- безпосередньо біля водойми потовідділення зменшується на 200 – 250 г/год; з віддаленням від берегової лінії радіаційний вплив водойми швидко зменшується і на відстані 5 – 8 м стає невідчутним.

У тих випадках, коли навколишнє міське середовище не може бути апроксимовано простими геометричними аналогами, розрахункові методи оцінки теплового стану людини дуже ускладнюються. Для цих умов необхідні результати можна одержати по методу фізичного тіла (у формі кулі). Цей метод дає можливість визначити теплове навантаження, не прибігаючи до вимірів радіаційних потоків, за допомогою спеціальної номограми за значеннями температури кулі і швидкості вітру (рис. 3.4) чи розрахувати по формулі:

$$FE = \frac{F}{L}(t_{кул} - t_{ш})(\alpha + \beta) + \frac{P_{л}}{L} - E_{л} + \frac{q}{L}, \quad (3.14)$$

де $t_{кул}$ – температура кулі тілесного кольору, °С.

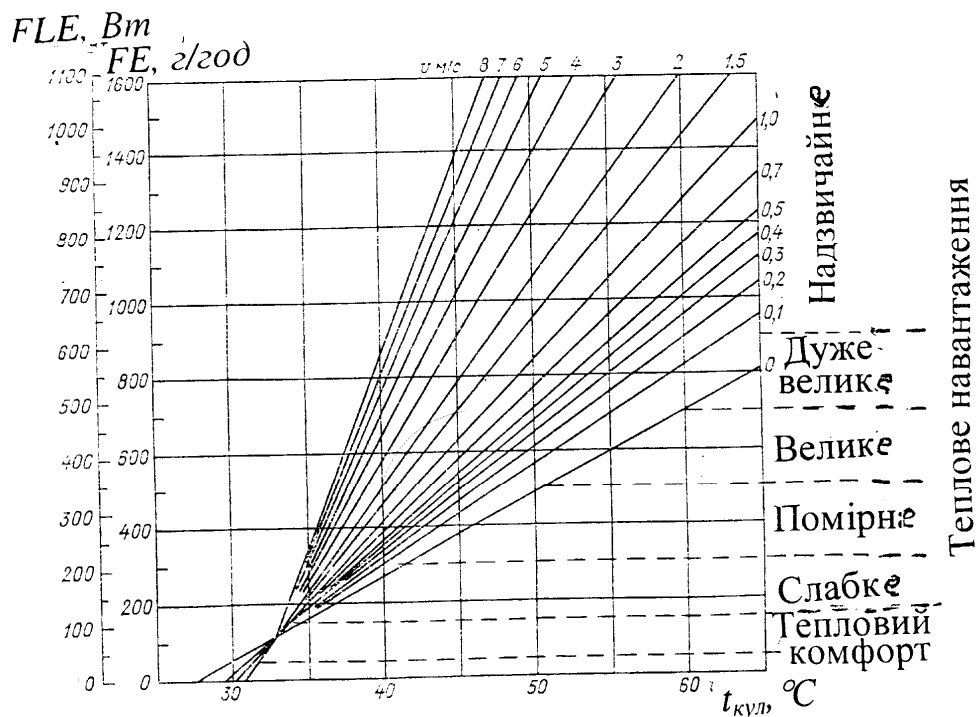


Рисунок 3.4 – Номограма для визначення теплового навантаження FLE і FE на організм оголеної людини по $t_{кул}$

Кулястий термометр являє собою порожню металеву кулю діаметром 15 см. Середня температура кулі вимірюється за допомогою термометра, уставленого через спеціальний отвір усередину кулі. Поверхня кулі має бути тілесного кольору з відбивною спроможністю (альbedo) таким, що дорівнює 0.3.

Температура кулястого термометра залежить від температури повітря, швидкості вітру, потоків короткохвильової радіації і теплового випромінювання.

Виходячи з рівнянь теплового і радіаційного балансів кулі, можна одержати наступний вираз для її температури:

$$t_{кул} = \frac{1}{2(\alpha + \beta)} \left[(1 - A_{кул}) \left(\frac{S}{2} + D + r \right) + \beta(t_z + t_a) + 2\alpha t \right]. \quad (3.15)$$

P_l і E_l відносно невеликі величини і мало залежать від погодних умов, $t_{кул}$ і β також характеризуються малими змінюваннями, тому можна зробити висновок, що при даному q теплове навантаження FE , власне кажучи, однозначно виражається через температуру кулі. Таким чином, поняття температури кулі має цілком конкретний зміст – кількісний показник, що виражає тепловий стан людини через величину потовідділення FE .

