

## Л3. Атмосфера и ее строение

# Оболочки Земли

Внешние

Атмосфера

Литосфера

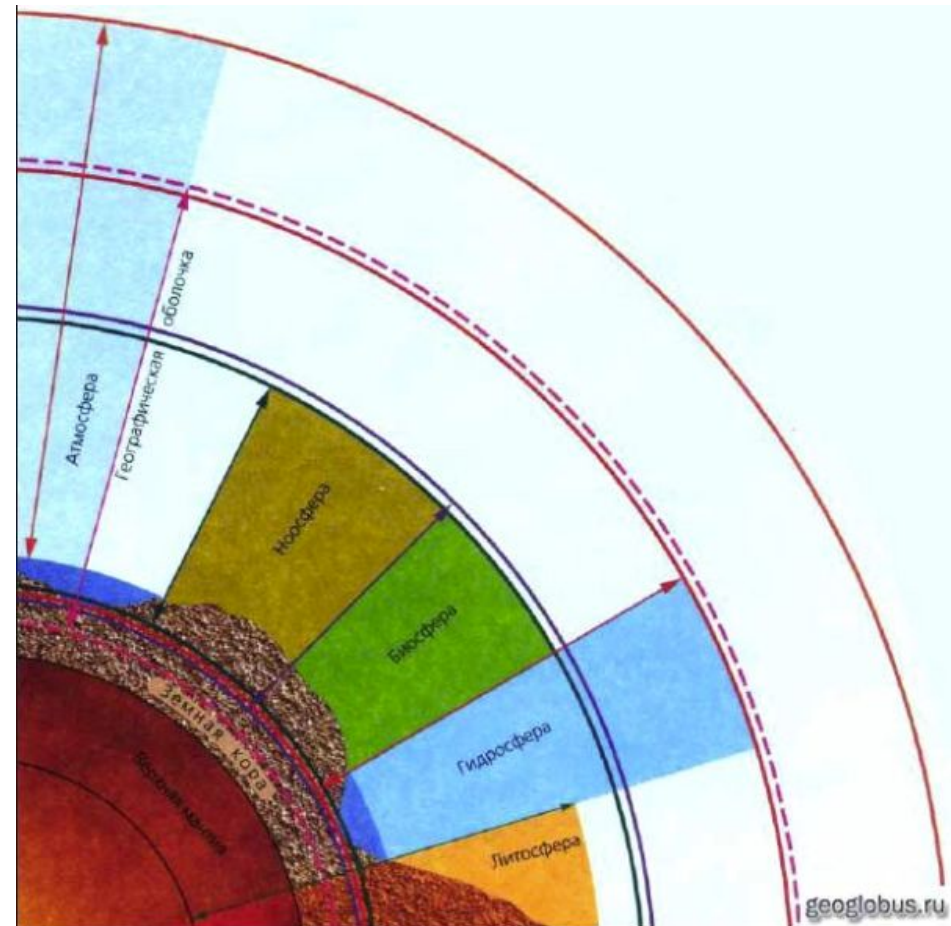
Гидросфера

Биосфера

Внутренние

Мантия

Ядро



**Атмосфера** – воздушная оболочка, окружающая Землю и вращающаяся вместе с ней вокруг оси.

### Состав

Смесь газов – воздух, содержащий (у земной поверхности):

- азота 78%; кислорода 21%; инертные газы 0,93% – гелий, неон, аргон, криптон, ксеон, радон; углекислый газ 0,03%; пар и примеси 0,03%; озон ( $O_3$ ) 0,01%.

Содержание углекислого газа возрастает в связи со сжиганием все большего количества угля, нефти, природного газа. Озоновый слой задерживает губительную для живых организмов ультрафиолетовую радиацию. Выше этого слоя температура в атмосфере повышается. Количество водяного пара с удалением от поверхности быстро падает: на высоте 2 км его уже в два раза меньше, чем у поверхности, а выше 70–80 км атмосфера практически сухая.

### Физические свойства

#### кислород $O_2$

- при  $t^\circ = -182,9^\circ C$  превращается в жидкость
- при  $t^\circ = -218,7^\circ C$  – в кристаллы синего цвета
- поддерживает горение и дыхание

#### озон $O_3$

- газ имеет слабый фиолетовый оттенок
- хрупкое, легко распадающееся соединение
- при  $t^\circ = -111,9^\circ C$  превращается в темно-синюю жидкость
- при  $t^\circ = -192,5^\circ C$  – в кристаллы фиолетового цвета
- поглощает ультрафиолетовые излучения Солнца

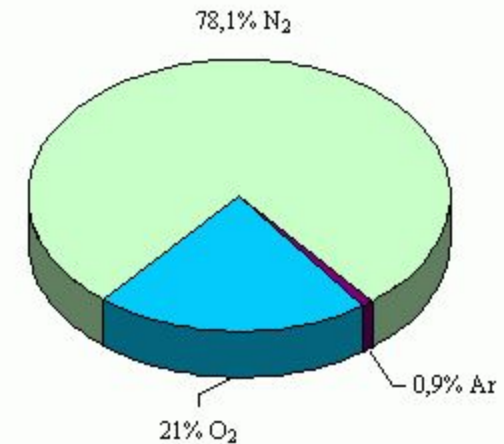
Температура воздуха в тропосфере убывает с высотой в среднем на  $0,6^\circ$  на каждые 100 м и достигает у верхней границы  $55^\circ C$ . Интенсивное вертикальное движение воздуха – конвекция; горизонтальное перемещение воздуха – ветры.

# АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ

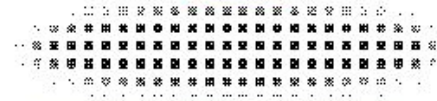
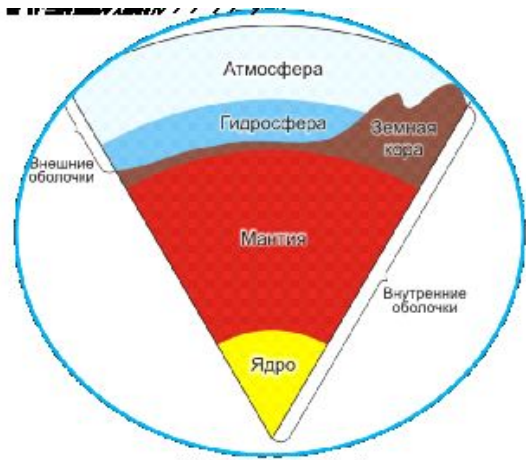
- **КРАТКАЯ ИСТОРИЯ АТМОСФЕРЫ.**

- В первые миллиарды лет существования Земли её атмосфера сильно отличалась от нынешней. Изначально она представляла собой смесь азота, углекислого газа и водяных паров. На ранней стадии образования Земли вулканы непрерывно извергали углекислый газ, который, подобно одеялу, согревал молодую планету. Когда стабилизировалась атмосфера, появились первые организмы, способные вырабатывать кислород.

*В течение последнего миллиарда лет концентрация кислорода остаётся постоянной.*







---

---

---





АТМОСФЕРА ЗЕМЛИ-  
это  
"газовая пленка"  
на ее поверхности

Нижняя область атмосферы совпадает с тропосферой. Прямое влияние СОЛНЦА на эту область мало, атмосфера греется от земной поверхности. Облака, воздушные течения, промышленные отходы.

