



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Доктор технічних наук, професор Геннадій Голуб
(Національний університет біоресурсів і
природокористування України).

Доктор технічних наук, професор Савелій Кухарець
(Поліський національний університет)

2024



Лекція 1. ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА В АГРАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ, ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ

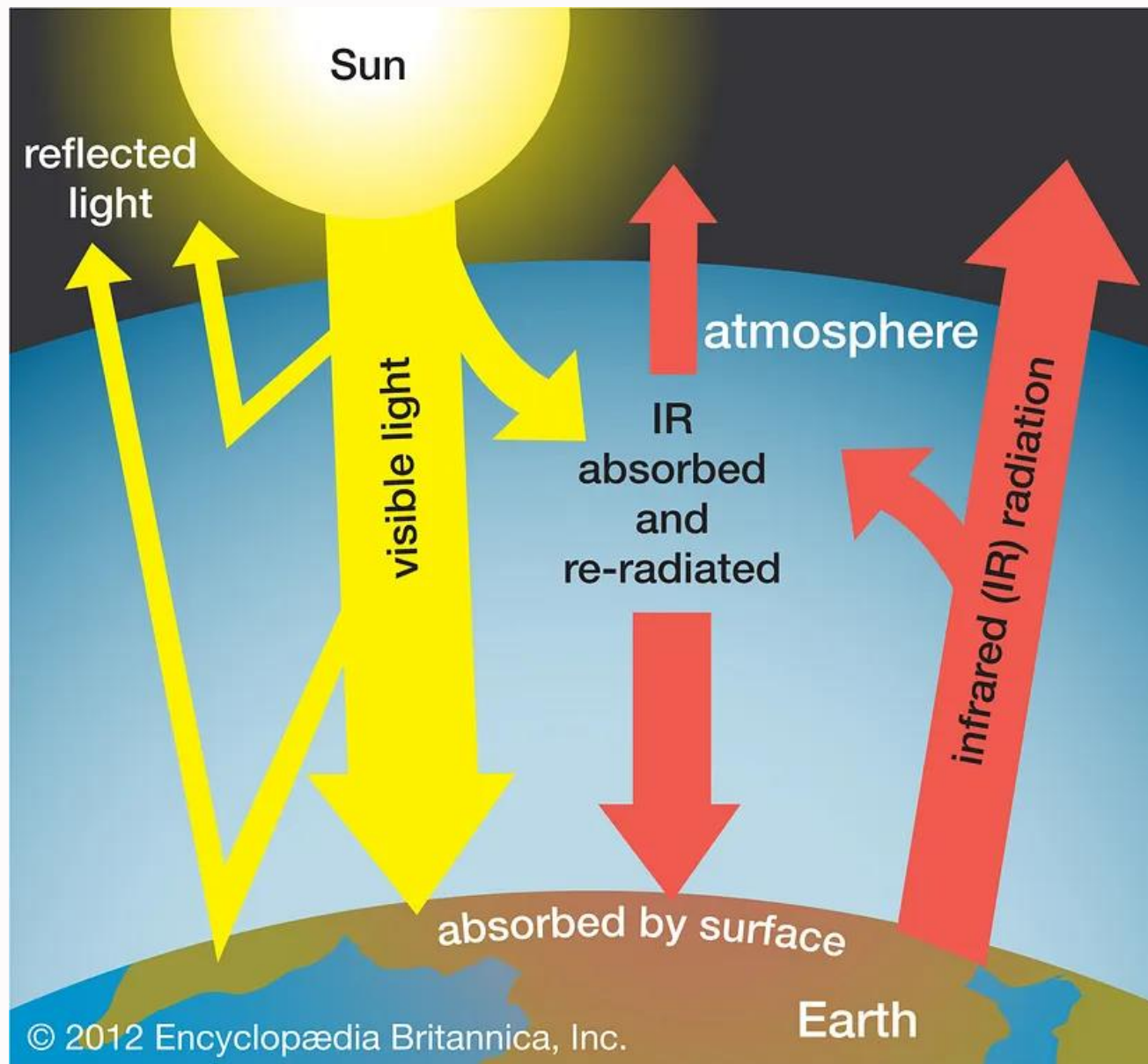
План лекції:

- 1.1. Характеристика видимого випромінювання Сонця та закономірності інфрачервоного випромінювання
- 1.2. Сутність «парникового» ефекту та «парникові» газу
- 1.3. Наслідки глобального потепління
- 1.4. Роль енергоресурсів у виробництві та житлово-комунальному господарстві
- 1.5. Споживання та виробництво енергоресурсів у аграрному виробництві
- 1.6. Об'єкти відновлюваної енергетики в аграрному виробництві

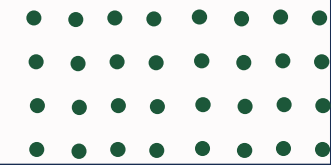
Лабораторна робота 1: Визначити економічну ефективність функціонування агроєкосистеми з виробництвом енергії на основі біологічних видів палива.

Практична робота 1: Визначити кількість соломи, яку можна використати на потреби опалення.

Я ХОТІВ БИ ПОГОВОРИТИ З ВАМИ ПРО "ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ"

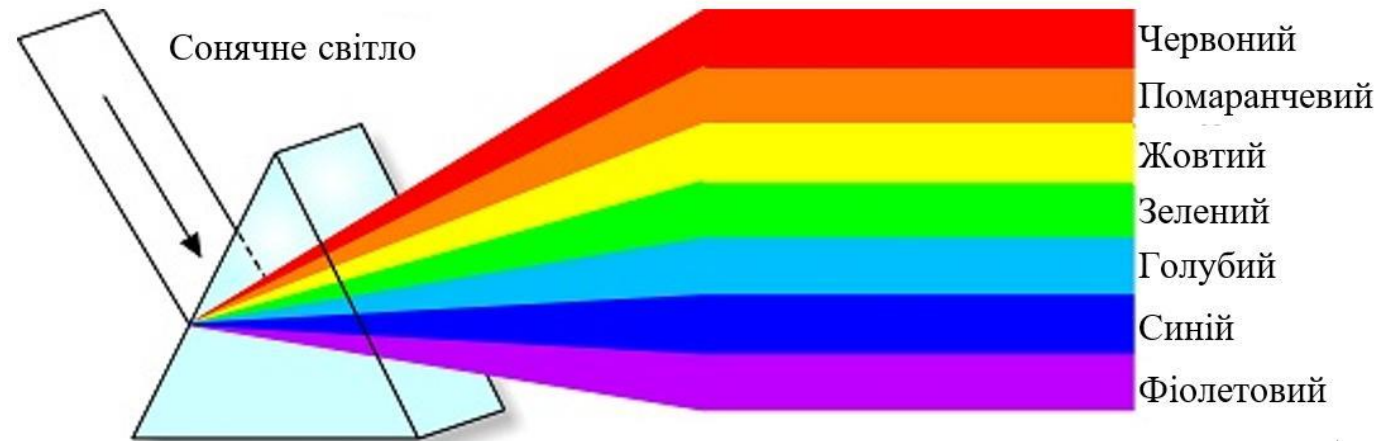


Взаємодія
Сонця, Землі та
атмосфери, яка
призводить до
появи
«парникового
ефекту».



Видимий діапазон сонячного світла

Сонячне світло, що надходить на поверхню Землі, має переважно видимий діапазон (червоне, помаранчеве, жовте, зелене, блакитне, синє та фіолетове світло).



