

Атмосфера Землі

Властивості газів, що входять до складу атмосферного повітря, під тиском змінюються. Наприклад, кисень під тиском, що перевищує нормальний атмосферний удвічі, чинить отруйну дію на організм. Азот під тиском, що вп'ятеро перевищує нормальний, чинить наркотичну дію (азотне сп'яніння). Кожен складник повітря з підвищенням тиску до певних меж стає небезпечним для організму.

Аерозольні частинки — це завислий стан мінерального і вулканічного пилу, продуктів згорання (дим), кристаликів морських солей, спор і пилку рослин, мікроорганізмів. Склад аерозолів визначає рівень прозорості атмосфери.

Аерозолів в атмосфері дуже багато. У повітрі об'ємом 1 см^3 у промислових центрах їх міститься десятки тисяч, у сільській місцевості — тисячі, у повітрі над океанами — сотні, а в атмосфері на висоті 5–10 км — кілька десятків. Аерозолі: плавають в атмосфері тривалий час, найдрібніші не опускаються на поверхню Землі роками, їх переносять повітряні течії на десятки тисяч кілометрів; зменшують надходження сонячної енергії до поверхні Землі; можуть завдавати великої шкоди врожайності сільськогосподарських культур, лісовому господарству, продуктивності тварин, будівлям та здоров'ю людей.

Водяна пара і карбон(IV) оксид є природними атмосферними фільтрами, що затримують довгохвильове теплове випромінювання земної поверхні. Унаслідок цього виникає парниковий ефект, який зумовлює загальне підвищення температури земної поверхні

На дні повітряного океану

«Повітряний океан» — так образно називають атмосферу. Люди на поверхні землі водночас перебувають на «дні» цього повітряного океану. Під дією земного тяжіння верхні шари атмосфери тиснуть на її нижні шари.

Поверхня Землі й тіла на ній зазнають тиску всього повітряного шару (подібно до того, як тіла на дні водойм зазнають тиску води, до якого додається ще й атмосферний тиск). За допомогою дослідів встановлено, що за температури $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ маса повітря об'ємом 1 м^3 становить 1,29 кг. Маса всієї атмосфери приблизно дорівнює $5 \cdot 10^{18}$ кг, а це одна мільйонна частина маси Землі. (До відома: за добу через легені людини проходить повітря масою 20–30 кг. Маса повітря в класній кімнаті становить приблизно 30–40 кг. На поверхню площею 1 м^2 тисне повітря масою близько 10 тонн, тобто тиск атмосфери становить 105 Па!

Доросла людина відчуває на собі тиск повітря масою 10–15 тонн! Чому ж люди не відчувають дії атмосферного тиску? Справа в тому, що кровоносні судини й інші порожнини організму, щозаповнені рідинами або газами, чинять на стінки судин і порожнин такий самий тиск. Тому тканини організму не деформуються, а атмосферний тиск не відчувається. Якщо ж зовнішній атмосферний тиск змінюється, то людина відчуває певний дискомфорт.

Виміряти атмосферний тиск можна в спосіб, запропонований у XVII ст. Торрічеллі (Еванджеліста Торрічеллі, (1608–1647), Італія), учнем Галілея (Галілео Галілей, (1564–1642), Італія). Дослід Торрічеллі полягає ось у чому: скляну трубку завдовжки 1 м, запаяну з одного кінця, наповнюють ртуттю. Потім, щільно закривши інший кінець трубки, її перевертають, опускають у чашку з ртуттю і під ртуттю відкривають кінець трубки. Частина ртуті при цьому виливається в чашку, а частина залишається в трубці. Висота стовпчика ртуті, що залишилася в трубці, дорівнює 760 мм. У трубці над ртуттю повітря немає, там безповітряний простір. Торрічеллі, який запропонував описаний вище дослід, сам і пояснив його. Атмосфера тисне на поверхню ртуті в чашці. Створений

стовпчиком ртуті тиск врівноважено атмосферним тиском, який не дає ртуті виливатися. Якби він був більшим за атмосферний, то ртуть виливалася б з трубки в чашку, а якби меншим, то піднімалася б у трубці вгору. Звідси випливає, що атмосферний тиск дорівнює тиску стовпчика ртуті в трубці. Вимірявши висоту стовпчика ртуті, можна обчислити тиск, який чинить ртуть, — він і дорівнюватиме атмосферному тиску. Тому на практиці атмосферний тиск можна вимірювати висотою ртутного стовпчика (у міліметрах або сантиметрах). Якщо, наприклад, атмосферний тиск дорівнює 780 мм рт. ст., то це означає, що повітря чинить такий самий тиск, як і вертикальний стовпчик ртуті висотою 780 мм. Отже, у цьому разі за одиницю атмосферного тиску взято 1 мм ртутного стовпчика (1 мм рт. ст.). Щоб з'ясувати, скільки це в Паскалях, визначимо тиск ртутного стовпчика висотою 1 мм за формулою $p = \rho gh$.