4 Оцінка впливу клімату на організм людини за допомогою методів, заснованих на класифікації типів погоди

4.1 Класифікація погоди Є.Є. Федорова – Л.А. Чубукова

В основу ряду класифікацій клімату покладено характер циркуляційної діяльності в атмосфері (наприклад, генетична класифікація Б.П. Алісова). Ця класифікація була використана деякими авторами для медичної оцінки погод, але широкого поширення не здобула. З'ясувалося, що той самий тип погоди виникає в різних повітряних масах, а та сама повітряна маса призводить до утворення різних погод. Іншими словами, врахування лише глобальних закономірностей руху повітряних мас недостатнє для оцінки погод у медичних цілях. Крім того, при словесному описі синоптичних ситуацій не вдається уникнути відомої частки суб'єктивізму.

Метод комплексно - динаміко - кліматологічного аналізу, розроблений Л.А. Чубуковим, синтезував прийоми комплексної та динамічної кліматології і був модернізований Є.Є. Федоровим. Відповідно до цієї класифікації виділяють 16 класів погод, кожен з яких характеризується конкретними значеннями метеорологічних величин (табл. 4.1 і 4.2). Виділені класи погод, зазвичай, виникають при певних циркуляційних і радіаційних ситуаціях.

По класифікації Федорова – Чубукова всі погоди поділені на три основні групи: безморозні погоди, погоди з переходом температури через 0°C і морозні погоди. Ці групи в цілому складаються з 16 класів погод (табл. 4.3).

Безморозні погоди розрізняються не тільки середньою добовою температурою повітря, але і середньою добовою відносною вологістю, хмарністю, опадами і характером вітру. Вони поділяються на дві групи – сонячні і хмарні. Серед сонячних погод виділяють жаркі і сухі (класи I, II), для яких характерні висока температура, низька вологість, правильний добовий хід основних метеорологічних величин. Тривалість сонячного сяйва досягає 11 – 14 годин. Ці погоди утворюються в умовах стійкого антициклону. В умовах погод I – II класів можуть проводитися всі методи кліматотерапії, однак геліотерапію доцільно застосовувати в ранкові чи вечірні години, щоб уникнути перегріву.

При погодах I – II класів можуть підсилюватися прояви сухих катарів верхніх дихальних шляхів. У той же час ці погоди сприятливі для хворих із захворюваннями органів дихання, що супроводжуються виділенням у великих кількостях мокротиння, а також із захворюваннями нирок, тому що при цьому посилюється потовідділення. Погоди I класу можуть негативно впливати на хворих із серцево-судинними захворюваннями.

Таблиця 4.1 – Погоди теплого періоду року

Час доби	Нижня хмарність, бали	Опади	Вологість, %	Середня добова температура повітря, °C								
				від 37,5 до 42,4	від 32,5 до 37,4	від 27,5 до 32,4	від 22,5 до 27,4	від 17,5 до 22,4	від 12,5 до 17,4	від 7,5 до 12,4	від 2,5 до 7,4	від 0,0 до 2,4
День	<6	Без опадів	0–20	I	I	I	I	II	II	III	III	+
			21–40	I	I	I	I	II	II/III	III	III	+
			41–60	I	I	I	I	II/III	III	III	III	III
			61–70	II	II	II	II	III	III	III	III	III
Ніч	<6		71–80	III	III	III	III	III	III	III	III	III
			81–100	XVI	XVI	XVI	XVI	III	III	III	III	III
День	6–10	Без опадів (а) з опадами (б)	0–20	+	+	+	+	+	IV а, б	IV а, б	IV а, б	+
			21–40	+	+	+	+	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б	+
			41–60	+	+	+	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б
			61–70	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б
Ніч	<6		81–100	XVI а, б	XVI а, б	XVI а, б	XVI а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б	IV а, б
День	<6	Без опадів (а) з опадами (б)	0–20	I	I	I	I	II	II	а, б V	а, б V	+
			21–40	I	I	I	I	II	II/ V а, б	а, б V	а, б V	+
			41–60	I	I	I	II	II/ V а, б	V а, б	а, б V	а, б V	V а, б

