

Строение и состав атмосферы



Строение атмосферы

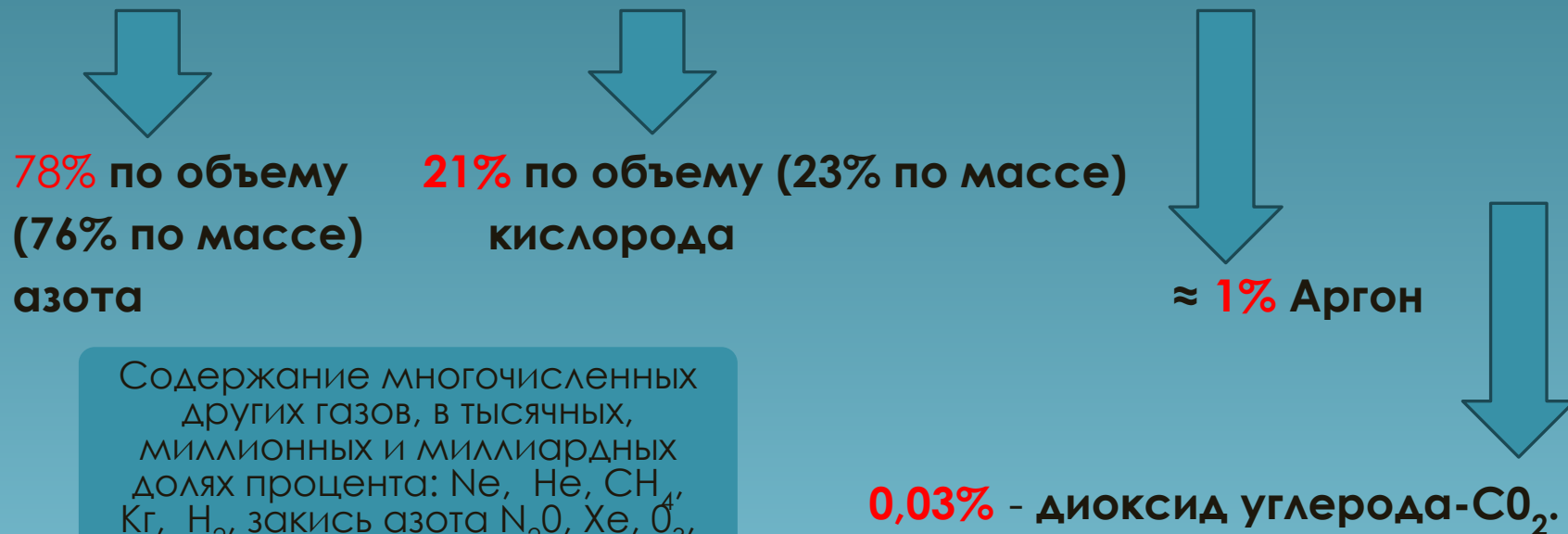
Атмосфера – воздушная оболочка Земли, связанная с ней силой тяжести и принимающая участие во вращении планеты. На ее строение и состав влияют Космос (как экзогенный фактор) и ландшафты Земли (как эндогенная сила). **Нижней границей атмосферы** является **земная поверхность**, а **верхняя граница размыта (до 20 000 км)**, так как с увеличением высоты воздух становится все разреженнее и постепенно переходит в межпланетное пространство.

Условно за верхнюю границу атмосферы принимают **высоту 1000-2000 км над поверхностью Земли**, а более высокие слои считают **земной короной**.



Атмосферный воздух – смесь газов. В нем во взвешенном состоянии находятся жидкие и твердые частицы. По химическому составу в атмосфере различают два слоя: нижний – *гомосферу* (однородный слой) – примерно до 100 км и верхний – *гетеросферу* (неоднородный слой) – выше 100 км. В сухом (т. е. полностью обезвоженном) чистом воздухе у земной поверхности содержится по объему:

Состав атмосферного воздуха



Содержание многочисленных других газов, в тысячных, миллионных и миллиардных долях процента: Ne, He, CH₄, Kr, H₂, закись азота N₂O, Xe, O₃, NO₂, SO₂, NH₃, CO, I₂, Rn и др. Помимо газов в атмосфере рассеяны пары и аэрозоли, микроорганизмы и пыльца растений.

ГО

Процентное соотношение основных газов в гомосфере почти не меняется при перемешивании воздуха как по горизонтали (ветер), так и по вертикали (конвекции). В гетеросфере содержание легких газов возрастает, а тяжелых уменьшается: нет аргона, озона, диоксида углерода. Сначала молекулы кислорода, а потом азота разлагаются на атомы. Выше 1000 км основными газами становятся атомарный водород и гелий.

Каждый газ воздуха выполняет в географической оболочке определенные функции.

Свободный кислород - химически очень активен, играет огромную роль в жизни, без него невозможно дыхание, горение, окисление.

Кислород атмосферы, в основном, биогенного происхождения, так как образовался в процессе фотосинтеза растений и других автотрофных организмов.

Азот химически весьма инертен и играет в атмосфере роль разбавителя кислорода, регулируя темп окисления.

Азот тоже в основном имеет биогенное происхождение.

Значение азота для живых организмов определяется тем, что он входит в состав белков и нуклеиновых кислот, его соединения обеспечивают минеральное питание растений.

ЗНАЧЕНИЕ ГАЗОВ ВОЗДУХА ДЛЯ ГО

Диоксид углерода (углекислый газ) - в атмосфере немного (**0,03 %**). Его содержание в приземных слоях воздуха колеблется в течение года и суток.

Диоксид углерода – своеобразный утеплитель Земли, в основном пропускает коротковолновую солнечную радиацию и задерживает тепловое излучение земной поверхности, обуславливая **парниковый эффект**.

Диоксид углерода служит основным строительным материалом для создания органического вещества в процессе фотосинтеза.

По оценкам ученых, с середины прошлого века глобальное содержание диоксида углерода возросло **на 12-15 %** за счет **сжигания ископаемого органического топлива**. Его увеличение способствовало повышению температуры воздуха на Земле.

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.

ЗНАЧЕНИЕ ГАЗОВ ВОЗДУХА ДЛЯ ГО

Озон (O₃) – это фильтр атмосферы, он поглощает значительную долю (97 %) ультрафиолетовой радиации (с длинами волн 0,15-0,29), которая губительно действует на живые организмы.

! Поглощая солнечную радиацию, озон повышает температуру воздуха в стратосфере.

Толщина слоя озона колеблется в пространстве и во времени.

Наибольшее колебание содержания озона в воздухе в течение года отмечается в полярных широтах. Здесь его меньше зимой, в условиях полярной ночи, из-за отсутствия солнечной радиации, под влиянием которой он образуется в результате фотодиссоциации молекул кислорода, больше – в период полярного дня.

Озон легче уничтожается при низких температурах. Эти колебания значительнее над Антарктидой, где количество озона зимой резко сокращается (так называемая озоновая дыра над Антарктидой). В последние годы замечено глобальное сокращение озона, что некоторые исследователи связывают с выбросом в атмосферу фреонов и окислов азота. Уменьшение толщины озонового слоя вредно для всего живого. Поэтому нужна коллективная мудрость человечества для его сохранения.

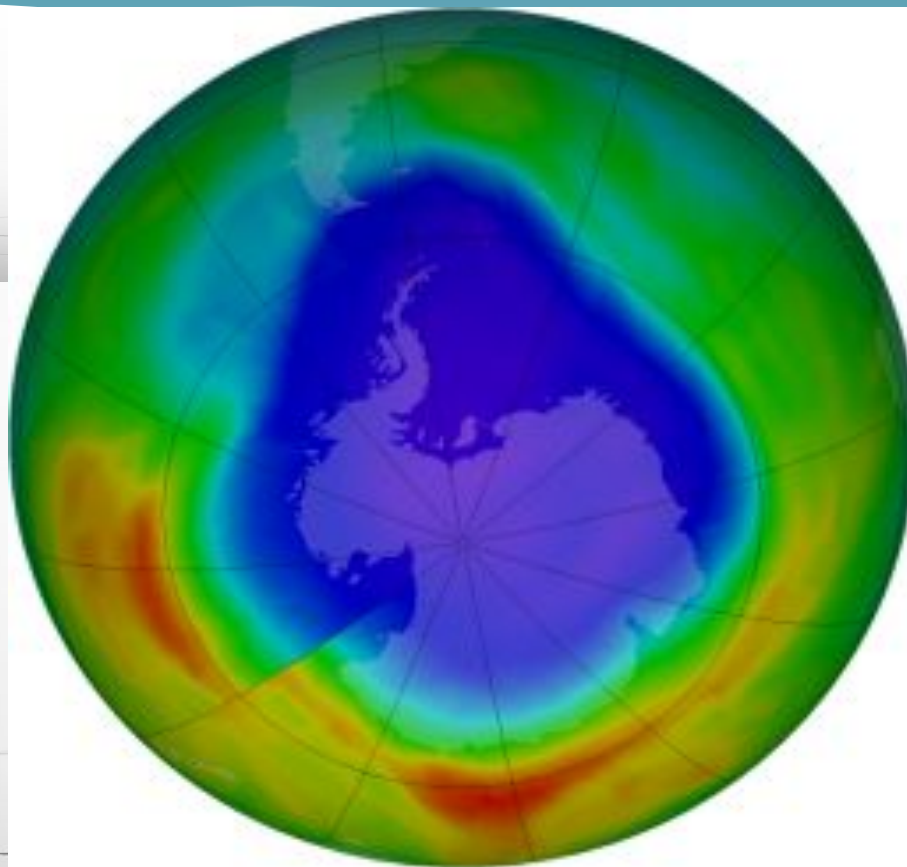
Закономерности существования озона

- 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.

