

# Лекція 1

## Атмосфера

1. Основні поняття курсу
2. Методи дослідження в метеорології та кліматології
3. Газовий склад атмосфери
4. Вертикальна будова атмосфери

# 1. Основні поняття курсу

**Метеорологія** (від грец. μετέωρα – небесне явище і λόγος – вчення) – наука про атмосферу Землі, її склад і будову, властивості, фізичні й хімічні процеси і явища, які в ній відбуваються.

**Об'єктом** вивчення метеорології є **атмосфера**.

Головним **завданням** курсу є опис стану атмосфери в цей фізичний момент часу і прогноз її стану на майбутнє.

**Атмосфера** – це повітряна оболонка Землі, що рухається разом з нею в світовому просторі як єдине ціле і одночасно приймає участь в обертанні Землі. На дні атмосфери, тобто в тропосфері, протікає все наше життя.

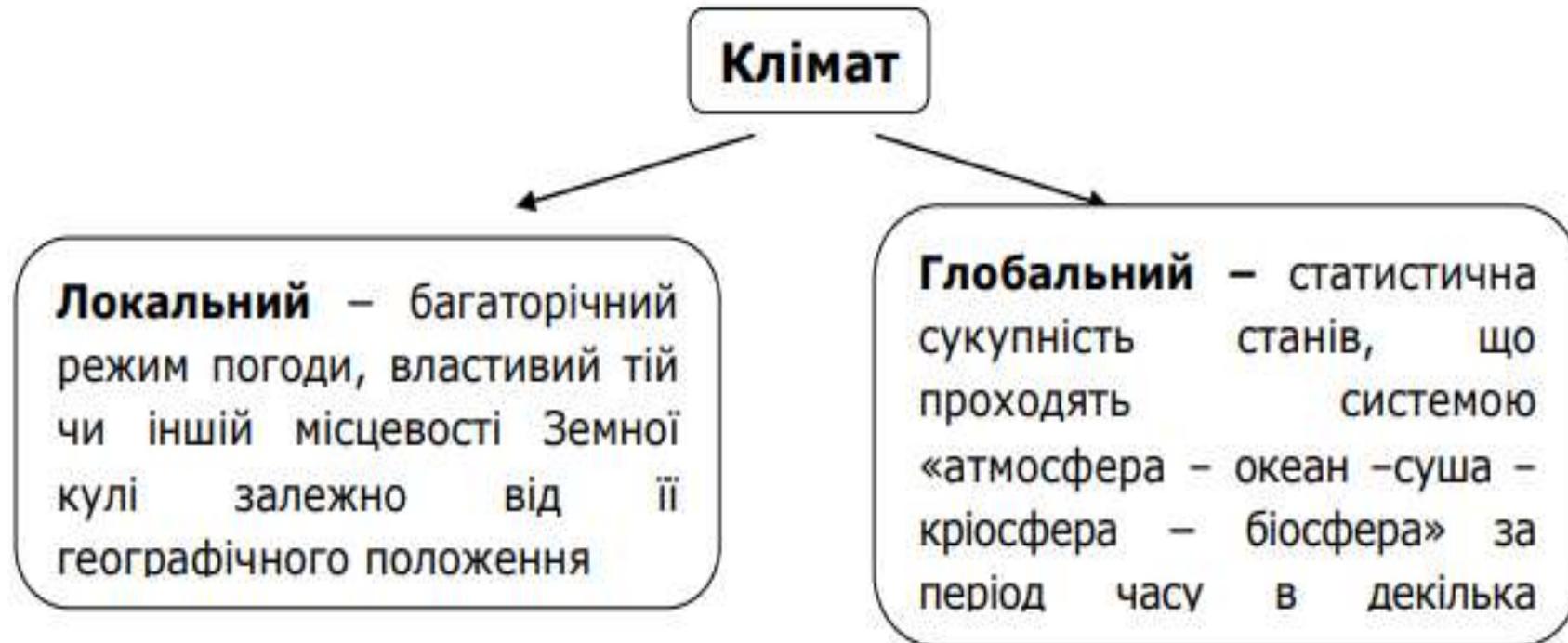
Джерелом енергії атмосферних процесів і явищ є **сонячна радіація** (сонячне випромінювання), що надходить до Землі із світового простору від Сонця. У зв'язку з цим в атмосфері відбуваються різноманітні фізичні процеси, що безперервно змінюють її стан.