Ніч	6–10		61–70	II	II	II	V а, б	V а, б	а, б V а, б	V а, б	V а, б	V а, б
			70–80	V а, б	V а, б	V а, б	а, б XVI а, б	а, б V а, б	а, б V а, б	а, б V а, б	а, б V а, б	
			80–100	XVI а, б	XVI а, б	XVI а, б						
День	6–10	Без опадів	0–20	+	+	+	+	+	VI	VI	VI	+
Ніч	6–10		21–40	+	+	+	+	VI	VI	VI	VI	+
			41–60	+	+	+	VI	VI	VI	VI	VI	VI
			61–80	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI
			81–100	XVI	XVI	XVI	XVI	VI	VI	VI	VI	VI
День	6–10	з опадами	0–20	+	+	+	+	+	VII	VII	VII	+
			21–40	+	+	+	+	VII	VII	VII	VII	+
			41–60	+	+	+	VII	VII	VII	VII	VII	VII
			61–80	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII	VII
			81–100	XVI	XVI	XVI	XVI	VII	VII	VII	VII	VII

Примітка. Римськими цифрами позначено класи погод, хрестами – малоймовірні погодні умови (наявність вітру зі швидкістю 3 м/с і більше в 13 годин): а – без опадів, б – з опадами.

Таблиця 4.2 – Погоди холодного періоду року

Показники погоди	Погода з переходом температури через 0 ⁰		Слабко морозна	Помірно морозна	Значно морозна	Сильно морозна	Жорстко морозна	Вкрай морозна
	хмарний день	ясний день						
	VIII	IX						
Температура, С ⁰ :	+	+	от 0	от -2,5	от -12,5	от -22,5	от -32,5	нижче -12,4
середня добова	-	-	до -2,4	до -12,4	до -22,4	до -32,4	до -42,4	
максимальна	+	+	Від'ємна	Від'ємна				
мінімальна	-	-	Від'ємна	Від'ємна				
Без вітру (а)					а, б	а, б	а, б	а, б
З вітром (б)	а, б	а, б		а, б				

Примітка. Погоди без вітру (а) і з вітром (б) в свою чергу поділяються на сонячні (кількість нижньої хмарності 6 балів) і хмарні (при великій хмарності). 2 плюс і мінус вказують, що середня добова температура вища або нижча 0⁰ С.

Таблиця 4.3 – Класифікація погод (по Федорову – Чубукову)

Класи	Найменування погоди
Безморозні погоди	
I	Сонячна, дуже жарка і дуже суха
II	Сонячна, жарка і суха
III	Сонячна, помірно-волога і волога
V	Сонячна, помірно-волога погода з хмарністю вночі
IV	Хмарна вдень і малохмарна вночі
VI	Похмура погода без опадів
VII	Дощова похмура з опадами
XVI	Дуже жарка і дуже волога
Погоди з переходом температури через 0°C	
VIII	Хмарна вдень (перехід через 0°C в хмарну погоду)
IX	Сонячна (перехід через 0°C при сонці)
Морозні погоди	
X	Слабко морозна
XI	Помірно-морозна
XII	Значно морозна
XIII	Сильно морозна
XIV	Жорстоко морозна
XV	Украй морозна

Сонячні і вологі погоди (III і V класи) відрізняються від перших двох класів більш високою відносною вологістю і більш помірними температурами. Денна хмарність при погодах III класу, зазвичай, незначна, тривалість сонячного сьйва становить 8 – 10 годин. Ці погоди також характерні для антициклону. При V класі погод опади випадають уночі, що обумовлено слабкою циклонічною діяльністю, особливо в приморських південних районах. III і V класи погод створюють найбільш сприятливі умови для кліматолікування.

Хмарна погода містить в собі класи IV, VI. Погода IV класу, коли хмарність незначна і відсутні опади, сприятлива для проведення кліматотерапії. Хмарність, зазвичай, починає розвиватися до 11 – 12 годин, тому в ранкові години умови для геліотерапії можуть бути такими ж, як і при погоді III класу. При наявності хмар залишається значна розсіяна радіація. Тривалість сонячного сьйва – 5 – 8 годин. Похмура погода, коли хмарність дорівнює 6 – 10 балам вдень і вночі (VI клас), зазвичай, пов'язана з фронтальною активністю й істотно обмежує можливості

застосування кліматотерапії. Тривалість сонячного сьйва скорочується до 3 – 4 годин, тому в основному проводиться аеротерапія.

