

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

Ю. Л. Коваленко

КЛІМАТОЛОГІЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми навчання зі спеціальності 101 – Екологія)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2026**

УДК 551.58(075.8)

Коваленко Ю. Л. Кліматологія : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 101 Екологія / Ю. Л. Коваленко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. – 59 с.

Автор

канд. техн. наук Ю. Л. Коваленко

Рецензент

Т. В. Дмитренко, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної екології міст (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 1 від 19 серпня 2024 року

© Ю. Л. Коваленко, 2026

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ЗАКОНОМІРНОСТІ КЛІМАТОУТВОРЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ КЛІМАТУ ЗЕМЛІ.....	6
1.1 Клімат та чинники його формування. Основні концепції, теоретичні та практичні проблеми в галузі кліматології	6
1.2 Класифікація кліматів Л. С. Берга.....	14
1.3 Класифікація кліматів В. Кеппена і Б. П. Алісова.....	20
2 АНТРОПОГЕННІ ВПЛИВИ НА КЛІМАТ.....	31
2.1 Вплив людини на клімат. Навмисний вплив	31
2.2 Ненавмисний вплив людини на клімат	36
2.3 Моніторинг, звітність та верифікація викидів парникових газів	41
3 КЛІМАТ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ.....	48
3.1 Мікроклімат міста	48
3.2 Методи дослідження мікроклімату	52
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК.....	57

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Кліматологія» (ОК 19) є обов'язковою компонентою освітньо-професійної програми «Екологія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 101 – Екологія галузі знань 10 – Природничі науки. Дисципліна викладається у третьому семестрі, має обсяг 4 кредити ЄКТС (120 годин), з яких 16 годин відведено на лекційні заняття, 32 години на практичні заняття та 72 години на самостійну роботу. Формою підсумкового семестрового контролю є диференційований залік.

Метою викладання навчальної дисципліни «Кліматологія» є формування у здобувачів освіти розуміння основних концепцій, теоретичних та практичних проблем у галузі природничих наук, необхідних для аналізу і прийняття рішень у сфері екології, охорони довкілля та оптимального природокористування, уміння виявляти кліматичні фактори, що визначають формування ландшафтно-біологічного різноманіття, та обирати оптимальні методи й інструментальні засоби для проведення досліджень кліматичних характеристик, виявлення джерел антропогенного впливу на клімат та оцінки його рівня, збору, обробки та узагальнення даних.

Конспект лекцій укладено відповідно до робочої програми навчальної дисципліни і структуровано за трьома змістовими модулями. Змістовий модуль 1 Закономірності кліматоутворення та класифікації клімату Землі охоплює лекції 1–3, у яких розглянуто ланки кліматичної системи, чинники формування клімату, добові та річні коливання температури, континентальність клімату, а також класифікацію кліматів Л. С. Берга, В. Кеппена та Б. П. Алісова. Змістовий модуль 2 Антропогенні впливи на клімат охоплює лекції 4–6, присвячені навмисному та ненавмисному впливу людини на клімат і організацію моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів. Змістовий модуль 3 Клімат урбанізованих територій охоплює лекції 7–8, у яких розглянуто мікроклімат міста та методи його дослідження.

У результаті вивчення дисципліни здобувач має навчитися оцінювати роль підстильної поверхні, рослинного покриву, рельєфу, снігового покриву у формуванні клімату в процесі прийняття рішень у сфері екології, охорони

довкілля та оптимального природокористування (ПР03.1); аналізувати вплив кліматичних характеристик на формування ландшафтно-біологічного різноманіття (ПР06.1); пропонувати методи й інструментальні засоби для проведення моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів (ПР21.1).

Після кожної лекції наведено контрольні запитання для самоперевірки. Наприкінці подано список рекомендованих джерел та термінологічний словник.

Для технічного редагування конспекту автором застосовано інструмент ШІ Claude Opus 4.8.

1 ЗАКОНОМІРНОСТІ КЛІМАТОУТВОРЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ КЛІМАТУ ЗЕМЛІ

1.1 Клімат та чинники його формування. Основні концепції, теоретичні та практичні проблеми в галузі кліматології

Основні терміни та визначення:

Кліматологія – наука, яка вивчає закономірності формування кліматів, їх розподіл на земній кулі та зміни в минулому і майбутньому. Кліматологія тісно пов'язана з метеорологією, географією, екологією та іншими природничими науками, оскільки клімат є одним із визначальних чинників формування ландшафтів, ґрунтового і рослинного покриву, гідрологічного режиму територій, а також умов життя та господарської діяльності людини.

Клімат – це багаторічний режим погоди певної місцевості, зумовлений сонячною радіацією, її перетворенням у діяльному шарі земної поверхні та пов'язаною з ними загальною циркуляцією атмосфери і океану. Інакше кажучи, клімат – це багаторічний режим погоди, властивий даній місцевості через її географічне положення. Під характерним режимом погоди потрібно розуміти не лише умови погоди, які повторюються найчастіше, але й погоду виняткових для цієї місцевості років.

Залежно від масштабу території розрізняють кілька рівнів кліматичних характеристик. Глобальний клімат – це клімат земної кулі, який поєднує всі типи клімату. Макроклімат – це клімат великомасштабного географічного регіону, континенту або всієї земної кулі.

Місцеві особливості клімату, обумовлені неоднорідністю будови підстильної поверхні, називаються мікрокліматом. До мікрокліматичних особливостей належать місцеві особливості режиму інсоляції, температури повітря та ґрунту, вітру і вологості, випаровування. Вони обумовлені формою рельєфу, експозицією схилів, типом ґрунту, характером рослинності, штучними спорудами. Мікрокліматичні особливості можуть істотно впливати на

швидкість танення снігу, інтенсивність приморозків, тривалість розвитку рослин, швидкість вітру.

Кліматична система та її ланки.

Кліматична система – це система взаємодії всіх оболонок планети: атмосфери, гідросфери, літосфери, кріосфери та біосфери. Кожна з цих ланок має власні фізичні властивості, які визначають її роль у формуванні клімату.

Атмосфера є найрухливішим середовищем кліматичної системи. Швидкість вітру біля земної поверхні становить кілька метрів за секунду, а у вільній атмосфері – кілька десятків метрів за секунду. Щільність повітря становить $1,2 \text{ кг/м}^3$ за температури 20°C і тиску 1 атм. Теплоємність повітря дорівнює $1\,000 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$. Теплоємність – це фізична величина, яка визначається кількістю тепла, яке потрібно надати тілу для зміни його температури на один кельвін. Теплопровідність повітря становить $0,026 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$. Теплопровідність – це здатність речовини переносити теплову енергію; вона характеризує інтенсивність теплообміну в речовині й дорівнює відношенню густини теплового потоку до градієнта температури. Об'єм атмосфери становить $3,82 \times 10^{12} \text{ км}^3$, до того ж 99,8 % цього об'єму зосереджено в шарі висотою до 60 км. Маса повітря в цьому об'ємі становить $5,2 \times 10^{18} \text{ кг}$.

Гідросфера значно інертніша за атмосферу: середня швидкість океанічних течій становить близько 3,5 см/с. У світовому океані зосереджено 97,2 % гідросфери: її об'єм тут становить $1,37 \times 10^9 \text{ км}^3$, а маса – $1,43 \times 10^{21} \text{ кг}$. Отже, об'єм гідросфери майже у 279 разів менший за об'єм атмосфери, але її маса у 275 разів більша за масу атмосфери. Щільність води становить $1\,000 \text{ кг/м}^3$ за температури 4°C , теплоємність – $4\,200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$, теплопровідність – $0,6 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$. Завдяки великій теплоємності океан є потужним акумулятором сонячного тепла, який згладжує сезонні та добові коливання температури.

Кріосфера включає морську кригу та кригу льодовиків на суходолі, а також сніговий покрив. Об'єм криги земної кулі становить $24 \times 10^6 \text{ км}^3$. За дослідженнями із космосу крига та сніг займають близько 10 % поверхні Землі, тобто $59 \times 10^6 \text{ км}^2$, у тому числі крига материків займає $16 \times 10^6 \text{ км}^2$. При цьому

90 % площі цієї криги припадає на Антарктиду, 8 % – на Арктику та 2 % – на гірські райони суходолу. Залежно від сезону площа морської криги і снігового покриву дуже змінюється. Кріосфера відіграє важливу роль у формуванні альbedo планети, оскільки сніг і крига відбивають значну частину сонячної радіації.

Літосфера є найконсервативнішим компонентом кліматичної системи. Основні фізичні характеристики її поверхневого, або діяльного, шару змінюються порівняно мало під впливом ґрунотворних процесів, вітрової та водної ерозії, висушування та зміни лісистості тощо. Водночас альbedo та теплопровідність ґрунту суттєво змінюються при зволоженні та при обробці ґрунту для сільськогосподарського виробництва.

Властивості біосфери визначаються переважно рослинністю. Умови засвоєння сонячної радіації, теплота і вологообмін з атмосферою, поверхневий стік і, відповідно, вологообмін суходолу з океаном визначають площі рослин, їх види, періоди вегетації. В умовах сільськогосподарського виробництва межі рослинного покриву безперервно змінюються. Крім того, вони змінюються в результаті вирубування лісів, особливо у тропічних широтах. До того ж призводить випасання худоби, особливо в посушливих районах, що спричиняє збільшення площ пустель. Особливо помітно це в Африці, де південна межа Сахари невпинно поширюється далі до екватора.

Чинники формування клімату.

До основних чинників формування клімату належать:

- радіаційні чинники формування клімату;
- циркуляційні чинники клімату;
- роль підстильної поверхні у формуванні клімату;
- особливості морського та континентального кліматів;
- континентальність клімату;
- вплив морських течій на клімат;
- вплив рослинного покриву на клімат;
- вплив снігового покриву на клімат;
- вплив рельєфу на клімат.

Радіаційні чинники формування клімату.

Головним радіаційним чинником є сонячна радіація, надходження якої залежить від висоти сонця над обрієм і прозорості повітря. Річні суми сумарної сонячної радіації суттєво різняться за регіонами земної кулі. В Атлантико-Європейському секторі Арктики вони становлять менше ніж 2 400 МДж/м² за рік, у Передкарпатті – 3 400 МДж/м², на західному узбережжі Криму – 5 000 МДж/м². У тропічних пустелях земної кулі та поблизу екватора в Тихому океані надходить близько 8 000 МДж/м², а поблизу хмарного екватора – 4 800–6 400 МДж/м².

Радіаційний баланс земної поверхні – це різниця між поглинутою радіацією та ефективним випромінюванням; він залежить від радіації, яка надходить, розсіюється і відбивається. У середині тропічних широт океанів радіаційний баланс становить 5 000 МДж/м², на північно-західному узбережжі Австралії та в Аравійському морі – 5 500 МДж/м². На сороковій широті він зменшується до 2 500–3 000 МДж/м², а на межі плаваючої криги становить лише 400–500 МДж/м². На материках у середині тропічних широт з порівняно невеликою хмарністю радіаційний баланс становить 3 000–3 500 МДж/м², а в пустелях через великі альbedo та ефективне випромінювання менше ніж 2 500 МДж/м².

В Україні радіаційний баланс зменшується від 2 100 МДж/м² на півдні до 1 200 МДж/м² на північному заході. На північному узбережжі Євразії він становить близько 500 МДж/м², у центральних районах Арктики – близько нуля, а на острові Гренландія є від’ємним і становить від мінус 100 до мінус 150 МДж/м².

Циркуляційні чинники клімату.

Повітряні течії загальної циркуляції атмосфери виникають унаслідок різного нагрівання і охолодження водної поверхні та суходолу. Саме завдяки циркуляції атмосфери на західних і східних берегах континентів формуються зовсім різні кліматичні умови. Показовим є те, що різне зволоження екваторіальної Африки й Сахари обумовлено не широтними відмінностями надходження сонячної радіації, а особливостями циркуляції атмосфери.

Пасати – це стійкі повітряні течії тропічних широт. Унаслідок впливу сонячних променів в екваторіальній смузі нижні шари атмосфери, нагріваючись сильніше, піднімаються вгору і спрямовують у напрямі до полюсів, тоді як знизу підходять нові, холодніші потоки повітря з півночі і з півдня. Унаслідок добового обертання Землі, згідно з силою Коріоліса, цей рух повітря набуває в північній півкулі північно-східного напрямку (північно-східний пасат), а в південній півкулі – південно-східного напрямку. У зоні пасатів з океанів випаровується величезна кількість води, яку пасати переносять у зону екватора та на східне узбережжя континентів.

Мусони – це рух повітря в нижній частині тропосфери над певними регіонами Землі з різкою зміною його напрямку від зими до літа. Зимові мусони зазвичай спрямовуються із суші на океан (континентальні мусони), а літні – з океану на сушу (океанічні мусони). Одночасно зі зміною мусонів відбувається зміна сухої малохмарної зимової погоди на вологу дощову, літню.