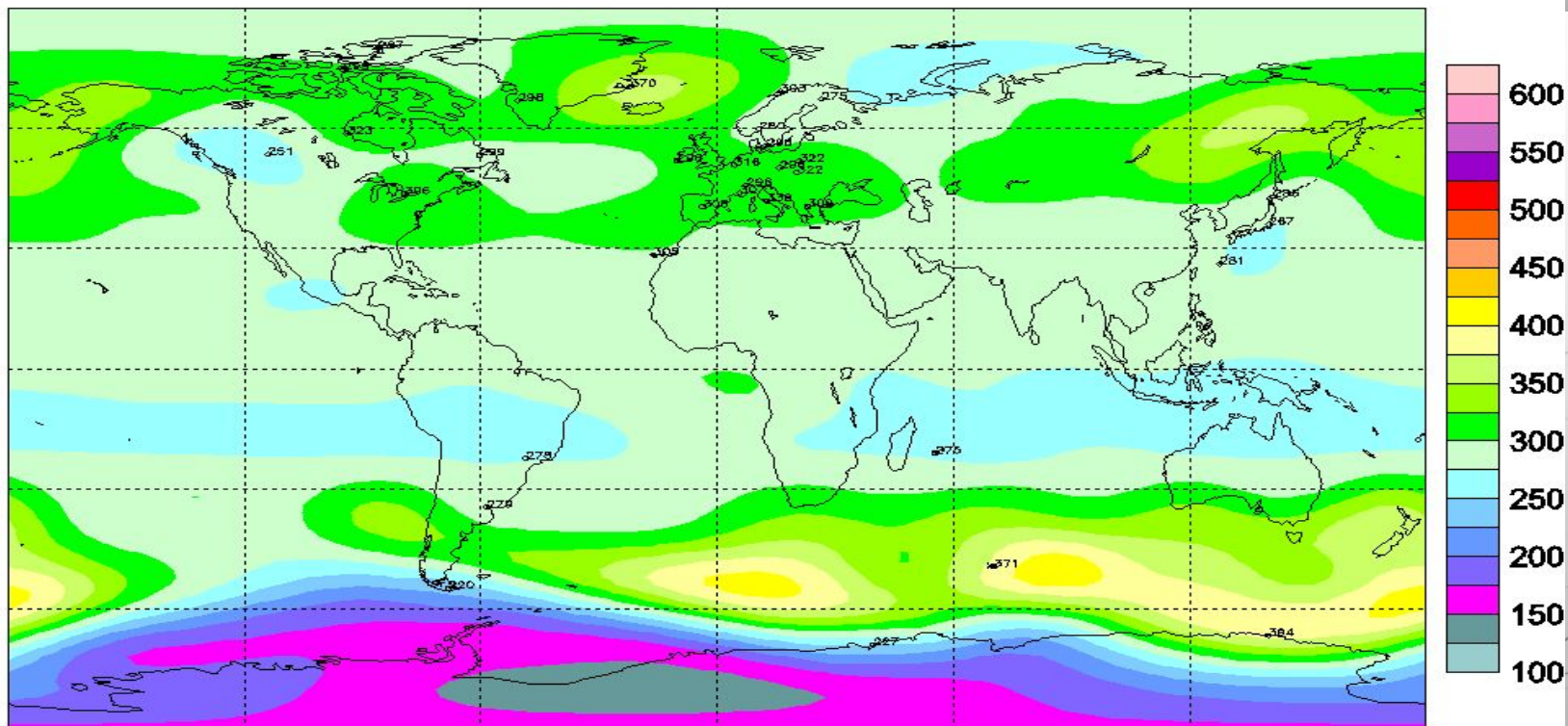
Озоновая дыра над Антарктикой




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

ЗНАЧЕНИЕ ГАЗОВ ВОЗДУХА ДЛЯ ГО

Водяной пар - это переменный компонент атмосферы: его содержание в воздухе над земной поверхностью колеблется от 0,2 % в ледяных пустынях до 3-4 % во влажных экваториальных лесах (по объему).

Его количество зависит от температуры: чем она выше, тем его больше, т.к. **водяной пар** поступает в воздух за счет испарения с водной поверхности, почвы и транспирации растений. **С высотой количество водяного пара уменьшается, около 90 % его заключено в нижнем пятикилометровом слое воздуха.**

Значение водяного пара исключительно велико:

1. Участвует в тепло- и влагообороте на Земле, т.к. при определенных условиях происходит его **конденсация или сублимация, образуются облака и осадки.**
2. Участвует (наряду с диоксидом углерода) в создании парникового эффекта, так как именно он **задерживает основную часть теплового излучения земной поверхности.**
3. Водяной пар сам **излучает инфракрасную радиацию**, большая часть которой идет к земной поверхности, **являясь для нее дополнительным источником тепла.** В то же время **облака**, возникающие в результате конденсации и сублимации водяного пара, **отражают и поглощают солнечную энергию на ее пути к земной поверхности.**
4. Фазовые превращения водяного пара и воды, **сопровождаются поглощением тепла** (при испарении и таянии снега и льда) **или выделением тепла** (при конденсации и сублимации), что **отражается на температуре окружающего воздуха.**
5. Он выполняет определенные функции и в жизнедеятельности организмов, влияя, например, на скорость транспирации, которая возрастает при понижении влажности воздуха.

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГО

Аэрозоли – это мельчайшие твердые и жидкие частицы естественного и антропогенного происхождения, находящиеся в воздухе во взвешенном состоянии. Особо опасны среди аэрозолей продукты искусственного радиоактивного распада. Твердые частицы выполняют в атмосфере роль ядер конденсации и сублимации, их обилие **ускоряет образование туманов и облаков**. Аэрозоли **уменьшают прозрачность атмосферы, ослабляя солнечную радиацию и ухудшая видимость**. Аэрозоли обычно не задерживаются долго в тропосфере, где выпадают осадки.

Космическая, вулканическая и минеральная пыль, дым, пыльца растений, микроорганизмы, частицы морской соли и т. д. вызывает помутнение атмосферы и уменьшение солнечного тепла, особенно ощутимое летом. После интенсивных извержений вулканов (Кракатау в 1883 г. или Катмая в 1912 г.), на протяжении нескольких лет отмечалось помутнение атмосферы и уменьшение солнечного тепла, особенно ощутимое летом. Самым катастрофическим взрывным извержением за последние 500 лет было извержение вулкана Тамбора (остров Сумбава в Зондском архипелаге) 10-11 апреля 1815 г. Выбросы вулканического материала при взрыве вулкана, в результате чего его высота уменьшилась с 4000 м до 2820 м, **создали завесу в воздухе, ставшую экраном для солнечного излучения. Это привело к охлаждению атмосферы в течение нескольких последующих лет. В северном полушарии в тот и следующий годы сезонный снег лежал до середины июня, а в августе в Западной Европе были отмечены заморозки.**

Газы, входящие в состав атмосферы, обладают определенной плотностью, а воздух – массой. Общая масса атмосферы достигает $5,27 \cdot 10^{15}$ т, что составляет одну миллионную часть массы земного шара. При этом половина всей массы атмосферы находится в нижних 5 км, 75 % – в нижних 10 км, 95 % – в нижних 20 км.

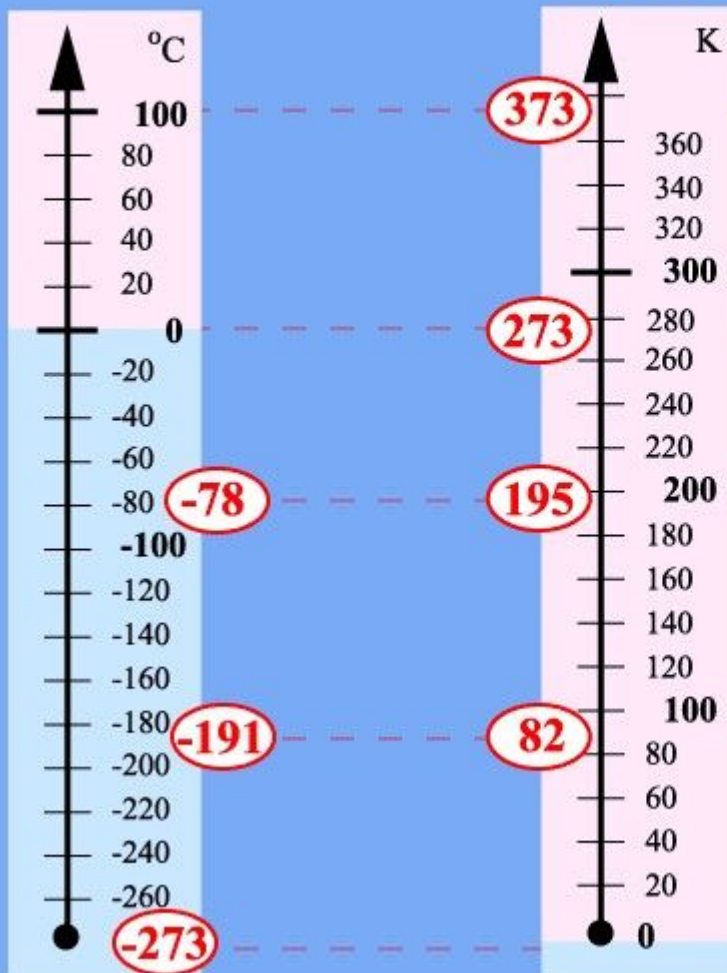
* Единицы измерения температуры

Шкала Цельсия

Термодинамическая
шкала

$$t = T - 273$$

$$T = t + 273$$



кипение воды



плавление льда



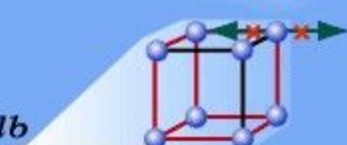
сухой лед (CO_2)



жидкий воздух



абсолютный ноль



СЛОИ АТМОСФЕРЫ

По характеру изменения температуры в вертикальном направлении и другим физическим свойствам

атмосферу делят на пять концентрических оболочек:

- ❖ тропосферу,
- ❖ стратосферу,
- ❖ мезосферу,
- ❖ термосферу,
- ❖ экзосферу.

Они разделены тонкими (1-2 км) **переходными слоями: тропо-, страто-, мезо- и термопаузами.**

ТРОПОСФЕРА - в ней заключено почти 80 % воздуха атмосферы. Физические свойства воздуха тропосферы и происходящие в ней процессы находятся в большой зависимости от земной поверхности.

От нее воздух получает тепло, поэтому с подъемом вверх температура его понижается.

Вертикальный температурный градиент – это величина падения температуры с высотой. Она равна 0,6 °C/100 м.

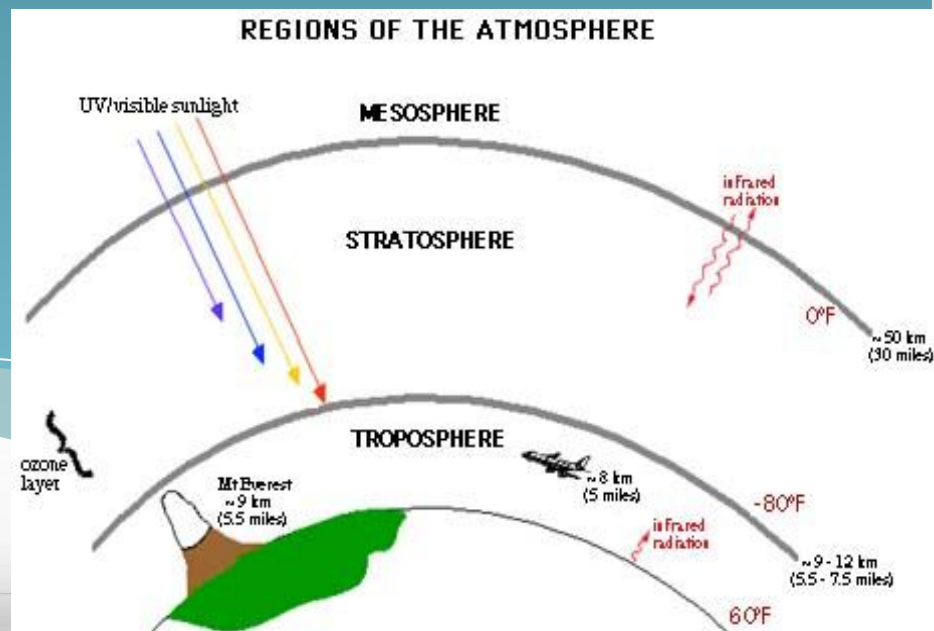
Для тропосферы характерны интенсивные вертикальные и горизонтальные движения воздуха и его перемешивание. В ней содержится **почти весь водяной пар атмосферы (99 %)**, количество которого быстро убывает с высотой.