## ВЕРТИКАЛЬНЫЙ РАЗРЕЗ АТМОСФЕРЫ (один из многих вариантов)



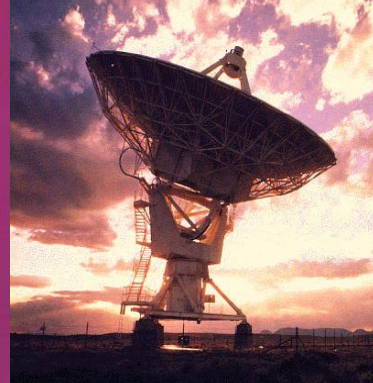
Верхняя область атмосферы - все что над тропосферой. Фотоионизация, фотодиссоциация, свечение ночного неба, полярные сияния.

Доверяй, но проверяй  
Continuation follows

## Современные методы исследования атмосферы

Для изучения атмосферы могут использоваться:

<i>психрометрические будки</i>
<i>высокие башни и мачты</i>
<i>аэростаты, шары-зонды, летающие лаборатории</i>
<i>Средства космического мониторинга: метеорологические и геофизические ракеты</i>
<i>искусственные спутники Земли</i>
<i>космические корабли и орбитальные станции</i>
<i>косвенные методы</i>







## Изучение атмосферы

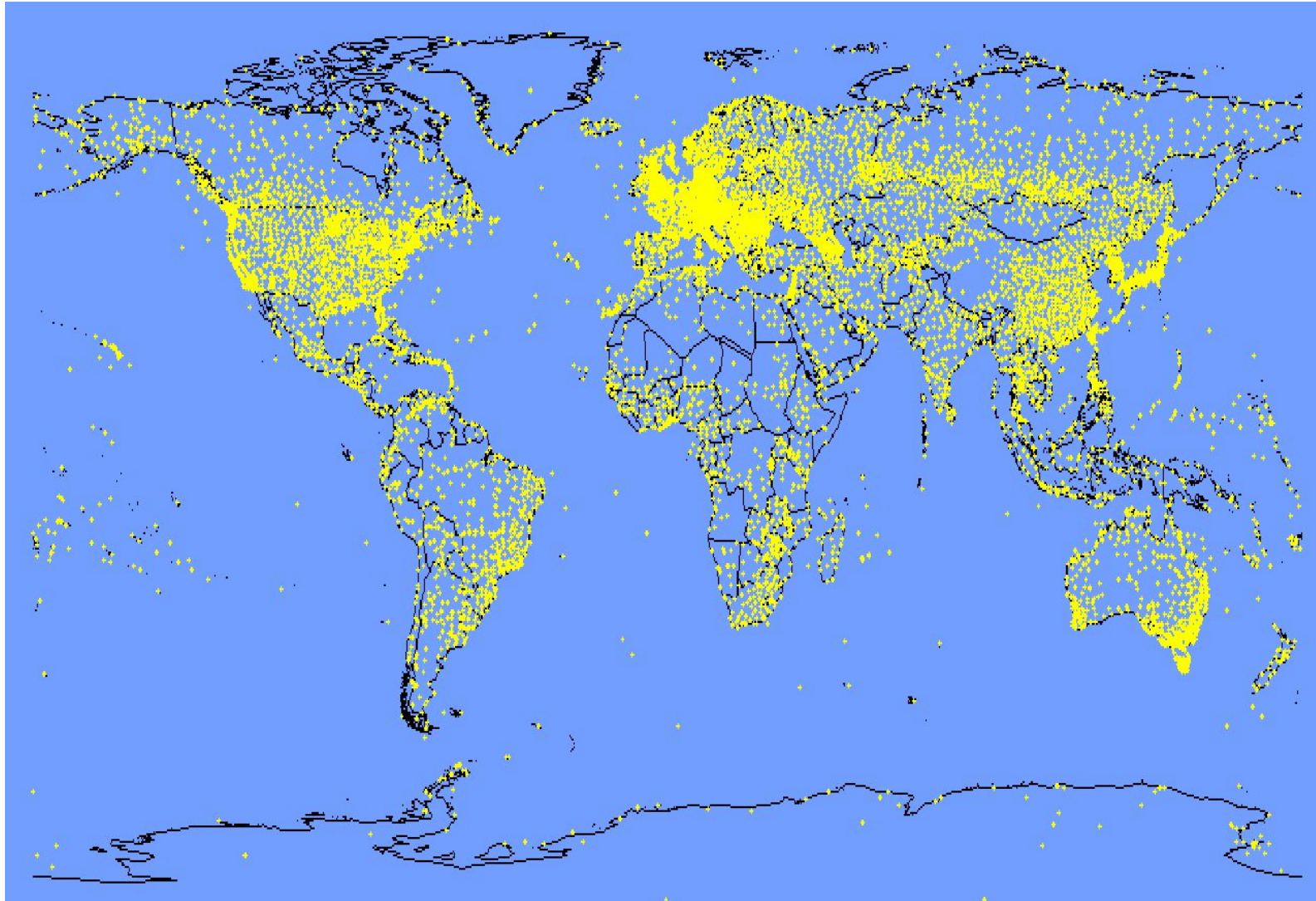
Изучение атмосферы осуществляет Всемирная метеорологическая организация, в которую входит и Россия.

- Наблюдения ведутся с поверхности Земли, воздушных шаров, искусственных спутников Земли. В атмосферу запускают радиозонды, метеорологические ракеты.
- Наука, изучающая атмосферу называется метеорология.
- Наука, составляющая прогноз погоды, называется синоптика.