Важливу роль у загальній циркуляції атмосфери відіграють субтропічні пояси високого тиску. Це величезні вітророздільні райони, які відділяють зону пасатів у середині тропічних широт від районів переважно циклонічної циркуляції у помірних широтах.

На клімат істотно впливають морські течії. Теплі течії переносять тепло у вищі широти і пом'якшують клімат прилеглих узбереж, а холодні течії, навпаки, знижують температуру повітря та зменшують кількість опадів. Класичним прикладом є відмінність клімату західного узбережжя Європи, яке зігрівається Північноатлантичною течією, від значно суворішого клімату східного узбережжя Північної Америки на тих самих широтах.

Роль підстильної поверхні у формуванні клімату.

Під впливом водної поверхні та суходолу в усіх зонах земної кулі формуються два зовсім різні типи клімату – морський та континентальний. Параметрами впливу підстильної поверхні є теплоємність, механізм теплопровідності, альbedo, випаровування, форма поверхні.

Відмінності між водною поверхнею і суходолом найяскравіше виявляються у добових і річних коливаннях температури. Поблизу екватора добова амплітуда температури поверхні води океану становить близько 0,4 °C і

зменшується до 0,1 °С у високих широтах. Добові коливання температури ґрунту й повітря на суходолі значно більші й залежать від типу поверхні, зволоження та хмарності.

Річна амплітуда температури повітря над океаном також невелика. Над Атлантичним океаном на різних широтах вона становить: у субекваторіальних широтах – 2–3 °С, у субтропічних – 4–6 °С, у помірних широтах – 8–10 °С, у субполярних широтах (60–70° пн. ш.) – 10–12 °С. Над материками річна амплітуда температури у внутрішньоконтинентальних районах може досягати 50–60 °С.

Континентальність клімату.

Континентальний клімат – це клімат, характерний для внутрішньої частини материка та прибережної частини океану, де переважають повітряні маси континентального походження. Для кількісної оцінки ступеня континентальності клімату запропоновано низку індексів, які ґрунтуються на річній амплітуді температури повітря та географічній широті місцевості.

За формулою Ценкера індекс континентальності визначається так:

$$K = A/\varphi \cdot 100 \%,$$

де A – річна амплітуда температури повітря, °С;

φ – географічна широта, градуси.

За формулою Хромова,

$$K = (A - 5,4 \cdot \sin \varphi) / A \cdot 100 \, \%.$$

Індекс континентальності Горчинського обчислюється за формулою

$$K = (1,7 \cdot A / \sin \varphi) - 20,4,$$

де K – індекс континентальності;

A – річна амплітуда температури (різниця між середньою температурою найтеплішого і найхолоднішого місяців), °С;

φ – широта місцевості в градусах.

Інтерпретація результатів за Горчинським така: якщо індекс континентальності менший за 33 %, клімат морський; від 33 до 66 % – помірно континентальний; від 66 до 100 % – континентальний; понад 100 % – різко континентальний.

Вплив рослинного покриву на клімат.

Рослинний покрив суттєво трансформує метеорологічний режим приземного шару повітря. У лісі температура ґрунту досягає лише 5–20 % сонячної радіації. Удень температура ґрунту й повітря серед рослин нижча, ніж над оголеним ґрунтом, а у приземному шарі повітря та на поверхні ґрунту, захищеному рослинами, нічна температура вища, ніж на оголеній ділянці. Добова амплітуда температури ґрунту в лісі на 30–40 % менша, ніж на відкритому місці; річна амплітуда температури в лісі також зменшується.

Випаровування води безпосередньо з поверхні ґрунту за наявності рослинності менше, ніж з відкритого ґрунту. Рослинний покрив різко зменшує швидкість вітру. На території з лісом опади за літні місяці збільшуються на 7–15 % завдяки збільшенню шорсткості місцевості.

Вплив снігового покриву на клімат.

Сніг захищає ґрунт від проникнення в нього низьких температур. Якщо утворився сніговий покрив висотою 20–30 см, то добові коливання температури затухають уже на глибині 20 см, а якщо снігу немає, то вони помітні до глибини 80–100 см.

При товщині снігового покриву 40–50 см температура поверхні ґрунту під ним на 6–7 °С вища за температуру оголеної ділянки ґрунту і на 10 °С вища за температуру поверхні самого снігу. Глибина промерзання ґрунту також зменшується: при висоті снігового покриву близько 30 см ґрунт промерзає до 25–30 см, а без снігу – до 100 см і більше. Отже, сніговий покрив виконує роль природного теплоізолятора, що має велике значення для зимівлі озимих культур та ґрунтової біоти.

Вплив рельєфу на клімат.

Близько половини площі суходолу мають абсолютну висоту до 500 м над рівнем моря. Вище 1 000 м розташовано близько 28 % суходолу, а вище 2 000 м – близько 13 %. Гірський клімат виявляється у вертикальній кліматичній поясності.

У горах спостерігається зменшення кількості атмосферних опадів, хмарності, туманів на підвітряному боці гір. На повернутих до вітрів схилах і у

відкритих долинах при зростанні висоти місцевості кількість опадів збільшується. Інтенсивність прямої сонячної радіації та частка ультрафіолетових променів у горах збільшуються. Для гірських районів характерні вітри схилів, гірсько-долинні та льодовикові вітри.

Температура повітря в горах улітку з висотою знижується в середньому на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ на кожні 100 м висоти, тобто знижується повільніше, ніж у вільній атмосфері, де вертикальний градієнт становить $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. На південних схилах температура ґрунту на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ вища, ніж на північних. Узимку на нижніх схилах гір спостерігається інверсійний розподіл температури. Абсолютна вологість повітря в горах з висотою зменшується, а відносна вологість улітку з висотою збільшується і найбільшого значення досягає на рівні утворення хмар.

Контрольні запитання

1. Надайте визначення кліматології як науки та клімату як багаторічного режиму погоди.
2. Чим відрізняються поняття «глобальний клімат», «макроклімат» і «мікроклімат»?
3. Назвіть ланки кліматичної системи та охарактеризуйте їхні основні фізичні властивості.
4. Порівняйте теплоємність і теплопровідність повітря та води. Як ці відмінності впливають на формування клімату?
5. Які чинники формування клімату належать до радіаційних? Як змінюється радіаційний баланс земної поверхні від екватора до полюсів?
6. Охарактеризуйте пасати і мусони як циркуляційні чинники клімату.
7. Як підстильна поверхня впливає на добові та річні коливання температури повітря?
8. Наведіть формули Ценкера, Хромова та Горчинського для оцінки континентальності клімату. Як інтерпретуються значення індексу Горчинського?
9. Як рослинний і сніговий покриви впливають на температурний режим ґрунту?
10. У чому полягає вплив рельєфу на клімат гірських територій?

1.2 Класифікація кліматів Л. С. Берга

Основні терміни та визначення:

Класифікація кліматів – поділ кліматів Землі за різними ознаками, умовами виникнення або зв'язками з іншими географічними явищами на кліматичні зони (та області), що вирізняються однотипними кліматичними умовами.

Кліматична зона – це найбільша одиниця кліматичного районування, що має широтну протяжність та виділена за визначеними об'єктивними кліматологічними показниками. Кліматична область – це частина кліматичної зони, що характеризується певним типом клімату. Тип клімату – це клімат із характерними властивостями, що відповідає певній кліматичній зоні. Кліматична межа – це досить чітко виражена межа між регіонами з різним кліматом.

З кліматом пов'язане життя рослин та тварин, характер ґрунтового та рослинного покривів, гідрологічний режим, життя та господарська діяльність людини. Класифікація кліматів проводиться для виділення типів кліматів, за допомогою яких можна встановити подібність чи відмінність кліматичних умов. Для класифікації кліматів використовують середні річні та місячні температури повітря та річні атмосферні опади, враховують ландшафтно-географічні зони, ступінь зволоження території.

Принципи класифікації кліматів Л. С. Берга.

Класифікація кліматів Л. С. Берга підкреслює, що між кліматом, рельєфом, ґрунтовим та рослинним покривом спостерігається тісний зв'язок і взаємодія. При просуванні з півночі на південь кількісні зміни метеорологічних величин призводять до якісних змін природи, що виражається у закономірній зміні ландшафтів; в утворенні ландшафтів клімат відіграє провідну роль.

Класифікація кліматів Л. С. Берга проста та зручна, але вона стосується лише суходолу, а значно більші площі водної поверхні залишаються поза увагою. За цією класифікацією виокремлюють дванадцять кліматичних зон: клімат вічного морозу; клімат тундри; клімат тайги; клімат листяних лісів

помірної зони; клімат степів; середземноморський клімат; мусонний клімат помірних широт; клімат вологого субтропічного лісу; клімат позатропічних пустель; клімат субтропічних пустель; клімат саван; клімат вологого тропічного лісу.

Клімат вічного морозу.

Цей тип клімату існує у високих широтах на льодяних плато Антарктиди, Гренландії (крім вузької смуги на заході, півдні та сході узбережжя), Землі Франца-Йосифа, північної частини Нової Землі, Північної Землі. Клімат тут суворий: найтепліший місяць має середню температуру нижче 0 °С, на плато Гренландії – близько -15 °С, а в Антарктиді – -30 °С. Рослинність у цій зоні практично відсутня, а поверхня вкрита постійним льодовиковим покривом.

Клімат тундри.

Ця зона займає північну частину Північної Америки, Євразії та багато островів Арктики. Південною межею тундри вважають північну межу лісотундри. Ліси наближаються до тундри не суцільними масивами, а у вигляді рідколісся, яке називається лісотундрою. Ця межа збігається з ізотермою 10–12 °С найтеплішого місяця року. У тундрі розповсюджена вічна мерзлота великої товщини, яка обмежує розвиток деревної рослинності та визначає специфіку ґрунтових процесів.

Клімат тайги.

У північній півкулі тайга займає величезні площі, а у південній півкулі на рівнинах не зустрічається. Південна межа тайги у Північній Америці проходить близько 50° пн. ш. У Євразії тайга займає Скандинавський півострів (крім півдня), далі південна межа проходить уздовж лінії Санкт-Петербург – Нижній Новгород – Єкатеринбург, охоплює Західний Сибір (крім півдня), Східний Сибір (крім середнього Амуру й Уссурійського краю), Камчатку, Сахалін (крім півдня).

Континентальність та суворість клімату тайги у Євразії збільшується на схід. У тайзі Північної Америки середня температура січня місцями нижча за значення від -28 до -30 °С, абсолютний мінімум знижується до -64 °С. Ще суворіші зими у тайзі Східного Сибіру: тут середня температура січня

становить -50°C , абсолютний мінімум – -70°C . Літо в тайзі досить тепле: середня температура липня на північній межі зони становить $10\text{--}12^{\circ}\text{C}$, на південній – $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$. Опадів у тайзі випадає у межах 600–300 мм зі зменшенням на схід. Умови сприятливі для рослинності – тут сформувалася смуга диких важкопрохідних хвойних лісів. Вічна мерзлота на півдні зони має переважно островне розповсюдження.

Клімат листяних лісів помірної зони.

У Північній Америці ці ліси займають територію південніше 50° пн. ш. і східніше 100° зх. д., за винятком південно-східної частини. У Євразії до цієї зони належать Ірландія, Англія, південь Скандинавського півострова, Східна Європа на південь від тайги, південь Західного Сибіру. У Південній Америці ця зона розташована у нижній течії річки Парана та за течією річки Уругвай, а також охоплює південний схід Австралії та Нову Зеландію. До цієї зони Л. С. Берг включає й лісостеп.

Температура найтеплішого місяця не перевищує 22°C . Річна кількість атмосферних опадів становить переважно 500–600 мм, місцями до 1 000 мм. У Західній Європі переважають букові ліси, у Східній – дубові.

Клімат степів.

Степи поділяють на дві групи. До першої групи належать степи помірних широт з холодною зимою. Це степи Європи, Середнього Поволжя, Передкавказзя, північного Казахстану, Забайкалля, Монголії, західних штатів Північної Америки. До другої групи відносять степи в тропічних і субтропічних широтах на периферії пустель з теплою зимою.

У степах помірних широт середня температура найтеплішого місяця становить $22\text{--}24^{\circ}\text{C}$, у тропічних широтах – до 28°C . Характерна велика випаровуваність. У помірних широтах випадає 300–500 мм опадів, у тропічних – 200–350 мм. Найбільше опадів випадає влітку у вигляді злив, але літо сухе, спекотне. У степах помірних широт встановлюється сніговий покрив висотою 10–30 см.

Середземноморський клімат.

Такий тип клімату спостерігається у басейні Середземного моря, на південному березі Криму, Чорноморському узбережжі Кавказу від Новоросійська до Туапсе, на тихоокеанському узбережжі штату Каліфорнія, узбережжі Чилі на південь від Сант-Яго, південному узбережжі Австралії та Африки.

