

Тема 6. Строение и состав атмосферы (1)



Строение атмосферы

Атмосфера – воздушная оболочка Земли, на строение и состав которой влияют Космос (как экзогенный фактор)

и ландшафты Земли (как эндогенная сила).



Состав атмосферного воздуха



78% по объему
(**76%** по массе)
азота



21% по объему (**23%** по массе)
кислорода



≈ 1% **Аргон**



0,03% - **диоксид углерода- CO_2**

Содержание многочисленных других газов, в тысячных, миллионных и миллиардных долях процента: Ne, He, CH_4 , Kr, H_2 , закись азота N_2O , Xe, O_3 , NO_2 , SO_2 , NH_3 , CO, I_2 , Rn и др. Помимо газов в атмосфере рассеяны пары и аэрозоли, микроорганизмы и пыльца растений.

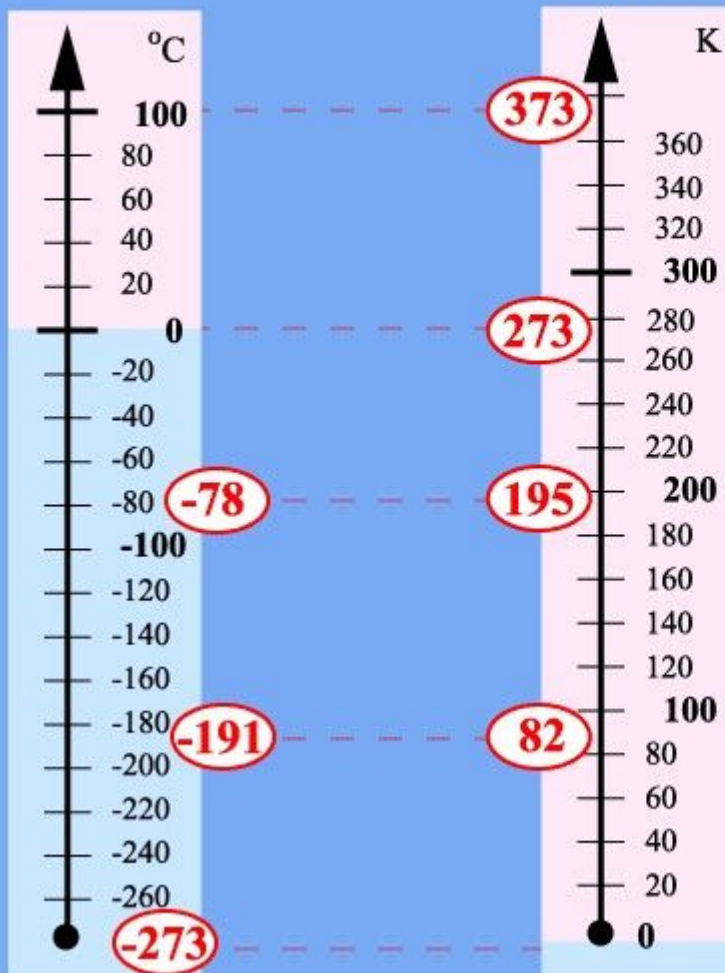
* Единицы измерения температуры

Шкала Цельсия

Термодинамическая
шкала

$$t = T - 273$$

$$T = t + 273$$



кипение воды



плавление льда



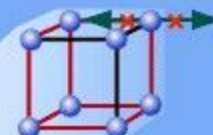
сухой лед (CO_2)



жидкий воздух



абсолютный ноль



1) Единица абсолютной шкалы, называемая Кельвином (К), равна единице шкалы Цельсия: $1 \text{ К} = 1^\circ\text{С}$.

3) В формулах температура по абсолютной шкале обычно обозначается T , а температура по Цельсию — t .

Переход от температуры по Цельсию к температуре по абсолютной шкале осуществляется по формуле :

$$T = t + 273,15.$$

По шкале Фаренгейта 0°С соответствует $+32^\circ\text{F}$, а 100°С — $+212^\circ\text{F}$.
 $100^\circ\text{С} = 180^\circ\text{F}$, отсюда $1^\circ\text{С} = (9/5)^\circ\text{F}$, $1^\circ\text{F} = (5/9)^\circ\text{С}$.

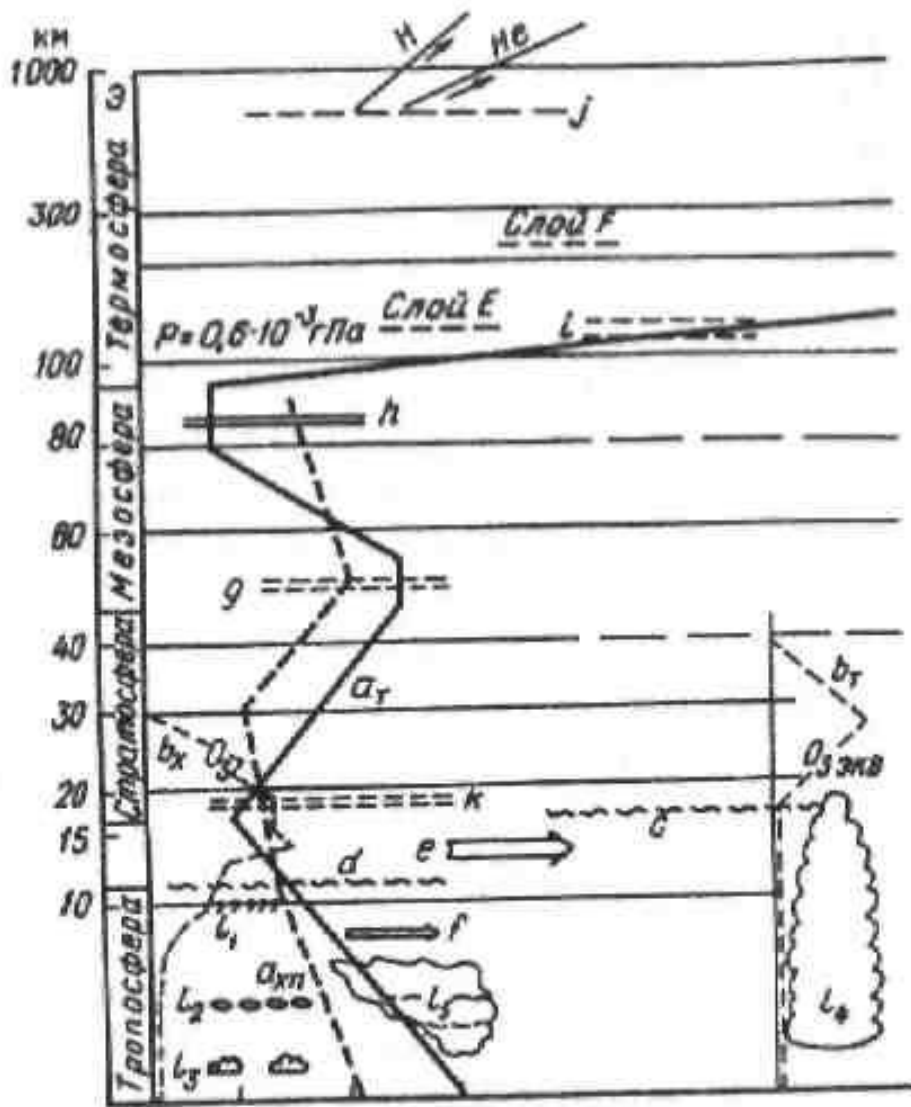
Переход от шкалы Фаренгейта к шкале Цельсия и наоборот осуществляется по формулам:

$$\begin{aligned} t^\circ\text{С} &= (5/9)(t^\circ\text{F} - 32), \\ t^\circ\text{F} &= (9/5) t^\circ\text{С} + 32 = 1,8 \cdot t^\circ\text{С} + 32 \end{aligned}$$

$$t^\circ\text{F} = (9/5) t^\circ\text{С} + 32.$$

0°F соответствует примерно $-17,8^\circ\text{С}$.

Строение атмосферы



Строение атмосферы:

- a — распределение температуры (a_t — в тропиках, a_{xp} — в холодной полярной зоне);
- b и b_{xp} — распределение озона в тропической и полярной зонах;
- c — тропопауза тропическая;
- d — тропопауза полярная;
- e — струйное течение субтропическое;
- f — струйное течение полярное;
- g — стратопauses;
- A — мезопauses;
- f' — турбопауза;
- j — уровень диссипации — ускользания атомов H и He ;
- k — слой стратосферного аэрозоля;
- l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 — тропосферные облака: перистые, высококучевые, кучевые, кучево-дождевые, фронтальные;
- $э$ — экзосфера

ТРОПОСФЕРА-

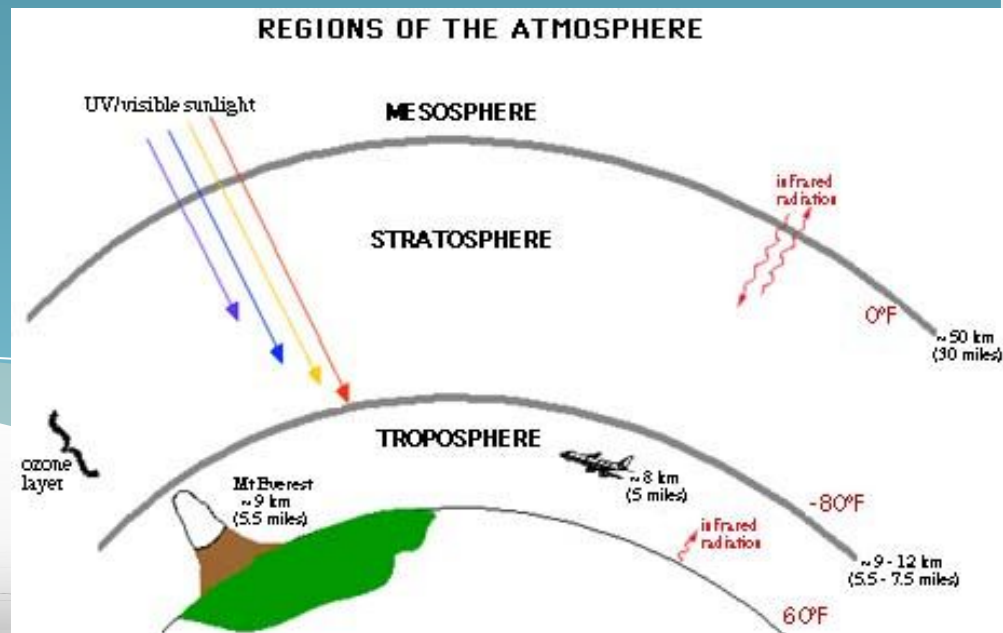
Нижний слой атмосферы, в котором температура в среднем убывает с высотой

В среднем величина падения температуры с высотой равна $0,60^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$

Простирается:

- 1) В тропиках- до высоты **15—17 км**,
- 2) в **умеренных широтах** обоих полушарий — до высоты **10—12 км**
- 3) **над полюсами** — до **8—9 км**.

Давление воздуха на верхней границе тропосферы в 3—10 раз меньше, чем у земной поверхности.



Самый нижний тонкий слой тропосферы (50—100 м), непосредственно примыкающий к земной поверхности, называется **приземный слой**.

Слой от земной поверхности до высот 1000—1500 м называют **слоем трен**, т.е. задерживающее влияние трения о земную поверхность на ветер.

*Верхняя граница тропосферы, т.е. тонкий переходный слой толщиной 1—2 км, где падение температуры с высотой сменяется ее постоянством (изотермией), называется **тропопаузой**.*



Стратосфера

Выше тропопаузы и до высоты **50—55 км** лежит *стратосфера* – температура в ней в среднем растёт с высотой.