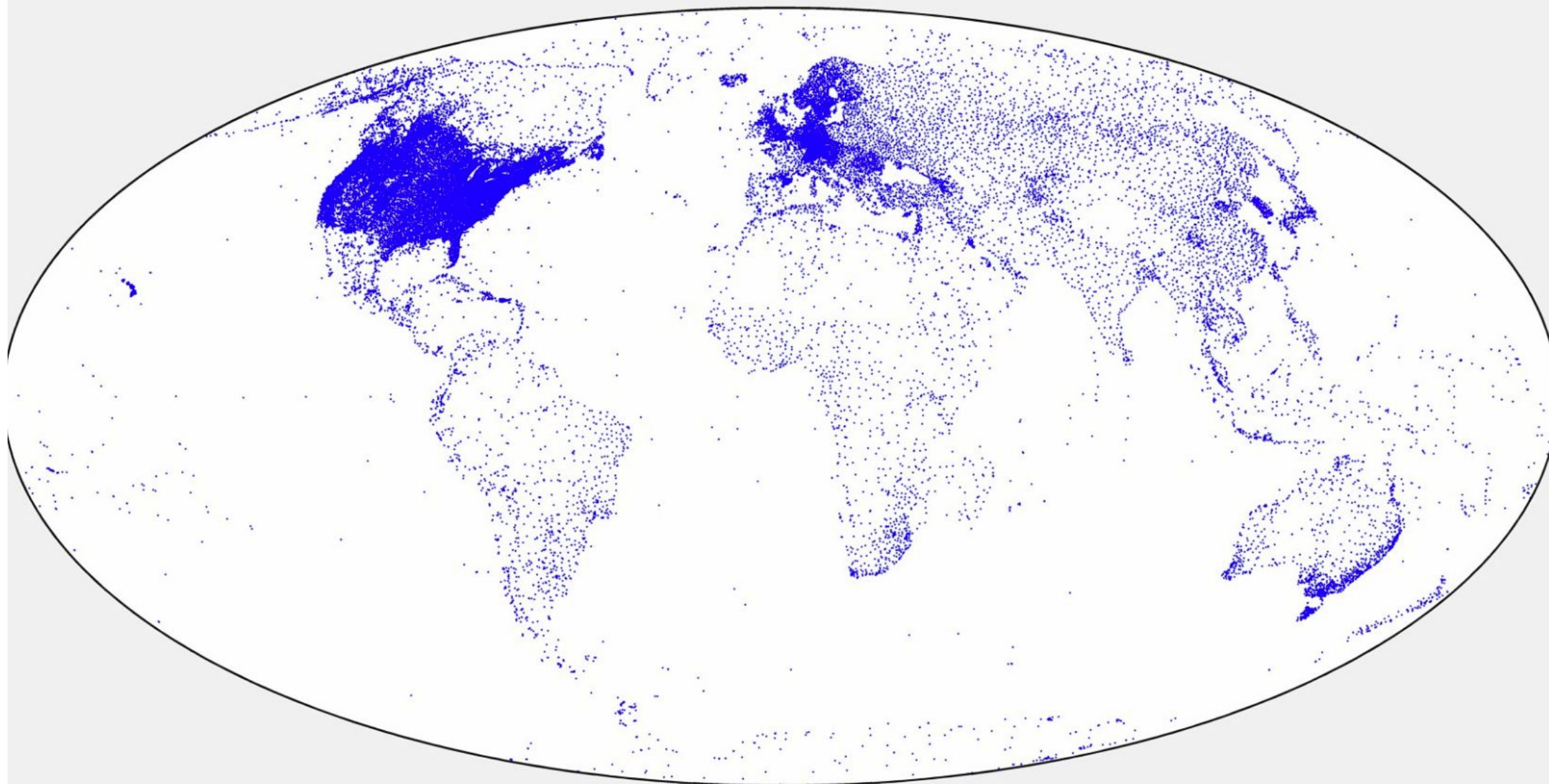


## Расположение метеорологических станций на Земле

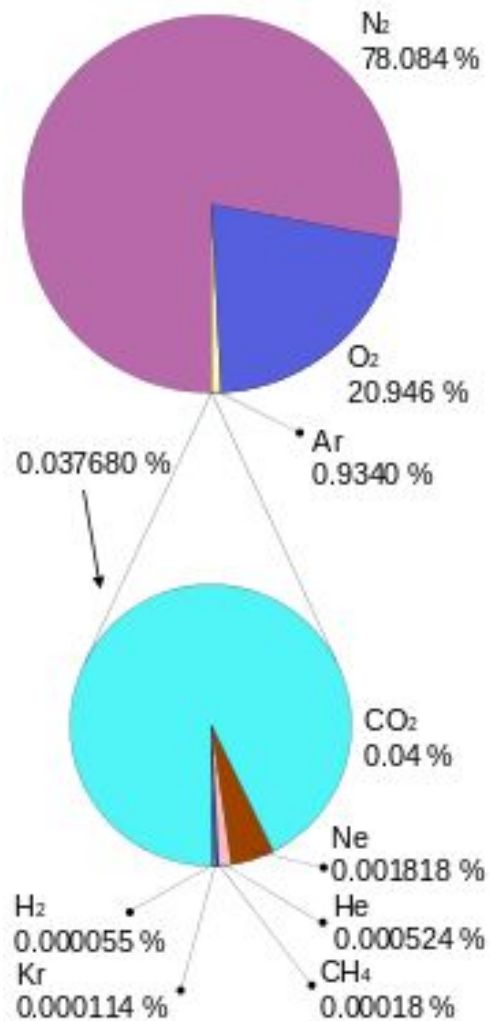


45 тыс.  
метостанций

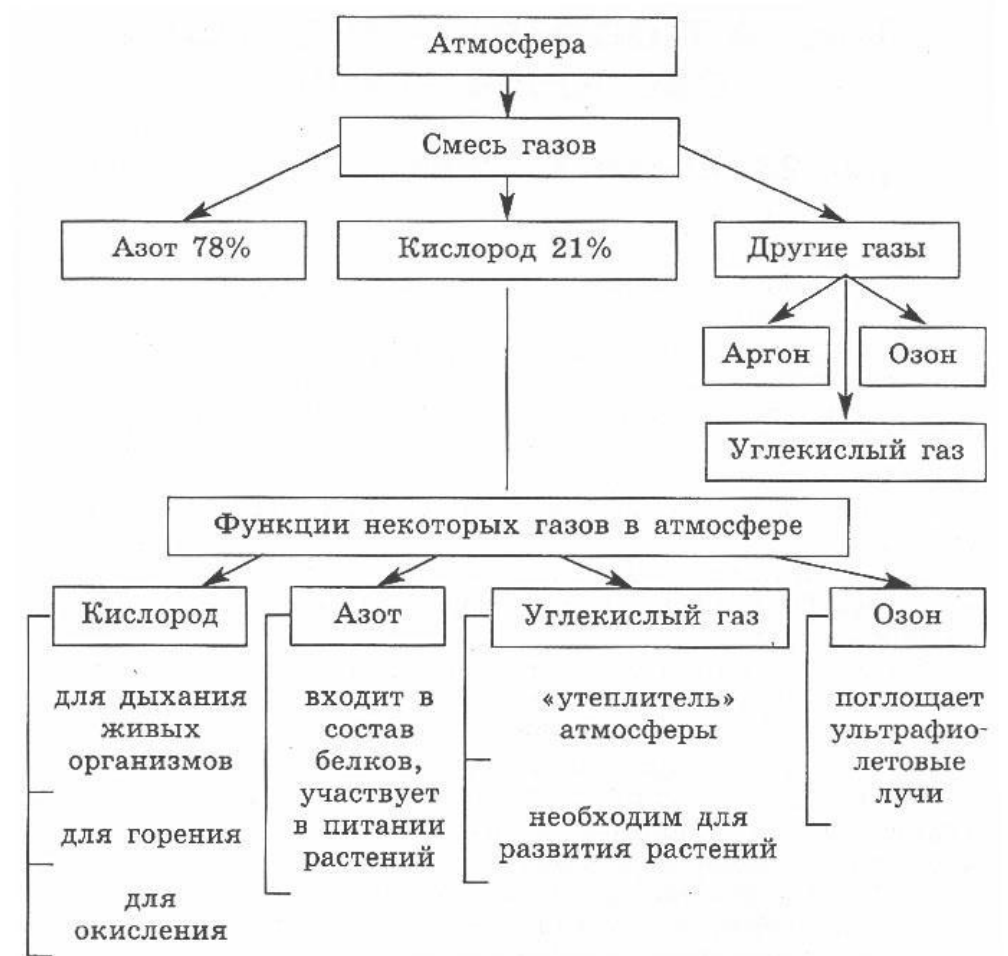
# Map of Weather Stations (and nothing else)







Газ	Содержание по объёму, %	Содержание по массе, %
<a href="#">Азот</a>	78,084	75,50
<a href="#">Кислород</a>	20,946	23,10
<a href="#">Аргон</a>	0,932	1,286
<a href="#">Углекислый газ</a>	$3,95 \cdot 10^{-2}$	—
<a href="#">Неон</a>	$1,82 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
<a href="#">Гелий</a>	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$7,2 \cdot 10^{-5}$
<a href="#">Метан<sup>[6]</sup></a>	$1,7 \cdot 10^{-4}$	—
<a href="#">Криптон</a>	$1,14 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$
<a href="#">Водород</a>	$5 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$
<a href="#">Ксенон</a>	$8,7 \cdot 10^{-6}$	—
<a href="#">Закись азота</a>	$5 \cdot 10^{-5}$	$7,7 \cdot 10^{-5}$



В настоящее время атмосфера Земли состоит в основном из газов и различных примесей (пыль, капли воды, кристаллы льда, морские соли, продукты горения).