Температура найхолоднішого місяця у середземноморському кліматі вища за 0 °С, найтеплішого – 22–28 °С. Річна кількість атмосферних опадів становить від 300 до 1 000 мм і більше залежно від рельєфу. Літо сухе, спекотне; опади випадають переважно взимку. Тут сформувалася своєрідна рослинність: кипарис, лаврове дерево, магнолії.

Мусонний клімат помірних широт.

Ця зона займає середню течію Амуру, Уссурійський край, південь Сахаліну, північну половину Японії, північну частину Кореї, Північно-Східний та Східний Китай. Влітку східні та південно-східні вітри переносять вологе повітря з океану, а зимою північно-західні вітри приносять із Сибіру морозне сухе повітря.

Середня температура січня становить близько мінус 20 °С, сніговий покрив невисокий. Середня температура липня дорівнює 20–25 °С. Атмосферні опади досягають 600–1 000 мм, причому переважна їх кількість випадає влітку.

Клімат вологого субтропічного лісу.

Ця зона займає узбережжя Мексиканської затоки, південно-східні штати США, Болівію, Парагвай, південно-східну частину Бразилії, плоскогір'я Африки, південно-східне узбережжя Чорного моря, південне узбережжя Каспійського моря, північ Індії, Південний Китай, південну половину Японії і Кореї, північно-східне узбережжя Австралії.

Середня температура найхолоднішого місяця не нижча за 2 °С, найтеплішого – 25–30 °С. Літо спекотне, сире. Кількість атмосферних опадів перевищує 1 000 мм, найбільше опадів випадає влітку. Тут розповсюджені широколистяні ліси з домішкою вічнозелених, зустрічаються ліани.

Клімат позатропічних пустель.

Це середньоазіатські пустелі та навколишні напівпустелі, Гобі, пустелі Північної Америки в середній течії річки Колорадо, у Південній Америці – у східній Патагонії. Зима тут холодна. Середня температура найхолоднішого місяця в Середній Азії становить на півночі мінус 10 °С, до 3 °С на півдні, найтеплішого – 28–32 °С. Максимальна температура влітку досягає 50 °С.

У цій зоні дуже сухо: випадає менше 250–300 мм опадів, місцями близько 80 мм. Часто бувають піщані бурі. Характерною рослинністю є полин, солянка, саксаул. При зрошенні вирощують бавовник, рис, баштанні культури тощо.

Клімат субтропічних пустель.

Це найсухіші пустелі земної кулі: Сахара, пустелі Аравії, Наміб, Атакама, Каліфорнійська пустеля та пустелі в нижній течії річки Колорадо, пустелі Австралії. Тут панує континентальне тропічне повітря.

Середня температура найтеплішого місяця (крім берегових пустель) становить 32–38 °С, а в нижній течії Колорадо – 39 °С. Абсолютний максимум температури повітря тут досягає 58 °С. Середня температура найхолоднішого місяця ніде не опускається до 10 °С. Кількість атмосферних опадів менша ніж 250 мм, місцями менша ніж 100 мм, а в окремих місцях становить 3–5 мм, і протягом кількох років немає дощу. Опади бувають у вигляді злив. Характерні часті піщані бурі. Природна рослинність практично відсутня або з'являється часом після злив. В оазисах Сахари росте фінікова пальма.

Клімат саван.

Ця зона займає великі простори в Африці і Південній Америці, узбережжя Центральної Америки, західну частину острова Мадагаскар, Індостан південніше 22° пн. ш., Цейлон, Індокитай, північну частину Австралії, Гавайські острови. Це тропічний лісостеп земної кулі. Зимою тут панує сухе континентальне тропічне повітря, яке розповсюджується сюди пасатами. Влітку сюди переноситься вологе екваторіальне повітря у вигляді екваторіального мусону.

Середня температура найтеплішого місяця становить 25–30 °С, найхолоднішого – не нижча за 18 °С. Річна амплітуда температури повітря

досягає 12 °С. Кількість атмосферних опадів становить близько 1 000 мм, а на схилах гір – більше 2 000 мм. Майже всі вони випадають влітку. Характерною рослиною є баобаб. У сухий період дерева скидають листя, але є й вічнозелені породи. Протягом вологого періоду розвивається буйна трав'яниста рослинність.

Клімат вологого тропічного лісу.

Це зона земної кулі вздовж екватора: екваторіальна Африка, території вздовж течії Амазонки, схід Бразилії, місцями Центральна Америка, Великі Антильські острови, східна частина острова Мадагаскар, південно-західна Індія, західне узбережжя Індокитаю, півострів Малакка, Великі Зондські острови, Філіппінські острови, Нова Гвінея.

У цьому типі клімату середня річна температура становить 24–30 °С. Річна амплітуда температури дорівнює 1–6 °С. Середня температура найхолоднішого місяця вища за 18 °С. Нічні мінімальні температури не нижчі за 16 °С. У річному перебігу температури спостерігаються два максимуми і два мінімуми: максимуми – у період весняного та осіннього рівнодення, а мінімуми – літнього та зимового сонцестояння. На річний перебіг температури дуже впливають хмарність і опади.

Кількість атмосферних опадів досягає 3 000 мм. Спостерігаються два відносно дощові періоди під час рівнодення, але посушливого періоду немає. Опади мають зливовий характер з грозами і, як правило, спостерігаються в другу половину дня, коли найбільше розвивається конвекція. Ростуть тут вічнозелені ліси з ліанами, пальма сагова і кокосова, банани, ананаси, дерево какао, хлібне, кофейне і хінне дерева, каучуконоси тощо.

Контрольні запитання

1. Надайте визначення понять «класифікація кліматів», «кліматична зона», «кліматична область», «тип клімату», «кліматична межа».
2. На яких принципах ґрунтується класифікація кліматів Л. С. Берга? У чому полягають її переваги та обмеження?
3. Перелічіть дванадцять кліматичних зон за класифікацією Л. С. Берга.

4. Охарактеризуйте клімат вічного морозу та клімат тундри. Де проходить південна межа тундри?
5. Порівняйте кліматичні умови тайги Північної Америки та Східного Сибіру.
6. Чим відрізняються степи помірних широт від степів тропічних і субтропічних широт?
7. Назвіть характерні ознаки середземноморського клімату та райони його поширення.
8. У чому полягає особливість режиму опадів мусонного клімату помірних широт?
9. Порівняйте клімат позатропічних і субтропічних пустель.

1.3 Класифікація кліматів В. Кеппена і Б. П. Алісова

Принципи класифікації кліматів В. Кеппена.

Для класифікації кліматів В. Кеппен використав середні річні й місячні температури повітря та річні атмосферні опади. Це робить класифікацію формалізованою та зручною для практичного застосування, оскільки вона базується на даних стандартних метеорологічних спостережень.

Кеппен виокремив п'ять кліматичних зон:

- А – волога тропічна зона без зими;
- В – дві сухі зони, по одній в кожній півкулі;
- С – дві помірно теплі зони без регулярного снігового покриву;
- D – дві зони бореального клімату на материках з різко вираженими відмінностями взимку і влітку;
- Е – дві полярні області снігового клімату.

Межі між зонами проводять за певними ізотермами найхолоднішого та найтеплішого місяців; за співвідношенням середньої річної температури і річної кількості опадів; з урахуванням річного ходу опадів.

У межах п'яти зон Кеппен виокремив одинадцять типів кліматів:

- 1) клімат тропічних лісів; 2) клімат саван; 3) клімат степів; 4) клімат пустель;
- 5) клімат помірно теплий з сухою зимою (мусонний); 6) клімат помірно теплий

з сухим літом (середземноморський); 7) клімат помірно теплий з рівномірним зволоженням; 8) клімат бореальний з сухою зимою (мусонний); 9) клімат бореальний з рівномірним зволоженням; 10) клімат тундри; 11) клімат вічного морозу.

Для подальшої деталізації вводять 23 додаткові ознаки:

Зона А: вологий тропічний клімат.

У зоні А середня температура кожного місяця вища за 18 °С. У межах зони виокремлюють такі типи:

- Af – клімат екваторіальних лісів: середня кількість опадів кожного місяця більша за 60 мм;
- Am – мусонний клімат: середня кількість опадів за найсухіший місяць менша за 60 мм, проте загальне річне зволоження достатнє для існування вологих лісів;
- Aw – клімат саван із сухою зимою: середня кількість опадів за найсухіший зимовий місяць менша за 60 мм;
- As – клімат саван із сухим літом: середня кількість опадів за найсухіший літній місяць менша за 60 мм.

Зона В: сухий клімат.

Зона В охоплює аридні та семіаридні території, де випаровуваність перевищує кількість опадів. У межах зони виокремлюють:

- BWh – спекотний пустельний (аридний) клімат;
- BWk – холодний пустельний клімат;
- BSh – спекотний напівпустельний (семіаридний) клімат;
- BSk – холодний напівпустельний клімат.

Якщо середня температура за рік перевищує 18 °С, використовується літера h, якщо менша за 18 °С – літера k.

Зона С: помірний клімат.

У зоні С виокремлюють такі типи кліматів: Cwa, Cfa – субтропічний морський клімат; Cwb, Cfb – помірний морський клімат; Cwc, Cfc – субарктичний морський клімат; Csa, Csb, Csc – середземноморський клімат.

Друга літера у позначенні типу описує співвідношення опадів у холодний та теплий періоди: w (суха зима) – кількість опадів найсухішого зимового місяця становить $1/10$ від кількості опадів найвологішого літнього місяця; s (сухе літо) – кількість опадів найсухішого літнього місяця становить $1/3$ від кількості опадів найвологішого зимового місяця; f (без посушливого сезону) – жодна з наведених умов не виконується.

Третя літера характеризує температуру: a (спекотне літо) – середня температура найспекотнішого місяця вища за $22\text{ }^{\circ}\text{C}$; b (тепле літо) – середня температура найспекотнішого місяця нижча за $22\text{ }^{\circ}\text{C}$, при цьому середня температура принаймні чотирьох місяців на рік вища за $10\text{ }^{\circ}\text{C}$; c (прохолодне літо) – середня температура менше ніж чотирьох місяців за рік вища за $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Субтропічний клімат охоплює великі території півдня Африки і південно-східні території Китаю, США та Південної Америки. Морський клімат розташований у Західній Європі, Новій Зеландії, південній Африці та на південно-східному узбережжі Австралії. Середземноморський клімат поширений у Південній Європі, Австралії та на західному узбережжі США.

Зона D: континентальний клімат.

У зоні D середня температура найхолоднішого місяця нижча за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, при цьому принаймні один місяць має середню температуру вищу за $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Виокремлюють такі типи: Dwa, Dw b, Dfa, Dfb, Dsa, Dsb – помірний континентальний клімат; Dwc, Dwd, Dfc, Dfd, Dsc, Dsd – субарктичний континентальний клімат.

Друга і третя літери мають те саме значення, що й у зоні C. Додатково використовується третя літера d (холодне літо) – середня температура найхолоднішого місяця нижча за $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Помірний континентальний клімат поширений у Центральній та Східній Європі і на південному сході США. Субарктичний континентальний клімат охоплює Канаду, Росію та Північну Європу.

Зона E: арктичний клімат.

У зоні E середня температура найтеплішого місяця нижча за $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ця група складається лише з двох типів клімату: ET – клімат тундри, за якого

середня температура принаймні одного місяця вища за 0 °C і нижча за 10 °C; EF – клімат постійного морозу, за якого середня температура кожного місяця нижча за 0 °C.

Клімат тундри займає території Ісландії, північного узбережжя Азії, західного узбережжя Гренландії, Канадського Арктичного архіпелагу та вершин багатьох гірських систем. Клімат постійного морозу поширений лише на вершинах найвищих гір (Гімалаї, Анди, Альпи тощо) і внутрішніх територіях Гренландії та Антарктиди.

Принципи класифікації кліматів Б. П. Алісова.

Класифікація Б. П. Алісова базується на загальній циркуляції атмосфери, що виражається в переважанні повітряних мас певного географічного типу. У кожному кліматичному поясі протягом усього року переважає одна повітряна маса – відповідно, екваторіальне, тропічне, помірне (або полярне) та арктичне (антарктичне) повітря.

Повітряні маси визначають основні властивості клімату поясів, оскільки повітряна маса формується під впливом радіаційного і теплового балансів певної місцевості. Межі поясів визначаються за середнім багаторічним положенням кліматологічних фронтів. У кожному поясі Б. П. Алісов виокремив два різновиди кліматів, а саме: клімат низовин та клімат високих гір.

За Алісовим, виокремлюють сім основних кліматичних поясів (зон): екваторіальний, два тропічних, два помірні, два арктичні (по одному у кожній півкулі). Між цими основними поясами розташовані три перехідні пояси у кожній півкулі: пояс екваторіальних мусонів (субекваторіальний), субтропічний та субарктичний (субантарктичний). У перехідних поясах улітку панує повітря південнішого основного поясу, а взимку – північнішого.