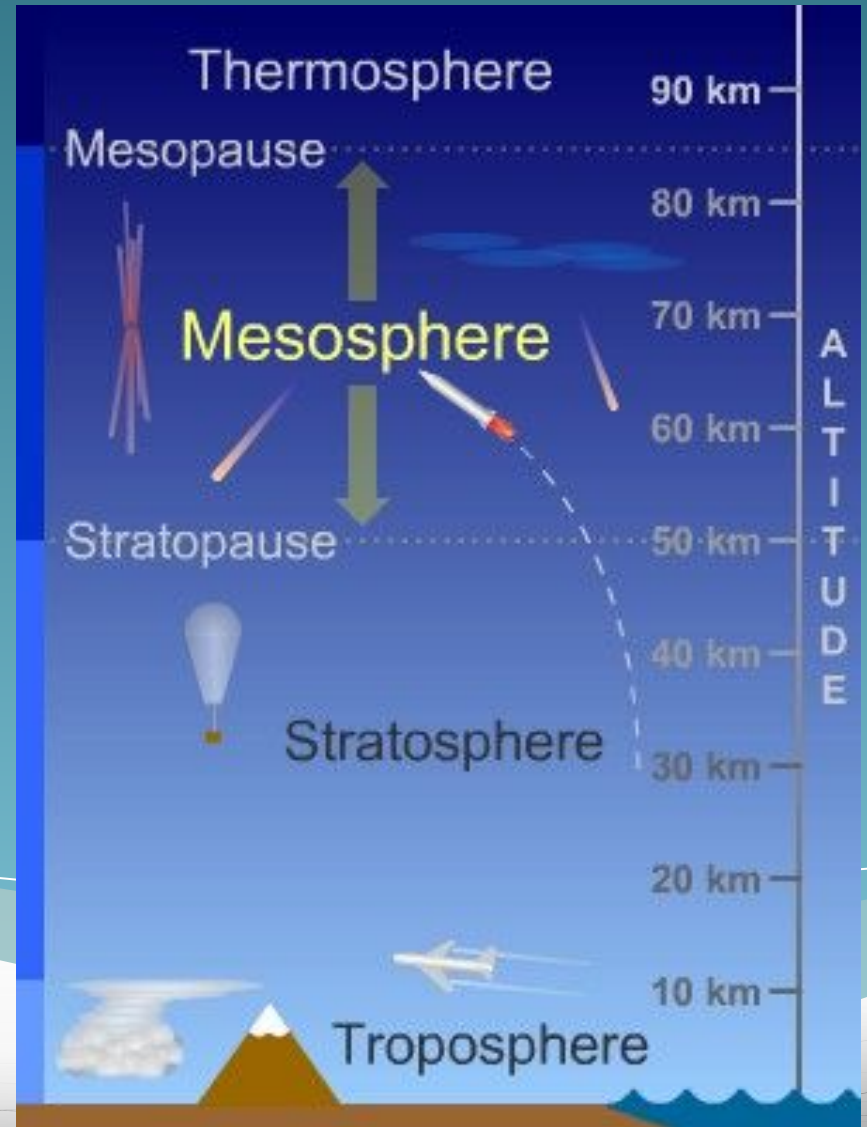
В нижних слоях (от тропопаузы и до 25 км) температура постоянна или медленно растет с высотой (зимой в полярных широтах она даже может слабо падать),.

Стратопауза-верхняя граница стратосферы (до 50км)

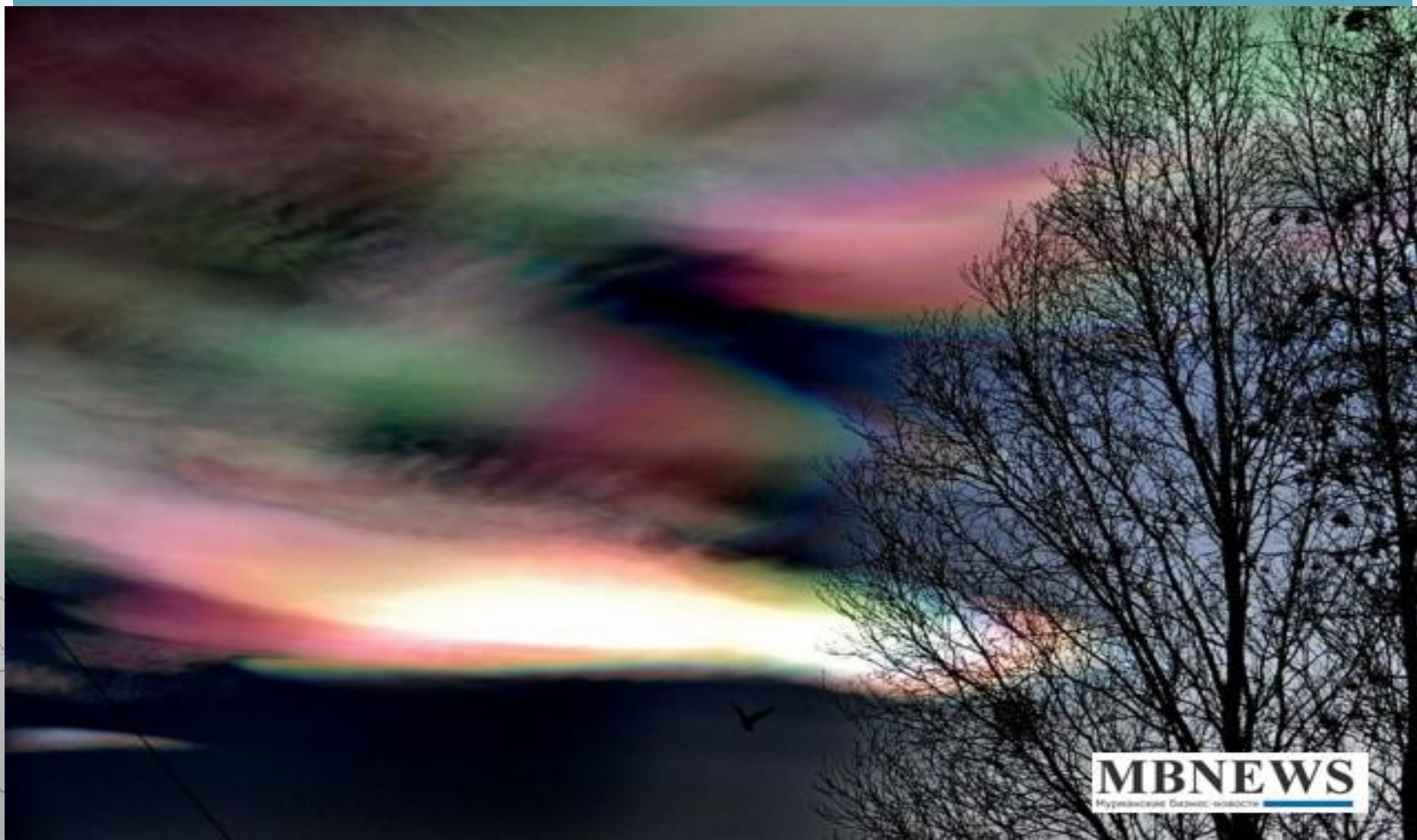
Состав воздуха стратосферы отличается от тропосферного только примесью озона.

Стратосфера может быть названа **озоносферой**.

Для этого слоя характерно развитие перламутровых облаков, но в их образовании практически не участвует водяной пар.



Перламутровые облака



Перламутровые облака



Перламутровые облака



Простирается от стратопавзы до высоты примерно **80—82 км**. В мезосфере температура снова понижается с высотой, иногда до — 110°C в ее верхней части.

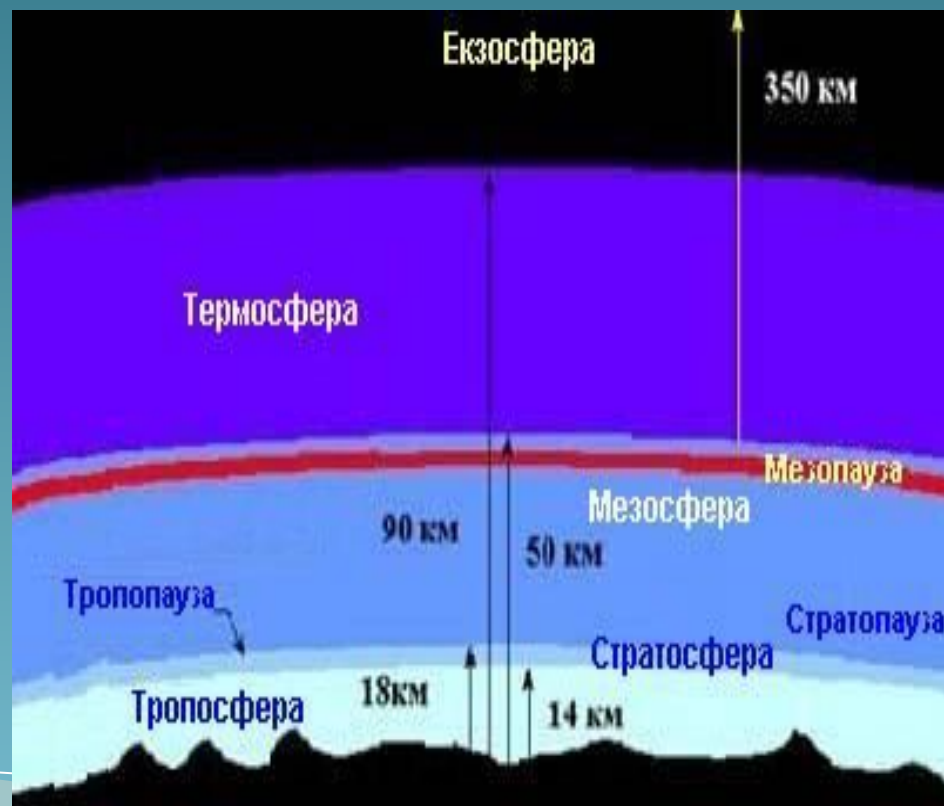
Цвет неба - фиолетово-черный. Появляется ощущение невесомости. Эту сферу называют ближним космосом.

Верхней границей мезосферы является переходный слой — **мезопауза**, лежащая на высоте около 82 км

! В тропосфере, стратосфере и мезосфере, вместе взятых, до высоты 80 км заключается больше, чем 99,5% всей массы атмосферы

Для этой сферы характерно развитие серебристых облаков

Мезосфера



Серебристые облака

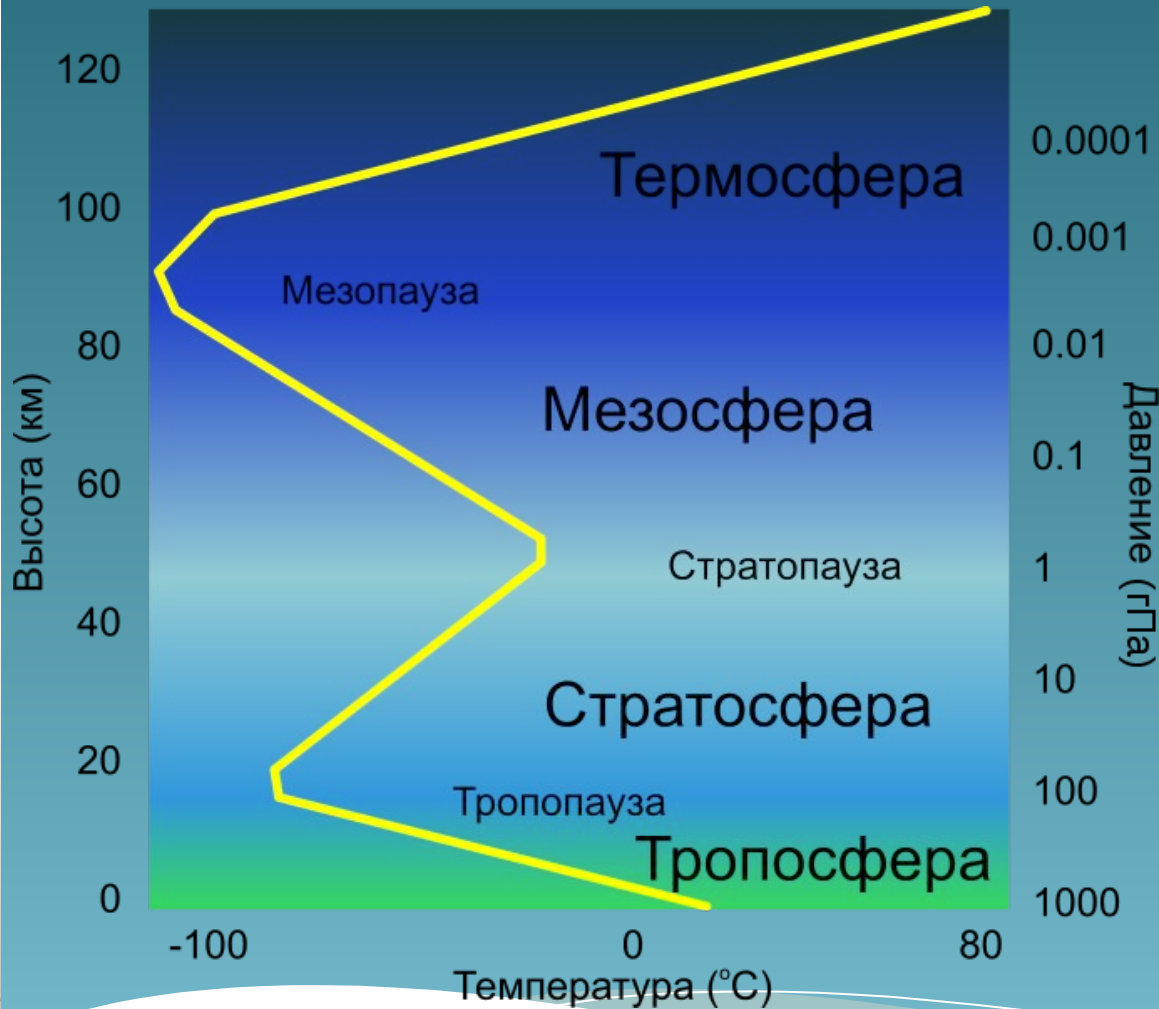


Серебристые облака



Серебристые облака





Термосфера

В термосфере температура очень резко возрастает с высотой. В годы активного солнца оно **превышает 1500°C на высоте 200—250 км**