У похмуру і дощову погоду (клас VII, хмарність вдень і вночі 9 – 10 балів, опади за добу > 1 мм), що пов'язана з вираженою фронтальною діяльністю, кліматотерапія, зазвичай, не проводиться.

Дуже жарка і дуже волога погода (клас XVI), за якої середня добова температура вища 22°C , а середня добова відносна вологість $> 80\%$ може бути з опадами і без опадів. За цих умов виникає різке перенапруження механізмів терморегуляції, тому що різко знижується випаровування поту і майже припиняється віддача тепла конвекцією. При цій погоді можуть виникати різного роду патологічні реакції.

Погоди з переходом температури повітря через 0°C містить в собі два класи (VIII і IX). При цих класах погод середня добова температура може бути додатною чи від'ємною, але максимальна температура знаходиться в області додатних, а мінімальна – в області від'ємних температур. Хмарна погода з переходом температури через 0°C , нерідко з опадами, вітром, виникає при проходженні атмосферних фронтів і може викликати негативні реакції. Сонячна погода виникає при антициклонах, створюючи досить сприятливі умови для кліматолікування.

Морозні погоди містять в собі шість класів (X, XI, XII, XIII, XIV, XV), при яких температура повітря протягом доби не піднімається вище 0°C . Кожен клас погод (крім слабо морозної) поділяється на погоду з вітром і без вітру (швидкість вітру вдень по флюгеру не вище 5 м/с, а вночі 1 м/с). Таке поділення зумовлене тим, що вітер при низьких температурах значно погіршує тепловий стан людини й істотно змінює медичну оцінку погод.

Слабо і помірно морозні погоди (X, XI класи) сонячні вдень і при штилі сприятливі для проведення прогулянок, спортивних ігор і кліматолікування на обладнаних верандах. Хмарність, вітер, опади при цих класах погод, пов'язані з проходженням атмосферних фронтів, роблять їх несприятливими для кліматолікування і можуть бути причиною розвитку метеопатичних реакцій.

Погоди підвищеної морозності (XII, XIII класи) утрудняють проведення усіх видів кліматотерапії, однак при штилі і ясній погоді можливі прогулянки, заняття спортом. Погоди жорстокі і вкрай морозні (XIV, XV) утрудняють перебування на повітрі навіть у сонячні і тихі дні.

Якщо всі описані класи погод зобразити графічно, то можна дістати діаграму структури клімату в погодах, що наочно характеризує багаторічний режим погоди доби в сполученні з даними окремих метеорологічних величин, тобто дає уявлення про клімат району. Для приклада наведемо структуру клімату в погодах для Ялти (рис. 4.1).