У більшості поясів Б. П. Алісов виокремлює чотири типи кліматів: материковий (континентальний), океанічний (морський), клімат західних берегів материків та клімат східних берегів материків. Відмінності між материковим та океанічним кліматами пояснюються впливом відповідної підстильної поверхні, умовами циркуляції атмосфери та океанічними течіями.

Екваторіальний пояс.

В екваторіальному поясі протягом усього року панує екваторіальне повітря. Пасати переносять у бік екватора тропічне повітря, яке вже на підході до екватора трансформується в екваторіальне. Трансформація полягає переважно у його зволоженні на всю товщину тропосфери.

Значних відмінностей між материковим та океанічним типами клімату немає. Найбільше материковий тип виявляється у внутрішній екваторіальній Африці та Південній Америці. Середні місячні температури повітря змінюються в межах 24–28 °С. Річний максимум не перевищує 35 °С, мінімум не нижчий ніж 20 °С. Добова амплітуда температури становить 10–15 °С, річна – 1–5 °С.

Переважає хмарна погода. Дуже розвинена конвекція, тому опади мають зливовий характер і сягають 2 000–3 000 мм. На схилах гір на острові Ява опади досягають 7 000 мм, а на схилах гори Камерун – більше 9 000 мм. Дуже великий вміст водяної пари у повітрі: відносна вологість протягом року становить близько 85 %. Клімат екваторіального поясу за Б. П. Алісовим відповідає клімату вологого тропічного лісу за Л. С. Бергом.

Субекваторіальний пояс (пояс екваторіальних мусонів).

У субекваторіальному поясі клімат формується під дією сезонних зміщень тропічного фронту, які пов'язані зі зміщенням смуги найбільшого нагрівання. Ця смуга влітку розташована північніше екватора, а взимку – південніше. Влітку смуга відповідної півкулі низького тиску віддаляється від екватора і екваторіальний мусон розповсюджується у вищі широти, досягаючи на материках широти 18°, а на території Індостану та Індокитаю літній мусон досягає Гімалаїв, тобто близько 30° пн. ш.

Під час зимового мусону, який є, по суті, пасатом, на материках різко зменшується хмарність та вологість повітря, різко зменшується кількість атмосферних опадів, збільшується добова амплітуда температури. Клімат поясу екваторіальних мусонів складається із двох різних самостійних кліматичних режимів – материкового та океанічного.

У материковому типі клімату субекваторіального поясу температура найтеплішого місяця досягає 32 °С, а найхолоднішого – 16 °С. У річному пербігу температури виокремлюють два максимуми (навесні та восени) і два мінімуми (взимку та влітку), до того ж основним є зимовий мінімум. Весна – спекотна і суха пора року: сонце у цей час досягає zenіту, річки висихають, земля розтріскується, а дерева скидають листя. Опади щороку в середньому не перевищують 1 500–2 000 мм, а на північній межі поясу зменшуються місцями до 300–400 мм і випадають зазвичай влітку в другій половині дня з грозами. На навітряних схилах гір кількість опадів збільшується до 4 000–5 000 мм.

Океанічний тип клімату субекваторіального поясу поширюється приблизно до 12° широти в обох півкулях. Тут немає таких різких сезонних контрастів. Температура повітря становить 24–26 °С. Літо вологіше і на 2–3 °С тепліше, ніж зимою. Опади здебільшого спостерігаються вночі. Клімат західних та східних берегів материків у цьому поясі відрізняється мало, але на західних берегах зима сухіша, ніж на східних, де на гористих берегах випадає багато опадів. Тому на західних берегах переважають савани, а на східних – вологі екваторіальні ліси.

Тропічний пояс.

У тропічному поясі протягом року панує тропічне повітря, яке формується в субтропічних антициклонах над океанами та в малоградієнтних баричних депресіях термічного походження над материками. У тропічному поясі, як і в екваторіальному, адвекція не має суттєвого значення. У поясі виокремлюють клімат материкового типу, океанічний тропічний клімат, клімат західних берегів материків і тропічний клімат східних берегів материків.

У кліматі материкового типу температура найтеплішого місяця досягає 30–32 °С, найхолоднішого – 10–20 °С, а абсолютний максимум – 58 °С. Середня річна амплітуда температури повітря становить близько 20 °С. Середня добова амплітуда повітря також близько 20 °С, в окремі дні вона досягає 40 °С, а добова амплітуда температури піщаної поверхні інколи перевищує 80 °С. Опадів тут менше 250 мм, в окремих місцях їх буває кілька десятих міліметра, і вони не випадають роками. Відносна вологість повітря влітку менша за 30 %. Інколи сюди проникають глибокі циклони, що спричиняє

піщані бурі надзвичайної сили; при цьому температура повітря підвищується до 45–50 °С, а відносна вологість зменшується до кількох відсотків. Це клімати внутрішньоматерикових пустель. Зимою при особливо потужних вторгненнях холодного повітря можливе зниження температури нижче 0 °С і випадіння снігу в Сахарі.

В океанічному тропічному кліматі майже весь радіаційний баланс витрачається на випаровування води, тому тут малі річні й добові амплітуди температури і велика вологість повітря. За цими характеристиками клімат наближається до екваторіального, але відрізняється від нього малою хмарністю. Температура найтеплішого місяця становить близько 28 °С, найхолоднішого – 20 °С, вологість повітря – близько 80 %. Добре виражені пасати.

Клімат західних берегів материків формується на східній периферії субтропічних антициклонів у зоні пасатів та під впливом холодних океанічних течій. Температура повітря для тропічних широт дуже низька: середня температура найтеплішого місяця становить близько 20 °С, найхолоднішого – 16 °С. Вологість повітря – 80–90 %, опадів менше ніж 100 мм, а подекуди взагалі кілька міліметрів. Це своєрідний клімат прибережних вологих пустель: західне узбережжя Сахари, Наміб, Атакама, південь Каліфорнії. Місцеві рослини використовують воду крапельок туманів, які тут бувають часто. Тут часто виникають сильні бризи, особливо вдень, тому відносна вологість повітря на узбережжі навіть удень не опускається нижче 65–70 %.

Тропічний клімат східних берегів материків відрізняється від західних мусонною циркуляцією. Температура найтеплішого місяця становить близько 26 °С, найхолоднішого – 18 °С. Пасатна інверсія тут менше виражена і зазвичай розташована вище рівня конденсації, тому кількість опадів досягає 1 000 мм і випадають вони переважно влітку. Тут ростуть тропічні ліси.

Субтропічний пояс.

У субтропічному поясі влітку панує тропічне повітря, а взимку – повітря помірних широт. Взимку фронт помірних широт (полярний) зміщується на південь, тому в субтропічному поясі часто проходять циклони і відбувається вторгнення холодного повітря з різкими похолоданнями. Майже щорічно випадає сніг, але сніговий покрив не утворюється. Влітку над океанами

розширюються субтропічні антициклони, фронт помірних широт зміщується на північ, тому шляхи циклонів пролягають значно північніше. Отже, тут добре виражені сезонні зміни погоди.

Материковий тип клімату характеризується сухим, спекотним літом і відносно вологою, нестійкою зимою. Середня температура найтеплішого місяця перевищує 30 °С, найхолоднішого – переважно 4–8 °С. Річна кількість опадів становить близько 500 мм, в окремих місцях – менше ніж 300 мм. На навітряних схилах гір опадів у 4–5 разів більше, ніж на рівнинах.

В океанічному типі клімату спостерігається рівномірне річне змінювання температури: влітку 18–20 °С, зимою – близько 12 °С. Кількість опадів досягає 1 000 мм, і випадають вони переважно взимку. Водночас часто спостерігаються сильні вітри.

Клімат західних берегів характеризується сухим, сонячним та спекотним літом і відносно теплою дощовою погодою взимку. Цей тип клімату називається середземноморським. Влітку переважає безхмарна погода, характерна для східної периферії субтропічних антициклонів. Середня температура найтеплішого місяця становить 26–28 °С, найхолоднішого – переважно 10–12 °С. Річна кількість опадів дорівнює 400–800 мм, а на навітряних схилах гір – навіть більше ніж 4 000 мм. Основна їх частина випадає взимку.

Клімат східних берегів материків у субтропічному поясі мусонний. Спостерігається холодна для субтропіків суха зима і спекотне вологе літо. Середня температура найтеплішого місяця становить 25–30 °С, найхолоднішого – 4–6 °С. Опади випадають переважно влітку, щороку близько 600–800 мм. Вологість повітря влітку – 80–85 %, переважає хмарна погода.

Помірний пояс.

У помірних широтах визначальне значення у формуванні клімату має циклонічна діяльність, яка обумовлює міжширотний обмін повітряних мас. Якщо у тропічних широтах найважливіше значення у формуванні клімату має трансформація повітряних мас, то в помірних різко збільшується значення адвекції. Результатом цього є різкі зміни як окремих метеорологічних величин,

так і погоди в цілому. У зволоженні помірних широт головне значення мають фронтальні опади і значно менше – опади термічної конвекції.

Континентальний тип клімату характеризується холодною сніжною зимою та теплим літом. Зимою в середині материків часто формуються антициклони з малохмарною морозною погодою. Середня температура найтеплішого місяця на різних широтах становить 10–24 °С, найхолоднішого – від -2 до -40 °С. Річна амплітуда температури повітря досягає 50–60 °С. Річна кількість опадів становить 300–600 мм, переважають літні опади. Відповідно до зволоження території ландшафти змінюються від вологої тайги на півночі до напівпустель і навіть пустель на півдні.

Океанічний тип клімату формується під впливом інтенсивної циклонічної діяльності, тому погода надзвичайно мінлива. Температура найтеплішого місяця становить 8–12 °С, найхолоднішого – 0–6 °С. Кількість атмосферних опадів перевищує 1 000 мм, і випадають вони досить рівномірно протягом року. Характерна велика швидкість вітру над океанами – так звані «ревучі сорокові широти».

Клімат західних берегів материків формується під впливом адвекції, тобто перенесення вологого океанічного повітря протягом усього року. Середня температура найтеплішого місяця становить 15–19 °С, найхолоднішого – трохи вище 0 °С. Річна кількість опадів дорівнює близько 600 мм на рівнинах та понад 2 000 мм на навітряних схилах. Спостерігається рівномірний розподіл опадів протягом року.

Клімат східних берегів має добре виражений мусонний характер. Зимою вздовж східної периферії азіатського антициклону холодне сибірське повітря переноситься на океан, а влітку океанічне повітря – на материк. Така ж циркуляція спостерігається і на сході Північної Америки. Холодні течії вздовж східних берегів знижують температуру влітку. Температура найтеплішого місяця становить 10–16 °С, найхолоднішого – від -16 до -20 °С. Річна кількість опадів дорівнює 500–700 мм, на схилах гір – до 2 000 мм. Близько 70 % опадів випадає влітку. Весною та на початку літа часто спостерігаються тумани.

Субарктичний (субантарктичний) пояс.

У субарктичному поясі спостерігаються материковий та океанічний типи клімату, а в субантарктичному – лише океанічний.

У материковому типі клімату влітку переважають північні вітри, оскільки циклони проходять південніше, а зимою – південні. Спостерігається холодна тривала зима і відносно тепле коротке літо. Середня температура найтеплішого місяця становить 10–17 °С, найхолоднішого – від -40 до -50 °С. Річна амплітуда температури у північно-східній Якутії досягає максимального для земної кулі значення 65 °С. Річна кількість опадів становить 200–300 мм.

В океанічному типі клімату зимою панує морське арктичне повітря, влітку – морське повітря помірних широт. Спостерігається інтенсивна циклонічна діяльність протягом усього року, особливо у південній півкулі. Зима відносно тепла, літо прохолодне. Температура найтеплішого місяця становить 4–8 °С, найхолоднішого – від -8 до -16 °С. Річна амплітуда температури не більше 20 °С. Річна кількість опадів дорівнює 200–500 мм, і випадають вони рівномірно. Зимою часто бувають сильні вітри.

Арктичний (антарктичний) пояс.

В арктичному (антарктичному) поясі протягом усього року зберігається крижаний і сніговий покриви. Середні температури зимових місяців відрізняються мало, і найхолоднішим місяцем може бути будь-який із них. Добовий хід температури становить 1–2 °С. Часто спостерігається інверсійний тип розподілу температури через вихолоджування від підстильної поверхні та низхідні рухи повітря в антициклонах. В арктичному поясі спостерігаються материковий та океанічний типи клімату, в антарктичному – материковий.

