

ЧОМУ ЗМІНЮЄТЬСЯ

ЧАСТИНА 1

Навіщо нам енергія?

Наша планета втримує атмосферу, частинки якої практично не покидають Землю, а з іншого боку, ніякі космічні тіла не падають на поверхню Землі (маса метеоритів є мізерною у порівнянні з масою нашої планети). Отже, можна вважати, що *Земля не обмінюється масою* з космічним простором.

Усе набагато складніше, якщо говорити про обмін енергією, яку Земля безперервно отримує від Сонця. Що відбувається з цією енергією далі? На що вона витрачається? Переконана, кожен з вас може назвати багатьох споживачів сонячної енергії. Але якщо узагальнити окремі приклади, то можна сказати, що *сонячна енергія є причиною усталеного на Землі кругообігу матерії*. Вітри і морські течії, випаровування та конденсація води, ріст і розвиток рослин, тварин та людей – все це відбувається завдяки сонячній енергії, яка надходить на Землю.

Сонячна стала

Впродовж багатьох років потік сонячної енергії на Землю практично не змінюється. І це чудово, бо якби Сонце гралося з нами в ігри „тепло-холодно“, то Земля могла б вкритися кригою або перетворитися на випалену пустелю. Сонячне випромінювання для нас життєво важливе, тому його характеризують особливою величиною, яку називають сонячною сталою.

Сонячна стала – це сумарний потік енергії, що проходить за одиницю часу через одиничну площу, орієнтовану перпендикулярно до потоку за межами земної атмосфери. За даними позаатмосферних вимірювань сонячна стала становить 1367 Вт/м^2 . Щоб отримати кількість енергії (у джоулях), треба це число помножити на 365 днів $\times$ 24 години $\times$ 60 хвилин $\times$ 60 секунд. Пам'ятайте, що результат множення – це енергія, яка припадає впродовж



КЛІМАТ ЗЕМЛІ?

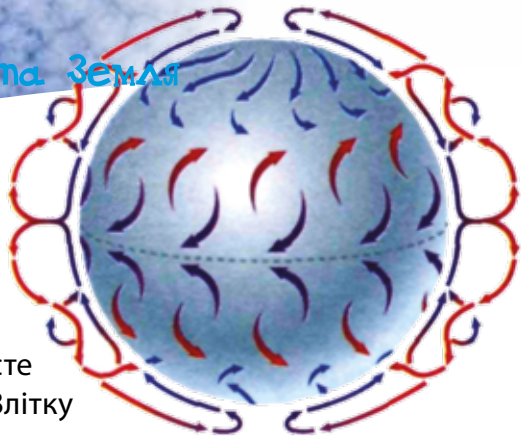
року лише на 1 м^2 . Таку ж кількість енергії Земля витрачає, адже якби це було не так, то температура на Землі зростала б (якщо витрачається не вся енергія) або зменшувалася б (у випадку, якщо Земля витрачає більше енергії, ніж отримує від Сонця).

Стала – не стала?

Сонячна стала не зовсім постійна, вона змінюється. Перший фактор, який впливає на її величину – відстань від Землі до Сонця. Як відомо, орбіта Землі є еліптичною, а тому сонячна стала змінюється впродовж року від 1412 Вт/м^2 на початку січня до 1321 Вт/м^2 на початку липня. Другий чинник, що впливає на сонячну сталу – активність Сонця, яка визначається кількістю плям на поверхні нашого світила та їхньою сумарною площею. Сонячна активність кожних 11 років досягає максимуму. Такі роки ми називаємо „рік сонячної активності”. Останній пік активності Сонця припадає на 2012–2013 роки.

Зміна відстані до Сонця та сонячна активність регулярно (хоч і не значно) впливають на енергію, яка потрапляє на Землю. Тому сонячна стала окрім щорічних змін, зазнає також зміни з періодом в 11 років. Ці зміни можна прослідкувати впродовж життя людини. А є ще й такі зміни, які астрономи прогнозують відповідно до сучасних моделей розвитку Сонця. Виявляється, енергія його випромінювання зросте приблизно на 1 % впродовж 110 мільйонів років. Вам здається, що це дрібниця? А от і ні! Такі зміни відчутно впливають на клімат. Розрахунки учених показують, що зміна сонячної постійної на 1 % призведе до зміни температури Землі на $1\text{--}2^\circ\text{C}$.