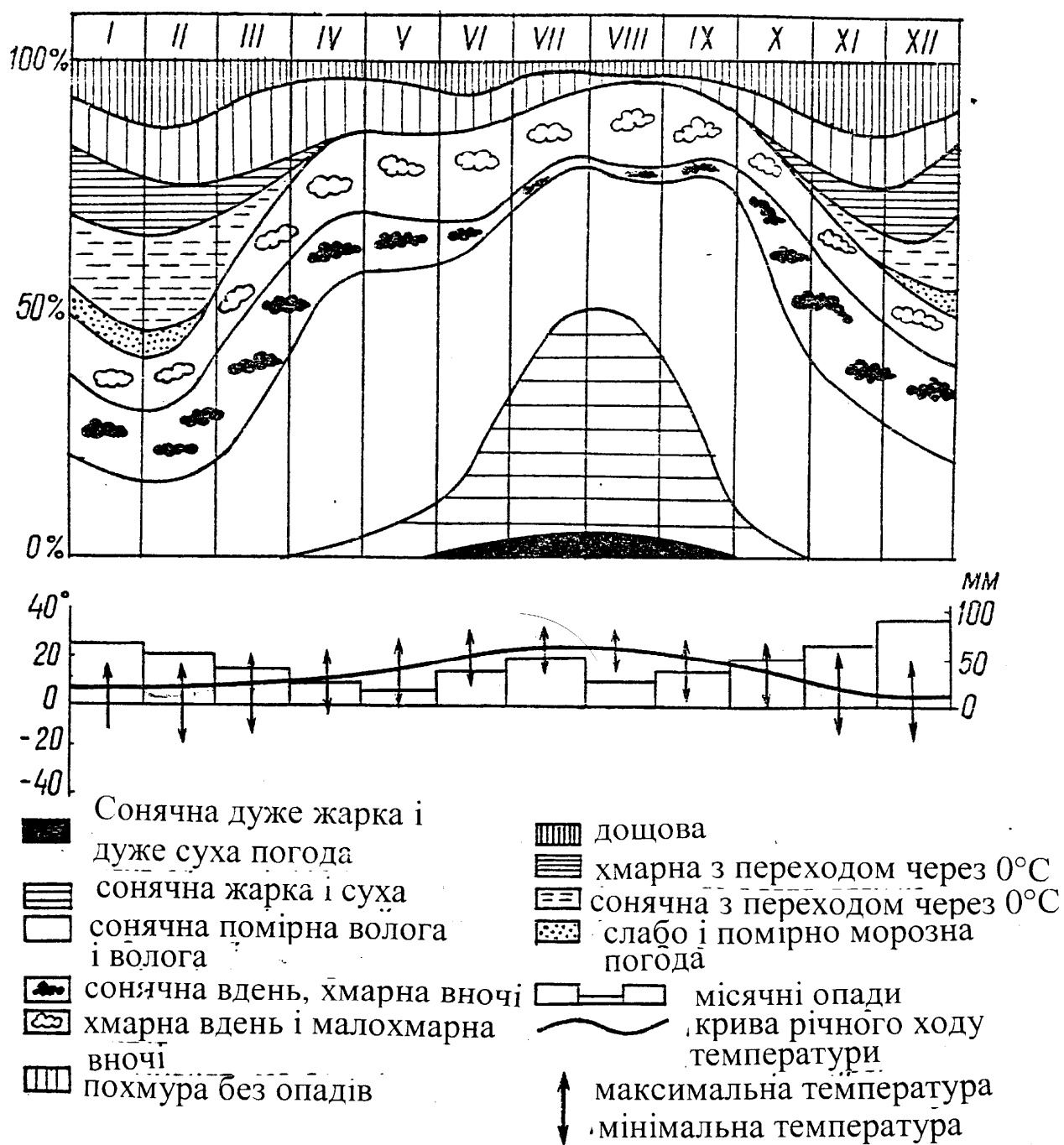


Рисунок 4.1 – Структура клімату в погодах Ялти

Слід зазначити, що окремі класи погод можуть бути сприятливими для однієї групи хворих і несприятливими для іншої, тому при аналізі метеорологічної інформації лікарі повинні враховувати особливості метеорологічної ситуації, виявляти головні фактори, що викликають негативні реакції в хворих або перешкоджають проведенню кліматичних процедур.

4.2 Класифікація погоди для рекреації

Оцінка впливу кліматичних умов на людину залежить у першу чергу від мети дослідження. Н.А. Даниловою запропонована класифікація погоди з метою відпочинку і туризму. Вона розроблена для молодих (18 – 40 років) здорових людей без врахування акліматизації. Правильна оцінка теплового стану туриста і відпочиваючого можлива лише в тому випадку, коли вони одягнені відповідно сезону і погоді даного дня і зайняті неважкою роботою (ходьба з рюкзаком, постановка намету, спортивна гра без змагань, купання у морі і та ін.).

В основу розроблених Н.А. Даниловою клімато-рекреаційних критеріїв покладені результати досліджень Б.А. Айзенштата, М.І. Будико, і фізіологічна класифікація І.С. Кандрора, Д.М. Дьоміної і Є.М. Ратнера. У підсумку була створена класифікація типів погоди по ступені сприятливості їхній для літніх видів туризму й активного відпочинку (табл.4.4).

Для того, щоб розмежувати погоди за термічним впливом на людину, по строкових спостереженнях (опівдні, як це прийнято в біокліматології) Н.А. Даниловою побудована оцінна шкала рекреаційних типів погоди (рис.4.2). По цій шкалі можна визначити вплив на людину щоденних геофізичних і метеорологічних умов. Необхідно пам'ятати, що при окремих метеорологічних явищах (сильні вітри > 6 м/с, опади > 3 мм у світлу частину доби, сильні грози і тумани, урагани, смерчі, сілі і т.п.) рекреаційна діяльність людини може бути обмежена чи цілком виключена.