Фізичний стан атмосфери біля земної поверхні в цей момент часу на певній території називається **погодою**. Вона визначається **метеорологічними величинами**: температура і вологість повітря, атмосферний тиск, вітер, опади, тощо.

Крім того, стан атмосфери також описується видимим проявом фізикохімічних процесів, що протікають в ній, та називаються **атмосферними явищами**. До них належать: хмари, туман, гроза, град, гало, вінця, ожеледь, веселка, блакитний колір неба, та інші оптичні й електричні явища.

**Кліматологія** – розділ метеорології, в якому вивчаються закономірності формування клімату, його різноманіття на Земній кулі та зміни у минулому й майбутньому.

**Клімат** – це багаторічний режим погоди певної місцевості, зумовлений сонячною радіацією, її перетворенням у діяльному 6 шарі земної поверхні та пов'язаною з ними загальною циркуляцією атмосфери і океану.

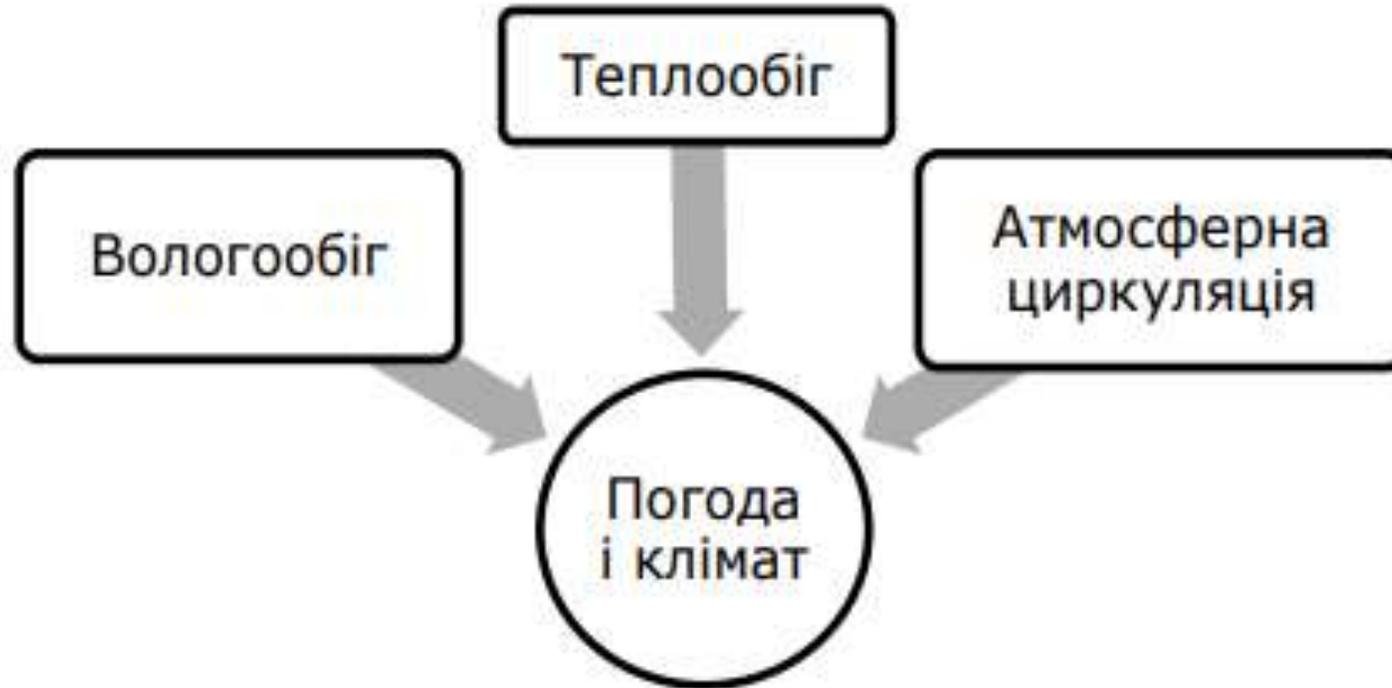