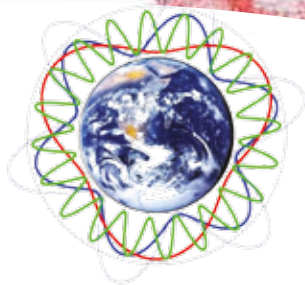
Температура на Землі

Але де саме на Землі температура зростає на 1–2 °С? На полюсі чи екваторі? І коли? Влітку чи взимку? Запитання доречне, бо всі добре знають, що впродовж дня температура найвища попіднодні і найнижча – вранці; поблизу екватора температури впродовж року завжди високі, а поблизу полюсів – низькі; влітку в наших широтах завжди тепліше, ніж узимку. Це тому, що сонячні промені нагрівають Землю нерівномірно: що вище Сонце над горизонтом, то вища температура повітря. Отже, температура повітря залежить від кута падіння сонячних променів. А кут падіння – від широти місцевості та від часу доби. Між екватором і тропіками кут падіння променів найменший (до 0°), поблизу полюсів – найбільший. У Північній півкулі кут падіння сонячних променів опівдні найменший 22 червня (у Києві він становить 27° 00'), найбільший – 22 грудня (у Києві – 73° 54'). Тому влітку у цій півкулі завжди тепліше, а взимку – холодніше.

Складаючи прогнози погоди, метеорологи вимірюють температуру кожних три години, а в прогнозах нам називають лише одну цифру – середньодобову температуру (або межі, в яких змінюється температура впродовж дня). Але коли ми говоримо про можливу зміну температури на Землі, йдеться про середньорічну температуру на планеті, яка й визначає клімат Землі. Інститут космічних досліджень НАСА повідомляє, що температура поверхні нашої планети невпинно росте (мал. 1). У минулому році вона зросла на 0,51 °С більше, ніж за період з 1951 по 1980 роки¹. Дослідники припускають, що це явище є наслідком збільшення парникових газів в атмосфері, особливо вуглекислого газу. Саме ці гази поглинають теплове випромінювання Сонця і затримують його в атмосфері. З'ясуємо, які гази називають парниковими та що таке парниковий (тепловий) ефект.

¹Цей період традиційно беруть за основу як такий, що передував глобальному потеплінню.