Колір	Довжина хвилі, нм (нанометрів) (1×10^{-9} м)	Частотний діапазон, ТГц (терагерц) (1×10^{12} Гц)
Фіолетовий	380—440	790—680
Синій	440—485	680—620
Голубий	485—500	620—600
Зелений	500—565	600—530
Жовтий	565—590	530—510
Помаранчевий	590—625	510—480
Червоний	625—740	480—400

Історія відкриття інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання



Інфрачервоне випромінювання (нижче червоного спектра) було відкрито в 1800 році англійським астрономом і фізиком Вільямом Гершелем. Інфрачервоне випромінювання було отримано в елегантному експерименті: розділивши сонячне світло за допомогою призми, Вільям Гершель помістив термометр відразу за червоним світлом видимого спектру і показав, що в цьому випадку температура підвищується. Це означало, що світло, яке падало на термометр, було невидимим для людського ока. Термометр Вільяма Гершеля, який знаходився в зоні інфрачервоного випромінювання, був призначений для контролю температури в кімнаті.



Ультрафіолетове випромінювання (вище фіолетового спектру) було відкрито в 1801 році німецьким хіміком і фізиком Йоганном Ріттером. Йоганн Ріттер за допомогою призми поставив експерименти з вивчення хімічного впливу різних частин світлового спектру на почорніння хлориду срібла. Він виявив, що почорніння зростає при переході від червоного до фіолетового випромінювання і стає максимальним поза фіолетовим випромінюванням. Так він відкрив ультрафіолетові промені.

Інфрачервоне випромінювання лева



Відповідно до ISO 20473 інфрачервоне випромінювання поділяється на три діапазони: ближнє інфрачервоне випромінювання - від 780 до 3000 нм або від 0,78 до 3 мкм, середнє інфрачервоне випромінювання - від 3000 до 50 000 нм або від 3 до 50 мкм, дальнє інфрачервоне випромінювання. - від 50 000 до 1000 000 нм або від 50 до 1000 мікрон. Мікрохвильове випромінювання слідує за інфрачервоним випромінюванням.

Закон Стефана–Больцмана – загальна енергія, випромінювана одиницею поверхні тіла на всіх довжинах хвиль за одиницю часу, прямо пропорційна четвертому ступеню температури тіла:

$$E = \varepsilon \sigma_0 T^4 = \varepsilon C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4 = C \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

де E – загальна енергія, яка випромінюється на одиницю поверхні тіла, Вт м²;

$\varepsilon = 0 \dots 1$ – випромінювальна здатність поверхні тіла (ефективність випромінювання електромагнітної енергії, як видимого світла, так і інфрачервоного випромінювання, яке не видно для очей людини;

$\sigma_0 = 5.668 \cdot 10^{-8}$ – константа Стефана-Больцмана для абсолютно чорного тіла, Вт м⁻² К⁻⁴;

$C_0 = \sigma_0 \cdot 10^8 = 5.668$ – коефіцієнт випромінювальної здатності поверхні абсолютно чорного тіла;

$C = \varepsilon C_0 = 0 \dots 5.668$ – коефіцієнт випромінювальної здатності поверхні сірого тіла;

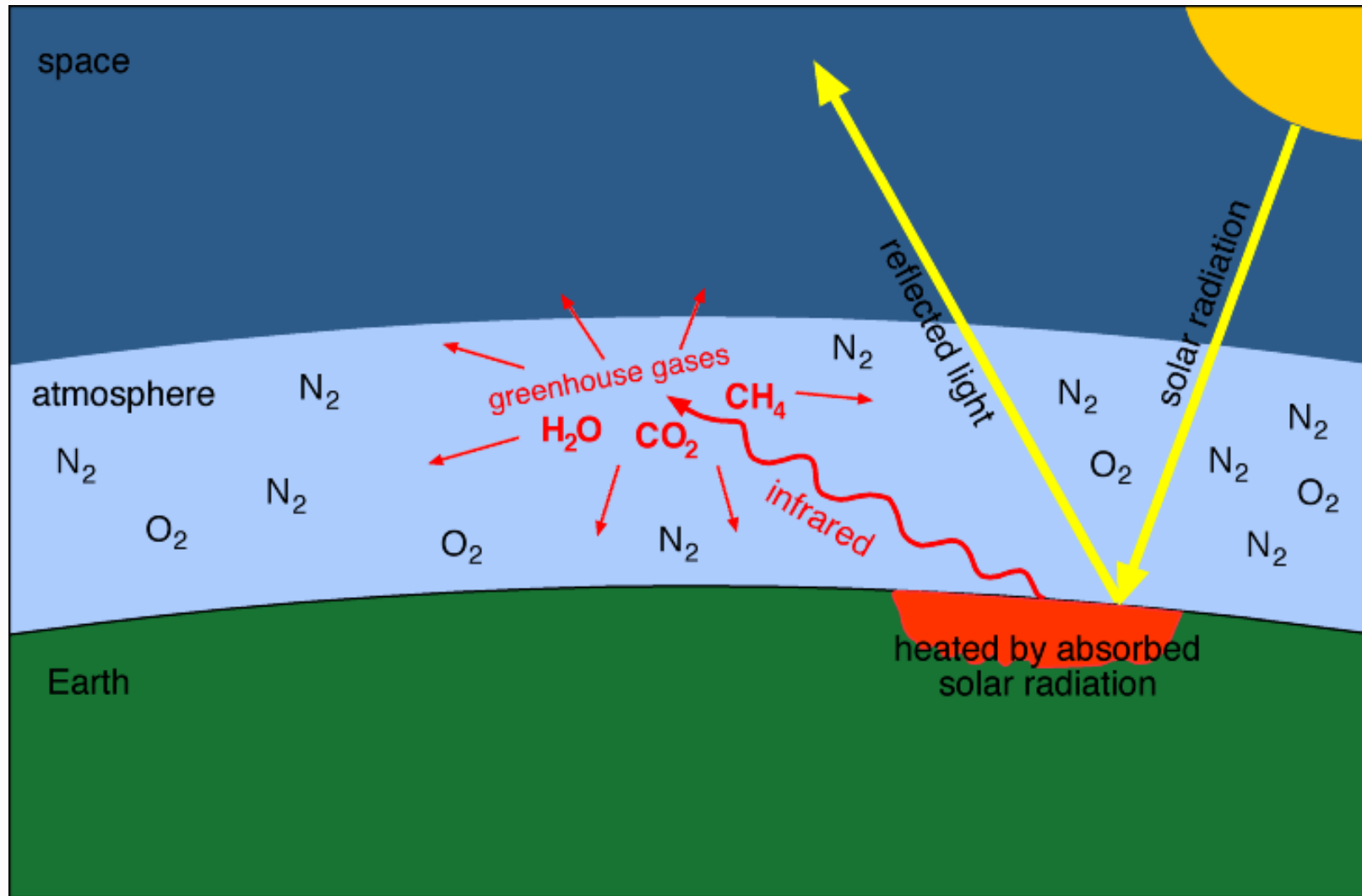
T – температура тіла, К.

