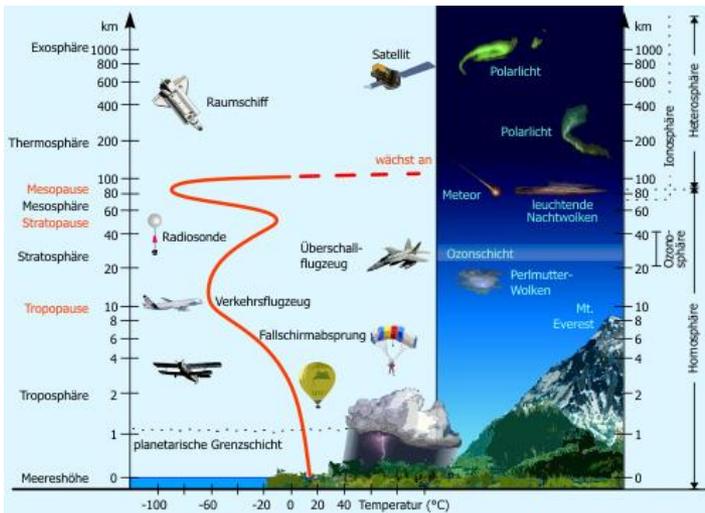




*Тема*

# Атмосфера



# 1. Строение, состав, значение атмосферы



- **Тропосфера:** 0-18 км, «фабрика погоды» - здесь формируются облака и все виды осадков, происходят горизонтальные (ветер) и вертикальные (конвекция) движения воздуха, температура опускается до  $-55^{\circ}\text{C}$  (на  $0,6^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 м) .
- **Тропопауза:** 1-2 км,  $-92^{\circ}\text{C}$ .
- **Стратосфера:** до 55 км, на высоте 22-25 км расположен озоновый слой, на высоте 20-26 км образуются перламутровые облака, ветер 60-100 м/с , температура поднимается.
- **Стратопауза:** 1-2 км,  $0^{\circ}\text{C}$ .
- **Мезосфера:** до 85 км, температура опускается до  $-110^{\circ}\text{C}$ , на высоте 75-80 км образуются серебристые облака.
- **Мезопауза:** 1-2 км, давление в тысячу раз меньше чем у земной поверхности.

- **Термосфера:** до 800-1000 км, поглощает рентгеновское излучение солнечной короны, температура резко возрастает до 1500 °С, на высоте 100-120 км сгорают метеоры, на высоте 800-1000 км происходят полярные сияния.
- **Термопауза:** 1-2 км.
- **Экзосфера:** до 2000-3000 км, температура 2000 -1500°С, скорость движения частиц до 11200 м/с.
- **Земная корона (магнитосфера):** до 20 000 км.
- **Радиационный пояс Земли:** до десятков тыс. км.
- Первые три слоя (тропосфера, стратосфера, мезосфера) заряжены нейтрально и образуют **нейтросферу**.
- Термосфера и экзосфера заряжены отрицательно и образуют **ионосферу** (здесь магнитные бури, полярные сияния, возможна радиосвязь).

# Состав атмосферы

- Азот ( $N_2$ ) – 78 %
- Кислород ( $O_2$ ) – 21 %
- Аргон (Ar) – 0,93 %
- Углекислый газ ( $CO_2$ ) – 0,03%
- Водяной пар ( $H_2O$ ) – до 4 %
- В ничтожных количествах:  $H_2$ , He, Ne,  $CH_4$ , Kr,  $NO_2$ , Xe,  $O_3$ ,  $SO_2$ ,  $NH_3$ , CO, Rn и др.
- Твердые частицы (аэрозоли) - пыль, кристаллы соли, цветочная пыльца.
- Такой состав сохраняется до высоты 100 км, выше происходит расслоение газов по плотности.

# Функции газов атмосферы

- **Азот:** регулирует интенсивность окислительных процессов, входит в состав белков и нуклеиновых кислот, обеспечивает минеральное питание растений.
- **Кислород:** источник энергии для живых организмов, участвует в процессах окисления и горения.
- **Озон:** образует озоновый экран, защищающий живые организмы от жесткого ультрафиолетового излучения.

# Функции газов атмосферы

- **Углекислый газ:** задерживает длинноволновое тепловое излучение земной поверхности (парниковый газ), но свободно пропускает коротковолновую солнечную радиацию; является строительным материалом для построения органического вещества растениями в процессе фотосинтеза.
- **Водяной пар:** участвует в передаче энергии разным слоям атмосферы, задерживает тепло (парниковый газ), является составной частью круговорота воды.

# Значение атмосферы

- Атмосфера защищает живые организмы от ультрафиолетовой солнечной радиации, солнечного ветра, космических лучей.
- Предохраняет от перегревания днем и переохлаждения ночью.
- Защищает от небольших метеоритов.
- В ней переносится влага, передается свет, звук.
- Содержит газы необходимые для жизни.