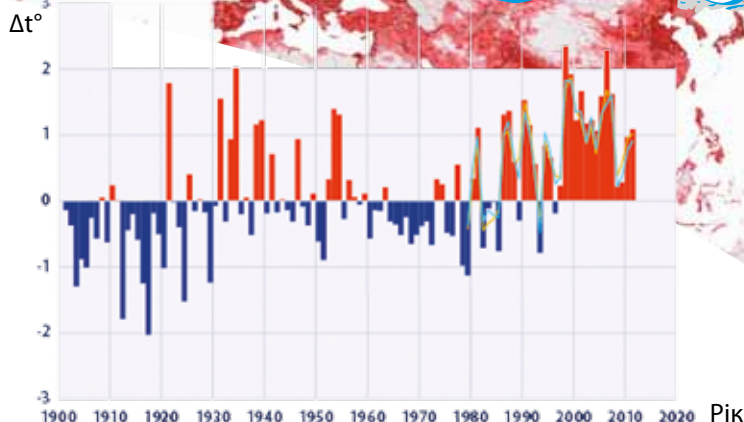




Планета Земля



Мал. 1.
Зростання
середньої
температури на
поверхні Землі

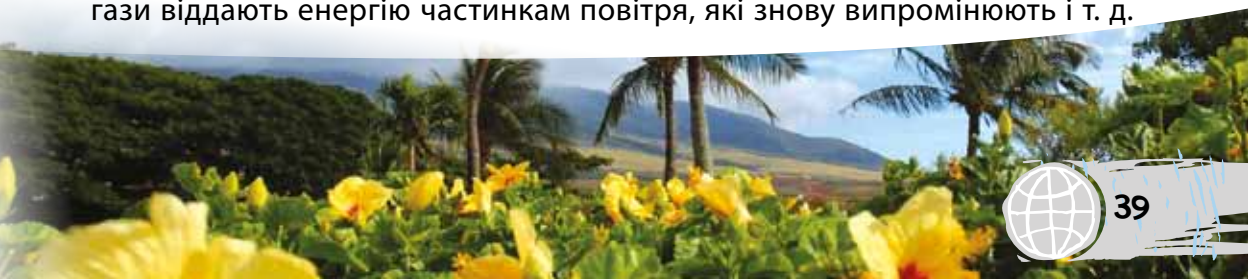


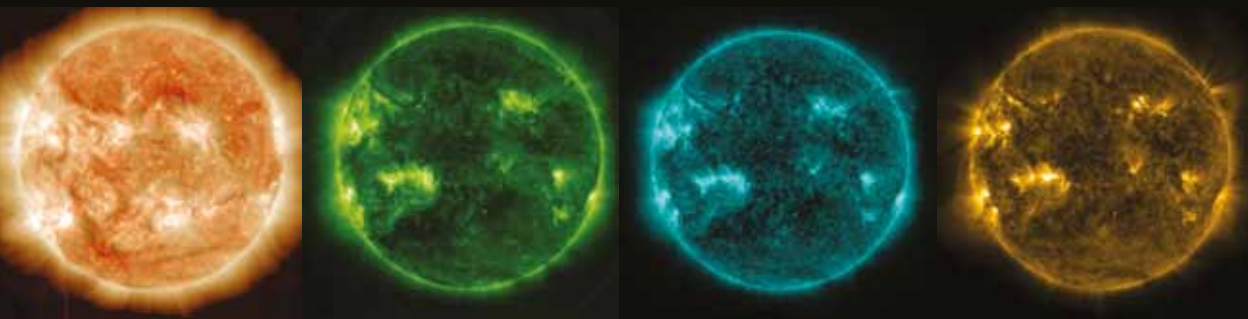
Парниковий ефект

Ви напевне чули або читали, що парниковий ефект відповідальний за низку негативних змін на нашій планеті. Це неправда. Ну, по-перше, природні ефекти і явища не можна в чомусь звинувачувати. А по-друге, цей ефект для людей рятівний: якби не він, життя на нашій планеті не було б. Щоб зрозуміти це, давайте докладно з'ясуємо, як саме на Землі витрачається гігантська кількість енергії, яку дає нам Сонце. (Сподіваюсь, ви виконали операцію множення і отримане число вас вразило).

Відразу зауважу, що розрахована вами енергія потрапляє на Землю *за межами атмосфери*. І ще одне: Земля отримує енергію у вигляді одного випромінювання, а ось витрачається вона в формі іншого. Саме час з'ясувати, що відбувається з сонячним випромінюванням в атмосфері.

На мал. 2 схематично зображений баланс енергії для системи „космос-Земля-атмосфера”. Сонячне світло проникає крізь атмосферу Землі, частково поглинається поверхнею, а частково відбивається від неї. Відбиті промені знову легко проникають крізь атмосферу і покидають Землю. Поглинуті промені нагрівають Землю, і її поверхня випромінює невидимі теплові промені. А це випромінювання вже не проникає крізь атмосферу, бо його поглинають так звані *парникові гази: водяна пара, вуглекислий газ, метан, окис азоту і фреони*. Нагрівшись, ці гази віддають енергію іншим частинкам повітря. Цей процес триває безперервно, в кожний момент часу і є причиною прогрівання нашої атмосфери. Нагріта атмосфера теж випромінює, частина цього випромінювання покидає Землю, а частина – знову поглинається парниковими газами. А далі все повторюється: парникові гази віддають енергію частинкам повітря, які знову випромінюють і т. д.