Высокие температуры термосферы означают, что молекулы и атомы атмосферных газов движутся в этом слое с очень большими скоростями

В областях полярных сияний температура возрастает до 3000 °C

Полярное сияние

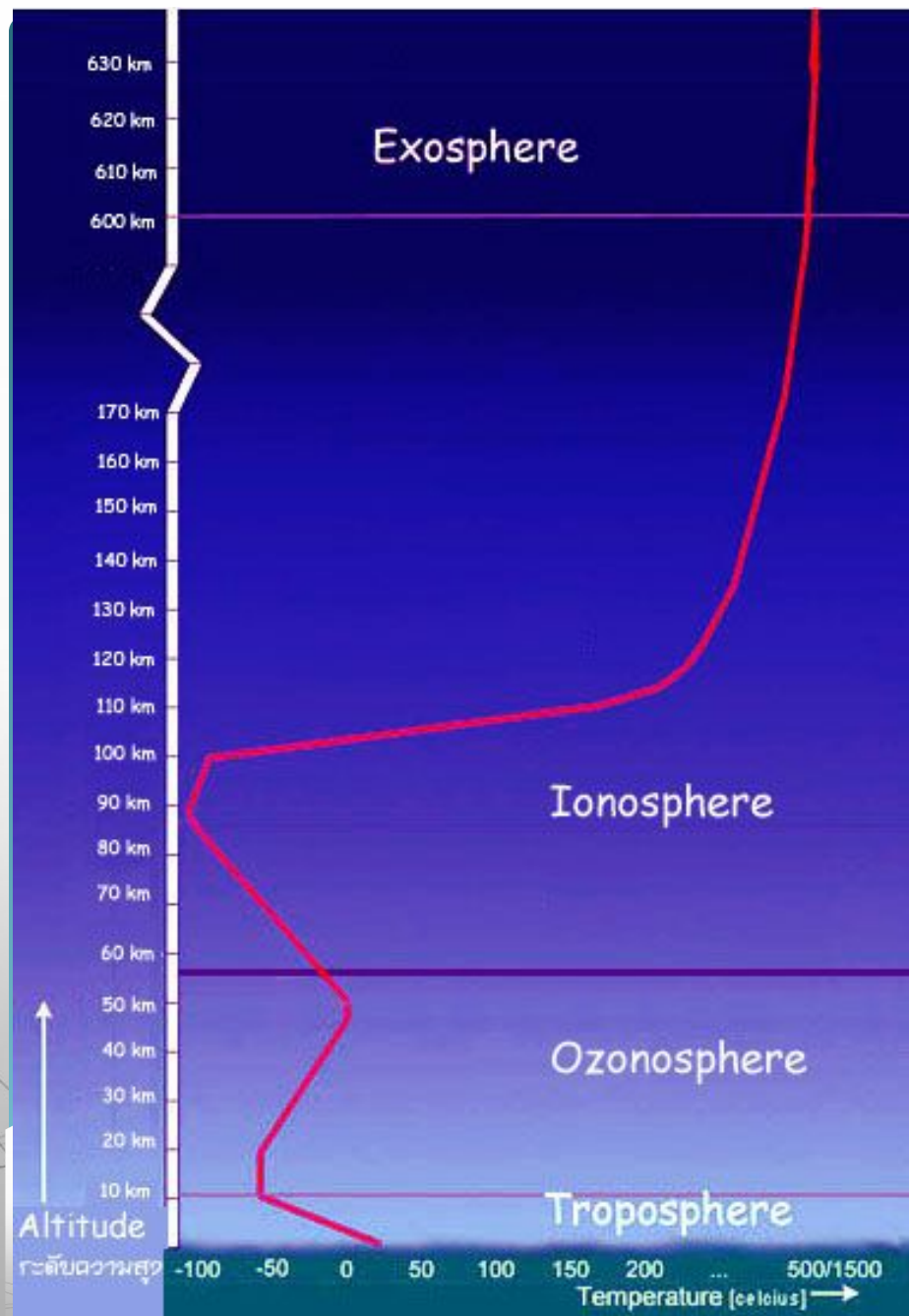


Полярное сияние



Полярное сияние





Экзосфера

- Атмосферные **слои выше 600—1000 км** выделяются под названием **экзосферы** (внешней атмосферы).
- Скорости движения частиц газов здесь очень велики, а из-за чрезвычайной разреженности воздуха на этих высотах частицы могут облетать землю по эллиптическим орбитам.
- Экзосферу называют также сферой ускользания газов.

Распределение озона в атмосфере



Озон O_3 — это трехатомный кислород.



Образуется в слоях 15 – 70 км и поглощает **УФ солнечную радиацию с длинами волн от 0,15 до 0,29 мкм** (один микрометр — миллионная доля метра).



Максимальное содержание озона

* (по широтам):

- 1) в полярных областях наблюдается на высотах 15—20 км
- 2) в умеренных широтах — 20—25 км
- 3) в тропических и субтропических широтах — на высотах 25—30 км

Выше содержание озона убывает и на высоте 70 км сходит на нет.

100 ед. Дб при нормальном атмосферном давлении (760 мм. рт.ст.) толщина слоя может составить 1 мм. Нормальным считается слой в 300 DU (ок. 3 мл).

! Если бы можно было сосредоточить весь атмосферный озон под нормальным давлением, он образовал бы слой около 3 мм толщиной.

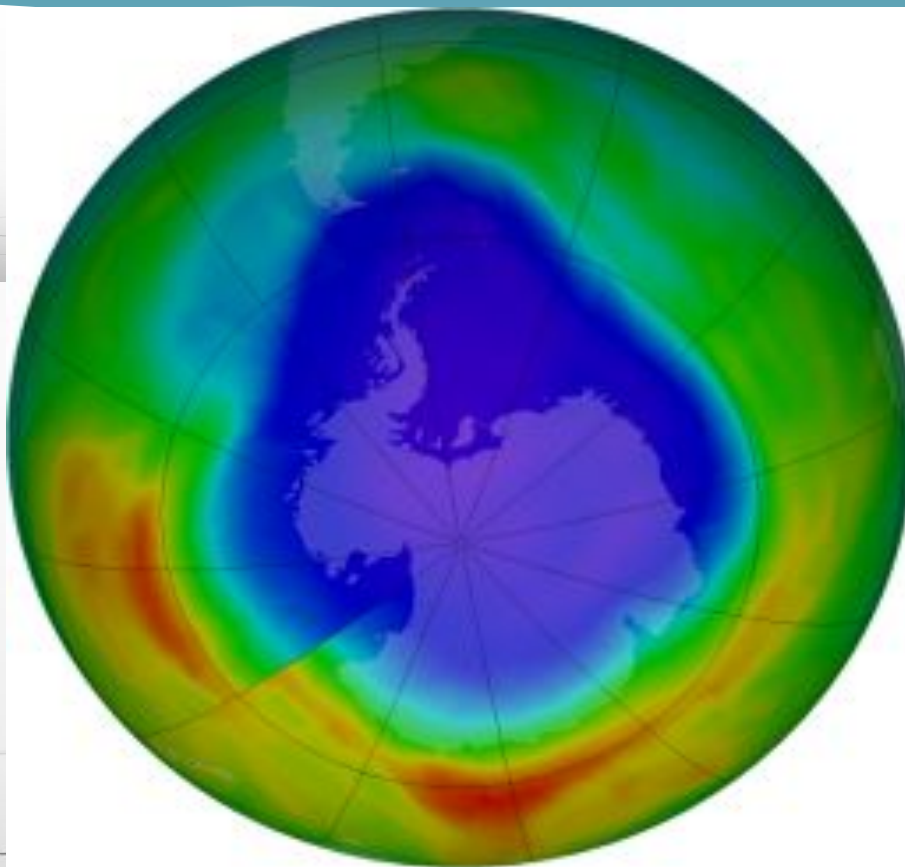
Закономерности существования озона

- ☐ Озон образуется не только в стратосфере, но при некоторых фотохимических реакциях при загрязнении воздуха и в тропосфере. Эти реакции увеличивают концентрации озона в тропосфере за последнее десятилетие отмечен рост озона в нижних слоях.
- ☐ УФ радиацию принципиально разбиваются на 3 области:
С 100-280_(0,28 мкм) нм (опасна!) В 280-315 нм А 315-400 нм
- ☐ Чем более солнечно, тем больше озона в атмосфере.
- ☐ В годы повышенной солнечной активности количество ОЗ падает, т.к. его «сдувает» солнечный электромагнитный ветер.
- ☐ В районе тропиков количество озона понижено, менее чем 2,5 мм

Изучение атмосферного озона

- * 1912 г. французские физики использовали спектроскоп для доказательства существования озона на большом удалении от поверхности Земли
- * Прямые измерения: закачивание воздуха в измерительный прибор
- * Удалённые измерения: с земной поверхности или с борта самолёта изучается способность O_3 абсорбировать УФ излучение.

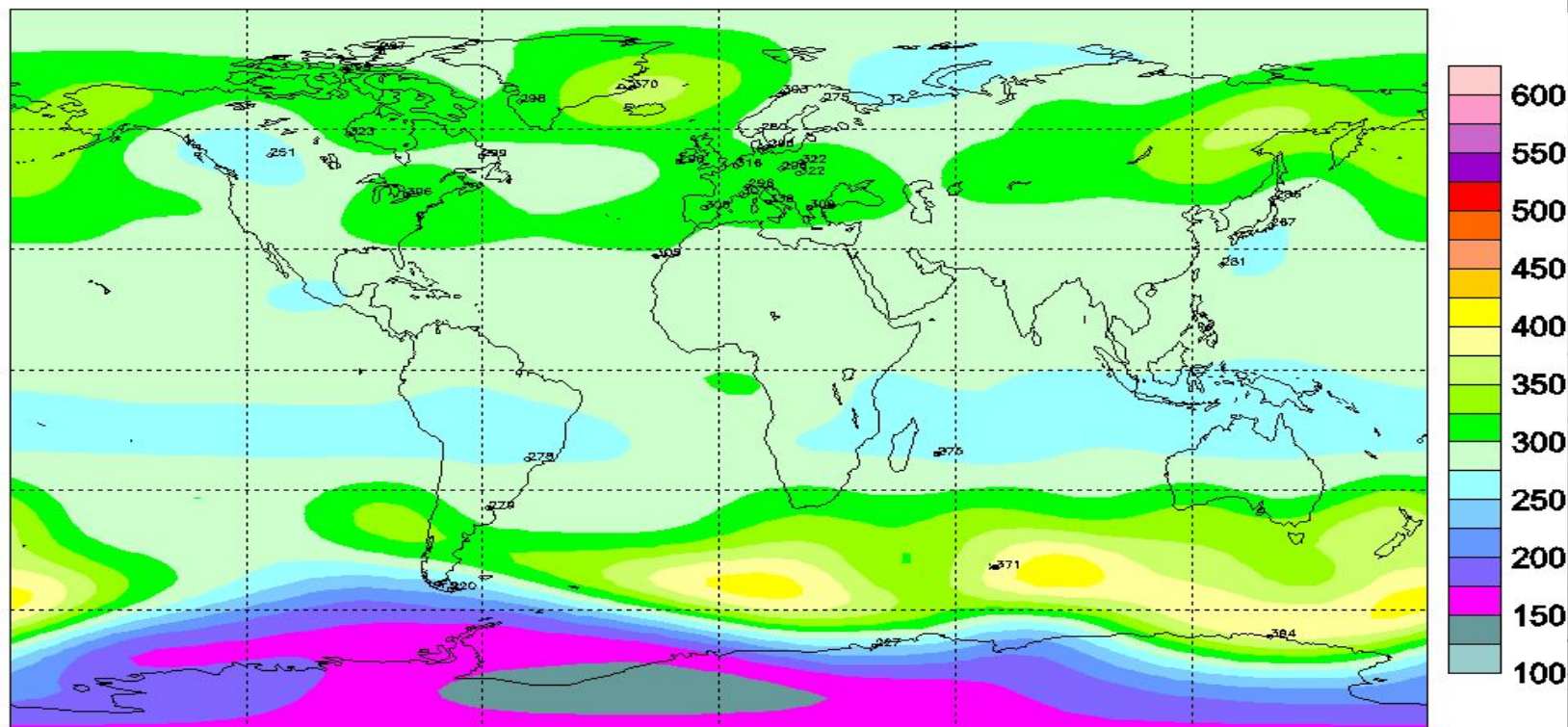
Озоновая дыра над Антарктикой



Актуальные данные о толщине озонового слоя в любой точке земного шара можно просмотреть на домашней странице Программы Среды ООН:

<http://woudc.ec.gc.ca/ozone/images/graph..>

Total ozone (DU) / Ozone total (UD), 2013/09/14



Значение озона ■



* **1.** Сильно поглощая солнечную радиацию, (ее энергия $\approx 30\%$ всей солнечной энергии) озон повышает температуру воздуха на высотах 30—55 км,

* В связи с этим стратосферу иногда называют **озоносферой**.