Закон Стефана-Больцмана для ідеального чорного тіла ($\varepsilon = 1$)

виглядає наступним чином:

$$E_0 = \sigma_0 T^4 = C_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4$$

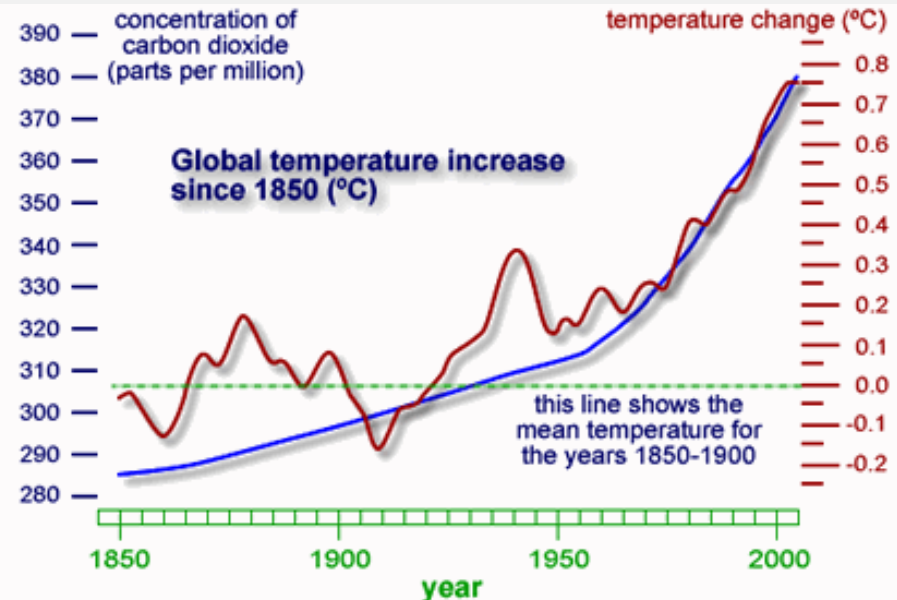
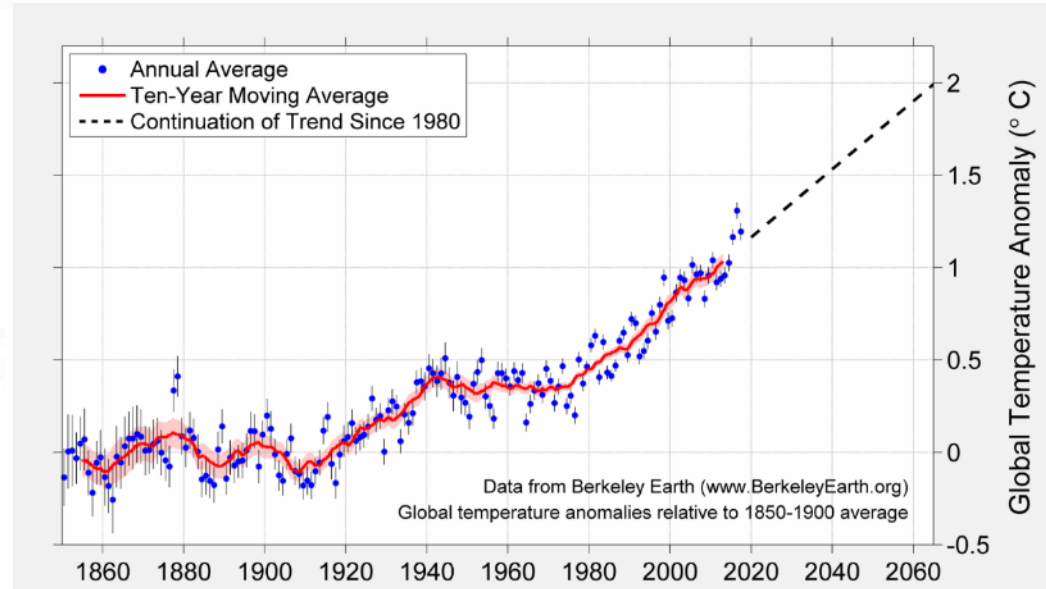
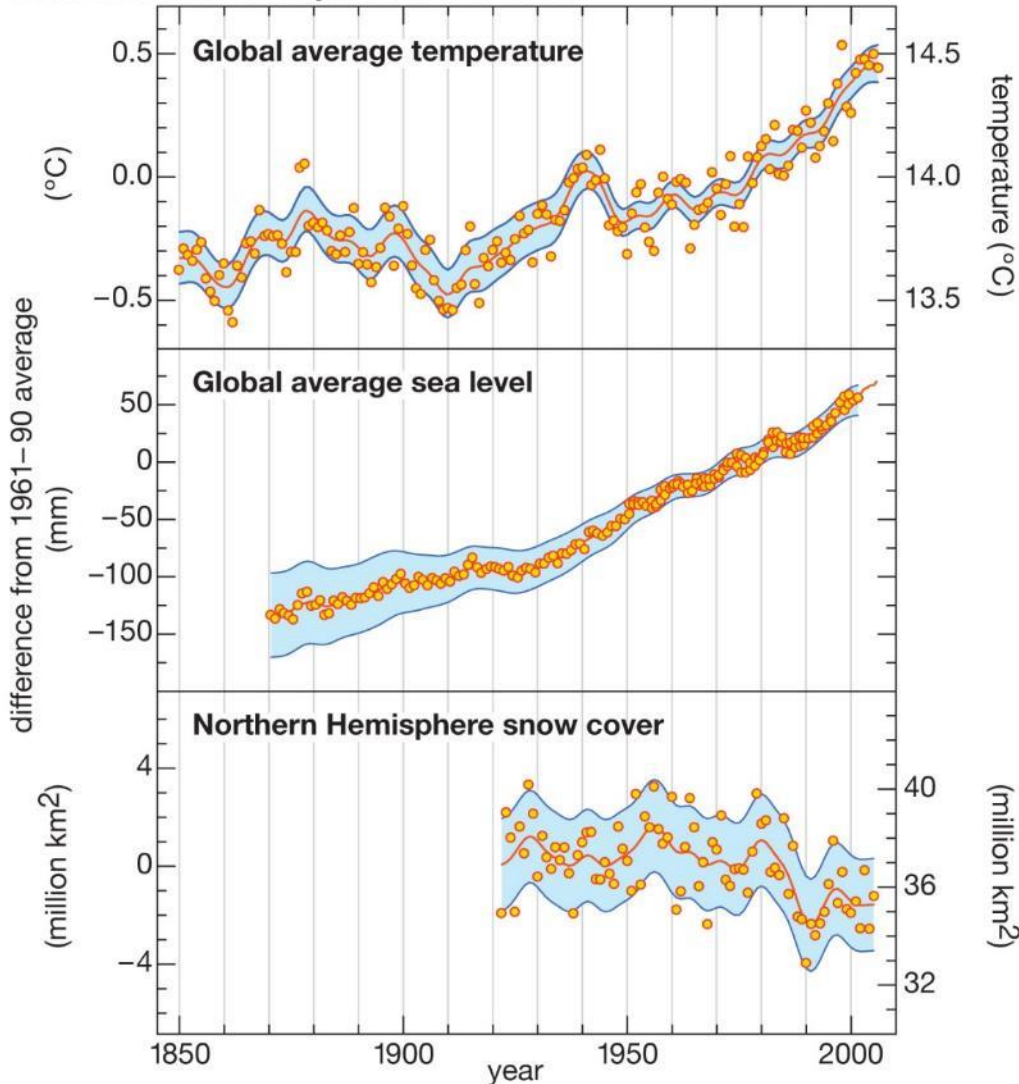
«Парниковий ефект» і «парникові гази»



«Парникові гази» пропускають **короткохвильові (видимий діапазон сонячного світла)** сонячні промені і створюють перешкоди для проходження в космос **довгохвильового теплового (інфрачервоного) випромінювання** від поверхні Землі.