Концентрация газов, составляющих атмосферу, практически постоянна, исключением воды (H<sub>2</sub>O) и углекислого газа (CO<sub>2</sub>).

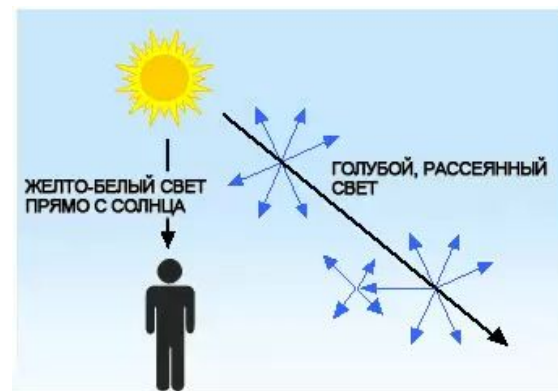




Безоблачные дневные небеса выглядят **синими**, потому что воздух, а точнее взвешенные частицы и флуктуации плотности в нем, рассеивают коротковолновый (синий) свет сильнее длинноволнового (красного).

Благодаря этому, если посмотреть на участок небес вне солнца, мы увидим голубой цвет — результат смешения большого количества синего и фиолетового цвета и малого количества других цветов.

Рассеянием света объясняется и **красный** цвет заката. Во время заката и рассвета световая волна проходит гораздо больший путь в атмосфере (по касательной к земной поверхности), нежели днём (по вертикали). Из-за этого большая часть синего и даже зелёного света уходит в стороны, в то время как прямой свет солнца, а также освещаемые им облака и небеса вблизи горизонта, окрашиваются в красные тона.



Суммарная масса воздуха в атмосфере — (5,1—5,3) · 10<sup>18</sup> кг. - 1/10000000 массы Земли

Половина массы атмосферы — в нижних 5 км;

¾ - в 10 км.

=> с подъемом вверх масса воздуха и давление уменьшатся

# ЗНАЧЕНИЕ АТМОСФЕРЫ



Защита от вредных космических излучений



Защита от метеоритов



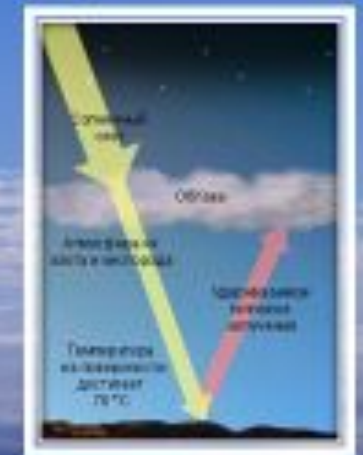
Условие для существования жизни



Образование осадков, ветра, звука

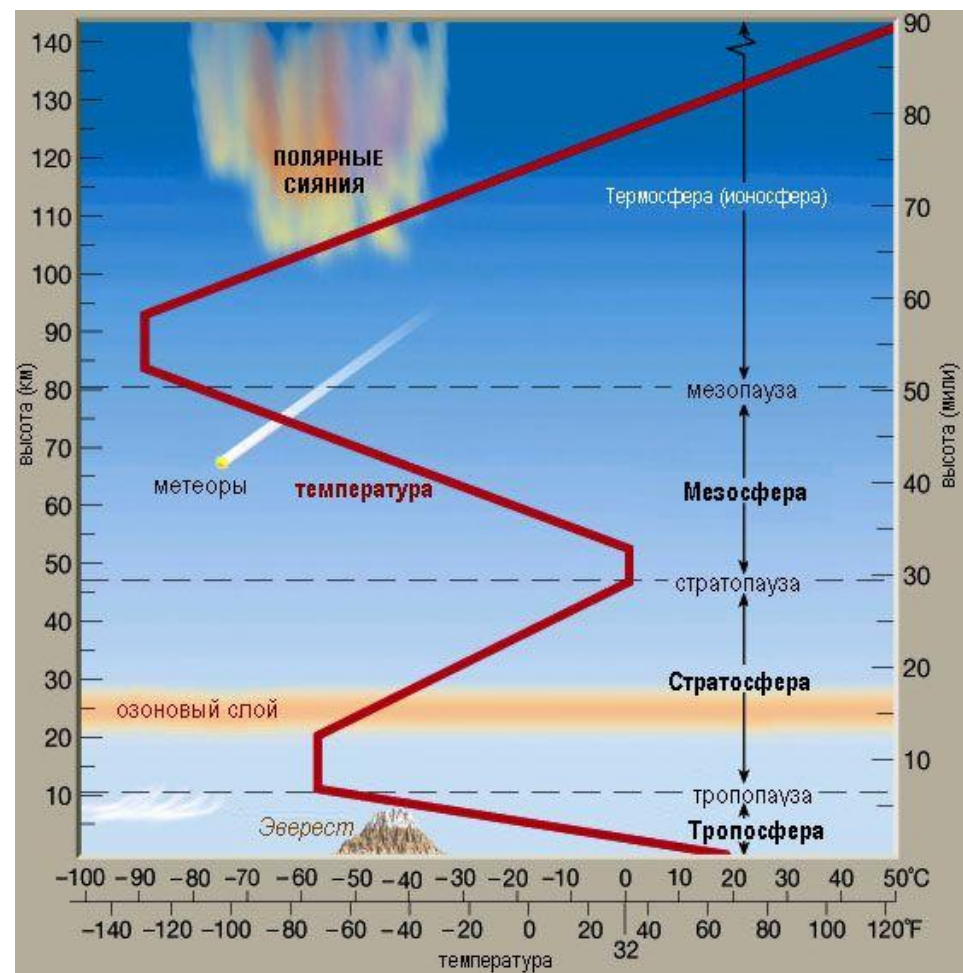


Выветривание горных пород



Защита от резких колебаний температур





**Тропосфера** содержит 4/5 кислорода всей Земли.

**Тропосфера** (др.-греч. *τρόπος* — «поворот», «изменение» и *σφαῖρα* — «шар») — нижний, наиболее изученный слой атмосферы, высотой в полярных областях 8—10 км, в умеренных широтах до 10—12 км, на экваторе — 16—18 км.

При подъёме в тропосфере температура понижается в среднем на 0,65 градуса через каждые 100 м.

В тропосфере


- сосредоточено более 80 % всей массы атмосферного воздуха, сильно развиты турбулентность и конвекция,
- сосредоточена преобладающая часть водяного пара, возникают облака,
- формируются и атмосферные фронты, развиваются циклоны и антициклоны,
- другие процессы, определяющие погоду и климат.

**Часть тропосферы, в пределах которой на земной поверхности возможно зарождение ледников, называется хиносфера**

Тропопауза (от греч. *τρόπος* — поворот, изменение и *παῖσις* — остановка, прекращение) — слой атмосферы, в котором происходит резкое снижение вертикального температурного градиента, переходный слой между тропосферой и стратосферой. В тропосфере температура воздуха уменьшается с высотой примерно на 0,5—0,7 °С на 100 м.

В 1902 году Леон Тейсерен де Бор обнаружил, что на некоторой высоте температура воздуха перестает понижаться и далее, с увеличением высоты, начинает повышаться. Он назвал эту границу «тропопаузой», и изобрел термин «стратосфера» — для атмосферы, которая находится выше границы, и «тропосфера» — для нижнего слоя





Слой снегов, дождей и ветров –  
Атмосферы слой живой,  
Восемнадцать километров  
Этот самый нижний слой.  
Есть здесь всё, но в большей мере –  
Кислород, азот,  
В малых долях – йод и гелий,  
Водород, неон, радон.