* **2.** Целиком поглощая коротковолновую радиацию Солнца с длинами волн 0,15—0,29 мкм, озон защищает живые организмы на Земле от губительного действия ультрафиолетовой радиации.

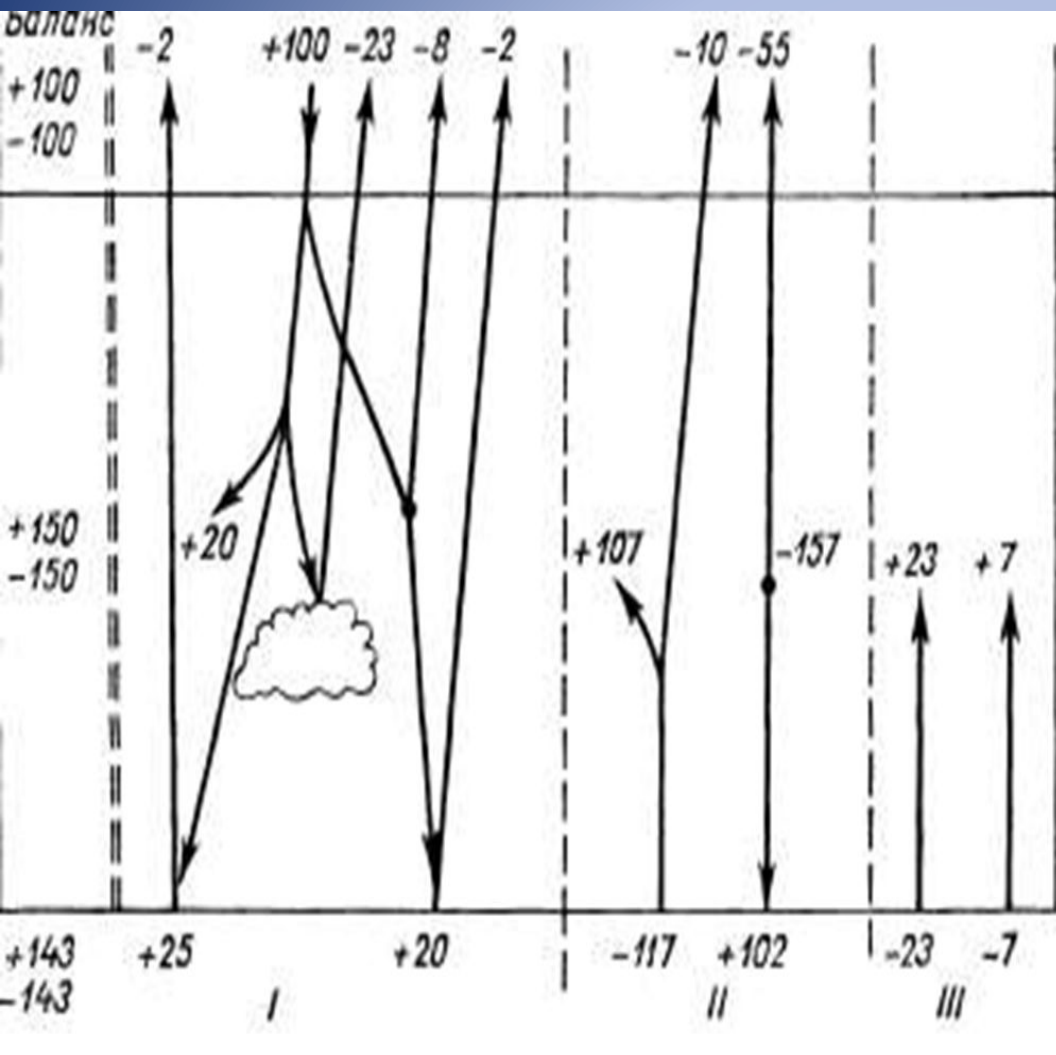
Последствия истощения озона для биологических объектов:

- * Распад белков
- * Канцерогенез
- * Мутагенез
- * Ослабление иммунной системы
- * Ожоги кожи
- * Катаракта глаз
- * Аллергия

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ЗЕМЛИ



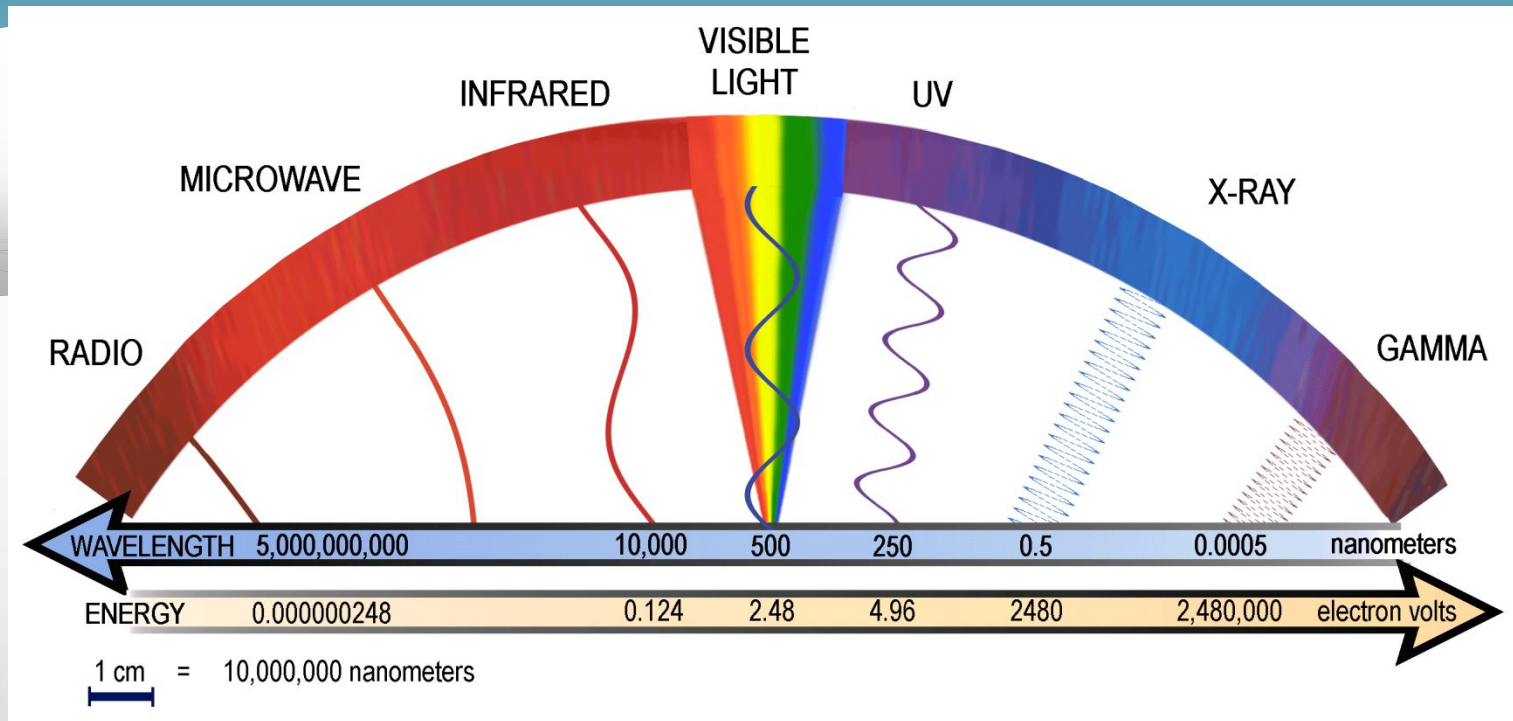
Тепловой баланс Земли, атмосферы и земной поверхности



За многолетний период тепловой баланс равен нулю, т. е. Земля находится в тепловом равновесии.

I — коротковолновая радиация,
II — длинноволновая радиация,
III — нерадиационный обмен.

Спектр электромагнитных волн



Электромагнитная радиация

- *Радиация или излучение* — это форма материи, отличная от вещества.

Частным случаем радиации является видимый свет; но к радиации относятся также и не воспринимаемые глазом гамма-лучи, рентгеновские лучи, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация, радиоволны, в том числе и телевизионные.

Применение электромагнитных ВОЛН



Характеристики электромагнитных волн

- Радиация распространяется по всем направлениям от источника-излучателя в виде *электромагнитных волн* со скоростью света в вакууме около 300 000 км/с.

Длина волны – расстояние между соседними максимумами (или минимумами).

Частота колебаний - это число колебаний в секунду.

ДЛИНЫ ВОЛН

Ультрафиолетовая радиация — длина волн от 0,01 до 0,39 мкм. Она невидима, т.е. не воспринимается глазом.

Видимый свет, воспринимаемый глазом, длины волн 0,40 - 0,76 мкм. Волны около 0,40 мкм — фиолетовый цвет, волны около 0,76 мкм — красный. Между 0,40 и 0,76 мкм находится свет всех цветов видимого спектра.

Инфракрасная радиация — волны $>0,76$ мкм и до нескольких сотен мкм невидимы человеческим глазом.

В метеорологии принято выделять коротковолновую и длинноволновую радиации. Коротковолновой называют радиацию в диапазоне длин волн от 0,1 до 4 мкм.

Длины волн

- При разложении белого света призмой в непрерывный спектр цвета в нем постепенно переходят один в другой. Принято считать, что в некоторых границах длин волн (нм) излучения имеют следующие цвета:

390—440 – фиолетовый
440—480 - синий
480—510 – голубой
510—550 – зеленый
550—575 - желто-зеленый
575—585 - желтый
585—620 – оранжевый
630—770 – красный

Восприятие длин волн

- Глаз человека обладает наибольшей чувствительностью к желто-зеленому излучению с длиной волны около 555 нм.

Различают три зоны излучения:

сине-фиолетовая (длина волн 400—490 нм),

зеленая (длина 490—570 нм)

красная (длина 580—720 нм).

Эти зоны спектра являются также зонами преимущественной спектральной чувствительности приемников глаза и трех слоев цветной фотопленки.

ПОГЛОЩЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В АТМОСФЕРЕ

- В атмосфере поглощается около 23% прямой солнечной радиации. Поглощение избирательное: разные газы поглощают радиацию в разных участках спектра и в разной степени.