Підставивши числові значення, маємо: 1 мм рт. ст. \approx 133,3 Па.

На практиці використовують й інші одиниці:

1 бар = 100 000 Па;

1 атм (технічна) = 98 100 Па;

1 атм (фізична) = 101 325 Па.

Нормальний атмосферний тиск дорівнює 1 атм (фізична) або 1013 Па, або 0,01013 бар, або 760 мм рт. ст. У хімії IUPAC змінив значення стандартної температури і тиску (STP) у 1982 році: 273,15 К (0 °C) та 105 Па відповідно.

Оскільки густина атмосфери зменшується з висотою, то атмосферний тиск також зменшується зі змінюю її. Зі збільшенням висоти на кожні 11 м тиск зменшується на 1 мм рт. ст. (або на 133 Па). Отже, за різницею тиску можна визначити висоту місцевості. 1. Указавши атмосферний тиск, додають, що це значення на рівні моря. Що таке «рівень моря»? Це положення вільної поверхні Світового океану. Висота якогось пункту відносно рівня моря є його абсолютною висотою. В Україні та в деяких інших європейських країнах висоту поверхні прийнято визначати за середнім багаторічним рівнем Балтійського моря, який зафіксований на Кронштадтському футштоці. Це один з найстаріших водомірних постів у світі, який діє з 1707 р. У Швейцарії, Франції та деяких країнах Африки, зокрема й колишніх французьких колоніях, за точку відліку прийнято рівень Середземного моря біля міста Марселя. А ось у Великій Британії для відліку висот використовують рівень води в протоці Ла-Манш поблизу міста Ньюліна. У Німеччині теж свій рівень моря — Балтійського в голландському місті Амстердамі. У Китаї морем, за рівнем якого відмірюють висоту місцевості, є Жовте, а пост з мареографа розташований у місті Циндао. США та Канада також мають свій орієнтир для відліку, ним є рівень у річці Святого Лаврентія в районі канадського міста Ріпускі. З цієї причини абсолютні висоти на картах, виданих у різних країнах, можуть відрізнятися на кілька метрів.

За законом Паскаля атмосферний тиск, створений усіма шарами повітря, біля поверхні Землі передається однаково в усіх напрямках. Тому тиск змінюється не тільки з висотою, а й з широтою. Нерівномірний розподіл атмосферного тиску зумовлює рух повітря — вітер. На практиці досить часто потрібно враховувати дію атмосферного тиску. Представники видів фауни та флори адаптувалися до умов довкілля, зокрема й до дії тиску: для наземних — атмосферного, для підводних — сумарного: атмосферного й гідростатичного. На глибоководних мешканців впливають умови навколишнього середовища: мала кількість світла й колосальний тиск. Деякі організми мають добре розвинуті органи зору величезних розмірів 30–50 % об'єму голови, а в інших — вони атрофовані. Більшість з них світяться. Скелет і мускулатура слабо розвинуті. Тиск у середині тіла риби дорівнює тиску в навколишньому середовищі (Ви можете уявити, що відбуватиметься з глибоководною рибою за швидкого її підняття?)

Високо в горах, під час польотів на літальних апаратах без герметичної кабіни, від 2000 м та вище людина перебуває в больовому стані, унаслідок якого виникає кисневе голодування — висотна гіпоксія. Різновидом висотної гіпоксії є гірська хвороба, де додатковими чинниками, що її спричиняють, є втома, охолодження та зневоднення організму, ультрафіолетове випромінювання, різка зміна температури впродовж дня тощо.

У результаті відбуваються порушення в роботі серцево-судинної, дихальної, нервової та інших систем (слабкість, втома, аритмія, гостра серцева недостатність, набряк легень, мозку). Для зняття синдромів висотної хвороби необхідно якомога швидше спустити потерпілу людину та надати їй термінову лікарську допомогу. Тому під час підйому на висоту необхідно враховувати не лише кліматичні фактори, а й індивідуальні особливості організму. Кесонна хвороба — комплексні зміни, що розвиваються внаслідок переходу від високого атмосферного тиску до нормального або від нормального до зниженого. Назва походить від фр. *caisson* (ящик) — камери, для проведення роботи під водою в 40-х роках XIX ст. Ця хвороба властива тим фахівцям, які працюють в умовах кесонних камер, зокрема підводників, інколи — у пілотів. Унаслідок кесонної хвороби може виникнути біль у суглобах, кістках, м'язах, головний біль, запаморочення, підвищене потовиділення, нудота; порушення функціонування серцево-судинної та дихальної систем, що призводять до летальних наслідків. Для зняття симптомів кесонної хвороби реаніматологи, травматологи та низка інших фахових лікарів залежно від ступеня хвороби проводять повільну рекомпресію потерпілого, аби нормалізувати його стан.