**Глобальний клімат визначається як астрономічними, так і геофізичними чинниками.**

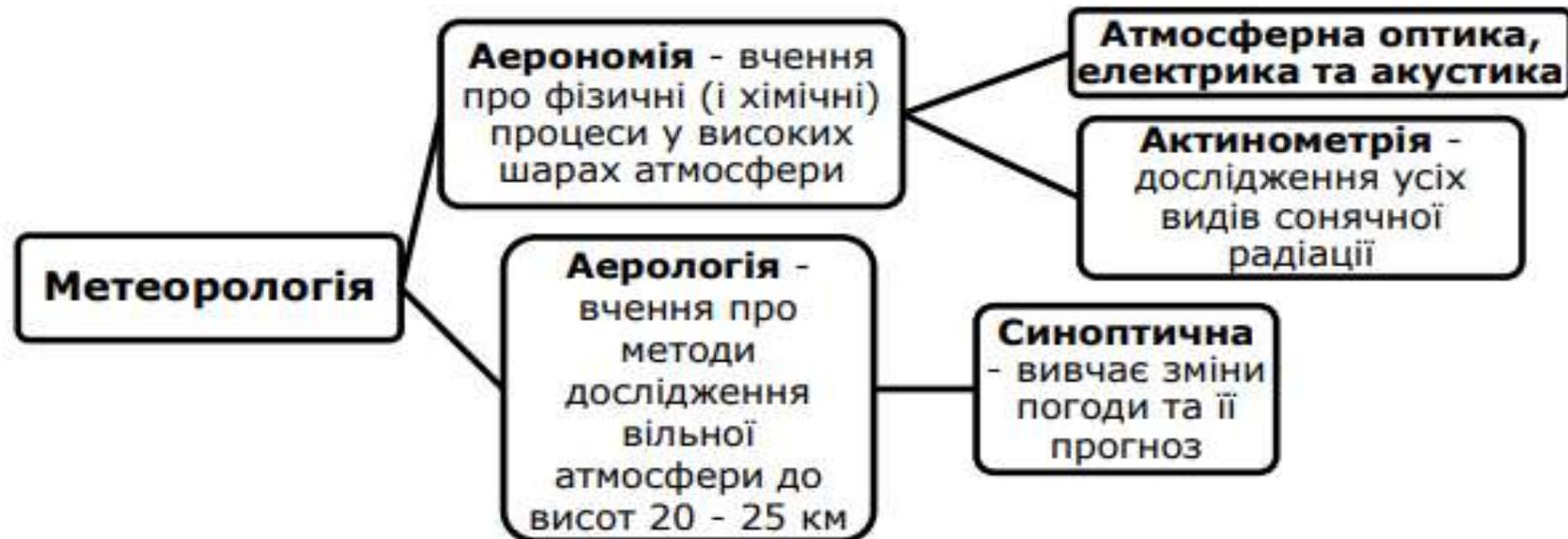
**Астрономічні чинники** – світність Сонця, положення і рух Землі в Сонячній системі, нахил осі обертання Землі до площини орбіти та швидкість обертання Землі навколо своєї осі, щільність матерії в світовому просторі. Всі ці чинники визначають кількість і розподіл сонячної енергії, що поступає на Землю.

До **геофізичних чинників** відносять: розмір, масу і форму Землі, власне гравітаційне і магнітне поля, внутрішнє тепло за рахунок геотермічних джерел і вулканізму, фізико-хімічна структура атмосфери (постійні її компоненти та змінні термодинамічно активні домішки), маса атмосфери, маса й склад океану, особливості розподілу суші та океану, структура їхнього діяльного шару, рельєф поверхні суші і дна океанів.