Материковий тип клімату найкраще виражений в Антарктиді та Гренландії. Дуже важливою характеристикою клімату є сильний вітер. Середня швидкість стокових вітрів на окраїнах Антарктиди досягає 15 м/с, а в окремих випадках – 90 м/с. Ширина зони стокових вітрів Антарктиди досягає 600–800 км. Середня температура найтеплішого місяця в центральних районах Антарктиди становить від -30 до -35 °С, у Гренландії – близько -15 °С; найхолоднішого – в Антарктиді, близько -70 °С, у Гренландії – -55 °С. Річна

кількість опадів на островах Арктики становить 100–200 мм, в Антарктиді – 60–80 мм. Крім слабких циклонічних опадів, тут при низьких температурах випадають окремі кристали льоду при ясній погоді. На поверхні снігу часто бувають відклади інію. Опади та сублімація водяної пари на поверхні снігу перевищують випаровування.

Океанічний тип клімату спостерігається в Північному Льодовитому океані. Головним джерелом надходження тепла в Арктиці є тепло океанічних вод, яке проникає через товщу криги і через розриви в ній. Доказом цього є те, що в Арктиці морози значно менші, ніж на материку. Середня температура найтеплішого місяця становить близько 0 °С; влітку під дією сонячної радіації лід зазвичай тоне. Температура найхолоднішого місяця в центрі Арктики становить близько мінус 36 °С. Тут щомісяця 15–20 днів з опадами, але через малий вміст вологи в повітрі опадів усього 100–200 мм, на периферії Арктики – до 300 мм.

Контрольні запитання

1. Які показники використав В. Кеппен для класифікації кліматів? Назвіть п'ять кліматичних зон за Кеппеном.
2. Перелічіть одинадцять типів кліматів за класифікацією В. Кеппена.
3. Розшифруйте позначення типів клімату Af, Am, Aw, BWh, BSk, Csa, Dfb, ET, EF.
4. Що означають другі літери w, s, f та треті літери a, b, c, d у позначеннях типів клімату за Кеппеном?
5. Що покладено в основу класифікації кліматів Б. П. Алісова? Як визначаються межі кліматичних поясів?
6. Назвіть сім основних і три перехідні кліматичні пояси за Б. П. Алісовим.
7. Які чотири типи кліматів виокремлює Б. П. Алісов у більшості поясів? Чим пояснюються відмінності між ними?
8. Охарактеризуйте клімат екваторіального та субекваторіального поясів.
9. Порівняйте клімат західних і східних берегів материків у тропічному та субтропічному поясах.
10. Охарактеризуйте особливості клімату помірного, субарктичного та арктичного поясів.

2 АНТРОПОГЕННІ ВПЛИВИ НА КЛІМАТ

2.1 Вплив людини на клімат. Навмисний вплив

Можливості та межі впливу людини на клімат.

На кількість сонячної радіації, що надходить до Землі, та на загальну циркуляцію атмосфери людина впливати не може. Водночас людина може змінювати властивості підстильної поверхні і таким чином впливати на зміну метеорологічного режиму відповідних ділянок. Головними напрямками такого впливу є зміна альбедо поверхні, зміна швидкості вітру у приземному шарі атмосфери, зміна зволоження.

Ці заходи дозволяють вплинути на місцеві особливості клімату, але не можуть вплинути на клімат Землі в цілому. Отже, навмисна діяльність людини спрямована передусім на поліпшення мікроклімату обмежених територій, насамперед сільськогосподарських угідь.

Методи впливу людини на клімат поділяють на дві групи: 1) навмисний вплив, коли людина свідомо (спрямовано) планує змінювання місцевих особливостей клімату; 2) ненавмисний (неспрямований) вплив, який відбувається як супутній наслідок господарської діяльності людини.

До основних видів навмисного впливу належать зрошення, осушення, будівництво ставків та водосховищ, створення полезахисних лісових смуг, затримання снігу та талої води на полях, збільшення кількості атмосферних опадів шляхом активного впливу людини на атмосферні процеси.

Зрошення.

Під впливом зрошення змінюються складові теплового балансу території. Сумарна сонячна радіація однакова на всіх ділянках, проте зрошення змінює характеристики поверхні, яка цю радіацію поглинає і перетворює.

По-перше, змінюється альбедо: альбедо піску в пустелі становить 25–35 %, а альбедо зрошеного поля з рослинами зменшується до 20 %. По-друге, зменшується ефективне випромінювання – через значно нижчу

температуру поверхні ґрунту й рослин та через більшу вологість приземного шару повітря. У результаті радіаційний баланс зрошуваного поля збільшується до 40 %.

Суттєво змінюється і структура витрат тепла: на зрошуваному полі до 87 % тепла витрачається на випаровування води, тоді як у напівпустелі стільки ж тепла йде на теплообмін ґрунту з повітрям. Під впливом зволоження ділянки знижується температура ґрунту, зменшується температура повітря вдень та підвищується його вологість.

Чим сухіший і тепліший клімат району, тим більший вплив зрошення на мікроклімат приземного шару повітря. Отже, при зрошенні рослини не лише забезпечуються вологою, а й поліпшуються метеорологічні умови для їх росту та розвитку.

Осушення.

Під впливом осушення також змінюються складові теплового балансу. На осушених болотах радіаційний баланс удень на 10–12 % більший, ніж на суходолі. Це пов'язано зі зменшенням ефективного випромінювання добре розвиненим рослинним покривом. На осушеній ділянці витрати тепла на випаровування води становлять близько 80 % від радіаційного балансу, тоді як на суходолі 35–60 %.

Осушені торф'яники мають малу теплопровідність, тому разом із великими витратами тепла на випаровування дуже охолоджуються протягом ночі. Це зумовлює низку несприятливих наслідків. Мінімальна температура вночі на торф'яниках на 3–4 °С нижча, ніж на суходолі, і тому збільшуються добові амплітуди температури. Середні добові температури повітря на осушених ділянках на висоті 150 см на 0,3–0,6 °С нижчі, ніж на суходолі; в середині рослинного покриву ця різниця збільшується. Вегетація на цих ділянках затягується на 3–6 днів. Через збільшення імовірності приморозків на осушених ділянках зменшується тривалість безморозного періоду: на осушених мінералізованих болотах безморозний період скорочується на 7 днів. Крім того, на осушених болотах, коли немає рослинного покриву, можуть виникати пилові бурі місцевого масштабу.

Будівництво ставків та водосховищ.

Під впливом ставків та водосховищ змінюються складові теплового балансу прилеглої території. Мікrokлімат змінюється над самими водоймами та в досить вузькій зоні узбережжя. Радіаційний баланс водної поверхні збільшується до 30 %.

У зоні достатнього зволоження річна амплітуда температури майже не змінюється. У зоні недостатнього зволоження збільшуються витрати тепла на випаровування: влітку та восени над водоймами дещо тепліше, весною – холодніше. Найбільші зміни спостерігаються на підвітряному березі. Вплив водосховищ нівелюється пропорційно логарифму відстані від берега. Ставки є дуже малими водосховищами, тому вплив цих водойм помітний лише на відстані десятків метрів.

В умовах сухого спекотного клімату вплив водосховищ значно сильніший. Охолоджувальний вплив великого водосховища розповсюджується на відстань 10–20 км. Вміст водяної пари в повітрі збільшується до 4 гПа, і цей ефект спостерігається на відстані до 50 км від водосховища. У середньому за рік берег водосховища вдень на 0,8 °C холодніший, а вночі на 0,5 °C тепліший, ніж віддалена від водойми територія. Це призводить до формування бризової циркуляції при антициклональній погоді. У зв'язку зі зменшенням шорсткості водної поверхні над водосховищами і на узбережжі швидкість вітру збільшується в середньому на 30 %, а в окремих випадках навіть у 1,6 разу.

Створення полезахисних лісових смуг.

Полезахисні лісові смуги, як правило, складаються з двох рядів високорослих дерев. Вони повинні бути продувними: проміжки між кронами дерев повинні збільшуватись унизу і зменшуватись у верхній частині смуги. Ефективна дія лісосмуги поширюється на 20–30 її висот до смуги та 40–50 висот за смугою і залежить від кута між смугою і вітром. Коли лісосмуга густа (непродувна), то в ній і вздовж неї протягом зими утворюються замети значної висоти, які весною довго тануть і затримують сільськогосподарські роботи на прилеглих полях.

Лісосмуги зменшують швидкість вітру на полях і завдяки цьому сніг не здувається з полів; зменшується видування поверхневого шару ґрунту та стікання води з полів; весною після танення снігу запаси продуктивної вологи в ґрунті на цих полях на 40–50 мм більші, ніж на полях без лісосмуг, що сприяє значному підвищенню врожайності сільськогосподарських культур; зменшується турбулентне перемішування повітря і у зв'язку з цим зменшується випаровування води рослинами, відносна вологість повітря між рослинами на 10–15 % більша, ніж на відкритих полях; вдень температура повітря підвищується на один градус, а вночі знижується; зменшується кількість днів із суховіями та зменшується інтенсивність пилових бур.

Затримання снігу та талої води на полях.

Снігозатримання ефективно в разі відсутності полезахисних лісових смуг. Для затримання снігу на полях використовують різні щити, огорожі, куліси, ряди високостебельних рослин (кукурудза, соняшник тощо). Використовують і сам сніг, коли за допомогою снігорозорювачів створюють вали зі снігу, які затримують свіжовипалий сніг. Експериментально встановлено, що в умовах України ряди високостебельних рослин потрібно залишати на зиму через кожні 11–14 м. На такому полі середня висота снігового покриву становить 41 см, а на полі без снігозатримання усього 12 см.

Снігозатримання забезпечує сприятливий температурний режим ґрунту. Мінімальна температура на глибині вузла кушіння рослин (3 см) не опускається нижче -15 °С, а на полях без затримання снігу вона удвічі нижча. Глибина промерзання ґрунту також утричі менша. Весною запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на полі із затриманням снігу на 50 мм більші. Це дає змогу рослинам випаровувати більше вологи, у результаті чого мікроклімат поля із затриманням снігу протягом весняно-літнього періоду помітно відрізняється.

Ефективним є також затримання на полях талої води весною. Щорічно весною з полів стікає шар води товщиною 50–80 мм, особливо на північному сході України. Збільшивши запаси продуктивної вологи в ґрунті за рахунок талої води на 50 мм, можна досягти такого самого ефекту, що й при затриманні

снігу. Одним із найпростіших засобів затримання талої води є оранка схилу впоперек.

Штучне збільшення кількості атмосферних опадів.

Опади випадають із хмар, які складаються з крапель води та кристалів льоду. Такі хмари існують при температурі повітря від -10°C до -40°C , коли краплі води не замерзають, а перебувають у переохолоджену стані.

Опади виникають, якщо внести кристали льоду у переохолоджену хмару. Для цього використовують тверду вуглекислоту або пари йодистого срібла. Ці реагенти висіваються у верхній частині переохолодженої хмари, і в атмосфері утворюється безліч кристаликів льоду. На кристалах виростають сніжинки, які й випадають із хмар. Якщо під хмарами температура вища за 0°C , то сніжинки тануть і випадає дощ.

Контрольні запитання

1. На які чинники формування клімату людина впливати не може, а на які може? Чому навмисний вплив обмежується місцевими особливостями клімату?
2. Чим відрізняється навмисний вплив людини на клімат від ненавмисного?
3. Як зрошення змінює альбедо, радіаційний баланс і структуру витрат тепла на полі?
4. Чому на осушених торф'яниках збільшується добова амплітуда температури і зростає небезпека приморозків?
5. Як водосховища впливають на температуру і вологість повітря прилеглих територій у різних кліматичних зонах?
6. Якими мають бути полезахисні лісові смуги? На яку відстань поширюється їхня ефективна дія?
7. Перелічіть позитивні наслідки дії полезахисних лісових смуг на мікроклімат полів.
8. Які засоби використовують для снігозатримання? Наведіть кількісні показники ефективності снігозатримання в умовах України.
9. У чому полягає ефект затримання талої води на полях?
10. Опишіть механізм навмисного впливу людини на клімат.

2.2 Ненавмисний вплив людини на клімат

Шляхи ненавмисного впливу людини на клімат.

Ненавмисний вплив є побічним результатом господарської діяльності людини. На відміну від навмисного впливу, який обмежується мікрокліматом окремих ділянок, ненавмисний вплив через свої масштаби може позначатися на кліматі великих регіонів і планети в цілому. Можна стверджувати, що уже з кінця XIX століття людина різними методами спрямовано змінює мікроклімат обмежених територій, а з XX століття почала виробляти багато енергії і викидати в атмосферу величезну кількість різноманітних відходів, які впливають на клімат.

Основними шляхами ненавмисного впливу людини на клімат є зміна газового складу атмосфери, збільшення вмісту аерозолів, збільшення виробництва промислової енергії.