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**.

ЗНАЧЕНИЕ. В тропосфере происходит образование облаков, выпадают осадки, наблюдаются оптические, световые и звуковые метеорологические явления.

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.

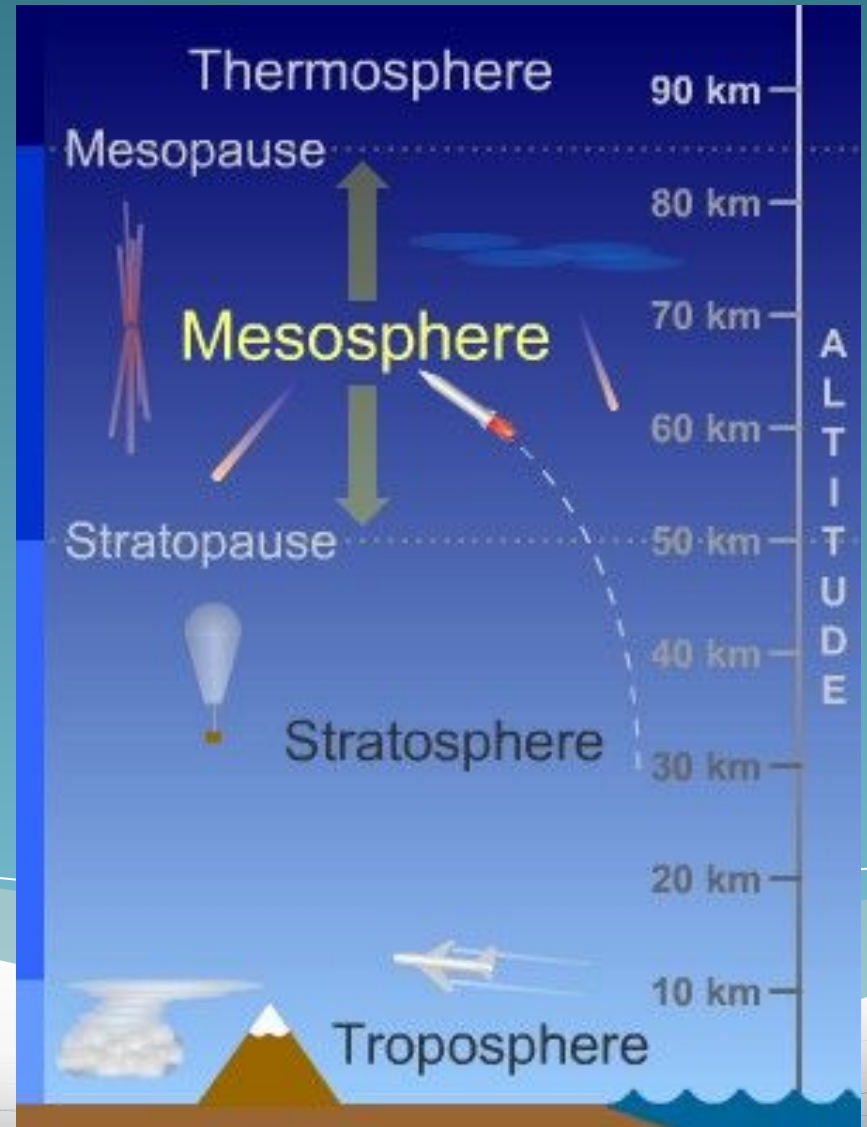
В нижних слоях (от тропопаузы и до 25 км) температура постоянна или медленно растет с высотой (зимой в полярных широтах она даже может слабо падать),.

Стратопауза-верхняя граница стратосферы (до 50км)

Состав воздуха стратосферы отличается от тропосферного в том, что здесь сосредоточено около 20 % воздуха, в котором много озона.

Стратосфера может быть названа **озоносферой**.

На высоте 22-25 км образуются перламутровые облака, но в их образовании практически не участвует водяной пар.



Перламутровые облака



Перламутровые облака



Перламутровые облака



Простирается от стратопавзы до высоты примерно **80—82 км**.

Из-за понижения температуры с высотой (до — 110°C) в ней возникает **турбулентность**.

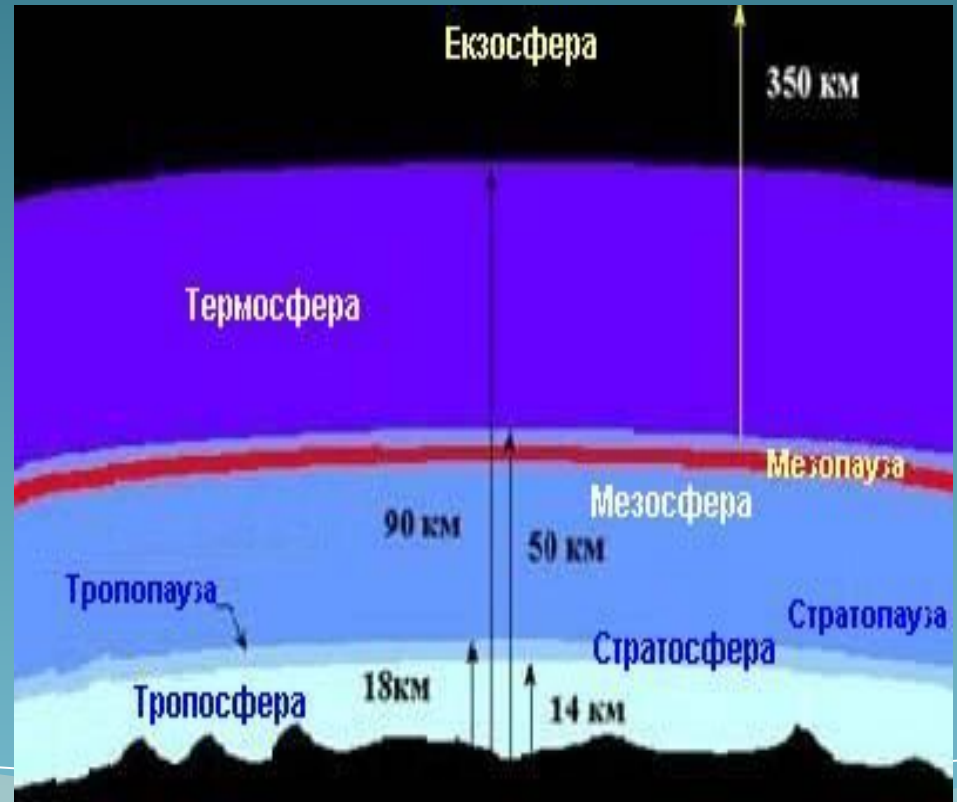
Цвет неба - фиолетово-черный. Появляется ощущение невесомости. Эту сферу называют ближним космосом.

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.

Здесь образуются тонкие ледяные серебристые облака.

Мезосфера



Серебристые облака



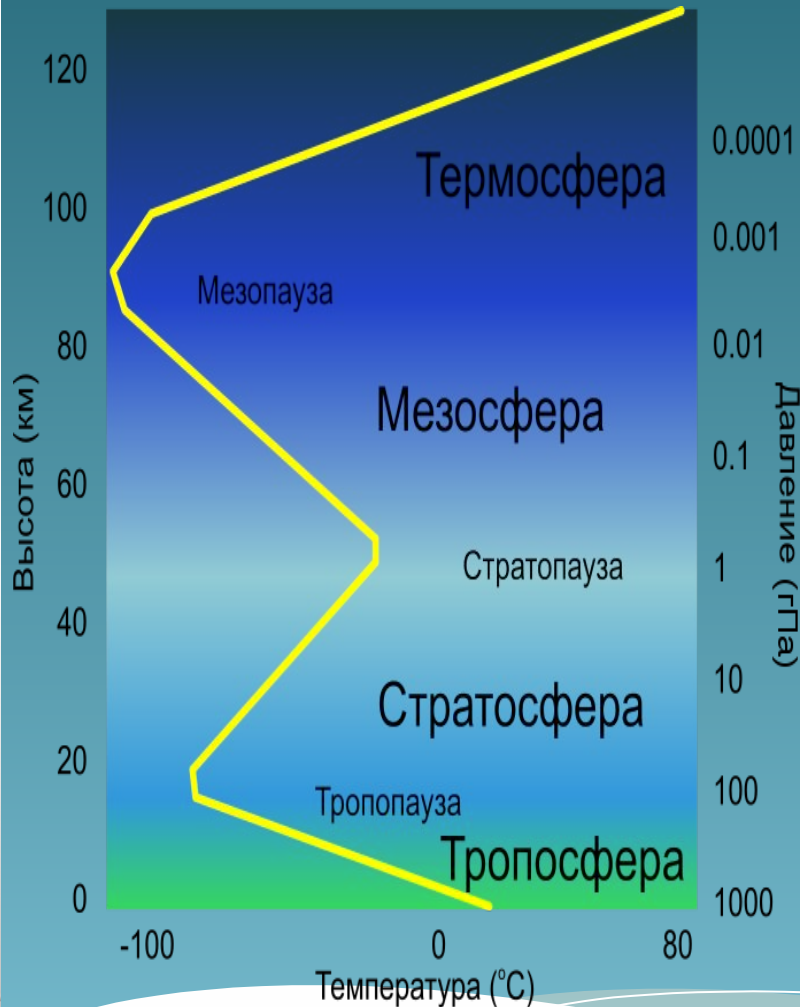
Серебристые облака



Серебристые облака



Термосфера



(греч. *therme* – тепло) – слой от мезопаузы до 800 км. Температура в нем резко возрастает с высотой. В годы активного солнца она *превышает 1500°C на высоте 200—250 км*, но в разреженном воздухе она характеризует лишь кинетическую энергию движения частиц и не ощущается, поэтому летающие здесь искусственные спутники от воздуха не нагреваются и не сгорают. В нижней термосфере сгорают метеоры.