**Стан глобальної кліматичної системи впливає на формування погоди і конкретного типу локального клімату через три основні цикли атмосферних процесів.**



Локальний клімат визначається такими географічними чинниками, як географічна широта, розподіл суші і моря, рельєф поверхні суші, ґрунт, рослинність і сніговий покрив, морські льоди, океанічні течії. Відповідно до специфіки завдань та методів дослідження в метеорології виділяють такі розділи, що мають особливості окремих наукових дисциплін.



Для задоволення господарських і природоохоронних потреб в складі метеорологічної науки виникло формування низки **прикладних дисциплін**:

а) транспортної метеорології (авіаційна, морська);

б) агрометеорології

в) лісової метеорології;

г) військової метеорології;

д) супутникової метеорології;

е) медичної метеорології та ін.

Вони досліджують залежність господарської діяльності людини від умов погоди

## 2. Методи дослідження в метеорології та кліматології

Для вивчення фізико-хімічних процесів, що відбуваються в атмосфері метеорологія використовує такі методи дослідження:

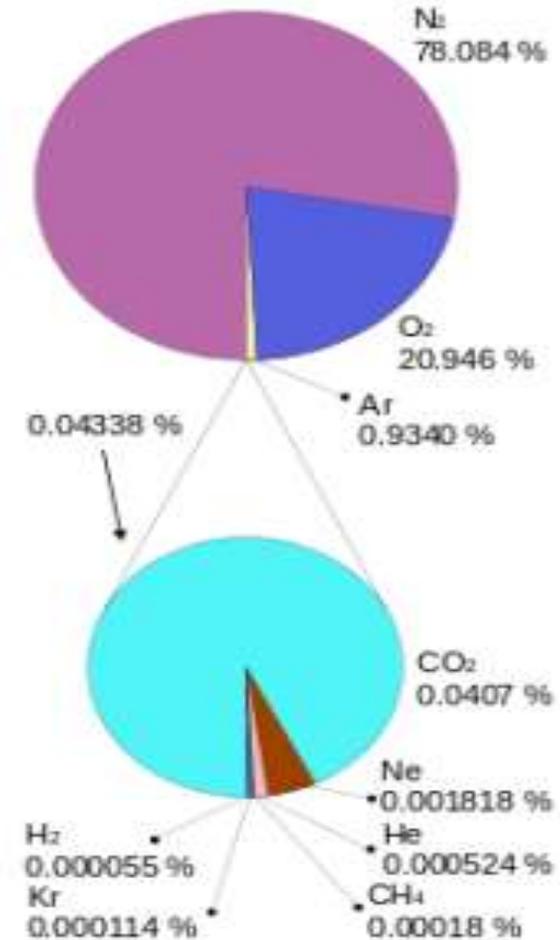
- 1) безперервні спостереження за метеорологічними величинами, а також реєстрація атмосферних явищ;
- 2) натурний (кліматичний) експеримент, наприклад, стимулювання опадів з хмар, розсіювання туманів шляхом різних фізикохімічних дій на них; насадження лісових смуг, створення водосховищ, зрошення і осушення місцевості та інші види діяльності людини, що вносять деякі зміни в стан приземного шару тропосфери;
- 3) лабораторне моделювання деяких атмосферних процесів, тобто відтворення їх у малому масштабі в різних лабораторних установках за спрощених умов. Так, наприклад, моделюється загальна циркуляція атмосфери; особливості обтікання та перетікання вітрових потоків через гірські перешкоди; будова вісь симетричного циклону;
- 4) метод математичного моделювання атмосферних процесів;
- 5) статистичні методи аналізу великих масивів спостережень;
- 6) синоптичні та кліматологічні карти;
- 7) метод прийому супутникової метеорологічної інформації.