- На какую высоту поднялся самолёт? Если за его бортом температура – 30 градусов, а у поверхности Земли +12 градусов?
- Какая высота горы, если у подножия температура + 26 градусов, а на вершине – 10 градусов?
- Какова температура воздуха на Памире, если в июле у подножия она составляет + 36 градусов?

**Адиабатический**, или адиабатный процесс (от др.

греч. ἀδιάβατος «непроходимый») — термодинамический процесс в

макроскопической системе, при котором система не обменивается теплотой с окружающим пространством

## Адиабатические процессы в атмосфере

– изменение температуры и плотности в поднимающемся или опускающемся воздухе без обмена теплом с окружающей средой.

Обеспечивается за счет большой скорости протекания процесса и малой теплопроводности воздуха.

Описывается уравнением Пуассона:

$$\frac{T}{T_0} = \left( \frac{p}{p_0} \right)^{0,286}$$

Следствия из уравнения Пуассона:

- Если давление в поднимающемся или опускающемся воздухе изменяется от  $p_0$  до  $p$ , то температура изменяется от  $T_0$  до  $T$ .
- При подъеме воздуха воздействие на него атмосферного давления ослабевает, что приводит к увеличению объема этого воздуха, уменьшению его плотности и, как следствие, к понижению температуры.
- При опускании воздуха он испытывает на себе возрастающее воздействие атмосферного давления, что приводит к уменьшению объема этого воздуха, увеличению его плотности и, как следствие, к росту температуры.

# Адиабатические процессы в атмосфере

– изменение температуры и плотности в поднимающемся или опускающемся воздухе без обмена теплом с окружающей средой.

Обеспечивается за счет большой скорости протекания процесса и малой теплопроводности воздуха.

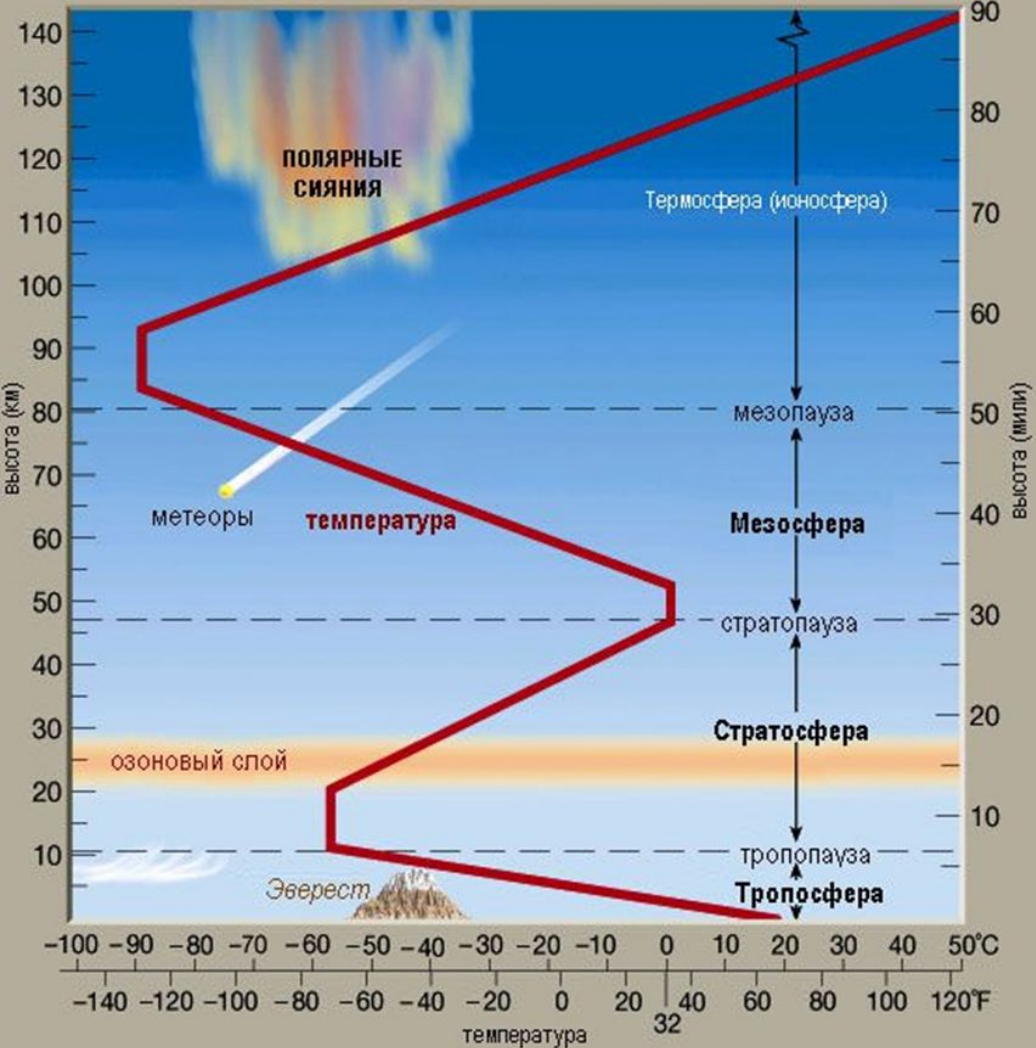
Описывается уравнением Пуассона:

$$\frac{T}{T_0} = \left( \frac{p}{p_0} \right)^{0,286}$$

Следствия из уравнения Пуассона:

- Если давление в поднимающемся или опускающемся воздухе изменяется от  $p_0$  до  $p$ , то температура изменяется от  $T_0$  до  $T$ .
- При подъеме воздуха воздействие на него атмосферного давления ослабевает, что приводит к увеличению объема этого воздуха, уменьшению его плотности и, как следствие, к понижению температуры.
- При опускании воздуха он испытывает на себе возрастающее воздействие атмосферного давления, что приводит к уменьшению объема этого воздуха, увеличению его плотности и, как следствие, к росту температуры.





**Стратосфэра** (от лат. stratum — настил, слой) — слой атмосферы, располагающийся на высоте от 11 до 50 км.

*Характерно незначительное изменение температуры в слое 11—25 км (нижний слой стратосферы) и повышение её в слое 25—40 км от  $-56,5$  до  $0,8$  °C (верхний слой стратосферы или область инверсии). Достигнув на высоте около 40 км значения около 273 K (почти 0 °C), температура остаётся постоянной до высоты около 55 км.*

**Озоновый экран** - на высоте от 15—20 до 55—60 км -верхний предел жизни в биосфере.

В стратосфере задерживается большая часть коротковолновой части ультрафиолетового излучения (180—200 нм) и происходит трансформация энергии коротких волн.

Под влиянием этих лучей изменяются магнитные поля, распадаются молекулы, происходит ионизация, новообразование газов и других химических соединений. Эти процессы можно наблюдать в виде северных сияний, зарниц и других свечений.

В стратосфере и более высоких слоях под воздействием солнечной радиации молекулы газов диссоциируют — на атомы (выше 80 км диссоциируют CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>, выше 150 км — O<sub>2</sub>, выше 300 км — N<sub>2</sub>). На высоте 200—500 км в ионосфере происходит также ионизация газов, на высоте 320 км концентрация заряжённых частиц (O<sup>+2</sup>, O<sup>-2</sup>, N<sup>+2</sup>)

**В стратосфере почти нет водяного пара.**

Стратопа́уза — слой атмосферы на высоте 50 — 55 км над уровнем моря , являющийся пограничным между двумя слоями, стратосферой и мезосферой. В стратосфере температура повышается увеличением высоты, а стратопауза является слоем, где температура достигает максимума. Температура стратопаузы — около 0 °C.