Напевно, ви чули, що «парниковий ефект» - це погано. Він призводить до підвищення середньорічної температури на Землі в результаті накопичення «парникових газів»

Changes in global average temperature, global average sea level, and Northern Hemisphere snow cover

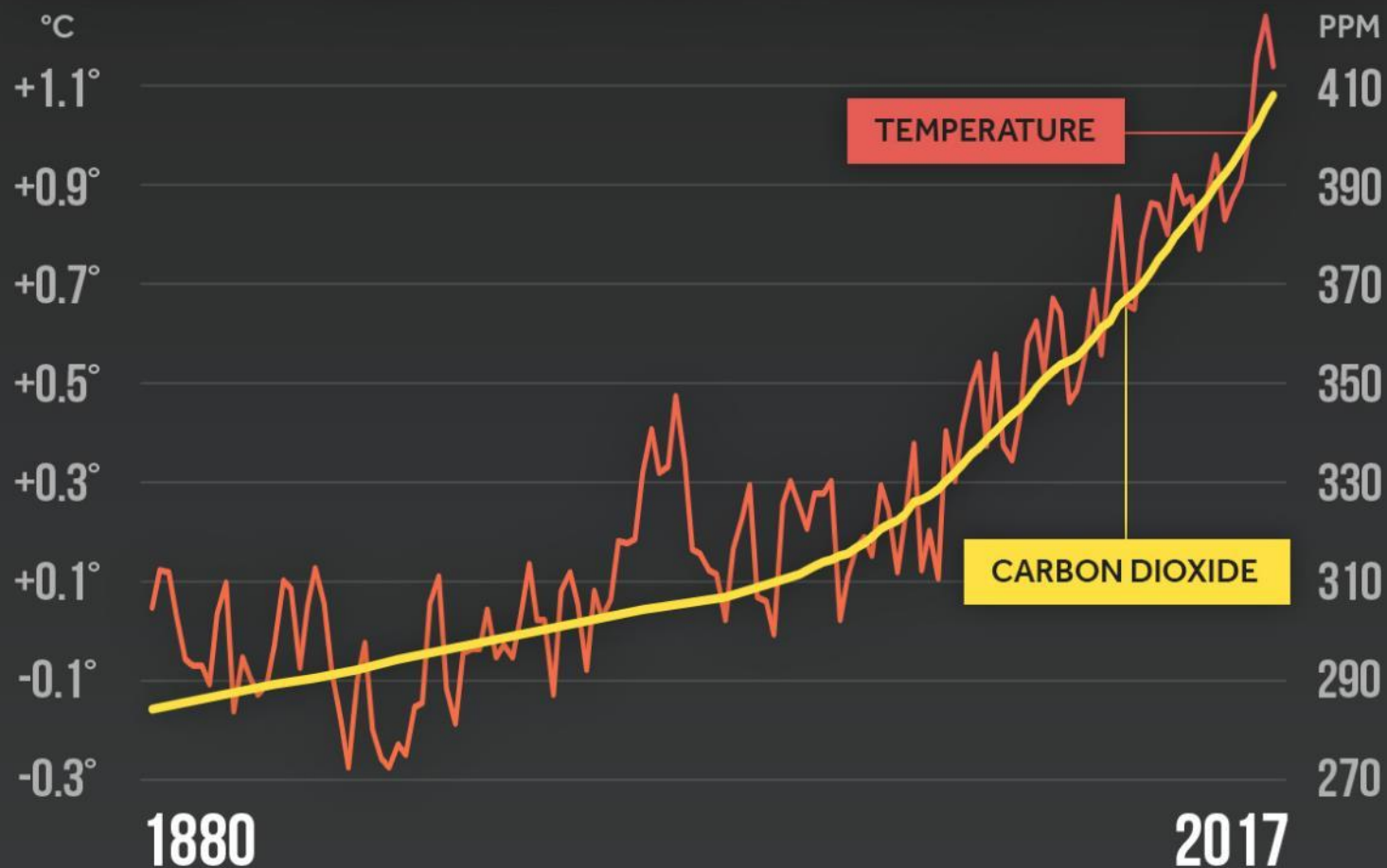


Source: Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Summary for Policymakers, Intergovernmental Panel on Climate Change

Source: Americans' Problem With Global Warming by R.P. Horwitz

Зміна глобальної температури на Землі та концентрації вуглекислого газу CO₂

GLOBAL TEMPERATURE & CARBON DIOXIDE



Global temperature anomalies averaged and adjusted to early industrial baseline (1881-1910)
Source: NASA GISS, NOAA NCEI, ESRL