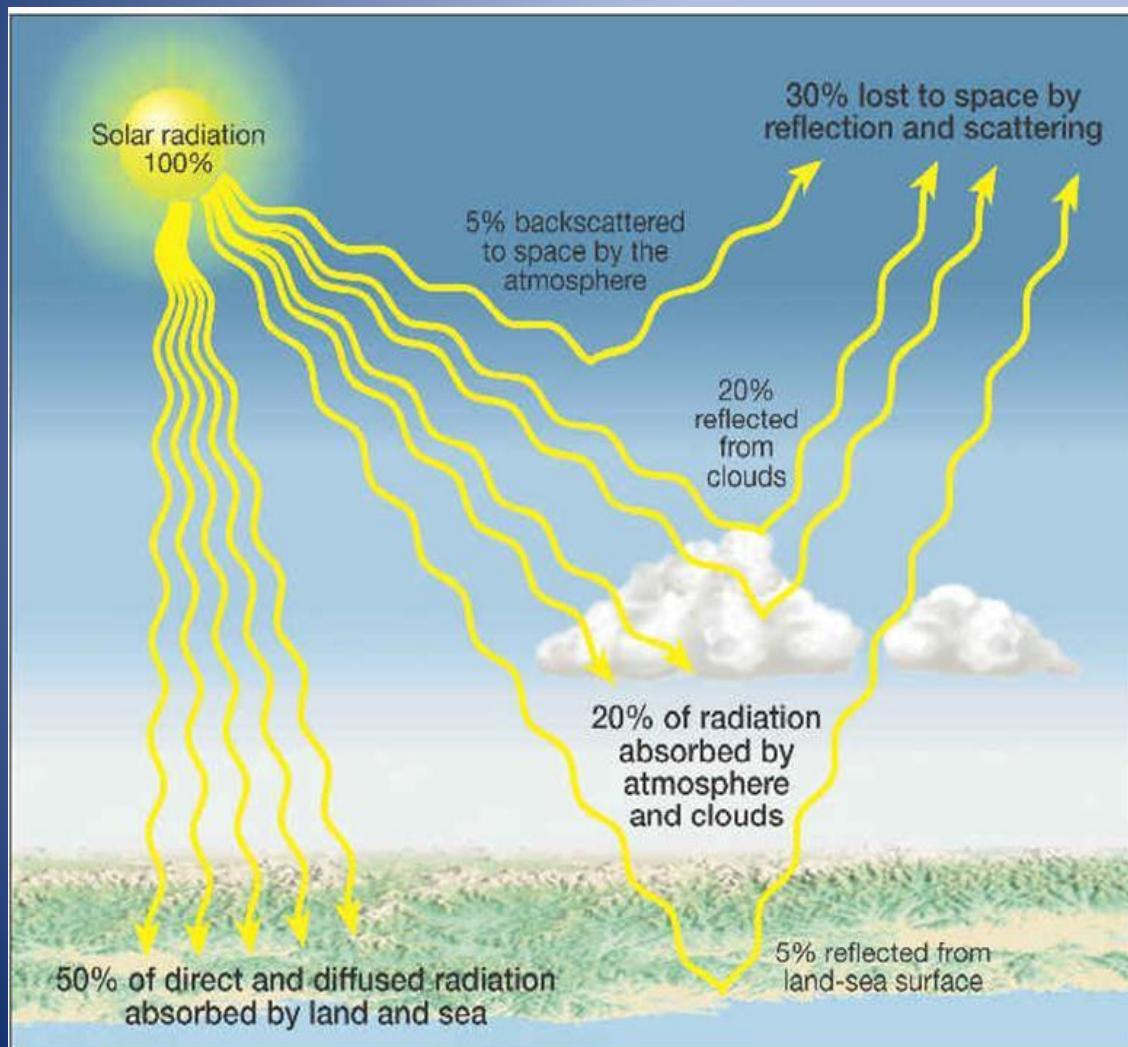
Азот поглощает *R* очень малых длин волн в ультрафиолетовой части спектра. Энергия солнечной радиации в этом участке спектра совершенно ничтожна, поэтому поглощение азотом практически не отражается на потоке солнечной радиации.

- **Кислород** поглощает больше, но тоже очень мало — в двух узких участках видимой части спектра и в ультрафиолетовой части.
- **Озон** поглощает ультрафиолетовую и видимую солнечную радиацию. В атмосфере его очень мало, но он настолько сильно поглощает ультрафиолетовую радиацию в верхних слоях атмосферы, что в солнечном спектре у земной поверхности волны короче 0,29 мкм вообще не наблюдаются. Общее поглощение солнечной радиации озоном достигает 3% прямой солнечной радиации.

ПОГЛОЩЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ В АТМОСФЕРЕ

- *CO₂* – *сильно поглощает в инфракрасном спектре*, но его содержание в атмосфере очень мало, поэтому поглощение им прямой солнечной радиации в общем невелико.
- *Водяной пар* - *основной поглотитель радиации*, сосредоточен в тропосфере. Поглощает радиацию в видимой и ближней инфракрасной областях спектра.
- *Облака и атмосферные примеси (аэрозольные частицы)* поглощают солнечную радиацию в различных частях спектра в зависимости от состава примесей. Водяной пар и аэрозоли поглощают около 15%, облака - 5% радиации.

Тепловой баланс Земли



Рассеянная радиация проходит через атмосферу и рассеивается молекулами газов. Такой радиации 70% в полярных широтах и 30% в тропиках.



Тепловой баланс Земли

38% рассеянной радиации возвращается в космос.

Она придаёт голубой цвет небу и даёт рассеянное освещение до и после захода

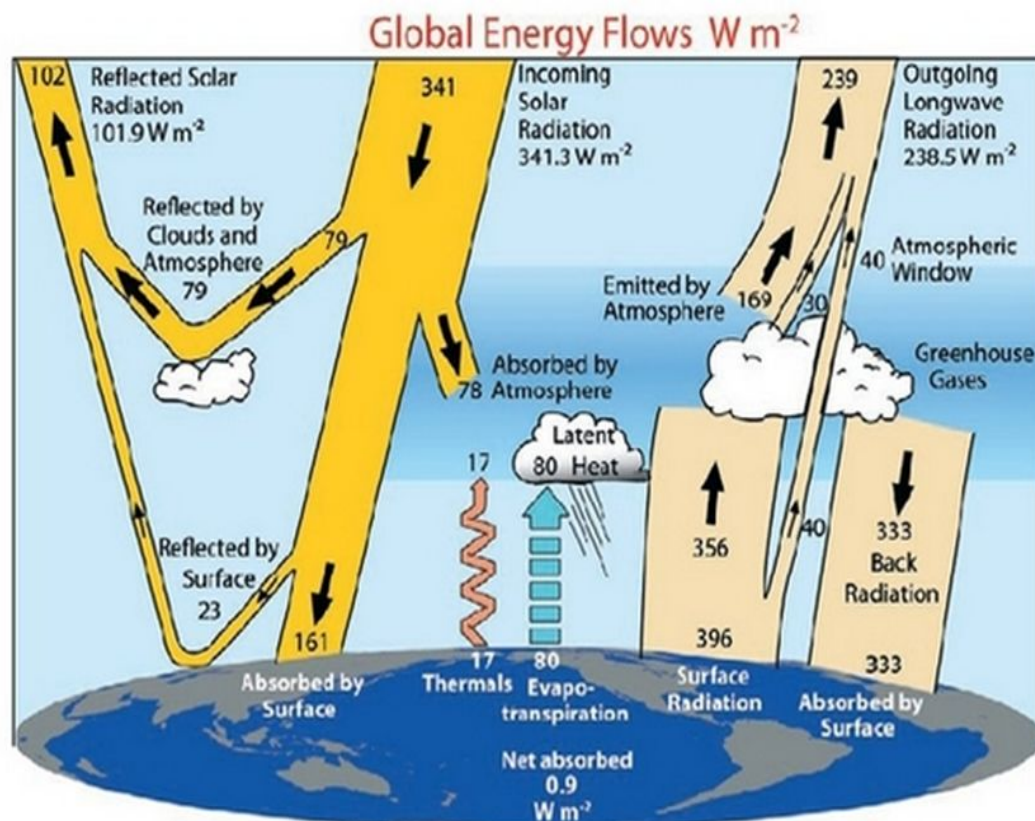
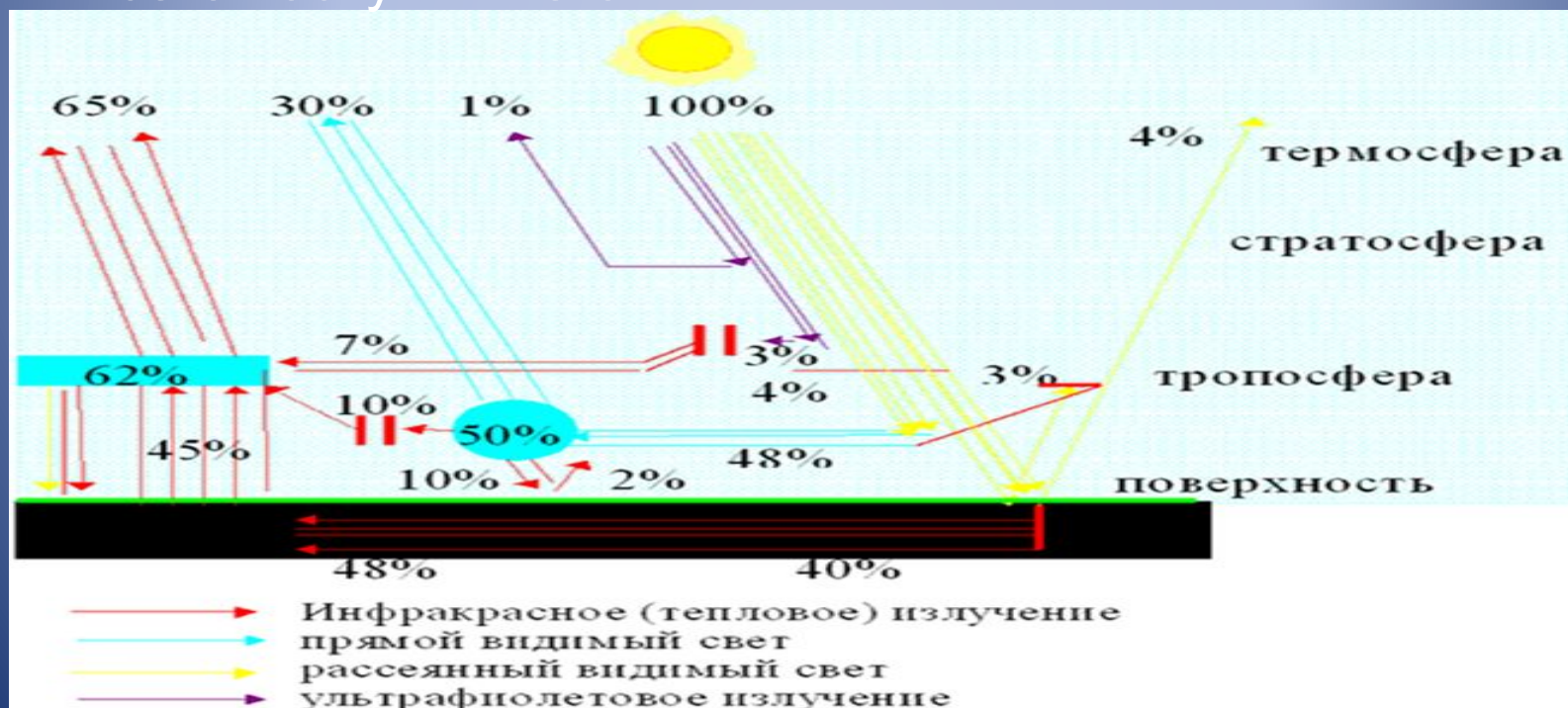


FIG. 1. The global annual mean Earth's energy budget for the Mar 2000 to May 2004 period (W m^{-2}). The broad arrows indicate the schematic flow of energy in proportion to their importance.