**Мезосфера** (от греч. *μεσο-* — «средний» и *σφαῖρα* — «шар», «сфера») — слой атмосферы на высотах от 40—50 до 80—90 км.

Характеризуется понижением температуры с высотой; максимум (0°C) температуры расположен на нижней границе, после чего температура начинает убывать до -70° или -80°C вблизи мезопаузы - переходного слоя к термосфере.

Газовый состав мезосферы, как и расположенных ниже атмосферных слоев, постоянен и содержит около 80 % азота и 20 % кислорода.

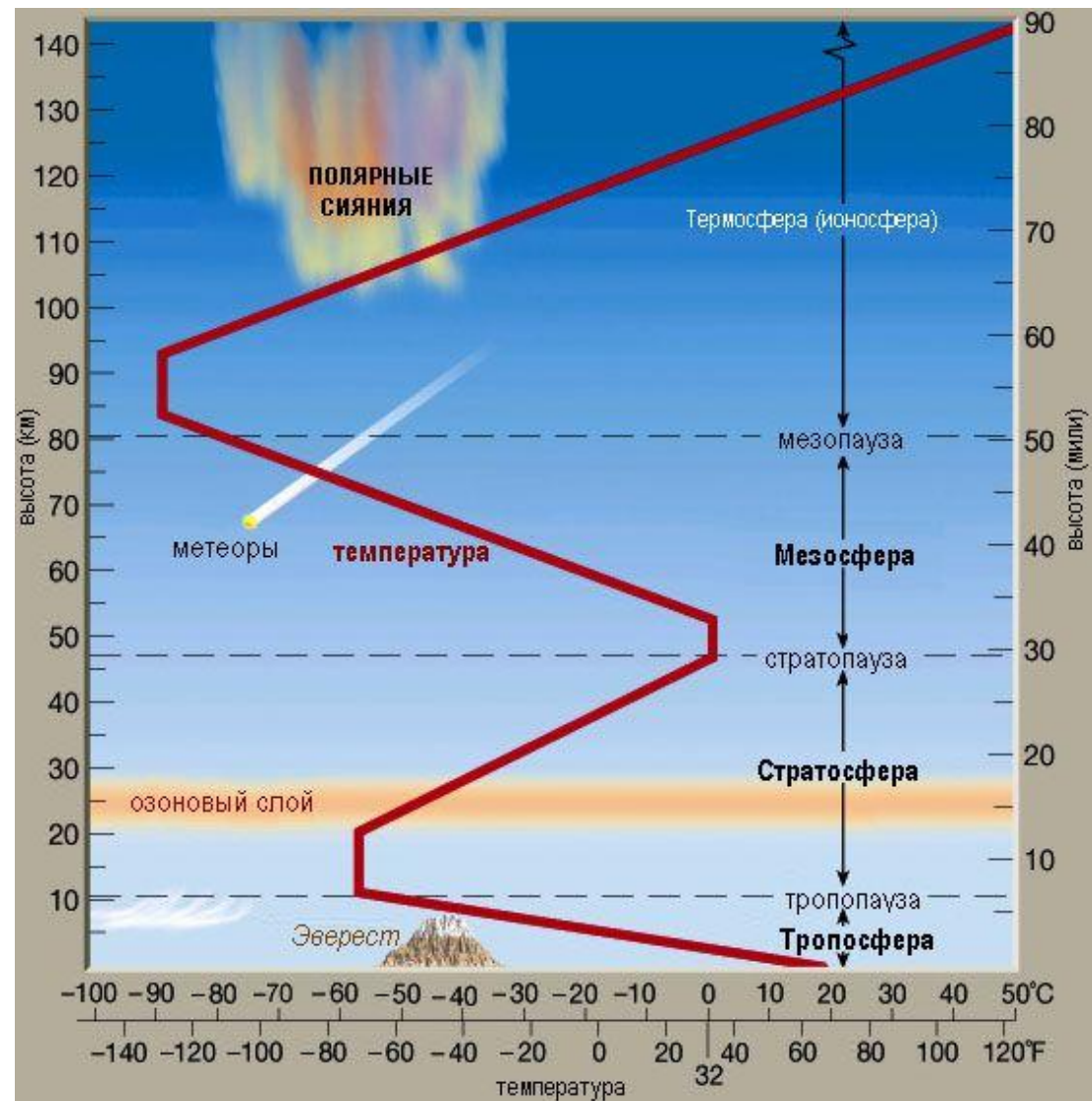
Метеоры начинают светиться и, как правило, полностью сгорают в мезосфере.

Летом в средних и высоких широтах на высотах 78-94 км из-за чрезвычайно низкой температуры воздуха иногда возникают серебристые облака.

**Мезопауза** — слой атмосферы, разделяющий мезосферу и термосферу. На Земле располагается на высоте 80—90 км над уровнем моря.

В мезопаузе находится температурный минимум, который составляет около -100 °C. Ниже (начиная от высоты около 50 км) температура падает с высотой, выше (до высоты около 400 км) — снова растёт. Мезопауза совпадает с нижней границей области активного поглощения рентгеновского и наиболее коротковолнового ультрафиолетового излучения Солнца. На этой высоте наблюдаются серебристые облака.

Мезопауза есть не только на Земле, но и на других планетах, имеющих атмосферу.



# ЦВЕТ МЕТЕОРОВ

В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИХ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА