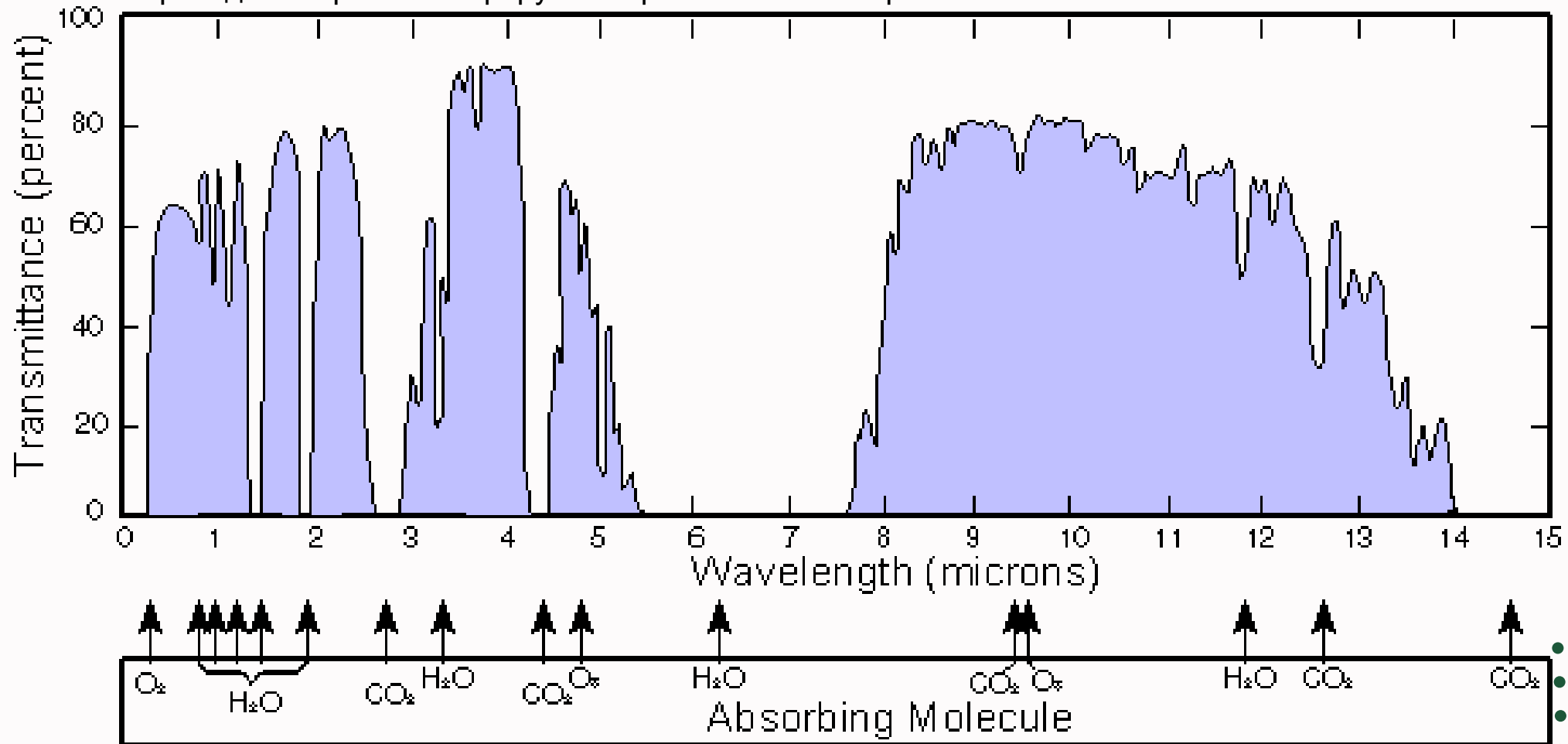
CLIMATE CENTRAL

Джерелами тепла на Землі є Сонце, геотермальна активність Землі, радіаційний розпад ізотопів і **спалювання викопного палива**. Середня температура на Землі становить 14,5 градусів Цельсія. Максимальна температура на Землі становила плюс 70,7 градусів за Цельсієм в Ірані, а мінімальна температура на Землі становила 89,2 градуса за Цельсієм в Антарктиді.

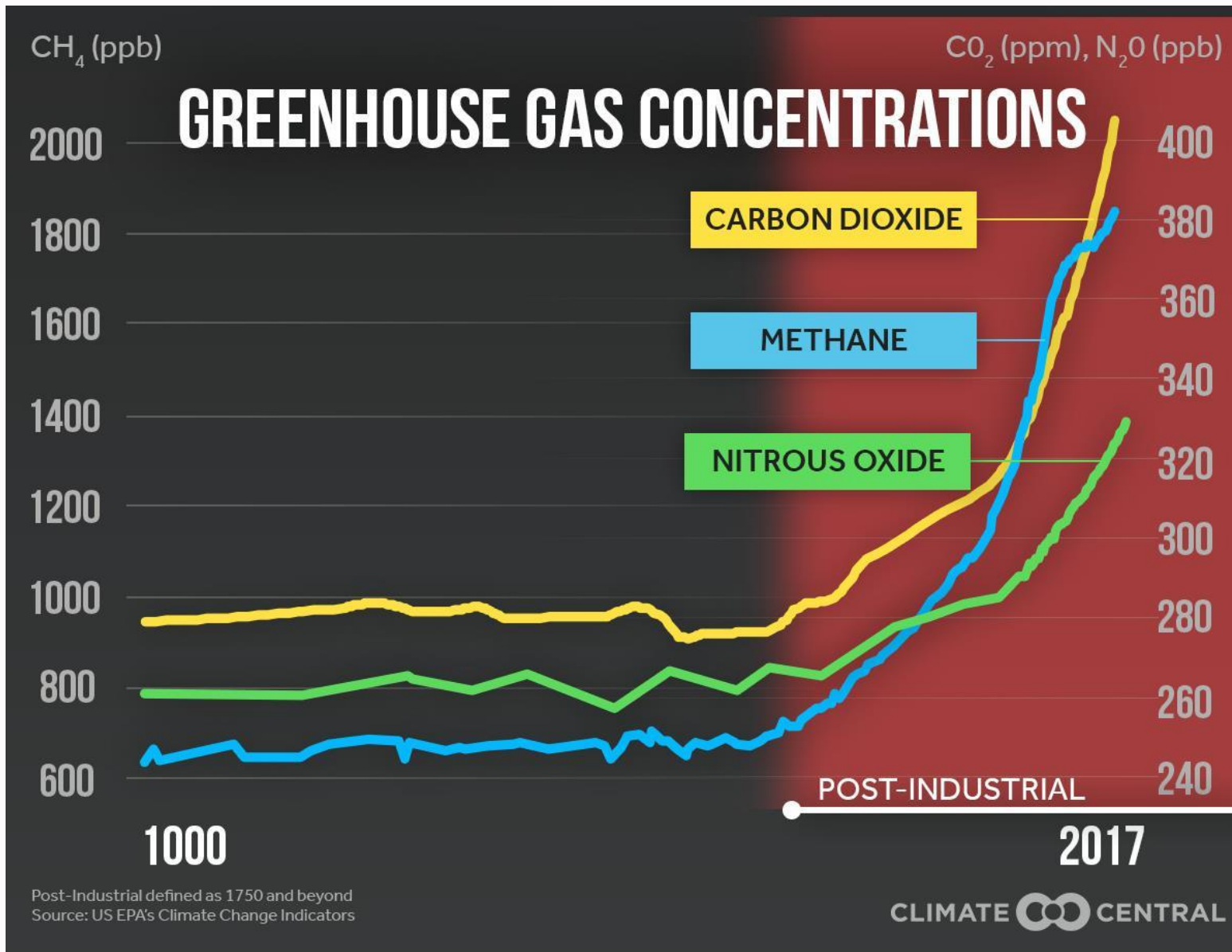
(<http://mapme.club/porad/i/4957>).

Чим вища температура поверхні Землі, тим більше інфрачервоного випромінювання

Висновок: Тепло від Сонця і з надр планети надходить до поверхні Землі. Сонячна енергія поглинається поверхнею Землі. Коли поверхня Землі нагрівається, це призводить до інфрачервоного випромінювання. Поверхня Землі нагрівається до тих пір, поки не встановиться рівновага між поглиненою і випромінюваною енергією. В атмосфері Землі є молекули газу (водяна пара, вуглекислий газ, аміак і оксиди азоту), які поглинають інфрачервоне випромінювання і знову випромінюють його. Це випромінювання спрямоване однаково в усіх напрямках. Таким чином, через парникові гази частина теплового випромінювання поверхні Землі не проходить через атмосферу і повертається на поверхню Землі.