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

С точки зрения **ионизации**, т. е. по электрическому составу, атмосфера делится на **нейтросферу** (три нижних слоя) и **ионосферу** (два верхних слоя).

В ионосфере наблюдаются полярные сияния (температура возрастает до 3000 °C), магнитные бури.

Благодаря ей обеспечивается дальняя радиосвязь.

Полярное сияние

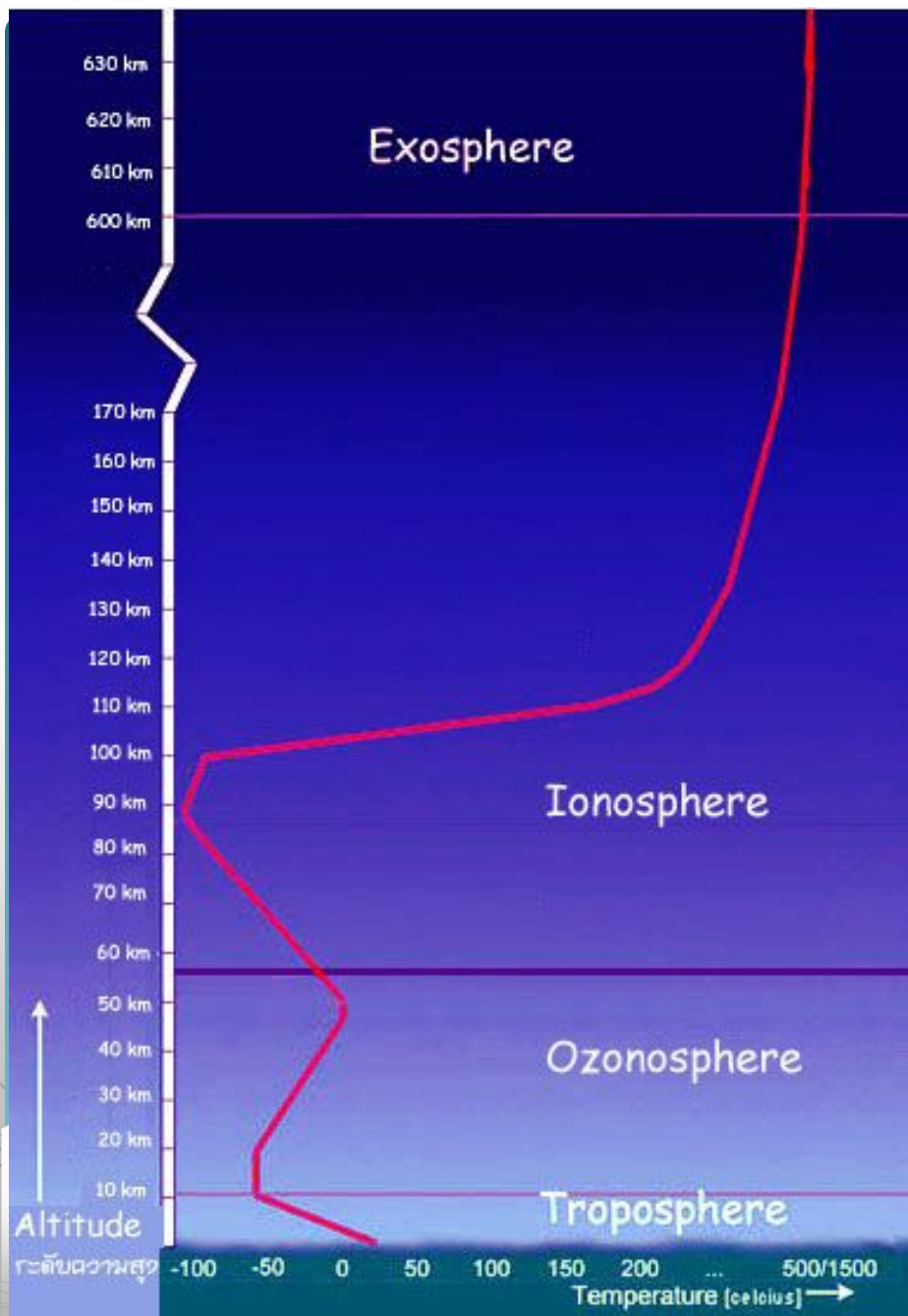


Полярное сияние



Полярное сияние





Экзосфера

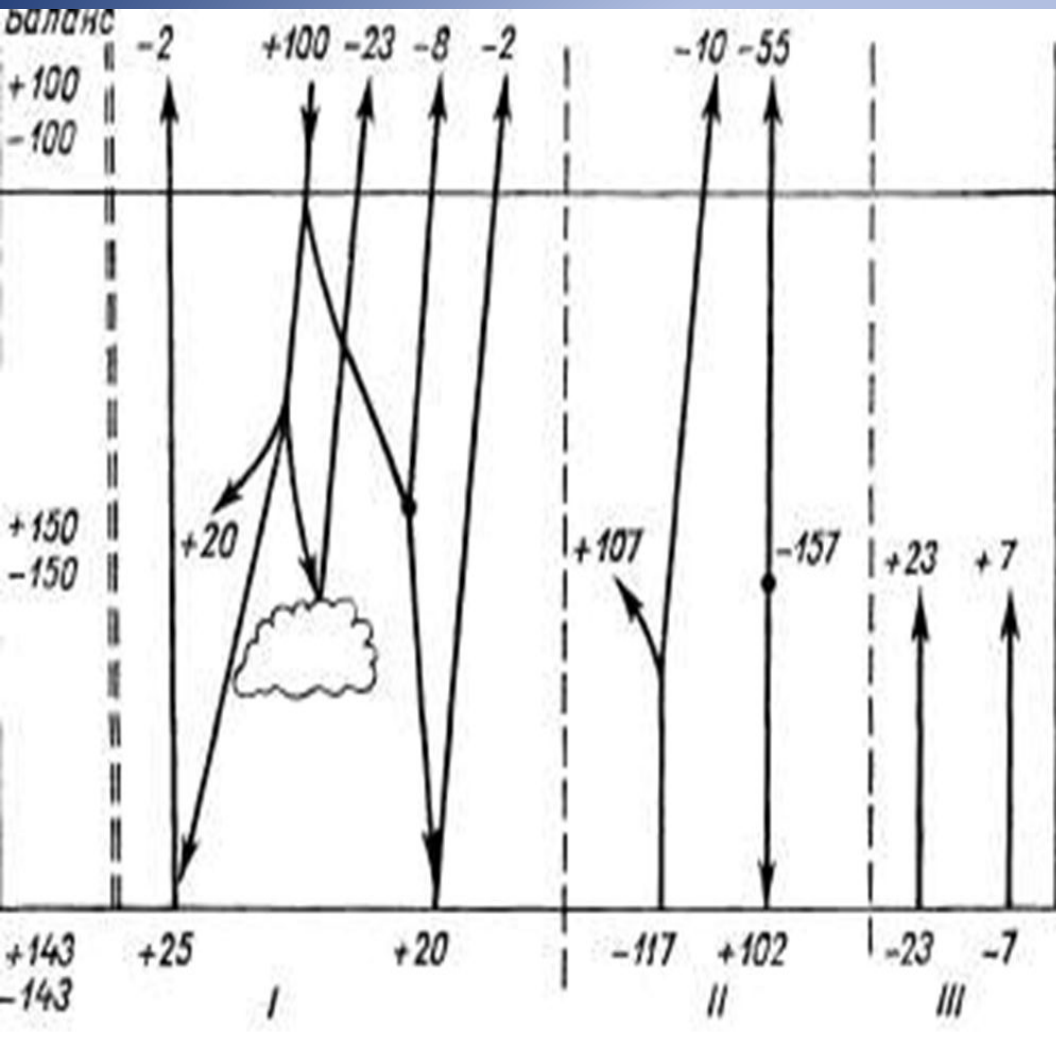
- внешний (800-1000 км) крайне разреженный слой атмосферы с температурой около 2000 °С. Здесь скорость движения атомов водорода и гелия более 11,2 км/с и они частично ускользают в межпланетное пространство, за что этот **слой называют сферой рассеивания или ускользания газов.**
- Атмосферные **слои выше 600—1000 км** выделяются под названием **экзосферы** (внешней атмосферы).

ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ЗЕМЛИ

Good Morning



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.

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



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.

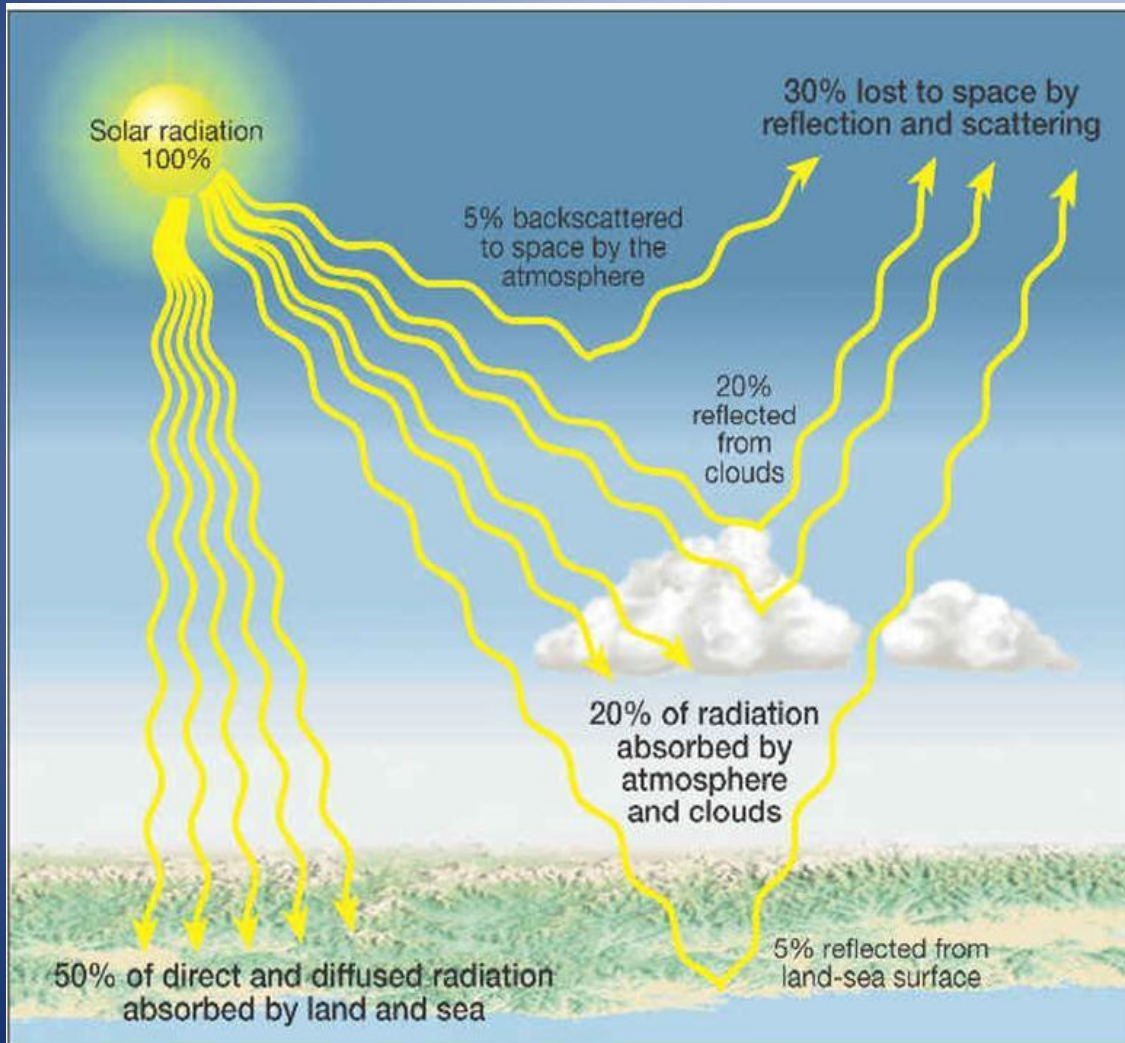
Азот поглощает R очень малых длин волн в ультрафиолетовой части спектра. Энергия солнечной радиации в этом участке спектра совершенно ничтожна, поэтому поглощение азотом практически не отражается на потоке солнечной радиации.