Тепловой баланс Земли

Прямая + рассеянная = суммарная R

- 4% отражается атмосферой
- 10% отражается земной поверхностью
- 20% превращается в тепловую энергию
- 24% затрачивается на нагревание воздуха
- Общие потери тепла через атмосферу составляют 58% от всего поступившего



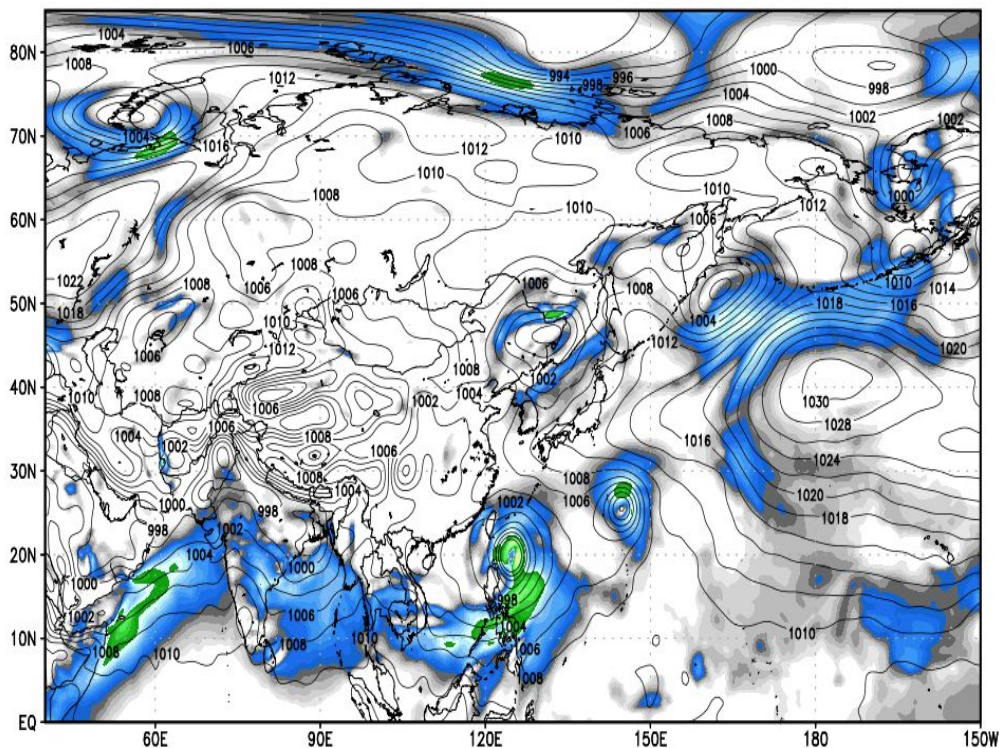
Адвекция воздуха

900 mb Wind Speed (kts) & MSLP (hPa) 00Z30JUL2012 fx: [0] hr --> Mon 00Z30JUL2012

NCEP GFS
Polclimate.com

MaxWind: 60.5878 kt

MinSLP: 984.154 hPa
MaxSLP: 1030.94 hPa



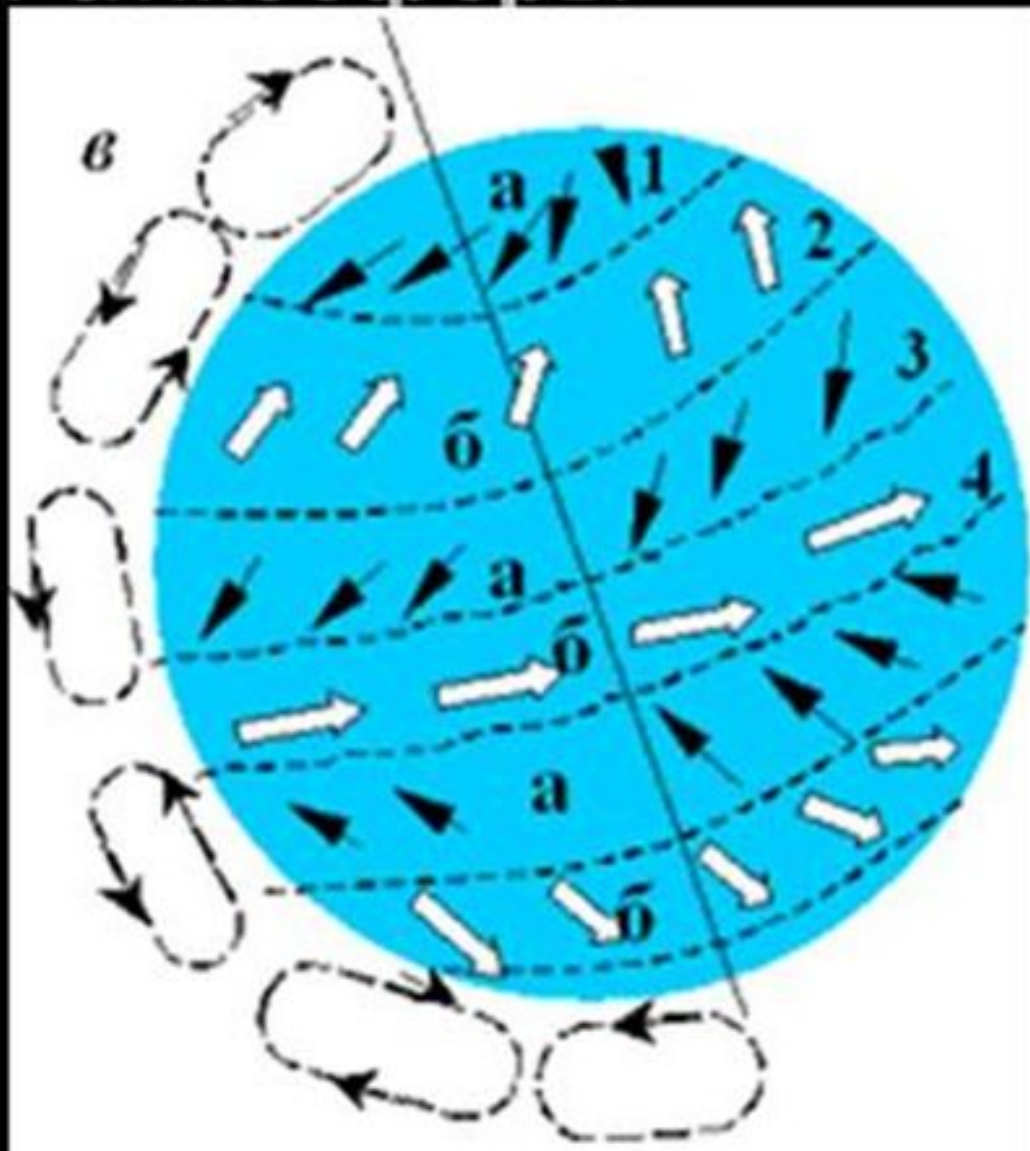
Перенос воздуха в горизонтальном направлении.

Можно говорить об адвекции:
воздушных масс,
тепла,
водяного пара,
момента движения,
вихря скорости и т. д.

Атмосферные явления, происходящие в результате адвекции, называются адвективными:
адвективные туманы,
адвективные грозы,
адвективные заморозки и т. п.

Система общей циркуляции земной атмосферы

- *а, б* – зоны высокого (1, 3) и низкого (2, 4) давлений
- *в* – схема циркуляции потоков воздуха в различных зонах



АЛЬБЕДО



1. В широком смысле —отражательная способность поверхности: водной, растительной (лес, степь), пашни, облаков и т. д. Например, Альбедо крон леса составляет 10 — 15%, травы — 20 — 25%, песка — 30 — 35%, свежеснега — 50 — 75% и более.

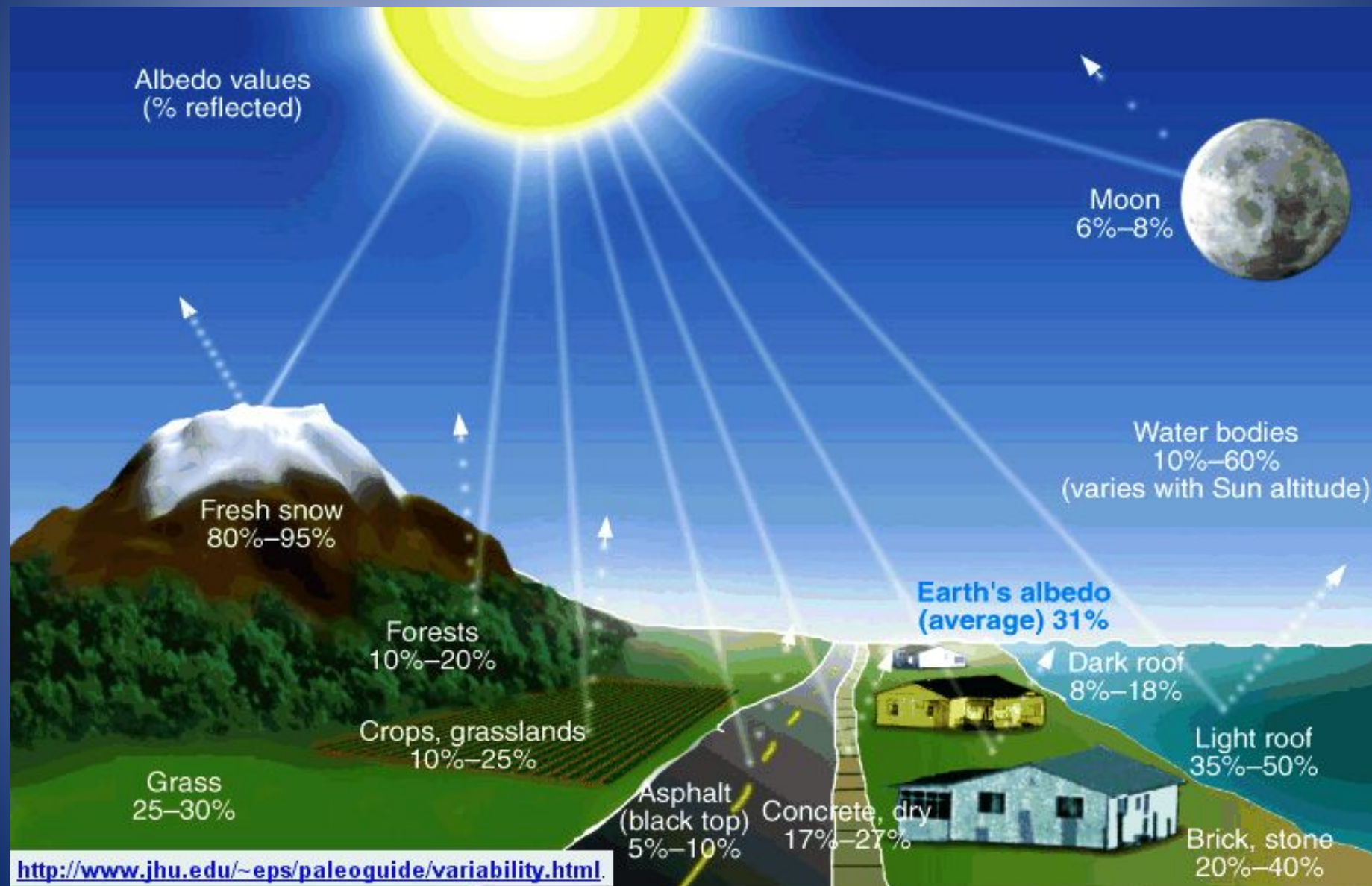
2. Альбедо Земли — процентное отношение солнечной радиации, отражённой земным шаром вместе с атмосферой обратно в мировое пространство, к солнечной радиации, поступившей на границу атмосферы.