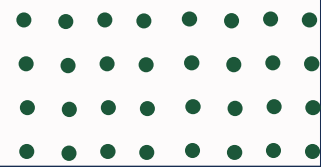


Зміна концентрації «парникових газів» в атмосфері Землі

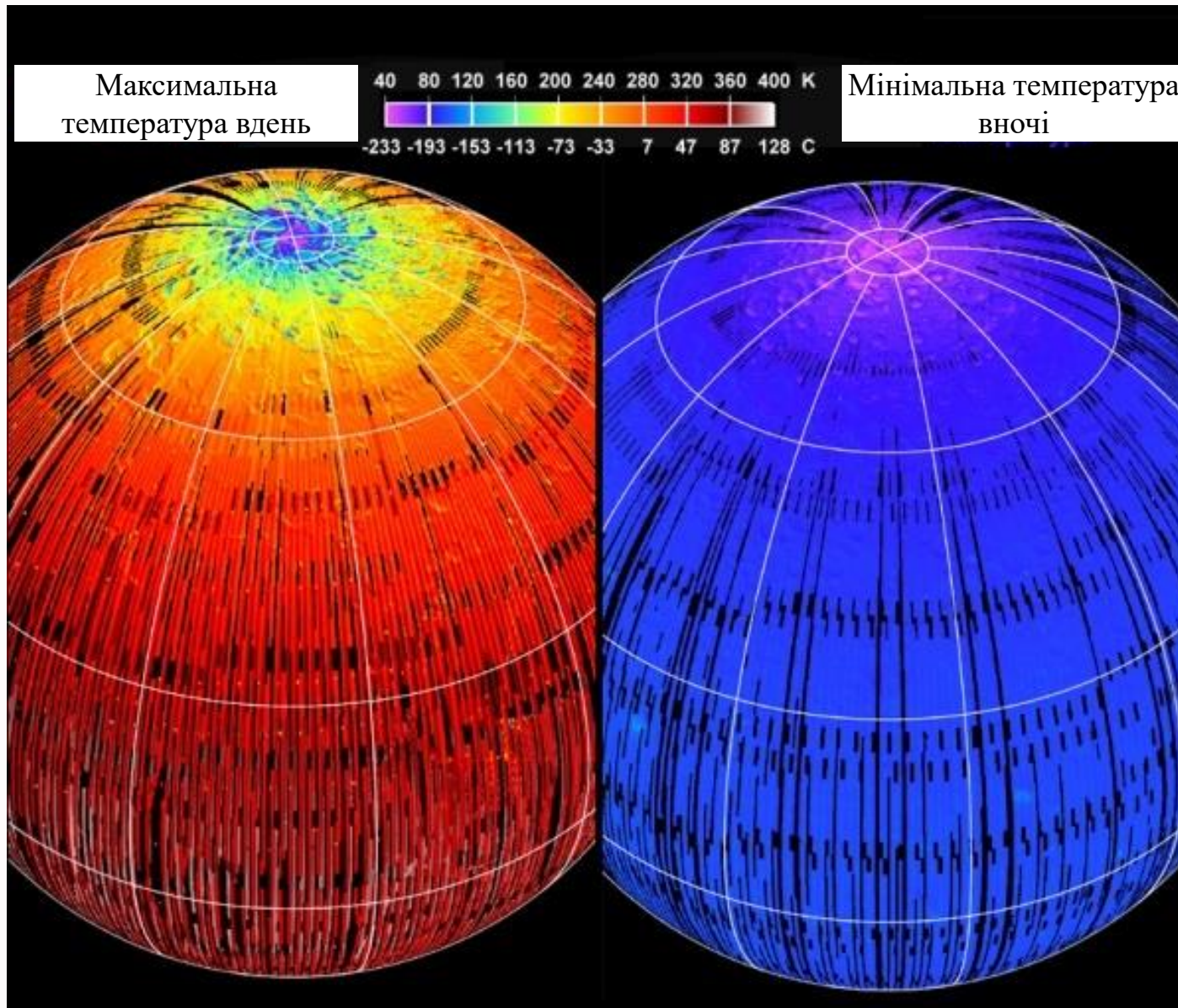


1 ppm (частинок на мільйон) = 0.000001 = 10^{-6} = 1 частинка на мільйон = 0.0001 %

1 ppb (частинок на мільярд) = 0.000000001 = 10^{-9} = 1 частинка на мільярд = 0.0000001 %



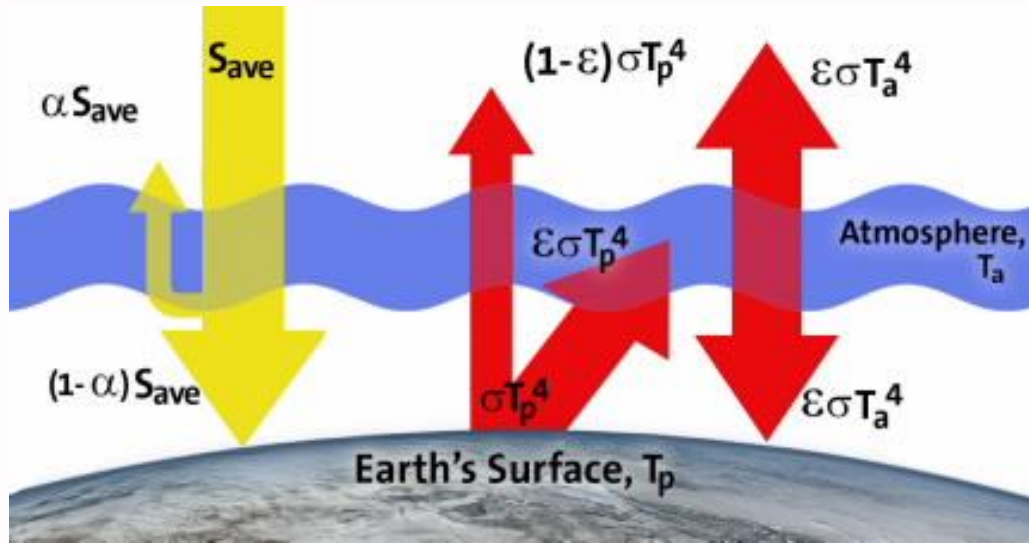
Температура Місяця на нічній стороні і на стороні, зверненій до Сонця



Якби не було «парникового ефекту», Земля відразу після заходу Сонця охолола б до, можливо, мінус 173 градусів за Цельсієм. Наприклад, на нічній стороні Місяця температура опускається до мінус 173 градусів Цельсія, а на стороні, зверненій до Сонця, може досягати плюс 127 градусів Цельсія. Потрібно пам'ятати, що життя на Землі можливе завдяки, в тому числі, і «парниковому ефекту». Таким чином, **«парниковий ефект» зберігає тепло Землі.**

American Chemical Society: A Single-Layer Atmosphere Model. How Atmospheric Warming Works.

<https://www.acs.org/content/acs/en/climatescience/atmosphericwarming/singlelayermodel.html>



У цій моделі атмосфера представлена одним однорідним шаром газів, що знаходяться в тепловій рівновазі з постійною температурою T_a . Атмосфера поглинає частину енергії, яку випромінює розігріта поверхня Землі. Тепло із атмосфери надходить, як на поверхню, так і в космос. У цій моделі Земля розглядається як чорне тіло, оскільки Земля є сірим тілом з дуже високою випромінювальною здатністю. Отже:

$(1 - \alpha) S_{ave}$ – енергія Сонця, яку поглинає поверхня Землі $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$;

$S_{ave} = 342 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ – середня вхідна сонячна енергія на одиницю площі Землі;

$\alpha = 0.30$ – середнє альбедо Землі, яке враховує частку вхідного випромінювання, яке відбивається.

T_p – температура Землі, нагріта поверхня якої випромінює випромінювання як чорне тіло;

σT_p^4 – повна енергія, яку випромінює Земля як чорне тіло;

T_a – температура атмосфери як сірого тіла;

ϵ – випромінювальна та поглинальна здатність атмосфери;

$\epsilon \sigma T_p^4$ – кількість енергії, що поглинається атмосферою;

$(1 - \epsilon) \sigma T_p^4$ – частина радіації від поверхні Землі, яка проходить через атмосферу і виходить у космос;

$\epsilon \sigma T_a^4$ – атмосферне випромінювання як у бік поверхні Землі, так і в космос (у вигляді сірого тіла).