- **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

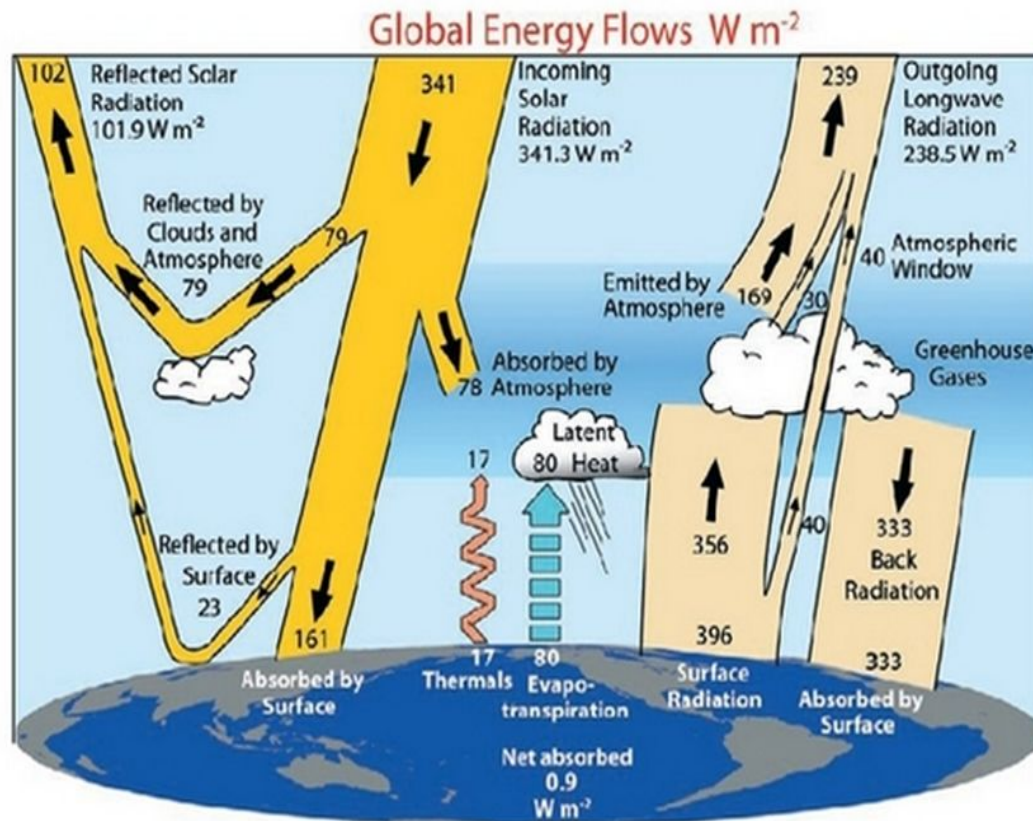
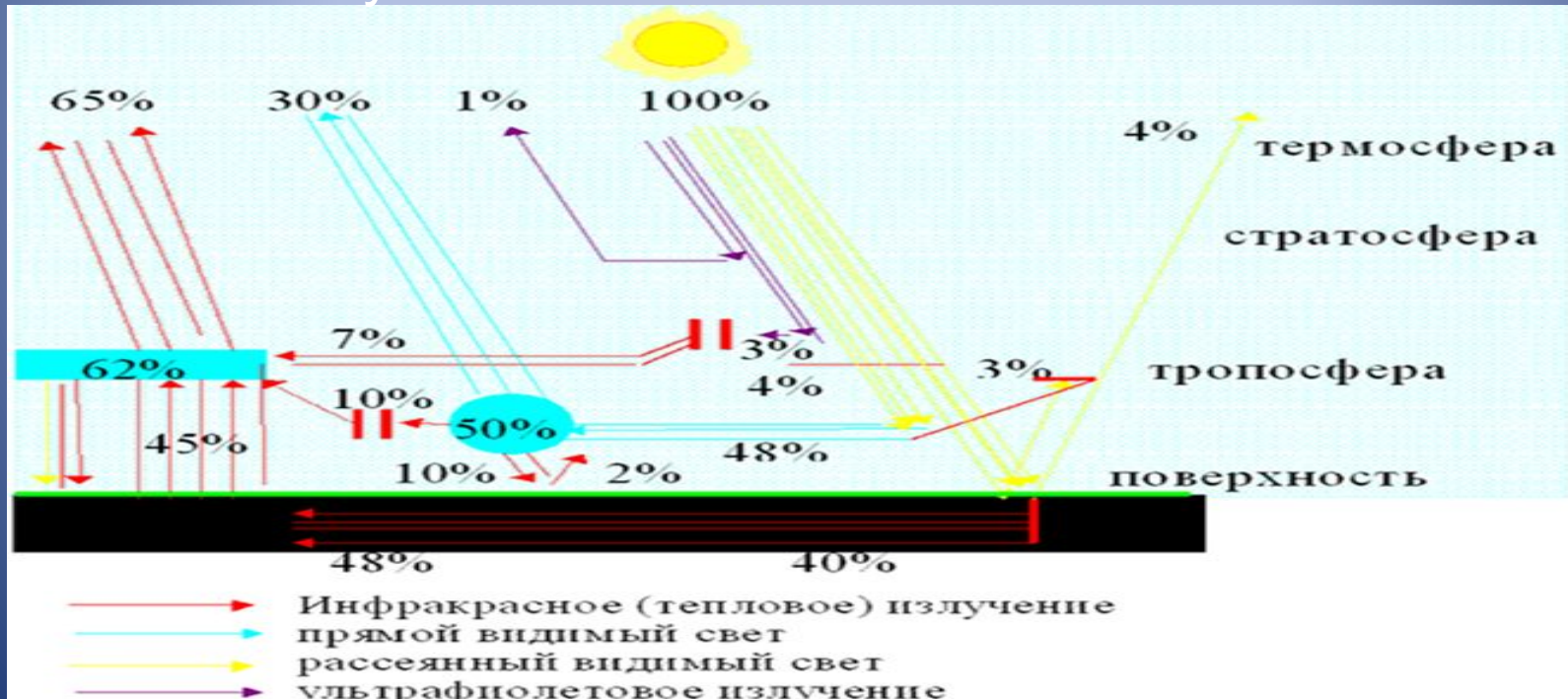


FIG. 1. The global annual mean Earth's energy budget for the Mar 2000 to May 2004 period ($W m^{-2}$). The broad arrows indicate the schematic flow of energy in proportion to their importance.

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

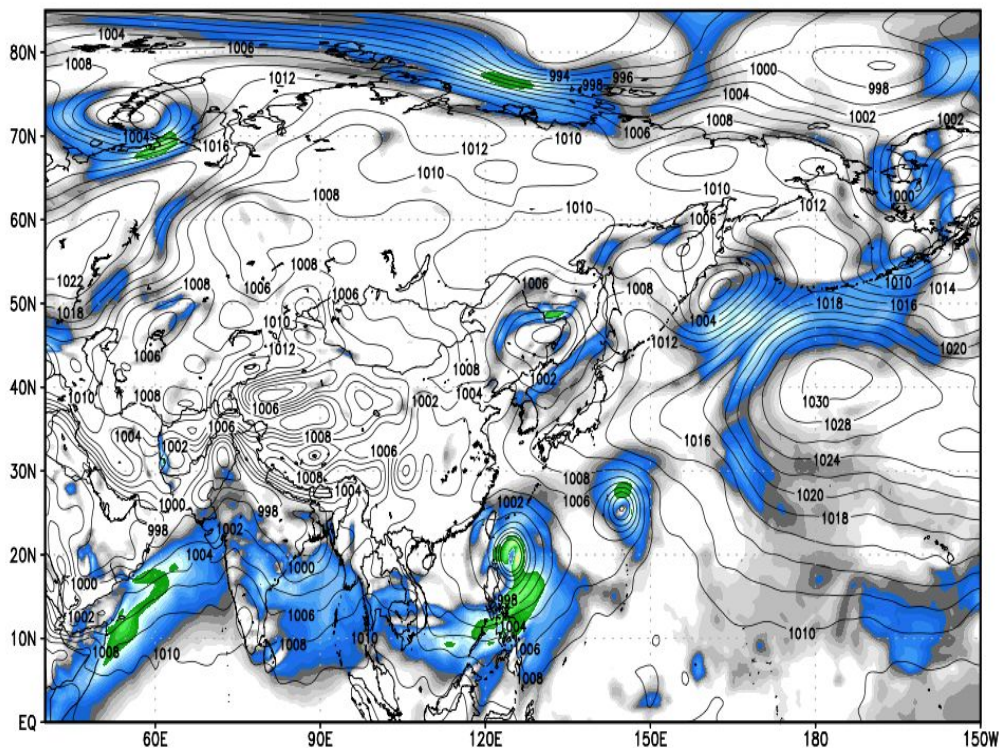


Адвекция воздуха

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

NCEP GFS MaxWind: 60.5878 kt
PoliClimate.com

MinSLP: 984.154 hPa
MaxSLP: 1030.94 hPa



Перенос воздуха в горизонтальном направлении.