Зміна клімату є найсуттєвішим глобальним екологічним викликом XXI сторіччя, що стоїть перед людством у місцевому, субнаціональному, регіональному та міжнародному вимірах. Реагування на зміну клімату є ключовим компонентом довгострокової глобальної політики задля захисту людей, засобів для існування та екосистем. В Україні спостереження за тенденціями змінювання клімату ведуться, зокрема, шляхом аналізу відхилень від норми середньої місячної температури повітря та місячної кількості опадів, результати узагальнюються у Національних доповідях про стан навколишнього природного середовища в Україні.

Зміна газового складу атмосфери.

Зміна газового складу атмосфери – це найпотужніший чинник глобального змінювання клімату, оскільки йдеться про парникові гази. Головним парниковим газом є водяна пара, але людина ще помітно не впливає на її вміст в атмосфері. Головний вплив на зміну клімату спричиняє збільшення вмісту в атмосфері вуглекислого газу та метану.

Щорічно людство викидає в атмосферу близько 8 млрд тонн вуглецю, 6,5 млрд тонн яких унаслідок використання викопного палива і 1,5 млрд тонн унаслідок спалювання лісів. Океан та рослинний покрив засвоюють близько

половини цього вуглецю. Унаслідок промислових викидів кількість вуглекислого газу в атмосфері за останні 100 років збільшилась на 35 %. При збереженні нинішніх темпів накопичення до кінця XXI століття концентрація CO₂ в атмосфері може зрости ще на 200–600 одиниць.

Вміст метану в атмосфері також помітно збільшується. Інші парникові гази на сьогодні ще мало вивчені, їх сумарний вклад у створення парникового ефекту незначний.

Зміни температури земної кулі.

Температура земної кулі вже підвищилась на 0,5–0,78 °C. При подальшому прогнозованому збільшенні вмісту парникових газів температура земної кулі на кінець XXI століття може підвищитись у середньому на 1,5–2,5 °C. У високих широтах підвищення температури може бути у два-три рази більшим, ніж середньої, і мати великі екологічні наслідки.

Варто зазначити: не всі вчені погоджуються з тим, що сучасне підвищення температури земної кулі є наслідком посилення парникового ефекту. Дехто з них стверджує, що сучасне підвищення температури може мати характер природного коливання клімату, адже протягом історичного часу спостерігалися подібні ритмічні коливання клімату. Є вчені, які заперечують значний вплив збільшення вмісту CO₂ в атмосфері на підвищення її температури. Це підтверджується тим, що в другій половині голоцену зміни в температурі мало залежали від природного коливання вмісту CO₂ в атмосфері. Однак це може бути наслідком неточності наших знань про коливання вмісту CO₂ в атмосфері за останні тисячі років, які ми отримуємо, вивчаючи склад повітря у бульбашках великих товщ криги в Арктиці та Антарктиді. Крім того, на початку 30-х років XX століття температура повітря вже підвищувалася на 0,6 °C, хоч значного збільшення вмісту вуглекислого газу тоді ще не було, а після цього температура повітря знову знижувалась. Протягом останніх років увага вчених усього світу спрямовувалася на детальніше вивчення чинників формування клімату.

Збільшення вмісту аерозолів.

Аерозолі – це тверді і рідкі домішки, які є завжди в атмосфері. Приблизно 16 % домішок в атмосфері є аерозолями антропогенного походження. Це є наслідком інтенсивного розвитку техніки та енергетики, особливо протягом останніх п'яти-шести десятиріч. Джерелом пилу, який надходить в атмосферу, також є поля сільськогосподарських культур, особливо в районах недостатнього зволоження: безмежне розорювання полів супроводжується посиленням вітрової ерозії.

Вплив атмосферного аерозолію на клімат залежить від концентрації домішок, їх кольору, розподілу у різних шарах атмосфери, розмірів часток. Аерозолі у стратосфері складаються з крапельок сірчаної кислоти природного і антропогенного походження. За оцінками ООН, людство щороку викидає в атмосферу 110 млн тонн оксиду сірки, який є основою формування кислотних дощів, та 70 млн тонн оксиду азоту, який є складовою смогу.

Домішки в атмосфері зменшують прозорість атмосфери і зменшують надходження сонячної радіації до земної поверхні. Дрібні домішки з діаметром 0,05–1,3 мкм, які зосереджені у стратосфері, можуть привести до зниження температури поблизу поверхні Землі на 0,6 °С. Аерозолі більших розмірів, навпаки, сприяють підвищенню температури на 0,1 °С. Отже, для точної кількісної оцінки ролі антропогенних аерозолів у формуванні клімату ще потрібні дослідження.

Збільшення виробництва енергії.

Обсяги виробництва енергії зростають щорічно на 3–5 %. Уся вироблена енергія врешті-решт перетворюється на тепло, що є джерелом підвищення температури нашої планети. Зараз кількість цього додаткового тепла становить близько 0,42 МДж/м² щороку, що дорівнює 0,01 % від сонячної радіації. Таке тепло може підвищити середню температуру повітря біля земної поверхні лише на 0,01 °С.

Водночас це тепло може пришвидшити танення криги на поверхні Землі. Зменшення площі крижаного покриву призводить до зменшення альбедо Землі і до подальшого підвищення температури, особливо у високих широтах. Таким

чином, навіть відносно невеликі надходження антропогенного тепла можуть запускати механізми позитивного зворотного зв'язку у кліматичній системі.

Наслідки ненавмисного впливу людини на клімат.

У минулому людина змінювала особливості земної поверхні, знищуючи ліси та розорюючи землі для вирощування врожаю сільськогосподарських культур. Масштаби розорювання земель в Україні найбільші у світі – близько 75 % площі; решту площі займають поселення, ліси, дороги тощо.

До масового розорювання степів там буяла трав'яниста рослинність і створювалась м'яка подушка на поверхні ґрунту, в результаті чого поверхневий стік був дуже малий, вся вода атмосферних опадів засвоювалась ґрунтом, і рослини поступово використовували її протягом літа; було багато джерел. Після розорювання полів різко збільшився поверхневий стік, у результаті чого різко зменшились витрати тепла на випаровування і збільшились витрати тепла на нагрівання повітря. Це може бути однією з причин підвищення температури повітря з кінця XIX століття. Крім того, негативними наслідками суцільного розорювання є те, що величезна кількість джерел зникла, збільшилась кількість днів із суховіями та пиловими бурями.

Важливим прогнозованим наслідком глобального потепління є послаблення циркуляції атмосфери. При підвищенні температури насамперед у високих широтах зменшуються горизонтальні градієнти температури між полюсами та екватором. Це зумовлює послаблення циркуляції атмосфери і зменшує перенесення вологи з океанів на суходіл. Тому кількість опадів в умовах континентів зменшується, погіршуються умови зволоження на великих просторах нашої планети. Можна передбачити можливе розширення посушливої субтропічної зони у вищі широти.

Основні джерела викиду парникових газів і забруднюючих речовин.

Найбільші обсяги викидів парникових газів та забруднюючих речовин дають суб'єкти господарювання, які мають великі спалювальні установки. На теплових електростанціях та теплоелектроцентралях, які працюють на твердому (вугілля), рідкому (мазут) або газоподібному (природний газ) паливі,

екологічні ризики пов'язані з емісією парникових газів та викидами забруднюючих речовин у атмосферне повітря котлоагрегатами.

Основний негативний вплив нафтогазового сектора на навколишнє середовище обумовлений насамперед витоками забруднюючих речовин при видобуванні та транспортуванні нафти й газу, а також факельним спалюванням та пожежами внаслідок аварій при витоку вуглеводнів. Значними джерелами викидів є також металургійне та коксохімічне виробництва. Статистичні дані про загальні викиди забруднюючих речовин і парникових газів суб'єктами господарювання в Україні оприлюднює Державна служба статистики України.

Контрольні запитання

1. Назвіть основні шляхи ненавмисного впливу людини на клімат.
2. Який парниковий газ є головним у природному парниковому ефекті? На вміст яких парникових газів людина впливає найбільше?
3. Скільки вуглецю щорічно викидає людство в атмосферу і які частки припадають на викопне паливо та спалювання лісів?
4. Як змінився вміст вуглекислого газу в атмосфері за останні 100 років і які прогнози його зростання до кінця ХХІ століття?
5. На скільки вже підвищилась температура земної кулі та яке підвищення прогнозується на кінець ХХІ століття?
6. Наведіть аргументи вчених, які пов'язують сучасне потепління з природними коливаннями клімату.
7. Від чого залежить вплив атмосферних аерозолів на клімат? Як впливають на температуру дрібні та великі аерозольні частки?
8. Чому збільшення виробництва енергії може впливати на клімат попри малу частку антропогенного тепла порівняно із сонячною радіацією?
9. Які кліматичні наслідки масового розорювання степів в Україні?
10. Чому глобальне потепління може призвести до послаблення циркуляції атмосфери та зменшення опадів на континентах?

2.3 Моніторинг, звітність та верифікація викидів парникових газів

Нормативно-правова база.

Правові та організаційні засади функціонування системи моніторингу, звітності та верифікації (МЗВ) викидів парникових газів в Україні визначає Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» від 12 грудня 2019 року № 377-IX.

На виконання цього Закону Кабінет Міністрів України 23 вересня 2020 року прийняв низку постанов: Постановою № 880 затверджено Перелік видів діяльності, викиди парникових газів у результаті провадження яких підлягають моніторингу, звітності та верифікації; Постановою № 960 затверджено Порядок здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів; Постановою № 959 затверджено Порядок верифікації звіту оператора про викиди парникових газів.

З метою комплексного та повноцінного запуску системи МЗВ Міндовкілля як уповноваженим органом прийнято такі Накази: «Про затвердження Порядку державної реєстрації установок у Єдиному реєстрі з моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» (від 03.02.2021 № 75); «Про затвердження типових форм документів у сфері моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів та вимог до їх заповнення» (від 15.02.2021 № 113); «Про затвердження Порядку ведення Єдиного реєстру з моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» (від 08.06.2021 № 370); «Про затвердження Методичних рекомендацій з оцінки викидів парникових газів за видами діяльності установок» (від 13.10.2021 № 671).

Відповідальність за порушення законодавства у сфері МЗВ встановлена Кодексом України про адміністративні правопорушення. Зареєструвати установку в Єдиному реєстрі з МЗВ викидів парникових газів можна онлайн через національну онлайн-платформу «ЕкоСистема», яка містить актуальну інформацію про стан довкілля. Дані про викиди парникових газів в Україні узагальнюються також у Національному кадастрі викидів парникових газів.

Основні терміни та визначення.

Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» визначає такі основні терміни:

Вид діяльності – діяльність, викиди парникових газів від провадження якої підлягають моніторингу, звітності та верифікації та яка входить до переліку видів діяльності, затвердженого Кабінетом Міністрів України.

Парникові гази – це такі гази: двоокис вуглецю (CO_2), метан (CH_4), закис азоту (N_2O), гідрофторвуглеці (ГФВ), перфторвуглеці (ПФВ), гексафторид сірки (SF_6) та інші газоподібні складові атмосфери, які поглинають та випромінюють інфрачервоне випромінювання.

Верифікація – діяльність верифікатора, що полягає у перевірці звіту оператора, підготовці та видачі верифікатором за результатами такої перевірки верифікаційного звіту відповідно до Закону.

Верифікатор – юридична особа, акредитована відповідно до Закону України «Про акредитацію органів з оцінки відповідності», яка проводить верифікацію.

Звіт оператора – звіт про викиди парникових газів, складений оператором за результатами моніторингу за звітний період.

Оператор – юридична особа або фізична особа – підприємець, яка здійснює технічну експлуатацію установки, що перебуває в її власності або користуванні.

Уповноважений орган – центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища, у сфері моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів (Міндовкілля).

Повноваження органів державної влади у сфері моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів.

До повноважень Кабінету Міністрів України належать такі: забезпечення здійснення державної політики у сфері моніторингу, звітності та верифікації; затвердження переліку видів діяльності; затвердження порядку здійснення

моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів; затвердження порядку верифікації звіту оператора.

До повноважень Міндовкілля належать такі: забезпечення формування державної політики у сфері моніторингу, звітності та верифікації; забезпечення нормативно-правового регулювання у сфері МЗВ; затвердження порядку державної реєстрації установок у Єдиному реєстрі та порядку ведення Єдиного реєстру; затвердження типових форм стандартного та спрощеного плану моніторингу, звіту про вдосконалення та звіту оператора, а також вимог до їх заповнення; розроблення пропозицій щодо вдосконалення законодавчих актів, актів Кабінету Міністрів України у сфері МЗВ та внесення їх на розгляд Кабінету Міністрів України.

Організація та здійснення моніторингу.

Моніторингу підлягають викиди парникових газів у результаті провадження оператором видів діяльності на установці. Моніторинг здійснюється оператором відповідно до плану моніторингу. Верифікатор проводить верифікацію звіту оператора і визнає звіт оператора задовільним або незадовільним. Звіт оператора, визнаний за результатами верифікації задовільним, подається до уповноваженого органу.