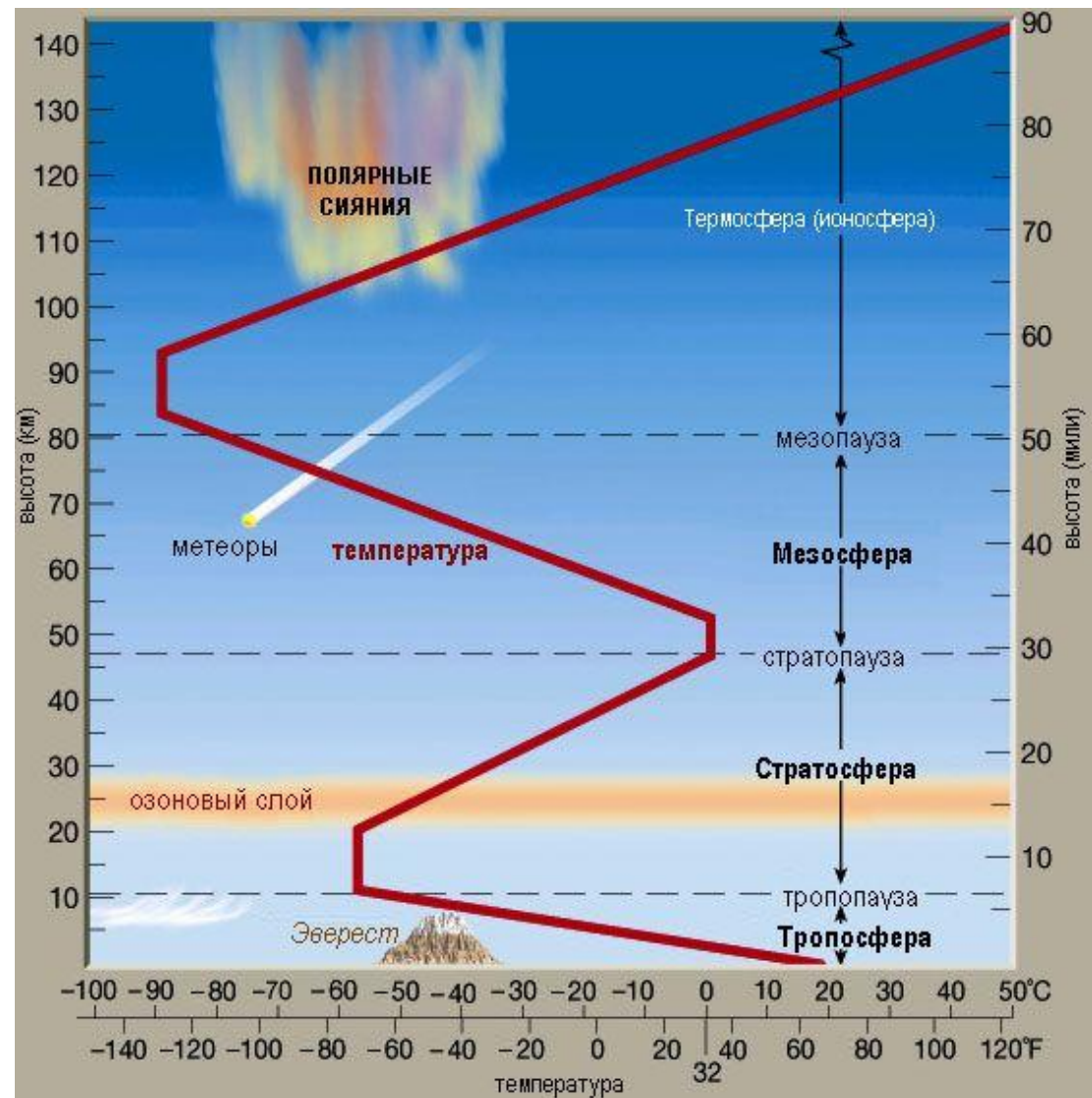




В определенное время года в полярных регионах Земли сразу после захода солнца иногда можно увидеть высоко в небе электрические-голубые облака - **серебристые или полярными мезосферными облака.**

Мезосферные облака возникают, когда кристаллы льда образуются на крошечных остатках метеоров в верхней атмосфере.

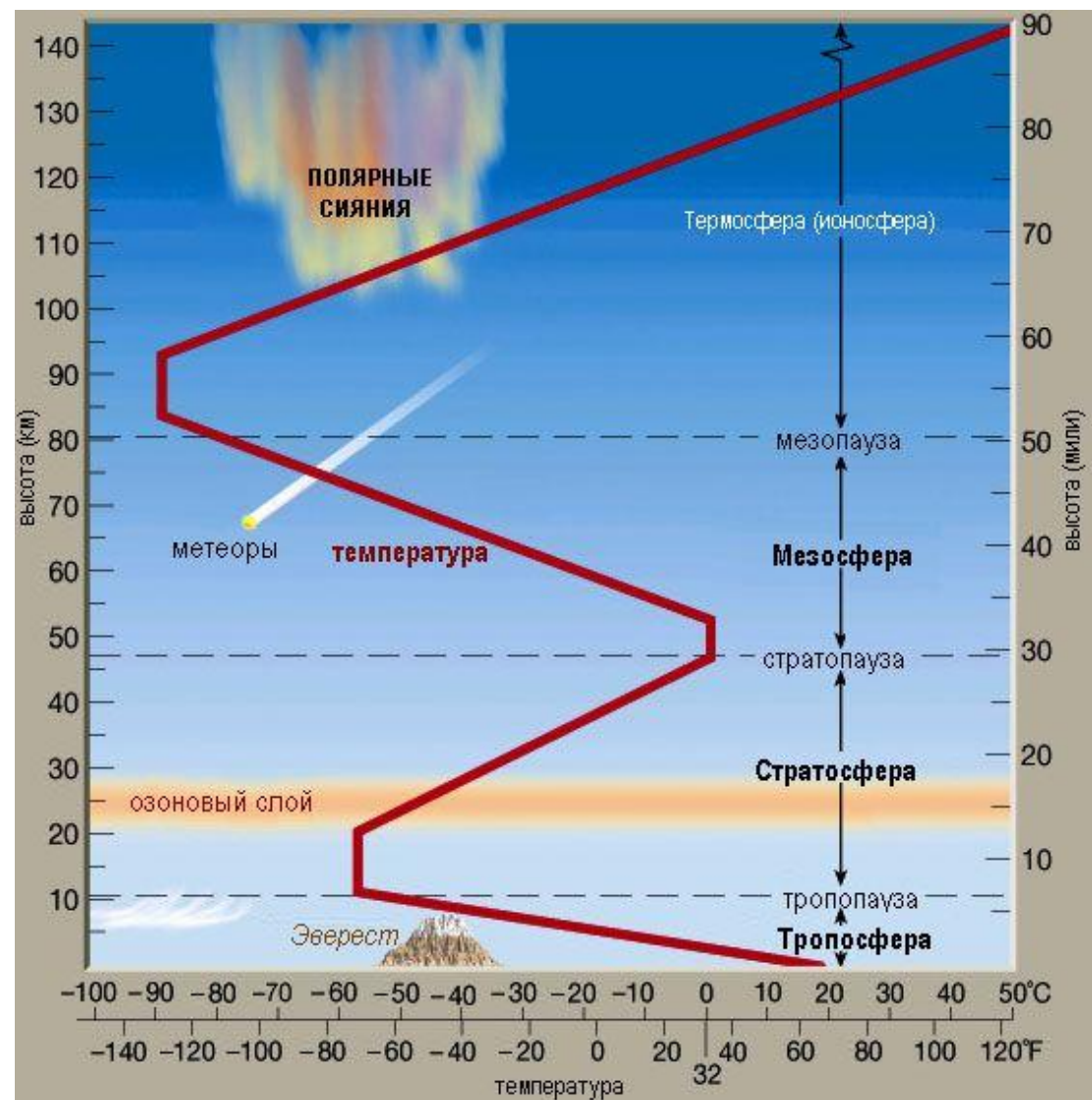




Термосфэра (от греч. θερμός — «тёплый» и σφαῖρα — «шар», «сфера») — слой атмосферы, следующий за мезосферой.

Начинается на высоте 80—90 км и простирается до 800 км. од действием ультрафиолетовой и рентгеновской солнечной радиации и космического излучения происходит ионизация воздуха — основные области ионосферы лежат внутри термосферы. На высотах свыше 300 км преобладает атомарный кислород

Термопауза (греч. νέρμη — и παύσις — прекращение) — верхний слой атмосферы планеты, расположенный над термосферой, характеризующийся переходом к постоянной температуре (с увеличением расстояния от планеты). Выше расположена экзосфера.



Экзосфэра (от др.-греч. ἔξω — «снаружи», «вне» и σφαῖρα — «шар», «сфера») — самая внешняя часть верхней атмосферы Земли и планет, характеризующаяся низкой концентрацией нейтральных атомов.

Протяжённую экзосферу планеты часто называют короной; она состоит из атомов водорода, «улетучивающихся» из верхней атмосферы. Корона Земли (геокоорона) распространяется вплоть до высот порядка 100 тыс. км

Экзосфера Земли состоит из ионизированного газа (плазмы). Нижняя и средняя части экзосферы в основном состоят из атомов O и N, с увеличением же высоты быстро растёт относительная концентрация лёгких газов, особенно ионизированного водорода.