Можно говорить об адвекции:

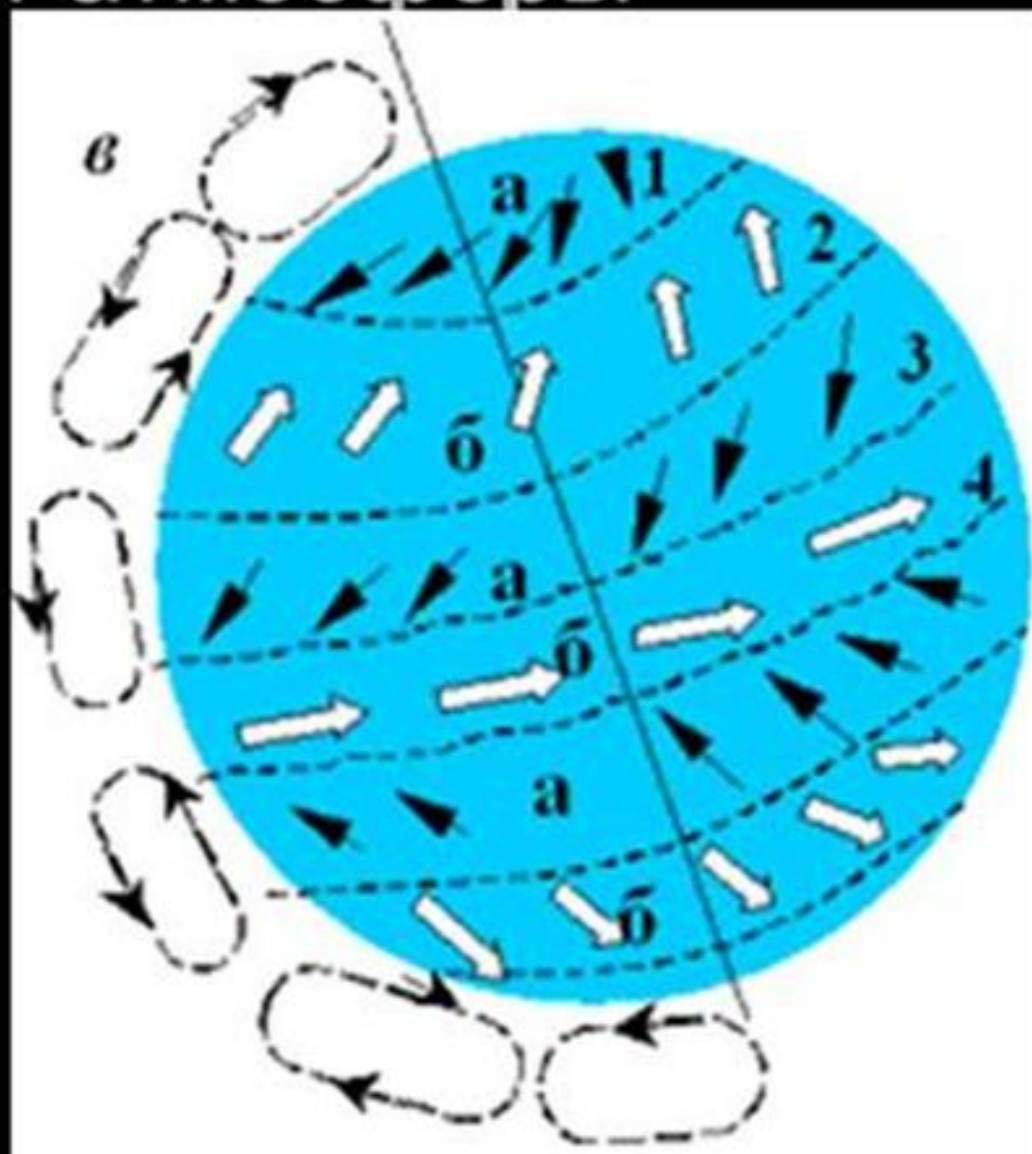
воздушных масс,
тепла,
водяного пара,
момента движения,
вихря скорости и т. д.

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, Альbedo крон леса составляет 10 — 15%, травы — 20 — 25%, песка — 30 — 35%, свежеснежного — 50 — 75% и более.

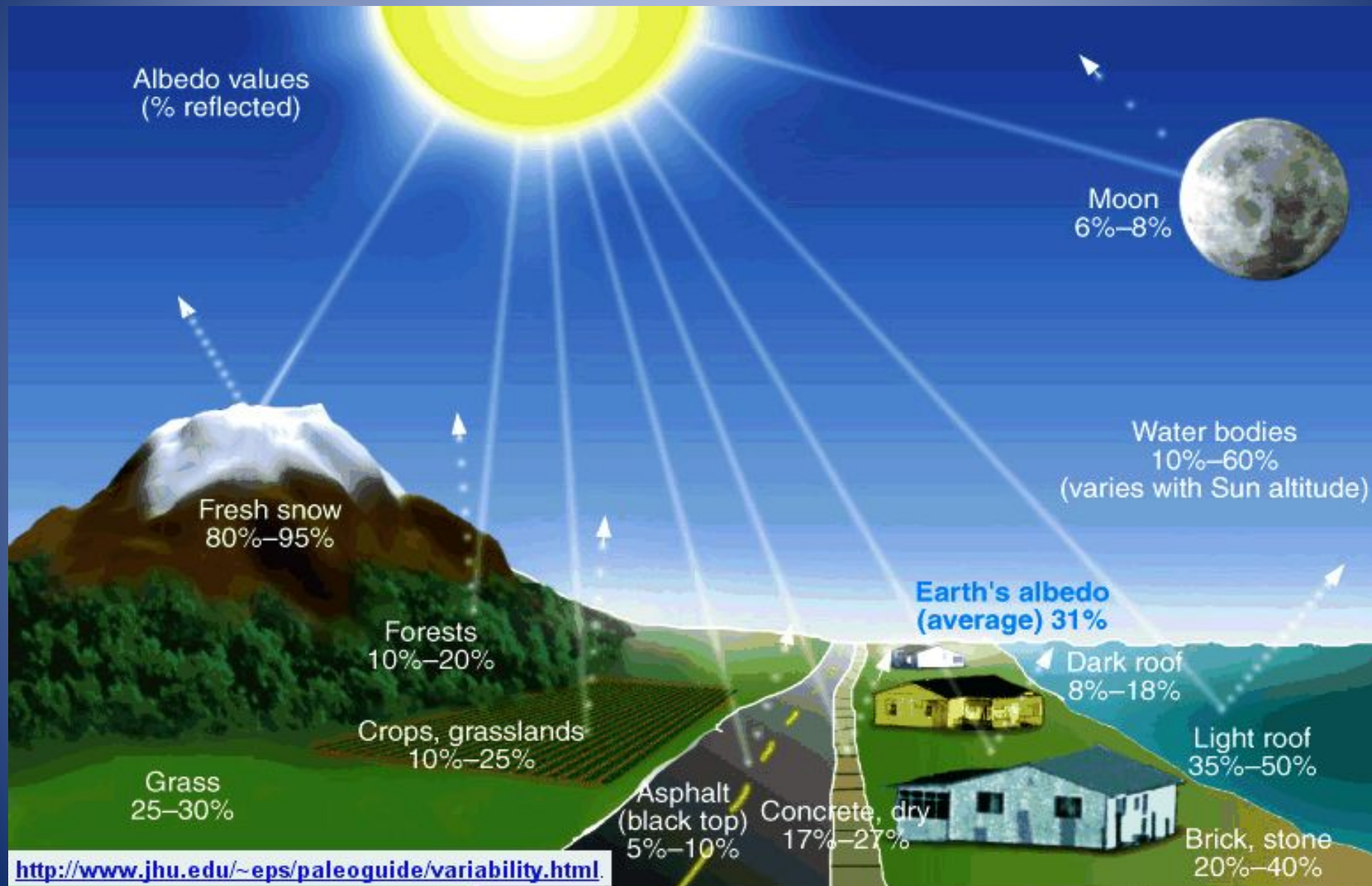
2. **Альbedo Земли — процентное отношение солнечной радиации, отражённой земным шаром вместе с атмосферой обратно в мировое пространство, к солнечной радиации, поступившей на границу атмосферы.**

$$A = O/P$$

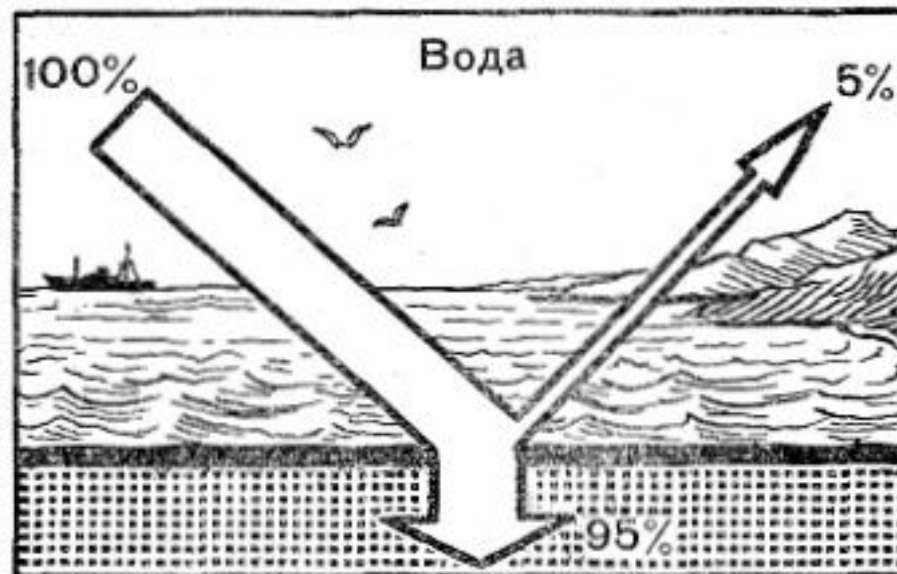
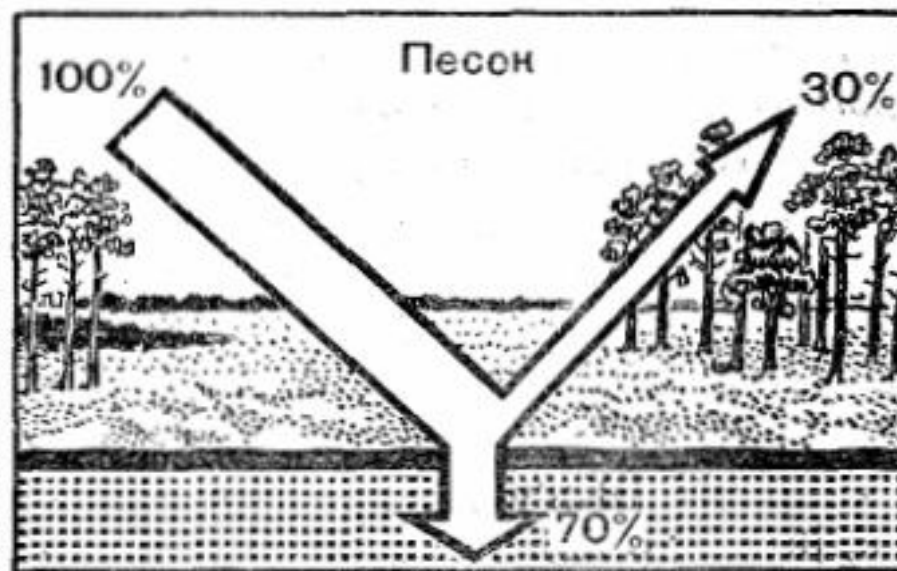
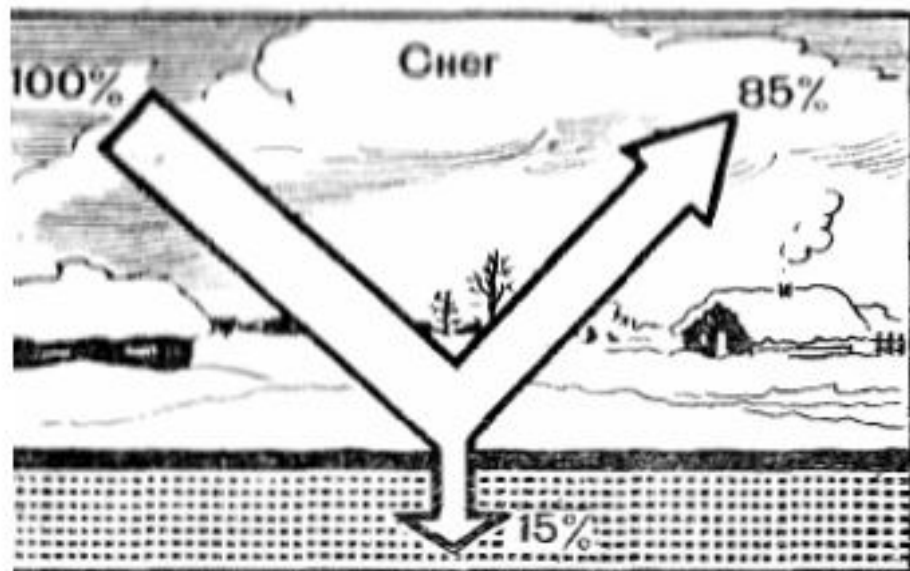
Отдача радиации Землей происходит путем отражения от земной поверхности и облаков длинноволновой, а также рассеяния прямой коротковолновой радиации атмосферой.