Усі погоди, що зустрічаються протягом року в різних районах СНД (враховується весь рік, оскільки в південній частині європейської території, на півдні Казахстану й у Середній Азії літні види туризму і відпочинку можливі не тільки в теплий, але й у холодний період року), поділені за ступенем сприятливості для людини на наступні типи.

1. Комфортні дні – тип погоди Н – найбільш сприятливі дні, коли спостерігається мінімальне напруження терморегуляторних систем організму і можливі будь-які літні види рекреації, що створюють певне навантаження цих систем і призводять до оздоровлення, загартовування і тренування організму.
2. Прохолодні субкомфортні дні – тип погоди 1Х – навантаження вище певного термічного рівня.

Таблиця 4.4 – Взаємозв'язок між температурою поверхні тіла людини, його фізіологічним станом, типом погоди (по Кандору і ін.) і рекреаційна оцінка типів погоди (по Даниловій)

Середня зважена температура шкіри, °С	Тепловідчуття	Потовід- ділення	Терморегуляторне навантаження	Тип погоди по Кандору	Рекреаційна оцінка погоди по Даниловій	
					Тип погоди	Визначення періоду
>34,0	Дуже жарко	>750	Надмірне	4Т	Жаркий дискомфорт	Несприятливий
>34,0	Жарко	750-400	Велике	3Т	Жаркий дискомфорт	Несприятливий
>34,0	Дуже тепло	400-250	Помірне	2Т	Жаркий дискомфорт	Несприятливий
34,0-33,0	Тепло	250-150	Слабке	1Т	Жаркий субкомфорт	Сприятливий
32,9-31,0	Комфортно	150-100	Мінімальне	Н	Комфорт	Сприятливий
30,9-29,0	Прохолодно	<100	Слабке	1Х	Прохолодний субкомфорт, частинно холодний дискомфорт	Несприятливий
28,9-27,0	Холодно	<100	Помірне	2Х	Холодний дискомфорт	Несприятливий
26,9-23,0	Дуже холодно	<100	Велике	3Х	Холодний дискомфорт	Несприятливий
<21,0	Вкрай холодно	<100	Надмірне	4Х	Холодний дискомфорт	Несприятливий