Уповноважений орган перевіряє подані оператором документи на відповідність вимогам законодавства; приймає рішення про прийняття звіту оператора; повертає оператору подані документи разом із вмотивованим висновком у разі відмови у прийнятті звіту оператора.

У прийнятті звіту оператора може бути відмовлено в таких випадках: подання документів неналежною особою; подання неповного пакета документів для прийняття звіту оператора; виявлення в документах, поданих для прийняття звіту оператора, недостовірних відомостей; подання звіту оператора, визнаного за результатами верифікації незадовільним. Оператор має право усунути зазначені в рішенні уповноваженого органу обставини та подати документи повторно.

До адміністративних послуг у сфері моніторингу, звітності та верифікації належать такі: проведення реєстраційної дії; затвердження плану моніторингу;

прийняття звіту оператора; погодження рішення верифікатора про проведення невідвідуваної верифікації.

Права та обов'язки оператора.

Оператор має право визначати верифікатора для здійснення ним верифікації на договірній основі з урахуванням вимог, установлених порядком верифікації звіту оператора; одержувати від верифікатора верифікаційний звіт за результатами здійснення ним верифікації.

Оператор зобов'язаний зареєструвати установку в Єдиному реєстрі; розробити план моніторингу відповідно до порядку здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів; подати план моніторингу до уповноваженого органу для затвердження; встановити, документувати, впроваджувати й підтримувати письмові процедури обробки даних для моніторингу та звітності і надавати передбачені порядком документи; подавати до уповноваженого органу для затвердження звіт про вдосконалення; забезпечувати здійснення моніторингу викидів парникових газів відповідно до плану моніторингу; розробити звіт оператора та подати його на верифікацію; надати верифікатору доступ до установки, об'єктів та інформації, необхідних для проведення верифікації; подати звіт оператора, що за результатами верифікації визнано задовільним, до уповноваженого органу разом з верифікаційним звітом протягом установленого Законом строку; врахувати рекомендації, зазначені у верифікаційних звітах, під час здійснення моніторингу; подавати до уповноваженого органу для затвердження план моніторингу із змінами та повідомити уповноважений орган про наявність підстав для внесення змін до плану моніторингу; забезпечити зберігання документів, визначених порядком здійснення моніторингу та звітності, протягом встановленого строку.

Права та обов'язки верифікатора.

Верифікатор має право визначати форми та методи проведення верифікації відповідно до Закону, порядку верифікації звіту оператора та договору з оператором; отримувати документи, матеріали та відомості, наявні в оператора, необхідні для проведення верифікації, в обсягах, установлених

законодавством; залучати фахівців з технічних питань для отримання висновків та роз'яснень з питань щодо проведення верифікації; приймати рішення про проведення невиїзної верифікації за умови дотримання вимог, передбачених законодавством; здійснювати інші права відповідно до законодавства у сфері МЗВ.

Верифікатор зобов'язаний проводити верифікацію звіту оператора відповідно до законодавства; забезпечувати компетентність персоналу, залученого до діяльності з верифікації; готувати та складати внутрішню верифікаційну документацію; забезпечувати проведення внутрішньої перевірки верифікаційного звіту та внутрішньої верифікаційної документації відповідно до порядку верифікації звіту оператора; готувати та видавати оператору верифікаційний звіт; забезпечувати надання на запит уповноваженого органу або національного органу України з акредитації доступу до внутрішньої верифікаційної документації; зберігати конфіденційність інформації, отриманої під час верифікації, не розголошувати відомостей, до яких верифікатор має доступ під час проведення верифікації, і не використовувати їх у своїх інтересах або в інтересах третіх осіб.

Права громадських об'єднань, фізичних та юридичних осіб.

Громадські об'єднання, фізичні або юридичні особи мають такі права: запитувати та одержувати від органів державної влади в обсязі та порядку, встановлених законодавством, інформацію про їх діяльність у сфері моніторингу, звітності та верифікації; вносити пропозиції щодо вдосконалення нормативно-правового регулювання відносин, що виникають у сфері МЗВ, до органів державної влади та осіб, які беруть участь у прийнятті рішень із зазначених питань; проводити заходи щодо інформування населення з питань здійснення моніторингу, звітності та верифікації.

Відповідальність за порушення законодавства у сфері МЗВ.

Відповідно до статті 91-6 Кодексу України про адміністративні правопорушення порушеннями оператором установки вимог законодавства у сфері МЗВ викидів парникових газів є такі: невиконання обов'язку щодо державної реєстрації установки або внесення змін до записів Єдиного реєстру;

неподання плану моніторингу, плану моніторингу із змінами, звіту про вдосконалення, звіту оператора, що за результатами верифікації визнано задовільним, та верифікаційного звіту в установленому законодавством порядку; надання верифікатору чи уповноваженому органу свідомо невірогідних чи неповних відомостей, пов'язаних із здійсненням оператором моніторингу викидів парникових газів; невиконання затвердженого плану моніторингу або плану моніторингу зі змінами.

Такі порушення тягнуть за собою накладення штрафу на фізичних осіб – підприємців від ста до трьохсот неоподатковуваних мінімумів доходів громадян і на посадових осіб – від п'ятдесяти до вісімдесяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Відповідно до статті 172-1-2 Кодексу України про адміністративні правопорушення порушення верифікатором процедур верифікації звіту оператора про викиди парникових газів тягне за собою накладення штрафу на посадових осіб верифікатора від п'ятдесяти до вісімдесяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Оцінка впливу на клімат у процесі оцінки впливу на довкілля.

Оцінка впливу на клімат здійснюється, зокрема, у процесі проведення оцінки впливу на довкілля (ОВД). У звіті з ОВД опис поточного стану довкілля наводиться за кліматичними показниками. Кліматичні і метеорологічні умови на поточний стан рекомендується характеризувати щодо середніх температур повітря (середніх за рік, за літній і зимовий періоди, найнижчих узимку, найвищих улітку); середньорічної кількості опадів, середньомісячних кількостей та максимальної інтенсивності опадів; розподілу і частоти вітрів за румбами.

Опис і оцінку можливого впливу планованої діяльності на клімат рекомендується здійснювати: 1) щодо обсягів і приросту антропогенних викидів парникових газів; 2) змін у мікро- або мезокліматі місцевості у зв'язку з планованою діяльністю, наприклад, у температурному режимі, вологості повітря, замерзанні ґрунту чи води, настанні туманів або ймовірності штучного туманоутворення.

Контрольні запитання

1. Який закон визначає засади функціонування системи МЗВ викидів парникових газів в Україні? Якими постановами Кабінету Міністрів України затверджено основний порядок у цій сфері?
2. Надайте визначення термінів «оператор», «верифікатор», «верифікація», «звіт оператора».
3. Які гази належать до парникових відповідно до законодавства України?
4. Перелічіть повноваження Кабінету Міністрів України та Міндовкілля у сфері МЗВ.
5. Опишіть послідовність дій оператора від реєстрації установки до подання звіту до уповноваженого органу.
6. У яких випадках уповноважений орган може відмовити у прийнятті звіту оператора?
7. Які адміністративні послуги надаються у сфері МЗВ?
8. Перелічіть основні обов'язки оператора та верифікатора.
9. Яку відповідальність встановлено за порушення вимог законодавства у сфері МЗВ?
10. За якими показниками рекомендується характеризувати кліматичні умови та оцінювати вплив на клімат у звіті з оцінки впливу на довкілля?

3 КЛІМАТ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ

3.1 Мікроклімат міста

Поняття мікроклімату урбанізованих територій.

Мікроклімат – це місцеві особливості клімату, зумовлені неоднорідністю будови підстильної поверхні; інакше кажучи, це клімат приземного шару повітря обмеженої території. Сукупність будівель, заасфальтованих площ та їх впливів на довкілля змінює особливості метеорологічного режиму урбанізованої місцевості, які й формують мікроклімат міст. В умовах одного й того самого клімату метеорологічні величини над різними ділянками різні. Мікрокліматичні особливості виявляються в тонкому приземному шарі повітря.

До мікрокліматичних особливостей належать такі: температура повітря; температура ґрунту; випаровування; вологість повітря; режим вітру; висота снігового покриву; швидкість танення снігу; повторюваність та інтенсивність приморозків; тривалість розвитку рослин.

Мікрокліматичні особливості ділянок найкраще виражені при ясній тихій погоді. При хмарній погоді є лише розсіяна радіація, і всі ділянки одержують однакову кількість тепла. При вітряній погоді особливості ділянок також згладжуються внаслідок інтенсивного перемішування повітря.

Чинники формування міського клімату.

Основними чинниками формування клімату урбанізованих територій є:

- 1) штучні ділянки підстильної поверхні, які змінюють альбедо;
- 2) викиди аерозолів, які змінюють прозорість атмосфери та поглинання радіації;
- 3) тверді покриття доріг і тротуарів, які збільшують поверхневий стік;
- 4) зміна рельєфу підстильної поверхні високими будівлями і спорудами;
- 5) додаткові надходження тепла від спалювання палива;
- 6) затінення поверхні землі високими будівлями.

Унаслідок дії цих чинників у місті змінюються сонячна радіація; температура; рух повітря; вологість повітря; розподіл атмосферних опадів; кількість атмосферних явищ.

Сонячна радіація у місті.

У повітрі міста накопичується багато пилу та диму, тому зменшується пряма сонячна радіація (до 20 %); особливо зменшується ультрафіолетова радіація. Водночас збільшується кількість розсіяної радіації, до якої приєднується радіація, відбита стінами будинків. Через це влітку у містах виникає відчуття задухи. Радіаційний баланс міських поверхонь суттєво відрізняється від балансу природних ландшафтів через інші значення альбедо асфальту, покрівель та стін будівель.

«Острів тепла» та його характеристики.

У містах спостерігаються «острови тепла» – зони з вищою температурою, ніж у позаміській зоні. Причини їх формування такі. Дощова вода швидко стікає в каналізацію, тому на випаровування води витрачається мало тепла. Багато тепла надходить при спалюванні палива. Через забруднену атмосферу в містах зменшується ефективне випромінювання, а отже, і нічне охолодження земної поверхні та атмосфери. У самому місті термічний режим неоднорідний, оскільки міські парки та водойми є відносно холодними місцями.

Різниця температури між містом і сільською місцевістю має добовий хід. Найбільшою вона є через кілька годин після заходу сонця, а найменшою – у середині дня. Після заходу сонця у сільській місцевості запаси тепла витрачаються швидко за рахунок ефективного випромінювання, а запаси тепла в місті зменшуються повільно. Протягом ночі різниця температур поступово зменшується, особливо швидко вона зменшується після сходу сонця. Посилення вітру та збільшення хмарності вдень призводить до зменшення різниці температури між містом і селом.

Температура повітря при переході від сільської місцевості до центральної частини міста підвищується. Середня річна температура повітря у багатьох містах на 1 °C вища, ніж у позаміській зоні. При хмарній вітряній погоді ця різниця може повністю нівелюватись. Острів тепла над містом виявляється до висоти 100–500 м, а інколи навіть до 1 км.

Рух повітря у місті.

При слабких вітрах (до 2–3 м/с) у містах може виникати місцева циркуляція: біля поверхні землі вітер дме до центру, тобто до острова тепла, а зверху – до околиць міста. У самому місті освітлені й затінені вулиці й двори обумовлюють місцеву циркуляцію між цими ділянками. Водойми в місті обумовлюють перенесення повітря вдень до будинків, а вночі, навпаки, до водойм.

Середня швидкість вітру у містах менша, ніж у позаміській зоні, через велику шорсткість міської забудови. Однак в окремих випадках, коли напрям вітру збігається з напрямом вулиць, може спостерігатися значне посилення вітру у цих «коридорах».

Вологість повітря у містах.

Відносна вологість повітря у містах менша на 11–20 %. Це пояснюється меншим випаровуванням та підвищеною температурою повітря. Найбільша різниця спостерігається увечері, а протягом року – влітку. У помірних широтах зимою у містах протягом доби вологість може бути більшою за рахунок антропогенних джерел вологи.

Розподіл атмосферних опадів та кількість атмосферних явищ.

Зимою кількість опадів у містах та в приміській зоні відрізняється мало. Влітку над містом опадів випадає більше, але не в центрі, а на околицях. Справа в тому, що у містах інтенсивніші конвективні рухи повітря, які сприяють розвитку потужних хмар; але поки хмара перетвориться на купчасто-дощову, вона за напрямом перенесення повітря досягає околиць і опади випадають на підвітряних околицях, інколи навіть на відстані кількох кілометрів від міста.

Кількість днів із туманами у містах зменшується у зв'язку з підвищенням температури та зменшенням вологості повітря. Сумарна тривалість гроз у містах протягом року в середньому у 1,5–2,5 рази менша, ніж на околицях. Причина та сама, що й при формуванні опадів: поки хмара досягне стадії купчасто-дощової, потік повітря над містом переносить її за околицю.