## 2. Газовий склад атмосфери

З попередніх питань відомо, що атмосфера складається із суміші газів і аерозолів, що мають назву **повітря**. Основними незмінними газами атмосфери є азот, кисень, аргон та змінена кількість вуглекислого газу, що становить 0,04 % порівняно з минулим століттям (0,03 %). На інші інертні гази, такі як неон, гелій, криптон, метан, водень, ксенон, озон тощо припадає 0,01 % від об'єму повітря. Крім того, повітря містить водяну пару, яка біля земної поверхні змінюється від 0,2 % в полярних широтах до 2,5% біля екватору, а в окремих випадках коливається майже від 0 до 4 %.

# 2. Газовий склад атмосфери

З попередніх питань відомо, що атмосфера складається із суміші газів і аерозолів, що мають назву **повітря**. Основними незмінними газами атмосфери є азот, кисень, аргон та змінена кількість вуглекислого газу, що становить 0,04 % порівняно з минулим століттям (0,03 %). На інші інертні гази, такі як неон, гелій, криптон, метан, водень, ксенон, озон тощо припадає 0,01 % від об'єму повітря. Крім того, повітря містить водяну пару, яка біля земної поверхні змінюється від 0,2 % в полярних широтах до 2,5% біля екватору, а в окремих випадках коливається майже від 0 до 4 %.



Відтак, відсотковий склад **сухого повітря**, тобто без вмісту водяної пари практично не змінюється. Виняток становить вуглекислий газ, концентрація якого в останні роки збільшилась внаслідок інтенсивної діяльності людини, зокрема спалювання великої кількості палива. Відповідно такий однорідний шар атмосфери товщиною 100 км називається **гомосферою**.

Натомість процентний вміст водяної пари в повітрі з висотою змінюється починаючи з самих нижніх шарів. Поширюючись уверх, вона конденсується та її маса з висотою зменшується. Так, на висоті 5-6 км вміст водяної пари в повітрі в 10 разів менший, ніж біля земної поверхні, а на висоті 10-12 км - в 100 разів менший.

Вище 100 км починається розшарування газів за густиною (питомою масою), тобто змінюється склад атмосферного повітря з висотою. Ця частина атмосфери називається **гетеросферою**. Відтак, до складу повітря на цих висотах входять не молекули газів, а їх атоми та іони. Так, на висоті 100-200 км панівними газами атмосфери є атомарний азот і 10 Оксиген. На висотах вище 1000 км гетеросфера складається з атомів гелію і водню. Вище 1500 км в роки мінімуму сонячної активності в атмосфері переважають лише іони водню ( $H^+$ ), а в роки максимуму – іони гелію ( $He^+$ ).

Варто відзначити, що крім вище зазначених газів, до складу атмосферного повітря, також входять **аерозолі** – це тверді і рідкі частинки різноманітного складу і походження, що перебувають у завислому стані.



До **твердих аерозолів** природного походження відносять:

вулкани	<ul style="list-style-type: none"><li>•попіл;</li><li>•дрібні частинки з радіусом менше 1мкм</li></ul>
лісові та торф'яні пожежі	<ul style="list-style-type: none"><li>•ДИМ</li></ul>
Вітрова ерозія, пилова буря, метеори	<ul style="list-style-type: none"><li>• ґрунтовий пил;</li><li>• космічний пил, радіусом менше 0,01 мкм</li></ul>

До рідких аерозолів природного походження відносяться краплі морської солі, що потрапляють в повітря при розбризкуванні морської води під час хвилювання.

До аерозолів **антропогенного** походження відносяться частинки диму, сажі, золи, що потрапляють в атмосферу при спалюванні палива і роботі промислових підприємств, а також частинки ґрунту, які підняті вітром при розоренні земель.

Таким чином, маса атмосфери становить  $5,2 \cdot 10^{18}$  кг, це приблизно в мільйон разів менше за масу Землі. Половина всієї маси атмосфери зосереджена в нижніх 5 км, 75 % – в нижніх 10 км, 90 % – в нижніх 20 км, 97 % – в нижніх 29 км і 99,8 % – в нижніх 60 км.