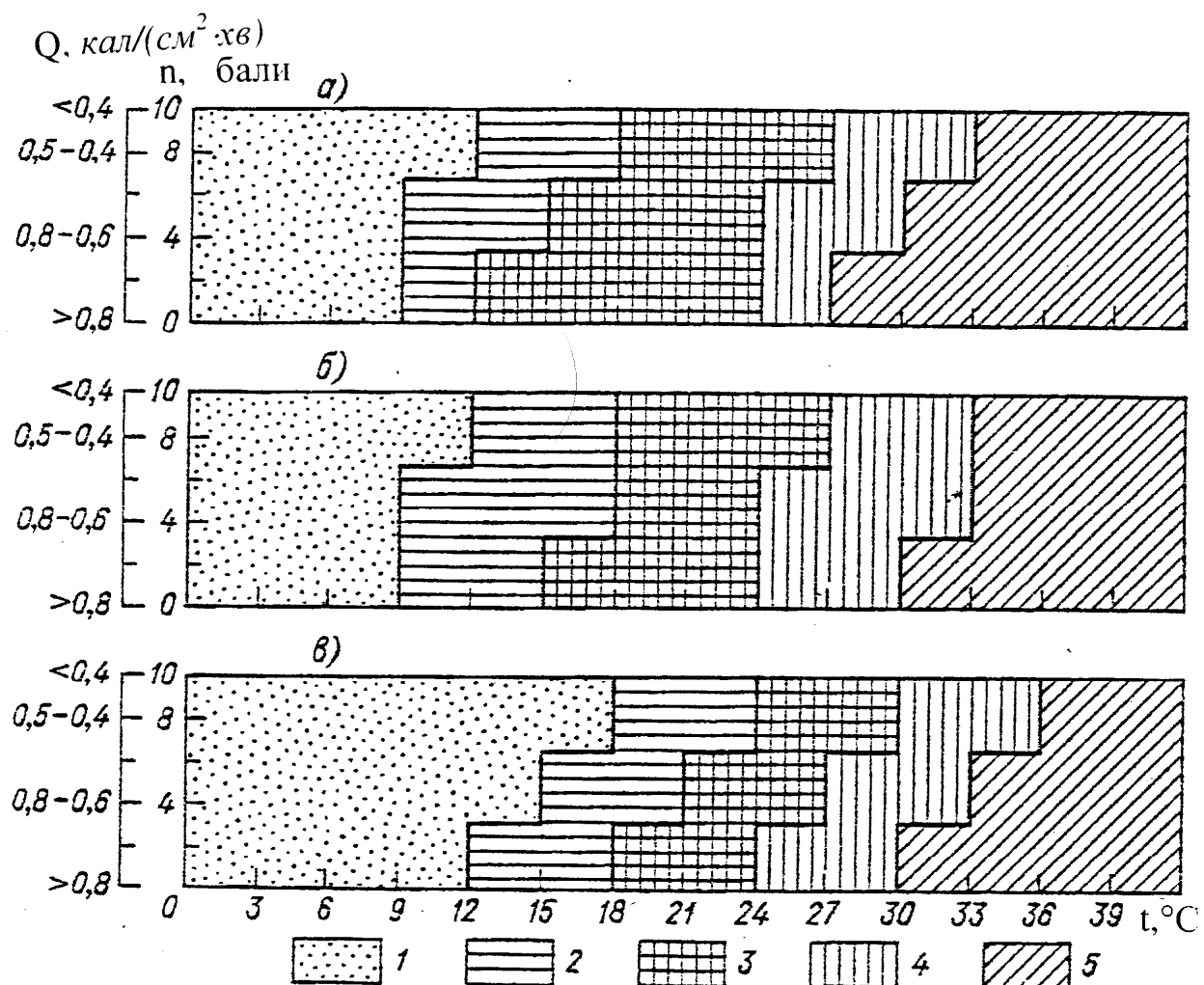


Рисунок 4.2 – Оцінна шкала визначення сприятливості погоди для літнього відпочинку

3. Жаркі субкомфортні дні – тип погоди 1Т – дні, коли відзначається слабе напруження терморегуляторних систем, коли рекреаційна діяльність можлива, але з деякими обмеженнями.

Ці типи погоди (1, 2, 3) дають у сумі загальний надзвичайно важливий показник кліматичних ресурсів території для рекреації – розподіл по ній *сприятливих* днів.

4. Дискомфортні дні – це такі дні, коли виникає настільки сильне напруження терморегуляторних систем організму, що воно може привести до патологічних реакцій і навіть загрожувати життю людини, чи такі, коли рекреаційна діяльність небезпечна чи неможлива. Сюди входять жаркі погоди і занадто холодні погоди. Цей тип складає масив *несприятливих* днів.

Комфортні погоди не вносять ніяких обмежень у види рекреаційних занять, оскільки їм відповідає фізіологічний оптимум.

Менш сприятливі, ніж комфортні, для літнього відпочинку і туризму субкомфортні погоди. Вони створюють слабе напруження терморегуляторних систем організму людини. При субкомфортних погодах, як прохолодних, так і жарких, види занять літнього відпочинку і туризму обмежені. Так, можливі піші прогулянки у відповідному погоді одягу, а також далекі переходи, що мають метою загартування і тренування терморегуляторної системи організму. В умовах прохолодного субкомфорту набір занять може бути збільшений за рахунок використання різних природних і штучних укриттів від охолодної дії вітру. При жаркому субкомфортному типі використовуються сприятливі впливи природних і штучних об'єктів, що пом'якшують жару: охолодний вплив великих водойм, озер і морів, залісених і озелених площ і тентів, які зменшують сонячне нагрівання, і навісів різних конструкцій.

Комфортні, жаркі і прохолодні субкомфортні погоди утворюють сприятливий для літніх занять, відпочинку і туризму період. Під час його можлива літня рекреаційна діяльність як без всяких обмежень у заняттях (при комфорті), так і з тими ж обмеженнями, що виникають при жаркому і прохолодному субкомфортах.

Дискомфортні погоди утворюють несприятливий період, що непридатний для здійснення літніх видів занять, відпочинку і туризму.