$$A = O/P$$

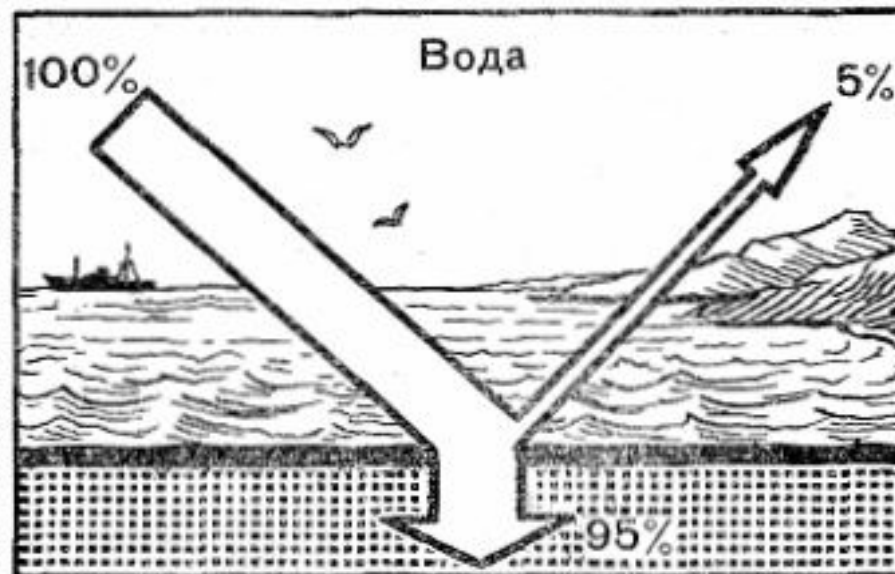
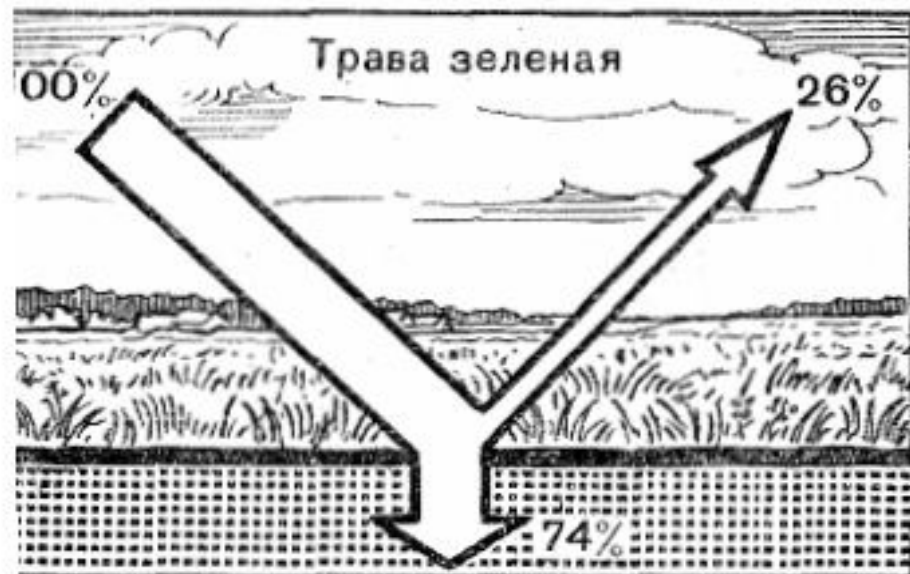
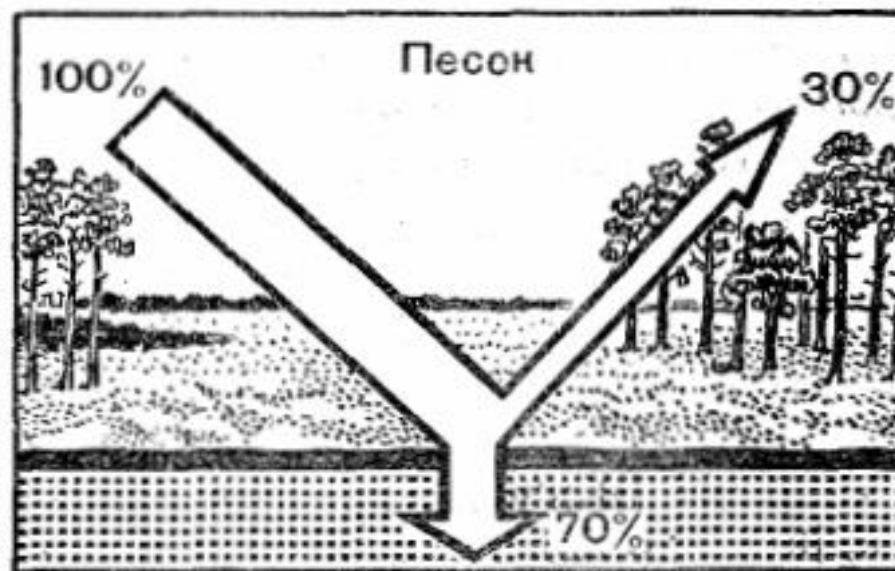
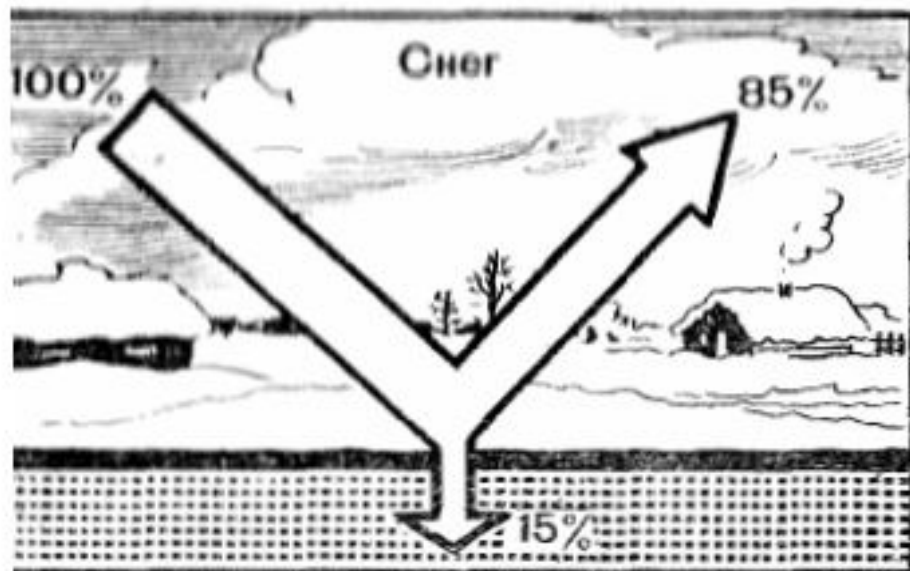
Отдача радиации Землей происходит путем отражения от земной поверхности и облаков длинноволновой, а также рассеяния прямой коротковолновой радиации атмосферой.

Наибольшей отражательной способностью (85%) обладает снежная поверхность. **Альбедо Земли составляет около 42%**

Альбедо земной поверхности



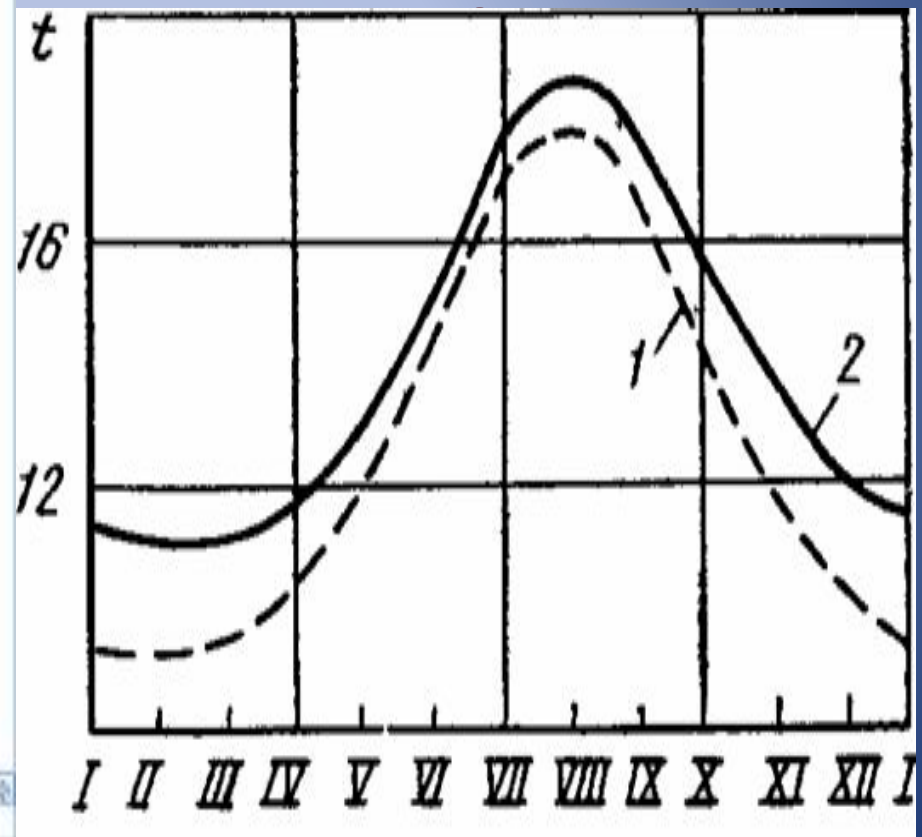
Альбедо земной поверхности



Амплитуда температур воздуха



Годовая



Температурная инверсия



Опускание
холодного
воздуха создаёт
устойчивое
состояние
атмосферы.

*Дым из трубы не
может
преодолеть
опускающуюся
воздушную массу*

Последствия инверсии



- При прекращении нормального процесса конвекции происходит загрязнение нижнего слоя атмосферы

Зимний дым в городе Шанхай, чётко видна граница вертикального распространения воздуха

Тепловая конвекция

ПАРНИКОВЫЙ ЭФФЕКТ

АТМОСФЕРА

Солнечная радиация проникает сквозь чистую атмосферу
Приходящая радиация равна 343 Ватт на кв. Метр

Часть солнечной радиации отражается атмосферой и земной поверхностью
Отраженная радиация 103 Ватт на кв. Метр

Часть инфракрасной радиации проходит сквозь атмосферу и теряется в космосе
Чистая уходящая радиация 240 Ватт на кв. Метр

ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Чистая приходящая солнечная радиация составляет 240 Ватт на кв. Метр

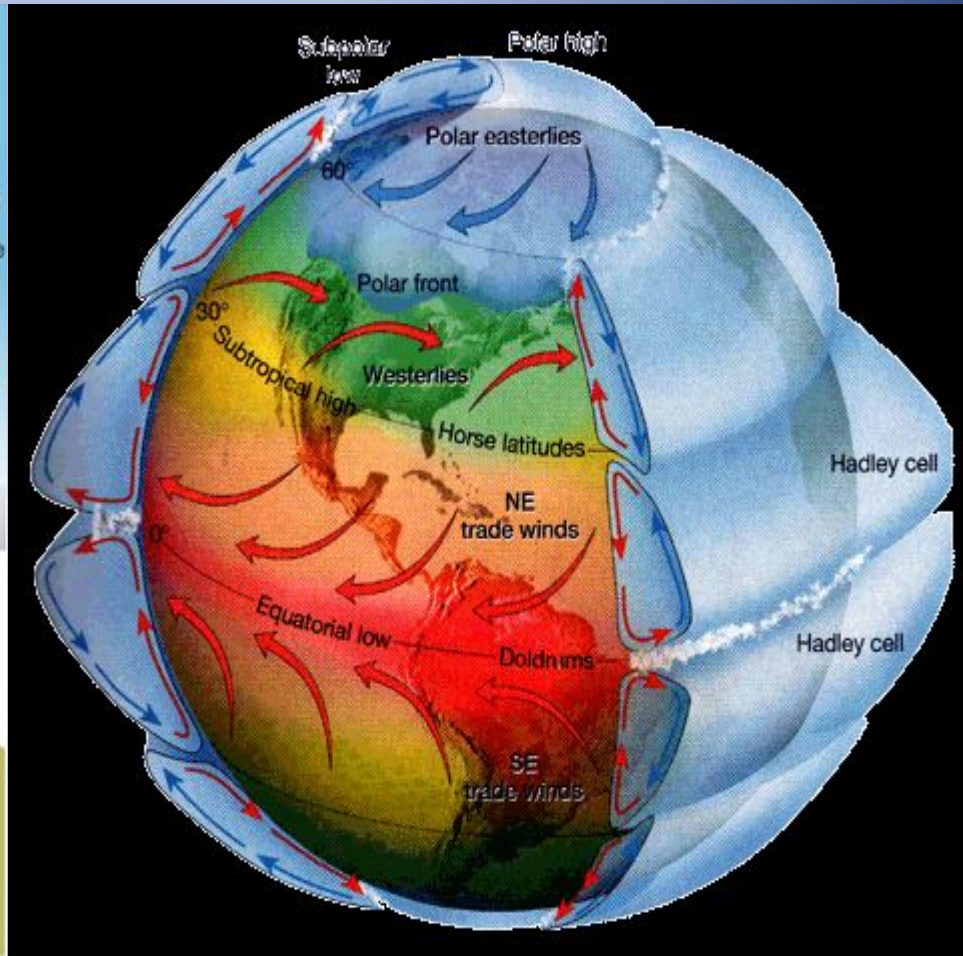
Часть инфракрасного излучения поглощается и отражается назад молекулами парниковых газов.
Прямой эффект этого становится нагревание поверхности земли и тропосферы