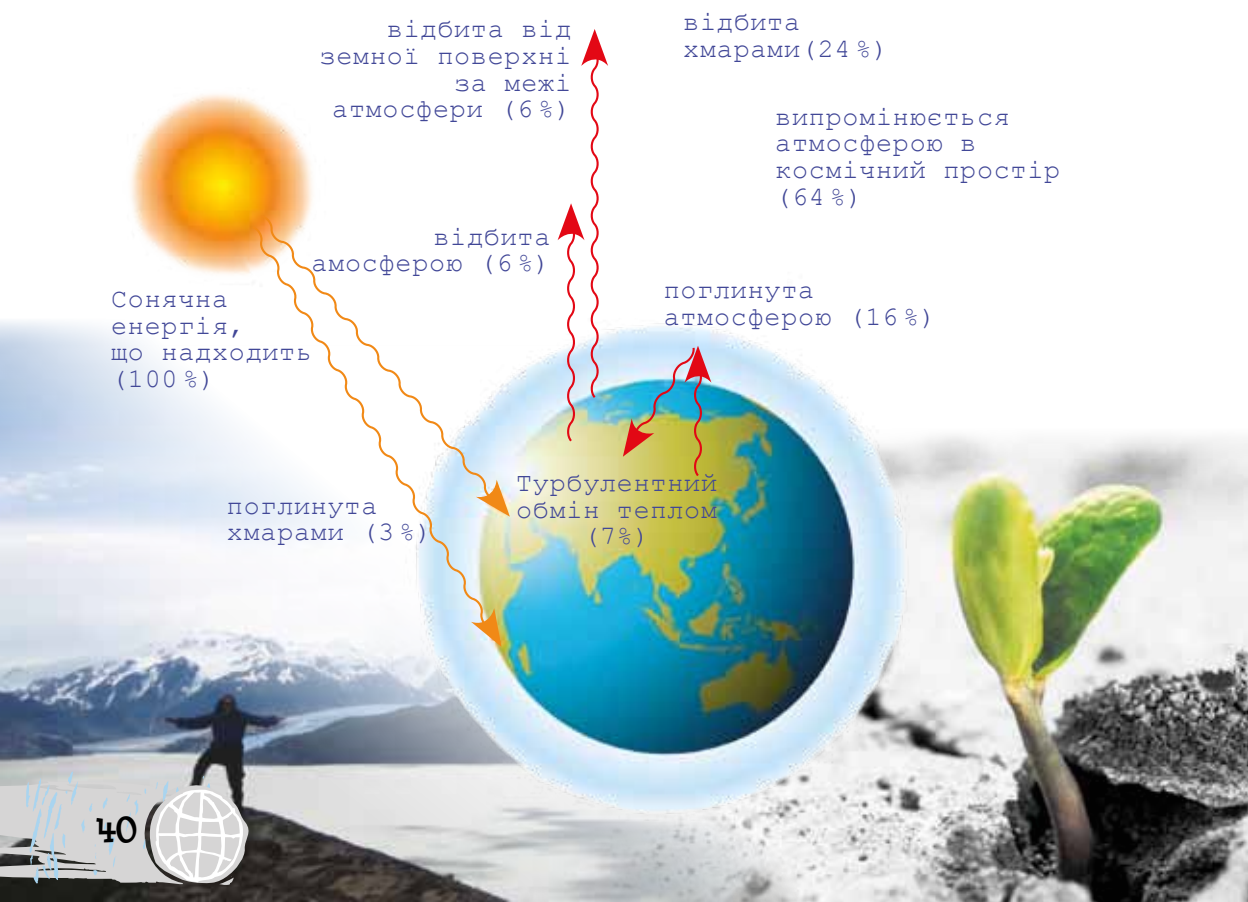


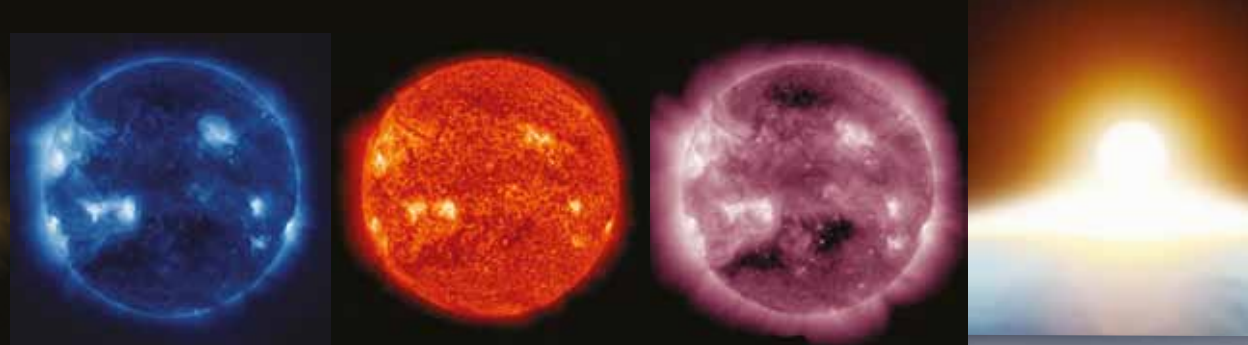


Такий процес відбувається у теплицях: видиме сонячне світло проникає у теплицю крізь скло, поглинається ґрунтом, який випромінює невидиме теплове випромінювання. Останнє не проникає крізь скло, відбивається від нього і прогріває повітря у теплиці.