Узагальнені відмінності клімату великих міст від клімату прилеглої місцевості у середніх широтах наведено нижче.

Метеорологічна характеристика	Відмінність міста від прилеглої місцевості
Пряма сонячна радіація	Менша до 20 %
Ультрафіолетова радіація	Суттєво менша
Середня річна температура повітря	Вища приблизно на 1 °C
Відносна вологість повітря	Менша на 11–20 %
Середня швидкість вітру	Менша (крім «коридорів» вулиць)
Літні опади	Більші на підвітряних околицях
Кількість днів з туманами	Менша
Сумарна тривалість гроз	Менша у 1,5–2,5 рази

Контрольні запитання

1. Надайте визначення мікроклімату урбанізованих територій. У якому шарі повітря виявляються мікрокліматичні особливості?
2. За яких погодних умов мікрокліматичні особливості виражені найкраще і чому?
3. Перелічіть шість основних чинників формування міського клімату.
4. Як змінюється пряма та розсіяна сонячна радіація в місті?
5. Що таке «острів тепла»? Назвіть причини його формування.
6. Опишіть добовий хід різниці температури між містом і сільською місцевістю.
7. До якої висоти виявляється острів тепла над містом?
8. Як формується місцева циркуляція повітря у місті при слабких вітрах?
9. Чому відносна вологість повітря у містах нижча, ніж у позаміській зоні?
10. Поясніть, чому влітку опади випадають переважно на підвітряних околицях міста, а тривалість гроз у місті менша.

3.2 Методи дослідження мікроклімату

Організація мікрокліматичних спостережень.

Завданням мережі мікрокліматичних спостережень є виявлення різниці метеорологічного режиму ділянок щодо постійно діючої метеорологічної станції в певній місцевості. Для проведення спостережень використовують переносні метеорологічні прилади; особливості пошкодження рослин на різних ділянках після нічних приморозків; особливості розподілу снігового покриву на певній місцевості; вертикальні градієнти метеорологічних величин у приземному шарі повітря.

Матеріали спостереження аналізують при таких основних типах погоди:

- 1) ясно, тихо (хмарність 0–2 бали, вітер 0–2 м/с);
- 2) ясно, вітряно (хмарність 0–2 бали, вітер 3 м/с і більше);
- 3) змінна хмарність, тихо (хмарність 3–7 балів, вітер 0–2 м/с);
- 4) змінна хмарність, вітряно (хмарність 3–7 балів, вітер 3 м/с і більше);
- 5) хмарно, вітряно (хмарність 8–10 балів, вітер 3 м/с і більше).

Для вимірювання температурних показників використовують термометри, вологості повітря – гігromетри, швидкості вітру – ручний анемометр; хмарність визначається окомірним способом за десятибальною шкалою. Для проведення мікрокліматичних спостережень вибираються періоди зі спекотною погодою, оскільки саме за таких умов вплив різних чинників на мікроклімат виявляється найбільш суттєво.

Прилади для вимірювання температури.

Для вимірювання температури використовують лабораторні рідинні термометри; електронні термометри; пірометри (інфрачервоні термометри, термодетектори).

Рідинні термометри за діапазоном вимірювання поділяються на три групи: низько-, середньо- та високотемпературні. Високоточні термометри можуть мати ціну поділки 0,1 °С, для ширшого застосування – 1 °С. Термометричною рідиною слугує толуол, гас або ртуть.

Електронний термометр має діапазон вимірюваних температур від -50 до +300 °С, роздільну здатність 0,01 °С та похибку 0,05 °С. Він дає змогу

вимірювати температуру з високою точністю та незначним часом реакції на її зміну. Електронний термометр не так легко пошкодити, не виникає проблем з утилізацією ртуті; він має низьке енергоспоживання та можливість підімкнення до персонального комп'ютера.

Пірометр (інфрачервоний термометр, термодетектор) призначений швидко і без контакту з об'єктом вимірювати його температуру. Прилад працює за принципом обчислення тепло-електромагнітного випромінювання поверхні. Точність вимірювання – у межах 1,5–2 %. Пірометри особливо зручні для вимірювання температури різних типів підстильних поверхонь міста (асфальт, газон, покрівлі), що важливо при дослідженні острова тепла.

Прилади для вимірювання вологості повітря.

Для вимірювання вологості повітря використовують волосяні гігрометри; гігрометри психрометричні; конденсаційні гігрометри (психрометри); електронні датчики для вимірювання вологості.

Принцип дії волосяного гігрометра базується на здатності натягнутої знежиреної людської волосини змінювати свою довжину залежно від вологості повітря.

У психрометричному гігрометрі в живильник заливають воду. Вимірювання відносної вологості повітря базується на різниці показів «сухого» і «зволоженого» термометрів. Після зняття показів термометрів за психрометричною таблицею визначають відносну вологість повітря.

Конденсаційний гігрометр вимірює температуру точки роси, при якій починається конденсація вологи з повітря. Дзеркало приладу охолоджується за допомогою термоелектричного кулера (ефект Пельтьє) до початку формування конденсату. Промінь світла спрямований на дзеркальну поверхню, а фотодетектор моніторить відбите світло, потік якого максимальний при повній відсутності конденсату на дзеркалі.

Електронні датчики вимірюють зміну ємності або опору чутливого елемента під дією вологи. Вони компактні, придатні для автоматизованих систем спостережень і дозволяють вести безперервну реєстрацію даних.

Вимірювання швидкості вітру та обробка результатів.

Швидкість вітру при мікрокліматичних спостереженнях вимірюють лабораторним або ручним анемометром. Вимірювання виконують на стандартній висоті у репрезентативних точках ділянки, уникаючи затінення приладу будівлями та деревами.

Результати мікрокліматичних спостережень порівнюють з даними опорної метеорологічної станції, обчислюючи різниці метеорологічних величин для кожного типу погоди. Це дозволяє виявити кількісні характеристики впливу різних типів підстильної поверхні, забудови та зелених насаджень на температуру, вологість і вітровий режим, а також обґрунтувати заходи з формування та поліпшення мікроклімату урбанізованих територій.

Контрольні запитання

1. У чому полягає завдання мережі мікрокліматичних спостережень?
2. Які джерела інформації використовують для проведення мікрокліматичних спостережень, окрім переносних приладів?
3. Назвіть п'ять основних типів погоди, при яких аналізують матеріали мікрокліматичних спостережень.
4. Чому для мікрокліматичних спостережень обирають періоди зі спекотною погодою?
5. Які групи приладів використовують для вимірювання температури? Порівняйте їхні характеристики.
6. Які переваги має електронний термометр порівняно з рідинним?
7. За яким принципом працює пірометр і для яких вимірювань він зручний?
8. Опишіть принципи дії волосяного, психрометричного та конденсаційного гігрометрів.
9. Як вимірюють швидкість вітру при мікрокліматичних спостереженнях?
10. Як обробляють та використовують результати мікрокліматичних спостережень?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мислюк О. О. Метеорологія та кліматологія : навч. посіб. / О. О. Мислюк. – Київ : Кондор, 2018. – 304 с.
2. Жидкова Т. В. Будівельна фізика : підручник / Т. В. Жидкова, Т. М. Апатенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 405 с.
3. Коваленко Ю. Л. Оцінка енергетичної та екологічної ефективності заходів з утеплення будівель з урахуванням кліматичних умов / Ю. Л. Коваленко, Д. В. Дядін, Д. С. Ярчук // Екологічні науки. – 2022. – № 5 (44). – С. 55–63.
4. Коваленко Ю. Л. Врахування кліматичних умов в процесі порівняльної еколого-економічної оцінки енергоносіїв / Ю. Л. Коваленко, О. В. Хандогіна // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2022. – № 2 (26). – С. 111–121.
5. Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів : Закон України від 12.12.2019 № 377-IX [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/377-20>, вільний (дата звернення: 05.06.2026). – Назва з екрана.
6. Перелік видів діяльності, викиди парникових газів в результаті провадження яких підлягають моніторингу, звітності та верифікації [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 23.09.2020 № 880. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/880-2020-п>, вільний (дата звернення: 05.06.2026). – Назва з екрана.
7. Порядок здійснення моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 23.09.2020 № 960. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/960-2020-п>, вільний (дата звернення: 05.06.2026). – Назва з екрана.

8. Порядок верифікації звіту оператора про викиди парникових газів [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 23.09.2020 № 959. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/959-2020-п>, вільний (дата звернення: 05.06.2026). – Назва з екрана.
9. Верховна Рада України [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/>, вільний (дата звернення: 05.06.2026). – Назва з екрана.
10. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України [Електрон. ресурс] : сайт. – Електрон. текст. дані. – Оновлюється постійно. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/>, вільний (дата звернення: 05.06.2026). – Назва з екрана.
11. European Environment Agency [Electronic resource]. – Electronic text data. – Regime of access: <https://www.eea.europa.eu/>, free (date of the application: 05.06.2026). – Header from the screen.
12. Climate Data Store [Electronic resource]. – Electronic text data. – Regime of access: <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets>, free (date of the application: 05.06.2026). – Header from the screen.
13. Climate reports with the weather by month, day, even hour [Electronic resource]. – Electronic text data. – Regime of access: <https://weatherspark.com/>, free (date of the application: 05.06.2026). – Header from the screen.
14. Дистанційний курс навчальної дисципліни «Кліматологія» [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://dl.kname.edu.ua/course/vi>, вільний (дата звернення: 05.06.2026). – Назва з екрана.

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Аерозолі – тверді і рідкі домішки, які завжди є в атмосфері.

Верифікатор – юридична особа, акредитована відповідно до Закону України «Про акредитацію органів з оцінки відповідності», яка проводить верифікацію.

Верифікація – діяльність верифікатора, що полягає у перевірці звіту оператора, підготовці та видачі верифікаційного звіту.

Глобальний клімат – клімат земної кулі, який поєднує всі типи клімату.

Класифікація кліматів – поділ кліматів Землі за різними ознаками, умовами виникнення або зв'язками з іншими географічними явищами на кліматичні зони та області, що мають однотипні кліматичні умови.

Клімат – багаторічний режим погоди певної місцевості, зумовлений сонячною радіацією, її перетворенням у діяльному шарі земної поверхні та пов'язаною з ними загальною циркуляцією атмосфери й океану.

Кліматична зона – найбільша одиниця кліматичного районування, що має широтну протяжність та виділена за визначеними об'єктивними кліматологічними показниками.

Кліматична межа – чітко виражена межа між регіонами з різним кліматом.

Кліматична область – частина кліматичної зони, що характеризується визначеним типом клімату.

Кліматична система – система взаємодії всіх оболонок планети: атмосфери, гідросфери, літосфери, кріосфери та біосфери.

Кліматологія – наука, яка вивчає закономірності формування кліматів, їх розподіл на земній кулі та зміни в минулому та майбутньому.

Континентальний клімат – клімат, характерний для внутрішньої частини материка та прибережної частини океану, де переважають повітряні маси континентального походження.

Макроклімат – клімат великомасштабного географічного регіону, континенту або всієї земної кулі.

Мікроклімат – місцеві особливості клімату, обумовлені неоднорідністю будови підстильної поверхні; клімат приземного шару повітря обмеженої території.

Мусони – рух повітря в нижній частині тропосфери над певними регіонами Землі з різкою зміною його напрямку від зими до літа.

Оператор – юридична особа або фізична особа – підприємець, яка здійснює технічну експлуатацію установки, що перебуває в її власності або користуванні.

«Острів тепла» – зона підвищеної температури повітря над містом порівняно з позаміською зоною.

Парникові гази – двоокис вуглецю (CO_2), метан (CH_4), окис азоту (N_2O), гідрофторвуглеці, перфторвуглеці, гексафторид сірки (SF_6) та інші газоподібні складові атмосфери, які поглинають та виділяють інфрачервоне випромінювання.

Пасати – стійкі повітряні течії тропічних широт, спрямовані в північній півкулі з північного сходу, а в південній – з південного сходу.

Теплоємність – фізична величина, яка визначається кількістю тепла, яке потрібно надати тілу для зміни його температури на один кельвін.

Теплопровідність – здатність речовини переносити теплову енергію; характеризує інтенсивність теплообміну в речовині.

Тип клімату – клімат із характерними властивостями, що відповідає визначеній кліматичній зоні.

Електронне навчальне видання

КОВАЛЕНКО Юрій Леонідович

КЛІМАТОЛОГІЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної форми навчання зі спеціальності 101 – Екологія)*

Відповідальний за випуск *Т. В. Дмитренко*

Редактор *О. А. Норик*

Комп'ютерне верстання *Ю. Л. Коваленко, І. В. Волосожарова*

План 2025, поз. 50Л

Підписано до друку 20.08.2026. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 3,4.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 8386 від 14.07.2025.