Поверхность получает больше тепла и инфракрасная радиация выбрасывается снова

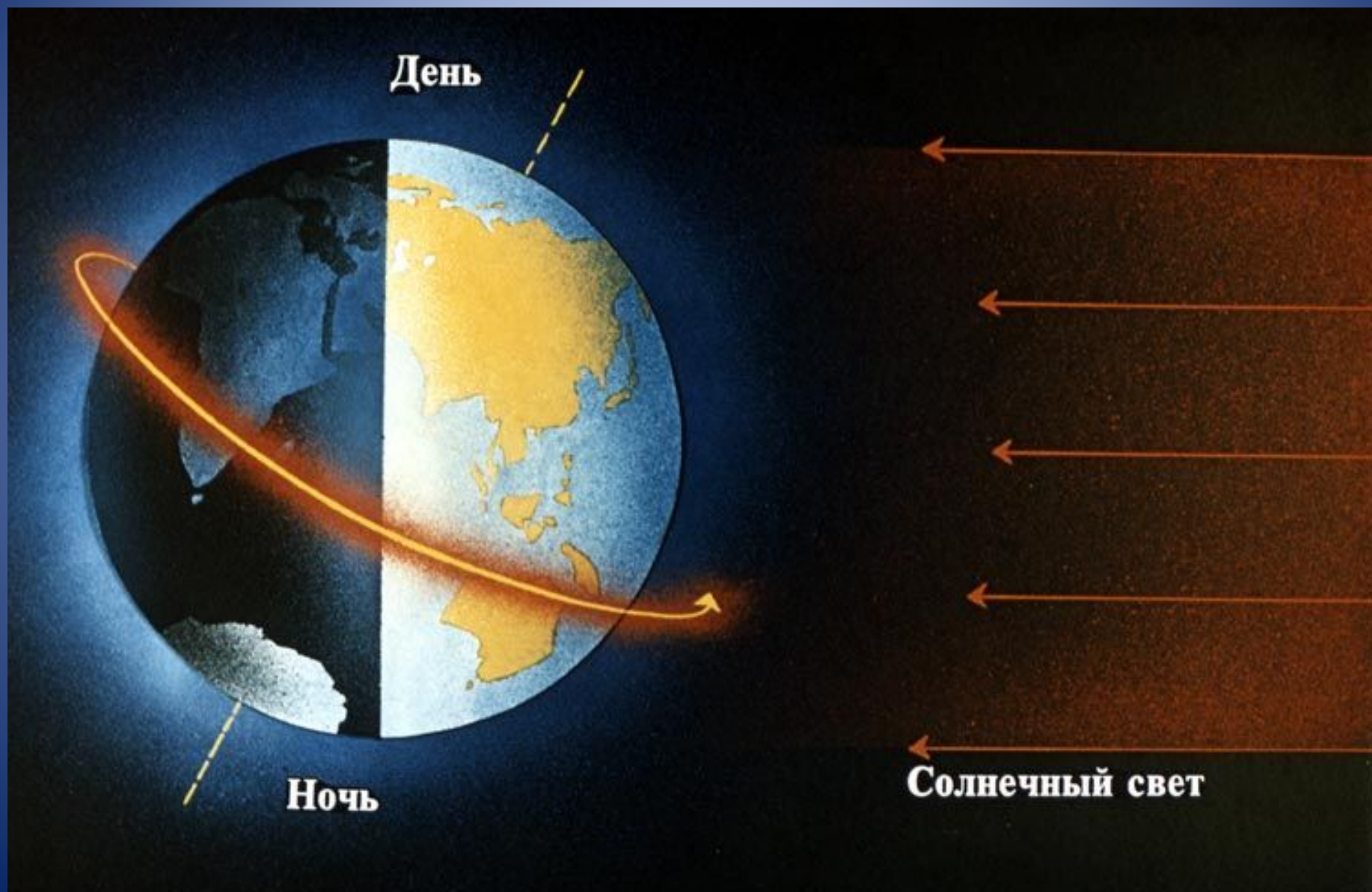
Солнечная энергия поглощается земной поверхностью и нагревает ее
168 Ватт на кв. метр

... и она конвертируется в тепло вызывая эмиссию длинноволновой (инфракрасной) радиации в атмосферу

ЗЕМЛЯ

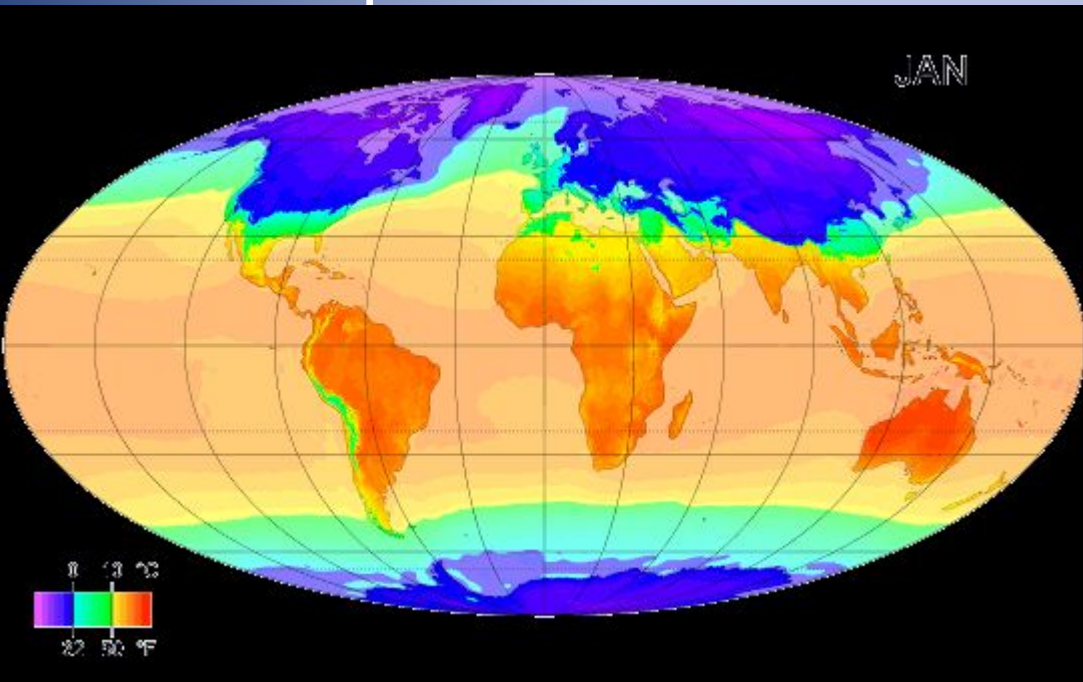


Приход солнечного тепла

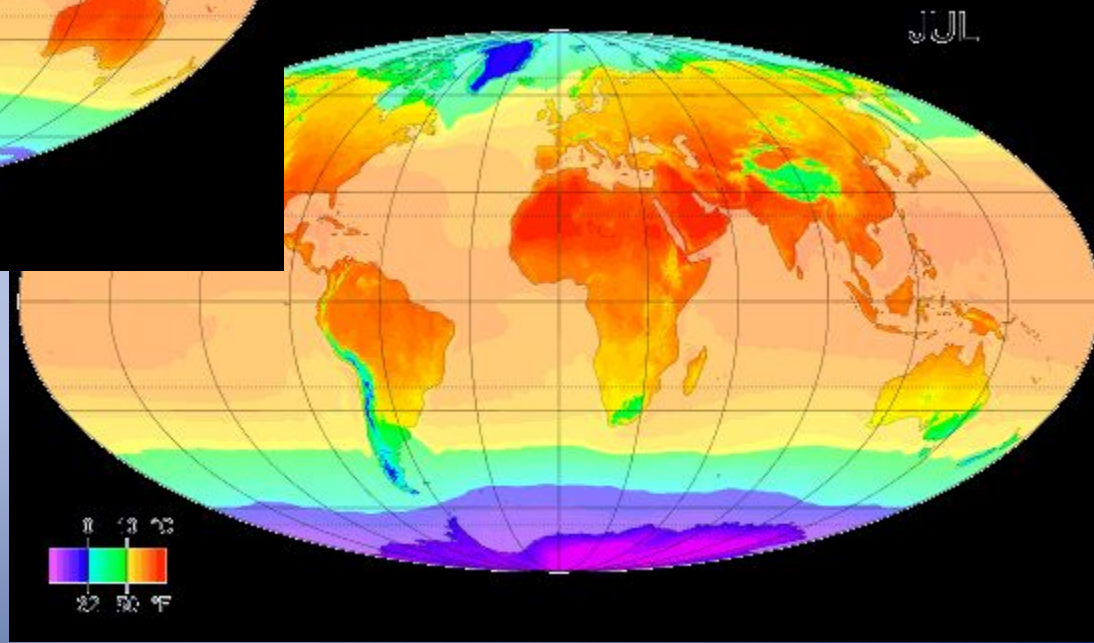


Тепловые пояса по сезонам

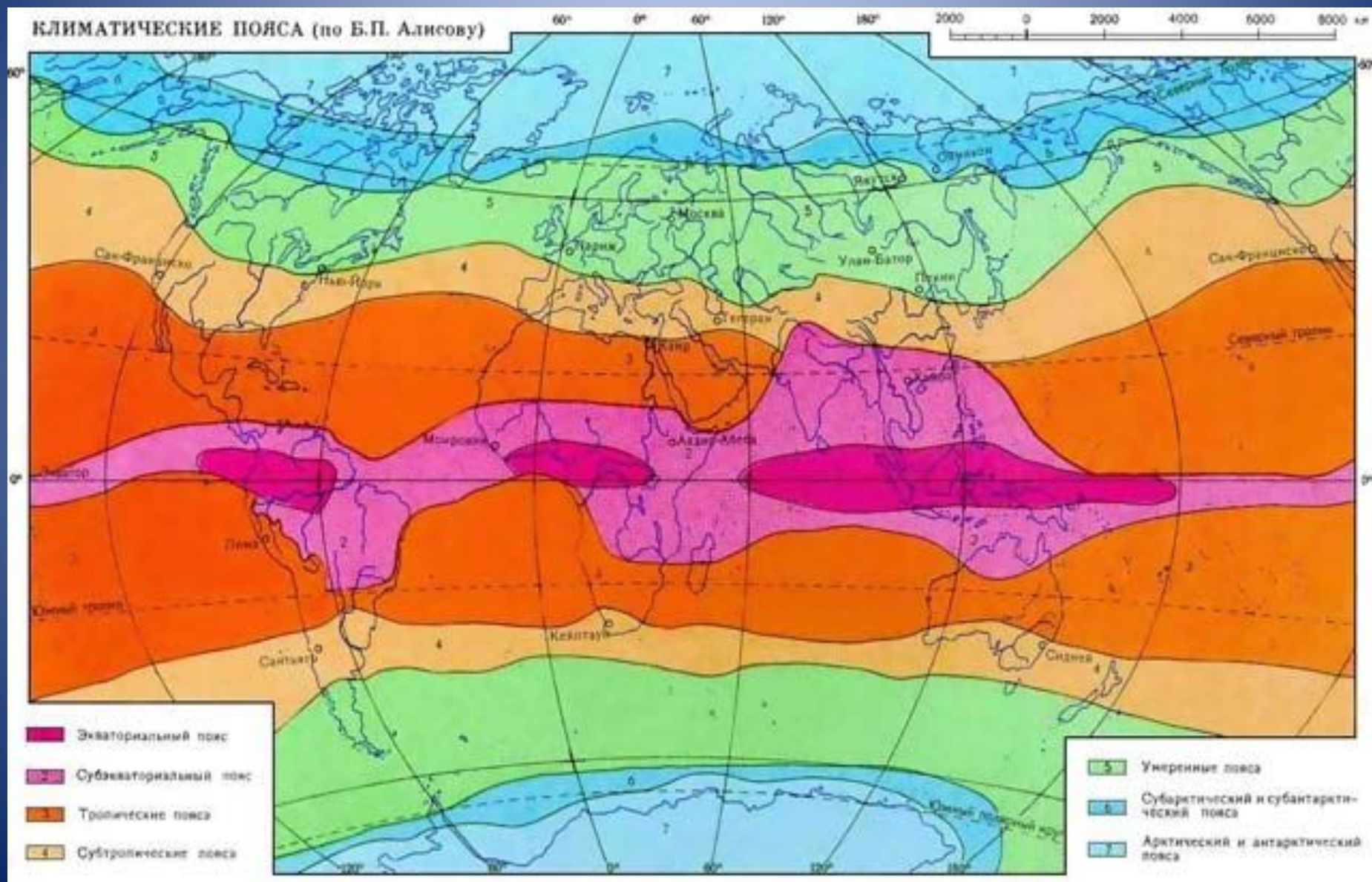
- Январь



Июль



Тепловые пояса Земли



Спасибо за внимание ;)