Залежність між температурою поверхні Землі та коефіцієнтами випромінювання та поглинання атмосфери

Коли температура постійна, енергія вхідного сонячного випромінювання, поглинена Землею, повинна бути збалансована вихідним випромінюванням від поверхні та атмосфери. Рівняння, що представляє планетарний енергетичний баланс:

$$\text{(вхід)} (1 - \alpha)S_{ave} = (1 - \varepsilon)\sigma T_p^4 + \varepsilon\sigma T_a^4 \text{ (вихід)}$$

Подібним чином, енергія, що поглинається атмосферою, повинна дорівнювати енергії, що випромінюється атмосферою, щоб її температура була постійною. Рівняння, що представляє цю еквівалентність: (поглинається) $\varepsilon\sigma T_p^4 = 2\varepsilon\sigma T_a^4$ (випромінюється).

Розв'язуючи це рівняння для T_a^4 маємо:

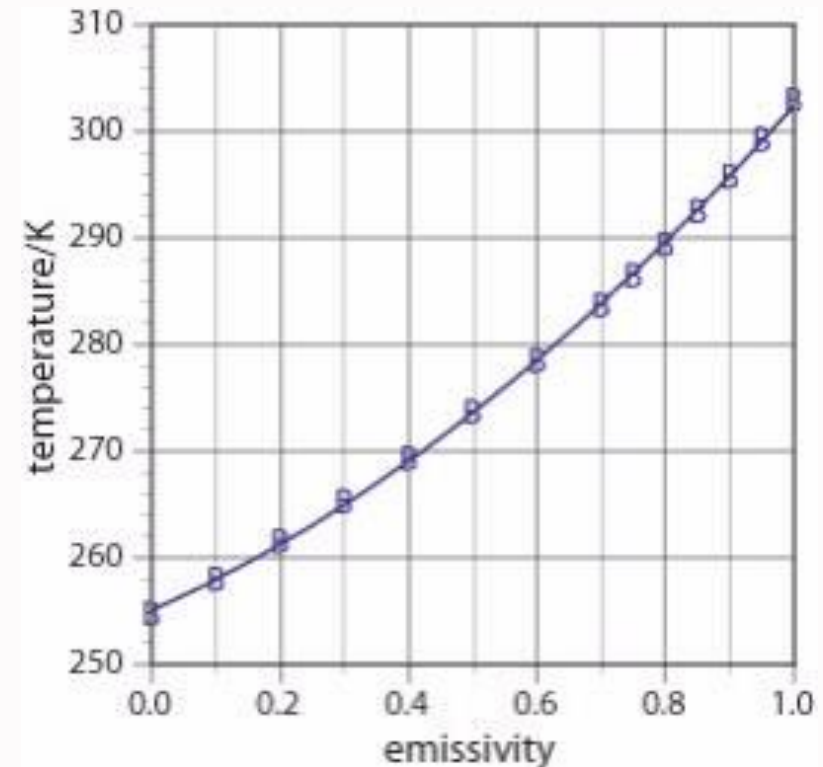
$$T_a^4 = (1/2) T_p^4 \text{ або } T_a = 0.841 T_p.$$

Тоді:

$$(1 - \alpha)S_{ave} = (1 - \varepsilon)\sigma T_p^4 + 0.5\varepsilon\sigma T_p^4;$$

$$(1 - \alpha)S_{ave} = \sigma T_p^4 [(1 - \varepsilon) + 0.5\varepsilon] = \sigma T_p^4 (1 - 0.5\varepsilon);$$

$$T_p^4 = \frac{(1 - \alpha)S_{ave}}{\sigma(1 - 0.5\varepsilon)}; \quad T_p = \sqrt[4]{\frac{(1 - \alpha)S_{ave}}{\sigma(1 - 0.5\varepsilon)}}.$$



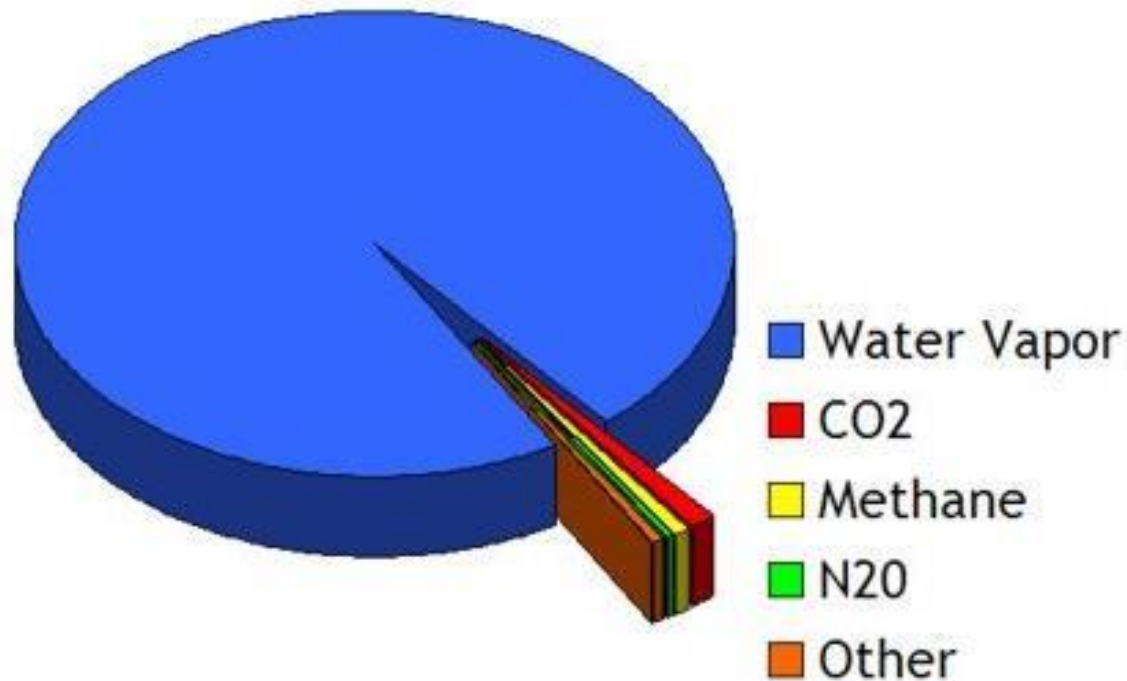
Обговорення та висновки:

Якщо коефіцієнти випромінювання та поглинання атмосфери дорівнюють нулю, випромінювання від поверхні Землі не буде поглинатися. Це ідентично енергетичному балансу для Землі, яка діє як чорне тіло за відсутності атмосфери, для якої планетарна температура за розрахунками становить 255 К (мінус 18 градусів Цельсія), як на цьому графіку. Якщо атмосфера є чорним тілом і все випромінювання від поверхні поглинається, графік показує, що температура поверхні для $\epsilon = 1$ становить 303 К (плюс 30 градусів Цельсія). У цьому випадку атмосферна температура становить: $T_a = 0,841 T_p = 0,841 \times (303 \text{ K}) = 255 \text{ K}$ (мінус 18 градусів за Цельсієм).