Название слоя	Высота верхней границы	Характеристика слоя
<b>Тропосфера</b>	8—10 км в полярных, 10—12 км в умеренных и 16—18 км в тропических широтах; зимой ниже, чем летом	Нижний основной слой атмосферы. Содержит более 80% всей массы атмосферного воздуха и около 90% всего имеющегося в атмосфере водяного пара. В тропосфере сильно развиты турбулентность и конвекция, возникают облака, развиваются циклоны и антициклоны. Температура убывает с ростом высоты, со средним вертикальным градиентом $0,65^{\circ}/100$ м
<b>Тропопауза</b>	—	Переходной слой между тропосферой и стратосферой; толщина колеблется от нескольких сотен метров до 1-2 км. Зимой тропопауза ниже, чем летом; кроме того, высота тропопаузы колеблется при прохождении циклонов и антициклонов. Средняя температура над полюсом зимой около $-65^{\circ}\text{C}$ , летом около $-45^{\circ}\text{C}$ ; над экватором весь год около $-70^{\circ}\text{C}$ и ниже
<b>Стратосфера</b>	50-55 км	Температура с ростом высоты возрастает до уровня $0^{\circ}\text{C}$ . Малая турбулентность, ничтожное содержание водяного пара, повышенное по сравнению с ниже- и вышележащими слоями содержание озона (максимальная концентрация озона на высотах 20-25 км)
<b>Стратопауза</b>	—	Пограничный слой атмосферы между стратосферой и мезосферой. В вертикальном распределении температуры имеет место максимум (около $0^{\circ}\text{C}$ )
<b>Мезосфера</b>	80—85 км	Температура с высотой понижается со средним вертикальным градиентом $(0,25-0,3)^{\circ}/100$ м. Основным энергетическим процессом является лучистый теплообмен. Сложные фотохимические процессы с участием свободных радикалов, колебательно возбуждённых молекул и т. д. обуславливают свечение атмосферы
<b>Мезопауза</b>	—	Переходной слой между мезосферой и термосферой. В вертикальном распределении температуры имеет место минимум (около $-90^{\circ}\text{C}$ )

<b>Линия Кармана</b>	100 км. над уровнем моря	Высота над уровнем моря, которая условно принимается в качестве границы между атмосферой Земли и космосом. В соответствии с определением Международной авиационной федерации.
<b>Термосфера</b>	Ок. 800 км	Температура растёт до высот 200 — 300 км, где достигает значений порядка 1500 К, после чего остаётся почти постоянной до больших высот. Под действием ультрафиолетовой и рентгеновской солнечной радиации и космического излучения происходит ионизация воздуха — основные области ионосферы лежат внутри термосферы. На высотах свыше 300 км преобладает атомарный кислород
<b>Термопауза</b>	—	Область атмосферы, прилегающая сверху к термосфере. В этой области поглощение солнечного излучения незначительно и температура фактически не меняется с высотой.
<b>Экзосфера (сфера рассеяния)</b>	—	Внешний слой атмосферы, из которого, быстро движущиеся лёгкие атомы водорода могут вылетать (ускользнуть) в космическое пространство. Температура достигает уровня более 3000 К. На больших расстояниях от Земли (2 - 3 тыс. км и более) нейтральную экзосферу образуют почти исключительно атомы водорода, на более низких высотах заметную долю составляют атомы гелия, а ещё ниже — также и атомы кислорода

# Игра «Где я нахожусь»

- Теперь мы летаем на воздушном шаре над Землёй.
- 1) Сейчас мы находимся в том месте, где при температуре 0 градусов масса 1 куб. метра воздуха равна 1 кг 175 г.  
(Тропосфера у поверхности Земли, т. е. на уровне моря).
- 2) Теперь вы находитесь на высоте, где температура воздуха - 6 градусов при температуре у поверхности Земли 0 градусов.  
(Тропосфера на высоте 1 км над уровнем моря)
- 3) Вы успели достичь максимальной концентрации озона, где его плотность в 10 раз больше его плотности у земной поверхности. Не забудьте, что воздух здесь сильно разрежен.  
(Стратосфера на высоте около 25 км над уровнем моря)
- 4) Мы снова опустились – на этот раз туда, где температура воздуха, при нулевой температуре у поверхности Земли, достигает -18 градусов.  
(Тропосфера на высоте 3 км над уровнем моря)
- 5) Мы достигли максимальной для воздушного шара высоты - 40 км. Здесь 1 куб. метр воздуха весит всего 4 г.  
(Стратосфера)
- Срочно спускаемся, здесь нельзя долго находиться.
- Итак, мы успешно завершили полёт на воздушном шаре.



## «Что за числа?»

Есть ли, дети, одеяло,  
Чтоб всю Землю укрывало?  
Чтоб его на всех хватило,  
Да притом не видно было?  
Ни сложить, не развернуть,  
Ни пощупать, ни взглянуть?  
Пропускало б дождь и свет,  
Есть, а вроде бы и нет?!

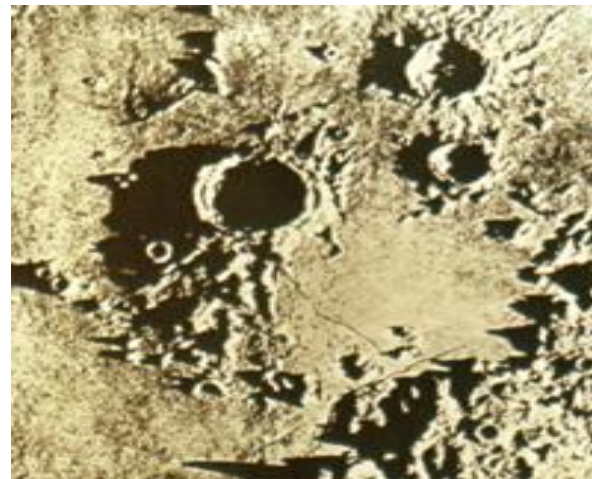
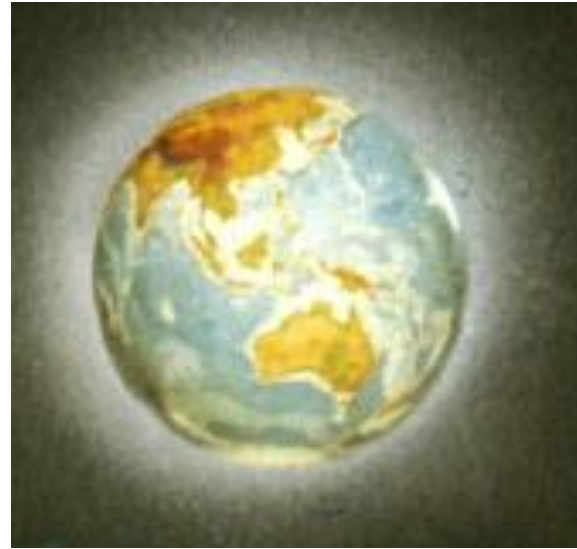
**Запишите ответ**

---

- 2000 км - толщина атмосферы.
- 78% - азот.
- 21% - кислород.
- 1% - прочие газы.
- 18км – толщина тропосферы над экватором.
- 50 -55км-верхняя граница стратосферы.
- 6 градусов – понижение температуры на каждый 1000км.

# Что произошло бы на Земле, если бы воздушная атмосфера вдруг исчезла?

- На Земле установилась бы температура  $-170^{\circ}\text{C}$
- Наступила полная тишина
- Небо стало бы черным
- Погибло всё живое





99,5% массы атмосферы