## 4. Вертикальна будова атмосфери

У вертикальному напрямку температура повітря змінюється в 500 разів швидше, ніж у горизонтальному. Крім того, у різних шарах атмосфери спостерігаються різні особливості зміни температури. Тому Всесвітня метеорологічна організація у 1962 р. виділила п'ять основних сфер і чотири перехідні, які було названо «паузами».

<b>Шар</b>	<b>Пересічна висота верхньої та нижньої межі, км</b>	<b>Перехідний шар</b>
Тропосфера	0...15	Тропопауза
Стратосфера	15...50	Стратопауза
Мезосфера	50...90	Мезопауза
Термосфера	90...450	Термопауза
Екзосфера	> 450	

Найнижчий шар атмосфери називається **тропосфера**. Пересічна висота її поблизу полюсів становить 7-9 км, у помірних широтах обох півкуль – 10-12 км, у тропіках – 15-17 км, поблизу екватора – 16-18 км. В тропосфері відбувається зниження температури з висотою пересічно на  $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$ . В ній зосереджена основна маса атмосфери від 75 % у високих до 90 % – у низьких широтах та 95 % від всієї маси водяної пари. Саме тут спостерігається інтенсивне перемішування повітря, утворюються усі основні різновиди хмар, виникають атмосферні явища та відбуваються усі атмосферні процеси, що формують і визначають погоду та клімат місцевості.

Між тропосферою і наступною стратосферою існує перехідний шар – **тропопауза**. Її товщина змінюється від кількох сотень метрів до 1-2 км. Нижня межа тропопаузи є висота, де температура повітря з висотою починає підвищуватись, або не змінюється (**ізотермія**), або знижується дуже повільно.

**Стратосфера** – це шар атмосфери, що розташований вище від тропопаузи до висоти 50-55 км. Особливим є те, що до висоти 25 км температура повітря не змінюється, а 12 починаючи з 34-36 км відбувається різке підвищення температури (**інверсія**) на 2,8 °C на кожен км висоти. Тому на верхній межі стратосфери пересічна річна температура повітря становить близько 0 °C із можливими відхиленням в обидва боки на кілька градусів.

Крім того, в цьому шарі атмосфери міститься **озон**. Він активно засвоює ультрафіолетову радіацію, що є головною причиною підвищення температури. Заслуговує на увагу й те, що водяної пари тут дуже мало. Але на висоті 23-28 км у високих широтах інколи спостерігаються так звані **перламутрові хмари**, що складаються з переохолоджених крапель води.

**Мезосфера** – це шар атмосфери, що розташований над стратосферою до висоти 85-95 км. Тут температура повітря знову з висотою знижується на  $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  на кожен км висоти. На висоті 82-85 км інколи спостерігаються легенькі **сріблясті хмари**, що складаються з дуже дрібних кристаликів льоду.

**Термосфера** або тепла сфера – це шар атмосфери, який знаходиться над мезопаузою і простягається до **термопаузи** на висоті від 450 до 800 км. Тут спостерігається значне підвищення температури повітря з висотою внаслідок засвоєння киснем сонячної радіації, який розкладається на атоми. Так, температура повітря тут на висоті 150 км сягає 220-240 К ( $-53\text{--}33\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), на висоті 200 км – 500 К ( $227\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), а на верхній межі термосфери 1300-2000 К ( $1000\text{--}1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) залежно від сонячної активності.

**Екзосфера** – це зовнішня частина атмосфери, шар якої розташований вище 800-1000 км і простягається до так званої **земної корони** на висоті 2000-3000 км. Швидкість руху частинок газів, зокрема легких, дуже велика, натомість густина повітря зовсім мала. У зв'язку з цим вони можуть облетіти Землю за еліптичними орбітами і не зустрічатись між собою. Крім того, атоми водню і гелію, які є панівними у зовнішній частині атмосфери, досягаючи швидкості 11 км/с можуть її покидати. Тому цей шар ще називають сферою **зникнення газів**.