Запропонована Н.А. Даниловою клімато-фізіологічна типізація погоди призначена для умов з оптимальною відносною вологістю, що по оцінках гігієністів, коливається від 30 до 70 %. При цьому вважається, що зміни відносної вологості повітря порівняно мало відбиваються на тепловому стані людини. Проте, не виключено, що підвищений вологовміст повітря, особливо на фоні високої температури, може викликати відчуття духоти навіть у людей з мінімальною реакцією на мінливість погоди.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адаменко В.Н., Хайруллин К.Ш. Оценка пребывания человека на открытом воздухе зимой с учётом микроклимата застройки. – Тр. ГГО, вып. 248.
2. Анапольская Л.Е., Гандин Л.С. Климатические параметры в СНиПе, используемые при проектировании различных сооружений: Информ. письмо № 15 "Вопросы прикладной климатологии". - Л.: Гидрометеиздат, 1966.
3. Анапольская Л.Е., Гандин Л.С. Теоретические основы строительной климатологии. Сб. современ. пробл. климатологии. Л.: Гидрометеиздат, 1966.
4. Анапольская Л.Е., Гандин Л.С. Метеорологические факторы теплового режима здоний. Л.: Гидрометеиздат, 1971.
5. Айзенштат Б.А., Лукина Л.П. Биоклимат и микроклимат Ташкента. Л.: Гидрометеиздат, 1982.
6. Бартенева О.Д., Полякова Е.А., Русин Н.П. Режим естественной освещённости на территории СССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1971.
7. Богданова Э.Г. Методика расчёта сумм осадков, проходящих через вертикальные сечения. - Тр. ГГО, 1975, вып. 341. - С.79 - 86.
8. Бокша В.Г., Богуцкий Б.В. Медицинская климатология и климатотерапия. Киев: "Здоровья", 1980.
9. Будыко М.И., Циценко Г.В. Климатические факторы теплоощущения человека. – Изв. АН СССР. Сер. Географ. 1960.
10. Бургсдорф В.В., Муратов Н.С. Расчётные климатические условия для высоковольтных линий электропередач. - Тр. ВНИИЭ, вып. 1, 1960.
11. Бучинский В.Е. Гололёд и борьба с ним. Л.: Гидрометеиздат, 1960.
12. Гербут-Гейбович Л.А. Оценка климата для типового проектирования жилищ. Л.: Гидрометеиздат, 1971.
13. Данилова Н.А. Климат и отдых в нашей стране. М.: Мысль, 1980.
14. Заварина М.В. Строительная климатология. - Л.: Гидрометеиздат, 1976.
15. Наумова Л.П. Способ выделения тренда климатологического ряда.- Тр. ГГО, 1979, вып. 425.
16. Наумова Л.П. О датах устойчивого перехода метеорологических величин через различные уровни. - Тр. ГГО, 1986, вып. 501.
17. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Ч. 1 - 6, вып. 10. - Л.: Гидрометеиздат, 1990.

- 18.Пивоварова З.И. Характеристики радиационного режима на территории СССР применительно к запросам строительства. - Тр. ГГО, 1971, вып. 321.
- 19.Прикладная климатология. Сборник трудов Всесоюзного совещания. Л: Гидрометеиздат, 1990.
- 20.Раевский А.Н. Влияние рельефа на распределение гололёдно-изморозевых отложений. - Тр. ОГМИ, 1970, вып. 265.
- 21.Русанов В.И. Комплексные метеорологические показатели и методы оценки для медицинских целей. Томск: изд-во Томского ун-та, 1981.
- 22.Строительные нормы и правила. Глава 6. Строительная климатология и геофизика. СНиП 11- А, 6 - 73, 1973.
- 23.Справочники по климату СССР, вып. 1 – 34, ч. 1 – 5. Л.: Гидрометеиздат, 1960 – 1970.
- 24.Указания по определению гололёдных нагрузок. СН 318 - 15. Изд. литературы по строительству Госстройиздат. - М., 1966.
- 25.Цвид А.А. Измерение осадков, выпадающих на вертикальные поверхности. - Метеорология и гидрология, 1960, № 1. - С. 40 - 42.
- 26.Цвид А.А., Данилов В.А. О связи количества влаги, выпавшей на вертикальные поверхности со скоростью ветра и осадками. - Хабаровск: 15 ДВ Промстройпроект, 1964, вып. 6, № 15. С. 92 - 105.
- 27.Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1976.
- 28.Шкловер А.М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях. Изд. 2-е. М. - Л.: Госэнергоиздат, 1961.
- 29.Шталь В.А., Белов М.Ф., Циценко Г.В. Прикладная климатология, Л.: Гидрометеиздат, 1981.

Навчальне видання

Врублевська Олександра Олександрівна
Катеруша Галина Павлівна

ПРИКЛАДНА КЛІМАТОЛОГІЯ

Конспект лекцій

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул.Львівська, 15