Отже, сонячна енергія, яка потрапляє на Землю, складається з двох потоків енергії: одразу відбитої від поверхні Землі і теплової енергії, трансформованої у космічний простір системою „Земля-атмосфера” (мал. 2). Незалежно від способу, яким це станеться, енергія випромінювання Сонця врешті покине Землю, а Земля, постійно приймаючи і віддаючи енергію, залишається „при своїй температурі”: середня температура її є постійною впродовж багатьох років і становить 15 °С. За такої температури на усій поверхні нашої планети можливі різні форми життя.

Мал. 2. Парниковий ефект в атмосфері Землі





Чудесна пара, або без води ніяк

Парниковий ефект розпочався на Землі відтоді, як у неї з'явилася атмосфера. Були періоди в історії нашої планети, коли він відбувався інтенсивніше, ніж зараз, і середня температура планети була вищою; були часи, коли він відбувався повільніше, і на Землі було холодніше, ніж зараз.

Ми з'ясували, що парникові гази сповільнюють віддачу сонячної енергії, „підігріваючи“ атмосферу, і підтримують її температуру сталою. Якби вони не входили до складу атмосфери, на Землі було б набагато холодніше. Цікаво, що найважливішим парниковим газом у цьому сенсі є водяна пара. Не сподівалися? А нічого дивного, адже саме вода відіграє на Землі роль терморегулятора. І коли ми кажемо „атмосфера зберігає тепло Землі“, то давайте уточнимо: вона має цю здатність у значній мірі саме завдяки водяній парі.

Водяна пара завжди присутня в атмосфері. Вода випаровується з вільної поверхні водойм, з вологого ґрунту і внаслідок транспірації² рослин. У різних місцях Землі і в різний час кількість водяної пари різна. Повітряні течії переносять її, із зниженням температури вона конденсується, утворюючи хмари. Хмари випаровуються, або у вигляді дощу чи кристалів льоду падають на Землю, змінюючи вміст водяної пари в атмосфері. Осади, які випадають з хмар, є важливим елементом погоди і клімату. На випаровування води з поверхні землі витрачається багато тепла, а під час конденсації водяної пари в атмосфері це тепло віддається повітрю. Хмари, які виникають внаслідок конденсації, відбивають і поглинають сонячне випромінювання на його шляху до Землі. З водяною парою у повітрі та її переходом з одного стану в інший пов'язані найважливіші процеси у природі і особливості клімату Землі. Ми відчуваємо себе комфортно за певного вмісту водяної пари у повітрі³.

²Транспірація (від лат. „trans“ – через, „spiro“ – дихання) – випаровування води з поверхні рослин. Основним органом транспірації є листя.

³За температури 20–25 °С найсприятливішим для життя людини є повітря з відносною вологістю 40–60 %.

Парниковий газ	Величина парникового ефекту, °C	Температура на Землі без усіх попередніх парникових газів, °C
Середня температура на Землі 15 °C		
Водяна пара з хмарами	20,6	-5,6
Вуглекислий газ (CO ₂)	7,2	-12,8
Озон (O ₃)	2,4	-15,2
Окис азоту (NO ₂)	1,4	-16,6
Метан (CH ₄)	0,8	-17,4
Фреони (CFC ₈)	< 0,8	-18,2
Разом	< 33,2	

Кількість водяної пари у повітрі змінюється з висотою. На висоті 5 км концентрація водяної пари у 10 разів менше, ніж поблизу поверхні, на висоті 8 км – у 100 разів менше, а вище 10-15 км її у повітрі мізерна кількість.

Щоб оцінити внесок кожного газу у парниковий ефект. У таблиці вказана величина парникового ефекту, який спричиняє кожний газ зокрема, а саме, на скільки градусів зменшилася б температура повітря за відсутності цього газу.

Внесок водяної пари у парниковий ефект найвагоміший. Якби до складу повітря не входила водяна пара, температура на Землі була б більш ніж на 20 °C менша і становила б -5,6 °C. Цей факт часто упускають медіа, коли розповідають про парникові гази і лякають парниковим ефектом. Однак це зовсім не підступний обман, просто ми не маємо жодного впливу на кількість водяної пари у атмосфері Землі. Її вміст залежить від температури, висоти, наявності поблизу великих водойм, вітрів, але не від діяльності чи бездіяльності людини.

В останній стрічці таблиці підсумовано: за відсутності в атмосфері усіх парникових газів середня температура на поверхні Землі була б -18,2 °C. Життя на такій планеті існувало б лише поблизу екватора, а решту поверхні планети вкривав би товстий шар вічного льоду. Почуєте, що хтось нарікає на парниковий ефект – поясніть йому, як він глибоко помиляється...

Далі буде.