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

Альbedo земной поверхности

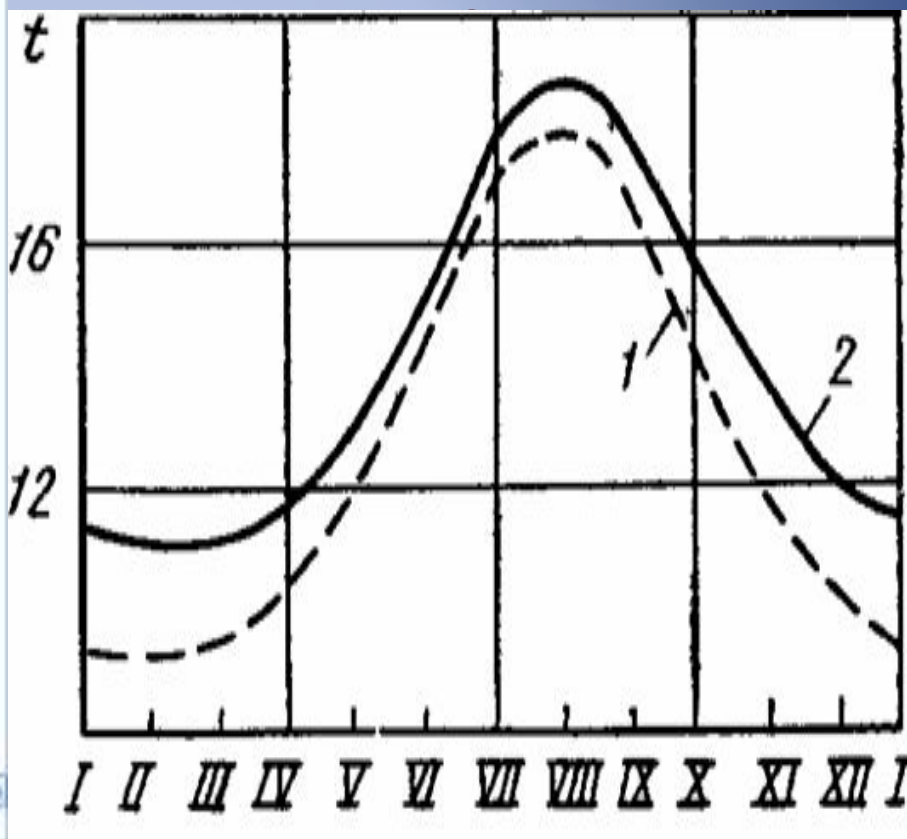


Альbedo земной поверхности



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 выходящая радиация 240 Ватт на кв. Метр

ПАРНИКОВЫЕ ГАЗЫ

Чистая выходящая радиация составляет 240 Ватт на кв. Метр

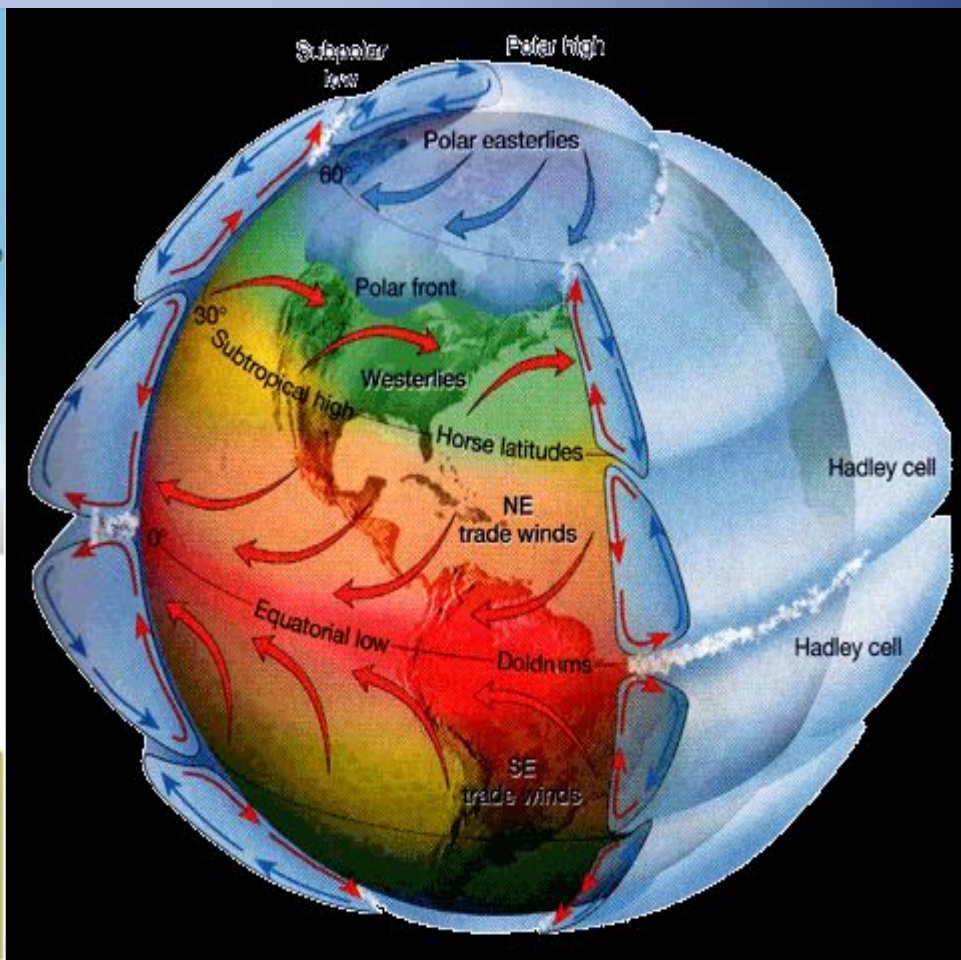
Часть инфракрасного излучения поглощается и отражается назад молекулами парниковых газов.
Прямым эффектом этого становится нагревание поверхности земли и тропосферы

Поверхность получает больше тепла и инфракрасная радиация выбрасывается снова

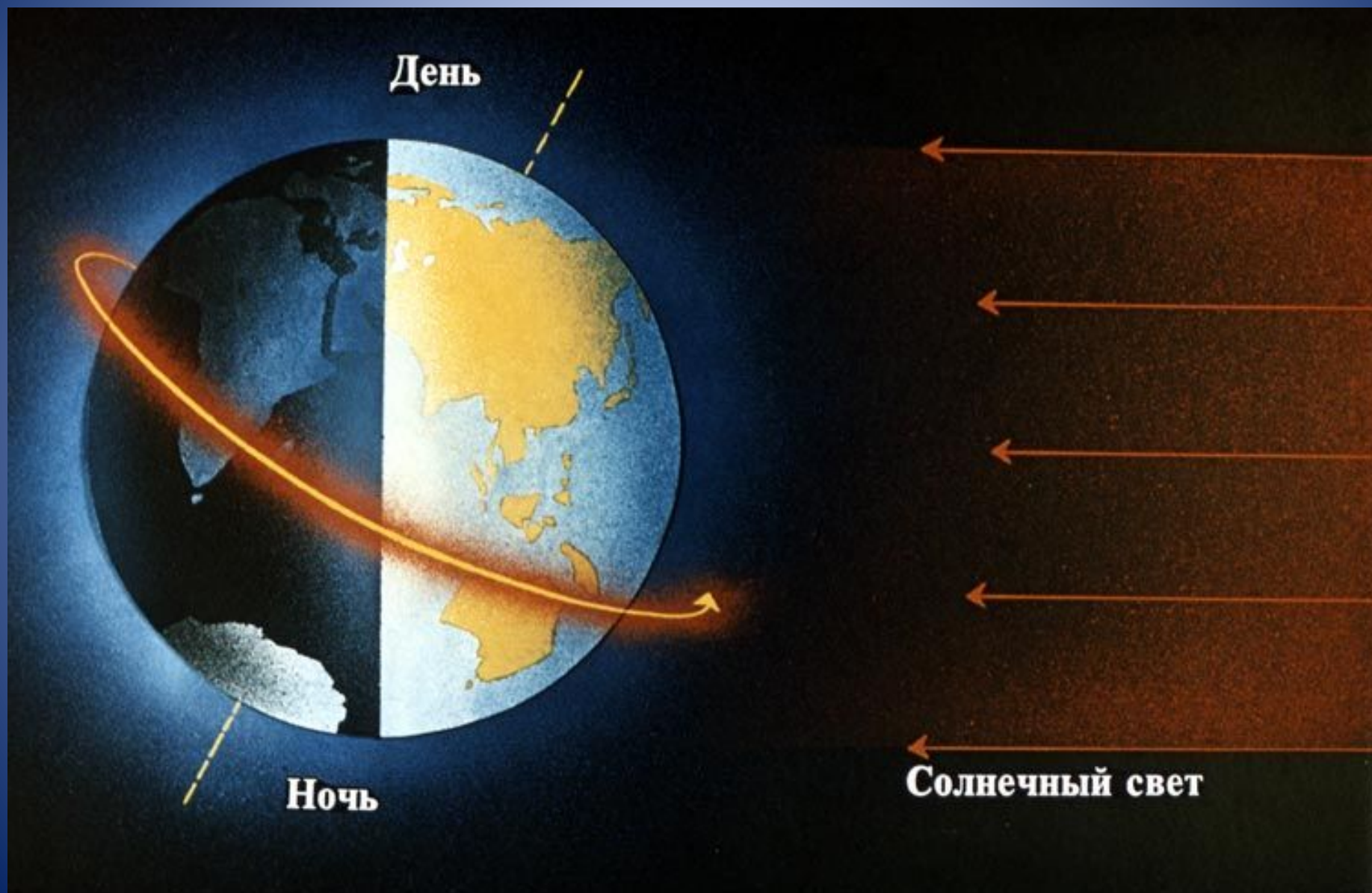
Солнечная энергия поглощается земной поверхностью и нагревает ее
168 Ватт на кв. метр