Як сонячні промені досягають дна повітряного океану

Не менш цікавими є особливості поширення сонячного світла крізь атмосферу. Енергію, яку випромінює Сонце, називають сонячною радіацією.

Спектр випромінювання Сонця дуже широкий і його за довжиною хвиль поділяють на кілька ділянок. Сонячні промені поширюються зі швидкістю $3 \cdot 10^5$ км/с й досягають поверхні Землі через 8 хв. Потік радіації, що надходить на верхню межу земної атмосфери за одиницю часу на одиничну перпендикулярну сонячним променям поверхню за середньої відстані від Землі до Сонця, називають сонячною сталою. Міжнародна комісія з радіації рекомендувала взяти як стандартне значення сонячної сталої 1,98 кал тепла за 1 хв на 1 см^2 поверхні Землі або 1382 Вт/м². Зміст поняття «сонячна стала» полягає в тому, що на цю величину ще не впливає атмосфера.

Під час проходження крізь атмосферу сонячна радіація суттєво змінюється: частину вбирають певні газоподібні складники атмосфери та домішки й перетворюють на тепло. Частину розсіюють молекули газів повітря та тверді й рідкі домішки; частина відбивається. Руйнівні для життя гамма-промені, ультрафіолетове й рентгенівське випромінювання повністю поглинає земна атмосфера. З того випромінювання, що доходить до поверхні Землі, близько 7 % припадає на ультрафіолетову частину спектра, 48 % — на видиму, 45% — на інфрачервону.

Важливо: унаслідок кулястості Землі та нахилу її осі обертання до екліптики, різні території отримують різну кількість сонячної енергії.

Під час проходження крізь атмосферу пряма сонячна радіація ще й розсіюється, тобто змінює напрямок поширення. Таке можливо в оптично неоднорідному середовищі, де показник заломлення змінюється. Такою є й атмосфера. Навіть за умови чистого повітря постійно змінюється його густина у зв'язку з тепловим рухом молекул. До того ж в атмосфері завжди є краплі рідини, кристали льоду й солей, пил тощо. Що більше в повітрі аерозолів, то більшим буде розсіювання. Воно залежить і від параметрів самого випромінювання. Так, фіолетові промені розсіюються в 14 разів сильніше, ніж червоні.

Фіолетові та сині промені розсіюються більше, ніж блакитні, однак їхня енергія значно менша, ніж енергія блакитних променів, цим пояснюють блакитний колір неба. Що довший шлях сонячних променів в атмосфері, то більше розсіюється коротких хвиль, і більшою залишається частка довгих хвиль у прямій радіації. Цим пояснюють жовте та червоне забарвлення Сонця й Місяця біля обрію, особливо коли в повітрі є багато пилу, крапель чи кристалів.

Удень у пустелі нижні шари повітря дуже прогріваються від гарячого піску, унаслідок чого повітря стає неоднорідним. Пройшовши крізь таке середовище, промінь плавно викривляється. У результаті цього, промінь, що йде звверху від блакитного неба, потрапляє в око мандрівнику знизу, і йому здається ніби він бачить блакитне озеро. Такі міражі можна спостерігати спекотного літнього дня на автомобільних дорогах. Водію або пасажиру здається, що на асфальті є «калюжі», хоча насправді шосе сухе.

Міражі спостерігають і над морем. У цьому випадку тепліші шари повітря розташовані над холоднішими, й виникає так званий верхній міраж. Поверхня Землі, нагрівшись, також стає джерелом випромінювання. Значну частку цього випромінювання поглинає атмосфера: хмари, вуглекислий газ, водяна пара. Нагріта атмосфера повертає Землі тепло зустрічним випромінюванням, яке компенсує втрати тепла земною поверхнею та створює парниковий ефект. Без парникового ефекту температура поверхні Землі, за оцінками, була б приблизно на 33° нижчою, ніж є насправді, і становила б 18°C .

Уважають, що підвищення концентрації парникових газів в атмосфері, зокрема вуглекислого газу, збільшує дію парникового ефекту, що призводить до зміни клімату в глобальних масштабах — глобального потепління. За останнє століття середня температура на планеті збільшилася на $0,5^{\circ}\text{C}$. Учені прогнозують подальше потепління на $1,5\text{--}4,5^{\circ}\text{C}$ на найближчі п'ятдесят років.

Завдання

1. Функції атмосфери.
2. Забруднення атмосфери.
3. Поясніть причини та наслідки виникнення парникового ефекту, утворення кислотних дощів, потоншення озонового шару.
4. Зміна атмосферного тиску з високою.
5. З подвір'я метеостанції за температури повітря 0°C запущено одночасно два радіозонди. У крайній верхній точці перший з них зафіксував температуру -46°C , а другий — на 8°C нижчу. Визначте, на яку висоту піднявся кожний з радіозондів, якщо вертикальний температурний градієнт дорівнює $0,5^{\circ}\text{C}$.