Середня температура поверхні Землі становить близько 288,2 К (плюс 15 градусів Цельсія). Для моделі одношарової атмосфери графік показує, що ця температура відповідатиме коефіцієнту випромінювання атмосфери приблизно 0,78. Таким чином, модель успішно виконує свою основну мету, демонструючи, як атмосфера, яка поглинає та повторно випускає частину випромінювання від поверхні Землі, призводить до того, що поверхня є теплішою, ніж якби атмосфери не було.

Зверніть увагу, що енергія, що випромінюється в космос, надходить з двох джерел. Якщо коефіцієнт випромінювання дорівнює 0,78, частина енергії, $(1 - \epsilon)\sigma T_p^4$, надходить від поверхні планети при температурі приблизно 288 К. Решта випромінювання, $\epsilon\sigma T_a^4$, походить від верхньої частини атмосфери, яка знаходиться при температурі $T_a = 0,841 \times (288 \text{ K}) = 242,4 \text{ K}$ (мінус 31 градус Цельсія). Однак модель потребує модифікацій, оскільки атмосфера не є ізотермічною, а експериментальні дані показують, що спостережувані викиди від Землі в космос не відповідають простій моделі сірого тіла. Ви можете зробити розрахунки для моделі багатшарової атмосфери.

«Парникові гази» в атмосфері



<http://woody.typepad.com>

Основним «парниковим газом», що формує «парниковий ефект», є водяна пара. Її частка у створенні «парникового ефекту» досягає 80%. Молекула водяної пари H_2O легша за азот N_2 і кисень O_2 . Тому водяна пара знаходиться у верхніх шарах атмосфери. Водяна пара утворює над атмосферою купол.

До речі, як маса атмосфери Землі?

На кожен cm^2 поверхні Землі повітря тисне із силою близько 10 Н. Відомо, що площа поверхні Землі дорівнює 510 мільйонам квадратних кілометрів. В $1 km^2$ ми маємо $1 \times 10^{10} cm^2$. Тому вся поверхня Землі дорівнює $5,1 \times 10^{18} cm^2$ (510×10^6 квадратних кілометрів помножити на 10^{10} квадратних сантиметрів). Якщо $5,1 \times 10^{18}$ квадратних сантиметрів помножити на 10 Н і поділити на прискорення тяжіння ($g=9,81 m s^{-2}$), то отримаємо приблизно $5,1 \times 10^{18}$ кілограмів.

У разі танення льодовиків рівень моря на Землі підніметься приблизно на **65 метрів**. У результаті середня температура на планеті зросте з 14 до 26 градусів



Відомо, що
кількість
льоду і снігу
становить
28
мільйонів
км³ у
водному
еквіваленті.

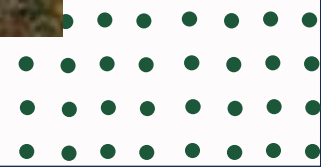
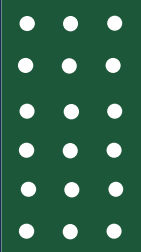
Основні проблеми людства

Збільшення чисельності населення і відповідне збільшення потреб у продуктах харчування, енергії та матеріальних ресурсах призводить до переходу від локальних екологічних проблем до глобальних (забруднення навколишнього середовища відходами життєдіяльності; нагрівання планети за рахунок «парникового» ефекту, який призводить до танення льодовиків і розширення території пустелі; зменшення ресурсів питної води; зменшення кількості лісів; зменшення біорізноманіття природи; радіоактивне забруднення тощо).

Науково-технічний прогрес, постійне скорочення робочих місць, забезпечили прискорений перехід від натурального харчування до використання сумішей на основі натуральних і генетично модифікованих продуктів і штучних хімічних домішок, а також інтенсивного використання хімічних добрив і викопного палива.

У таких умовах інтенсивний розвиток медицини не встигає забезпечити підтримку здоров'я людини на належному рівні. Між країнами світу не припиняються війни, причиною яких є боротьба за ресурси, енергію, а в недалекому майбутньому і за чисту воду.





Ми повинні (висновки):

1. Оптимізувати використання ресурсів планети та забезпечити освоєння космосу.
2. Збільшити використання відновлюваних джерел енергії.
3. Більш широко використовувати системи органічного землеробства.
4. Надати можливість вживання натуральних продуктів.
5. Приділяти максимум уваги збереженню природи та біорізноманіття.
6. Запобігати забрудненню навколишнього середовища відходами життєдіяльності.
7. Запобігати забрудненню та економно використовувати ресурси питної води.
8. Не допускати зменшення кількості лісів.
9. Збільшити виробництво та використання органічних добрив.

Глобальні цілі сталого розвитку до 2030 року

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Глобальні цілі сталого розвитку до 2030 року



Схема використання енергоресурсів у виробництві та житлово-комунальному господарстві



Споживання енергетичних ресурсів у 2013 та 2019 рр. [Джерело: «Статистичний щорічник України»]

Вид енергоресурсів	Спожито		Сільське, лісове та рибне господарство			
			від загальної кількості у %		в натуральних одиницях	
	2013 р.	2019 р.	2013 р.	2019 р.	2013 р.	2019 р.
Усього, млн. т умовного палива	165,7	102,3	1,9	3,1	3,15	3,17
Вугілля, млн. т	71,3	42,4	0,1	0,2	0,0713	0,085
Газ природний, млрд. м ³	49,7	27,8	1,1	0,9	0,55	0,25
Бензин моторний, тис. т	4021,8	1711,6	4,6	6,5	185	111,25
Паливо дизельне, тис. т	6165,2	5791,7	22,1	27,7	1362,5	1604,3
Дрова для опалення, тис. м ³	2892,5	4114,7	6,4	6,2	185,12	255,1
Паливні брикети та гранули, тис. т	–	478,1	–	9,8	–	46,85
Електроенергія, млн. кВт. год.	137560	88795,2	2,85	2,7	3931	2405,3

Необхідно зауважити, що за одиницю умовного палива (у. п.) раніше приймалася теплотворна здатність 1 кг кам'яного вугілля, що становить 29,3 МДж або 7000 ккал. Міжнародне енергетичне агентство (International Energy Agency) за одиницю умовного палива приймає нафтовий еквівалент, звичайно позначуваний аббревіатурою TOE (Tone of oil equivalent). Одна тонна нафтового еквівалента дорівнює 41,868 ГДж або 11,63 МВт год., або ж 10000 ккал. У зв'язку із інтеграцією до європейського економічного простору в Україні використовується енергетичний еквівалент TOE.

Динаміка споживання енергоресурсів в аграрному виробництві України

Ресурси	Роки														
	2000	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Дизельне паливо, тис. т	1821	1540	1174	1233	1253	1201	1350	1319	1363	1278	1255	1381	1493	1545	1604
Бензин, тис. т	506	888	299	289	216	232	224	204	185	152	142	145	137	125	111
Вугілля, млн. т	0,13	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,11	0,14	0,15	0,13	0,14	0,09
Газ природний, млрд. м ³	0,27	0,65	0,54	0,64	0,60	0,61	0,69	0,59	0,55	0,39	0,33	0,37	0,38	0,31	0,25
Дрова для опалення, тис. м ³	695	867	186	170	27	187	180	183	185	186	226	233	269	260	255
Електрична енергія, млн. кВт год.	–	2774	3097	2916	2928	3054	2990	2829	3931	3489	3338	3512	2425	2538	2405



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Дякуємо!

Геннадій Голуб

gagolub@ukr.net



Савелій Кухарець

kikharets@gmail.com