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

ЗЕМЛЯ

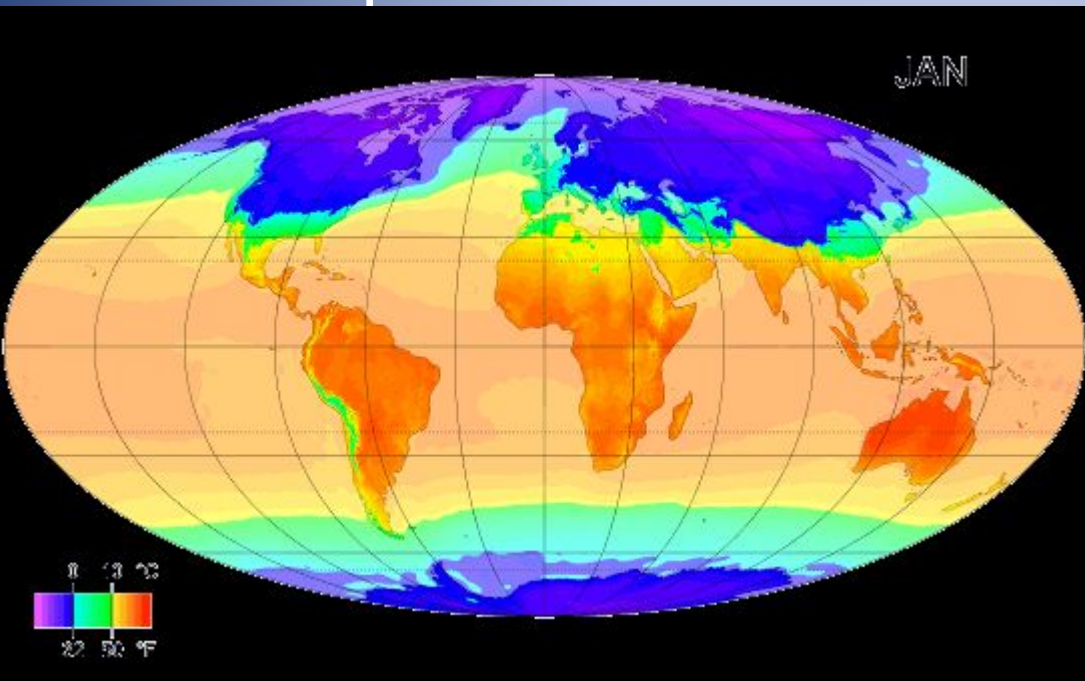


Приход солнечного тепла

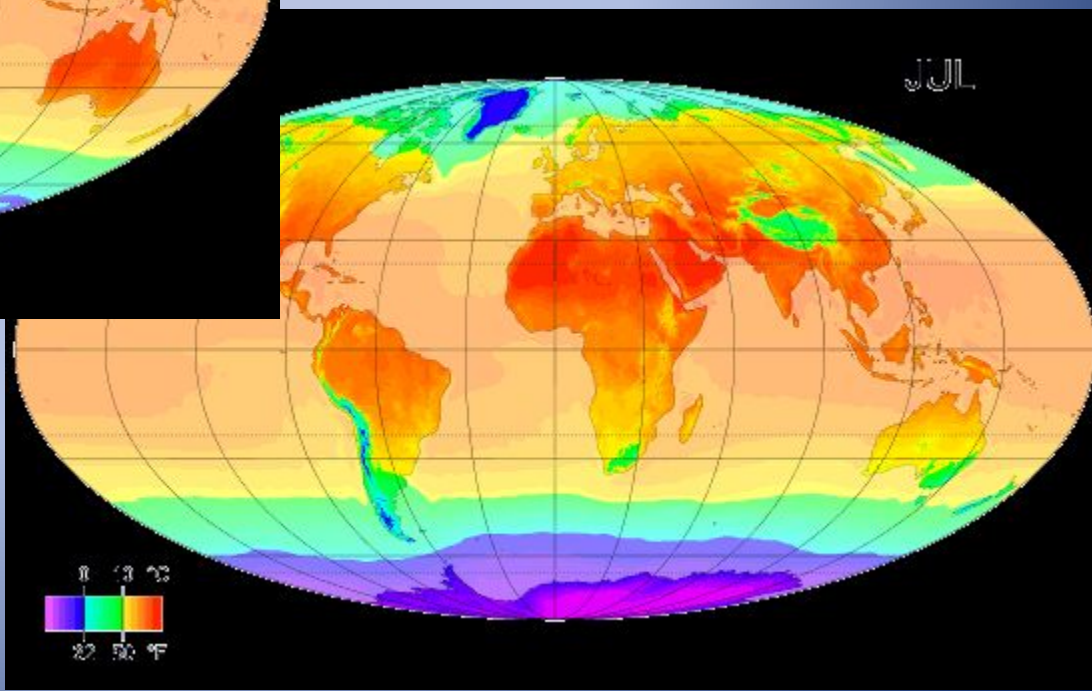


Тепловые пояса по сезонам

- Январь

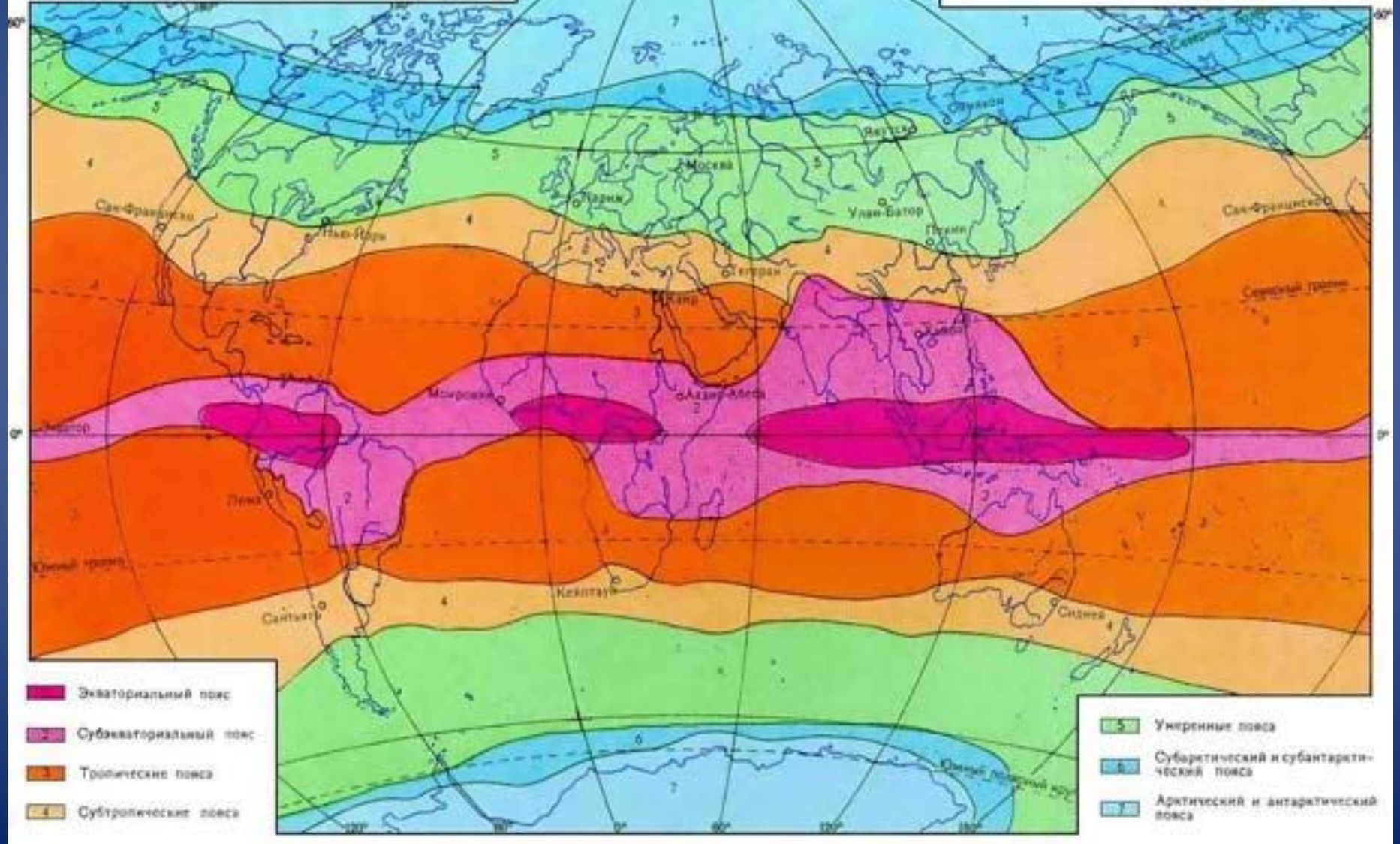


Июль



Тепловые пояса Земли

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОЯСА (по Б.П. Алисову)



- Экваториальный пояс
- Субэкваториальный пояс
- Тропические пояса
- Субтропические пояса

- Умеренные пояса
- Субарктический и субантарктический пояса
- Арктический и антарктический пояса

Спасибо за внимание ;)

Good Morning