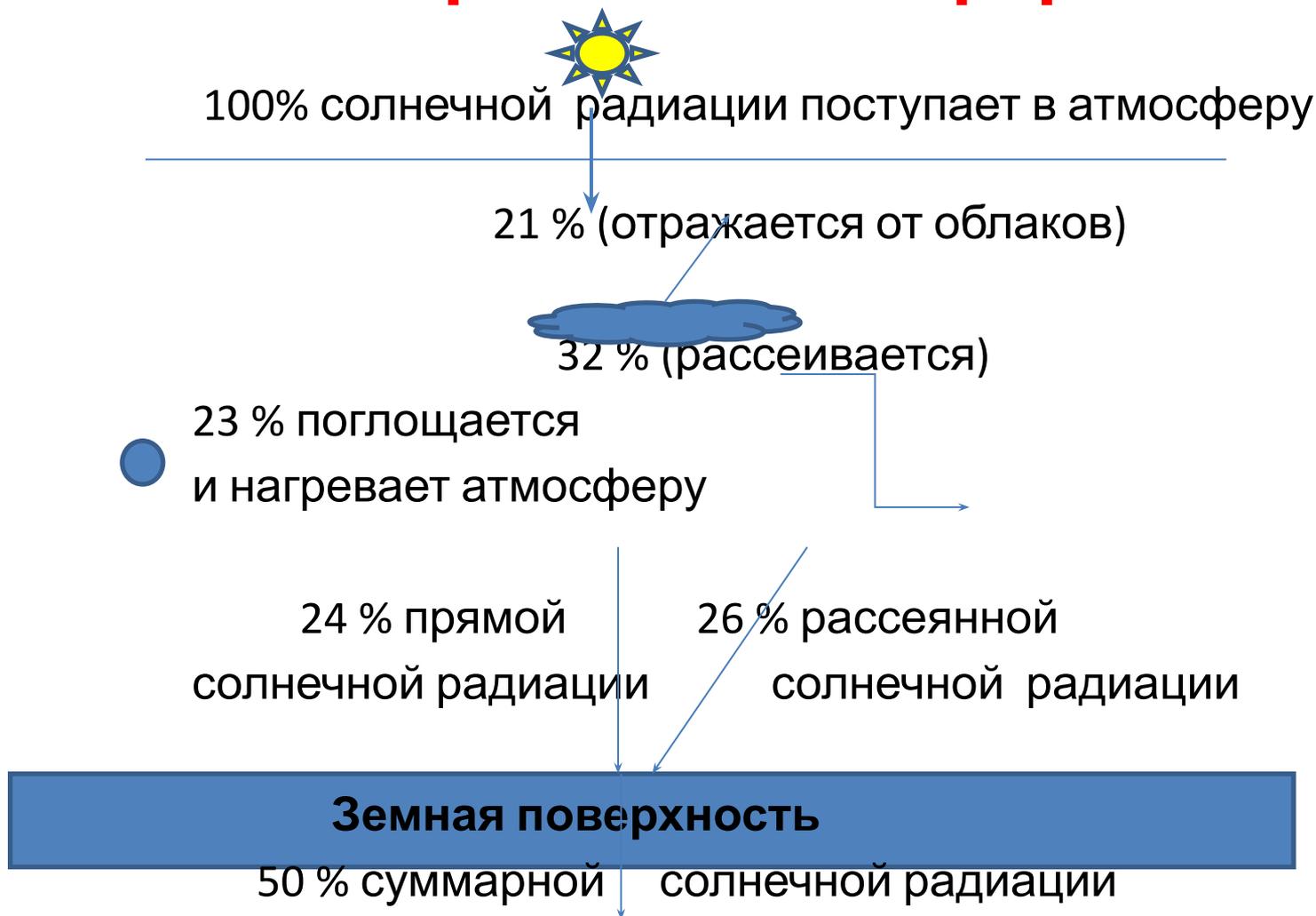
# Охрана атмосферы

- Запрет на производство и использование фреонов, которые разрушают озоновый экран (Международный Монреальский договор 1987 г).
- Ограничение выбросов углекислого газа для предотвращения глобального потепления и таяния ледников (Международный Киотский договор 2005 г.) и др.

## 2. Солнечная радиация

- **Солнечная радиация** – главная движущая большинства процессов в географической оболочке.
- **Состав солнечной радиации:**
  - 9 % - ультрафиолетовое излучение;
  - 43 % - инфракрасное излучение;
  - 47 % - видимое излучение;
  - 1 % - рентгеновские лучи и радиоволны.

# Тепловой режим атмосферы



# Распределение солнечной радиации на земной поверхности

- **Зональность:** убывание радиации от экватора к полюсам (от 8000 до 2500 МДж/м<sup>2</sup> в год) в соответствии с уменьшением угла падения солнечных лучей.
- **Зональность лучше выражена над океанами,** чем над материками.
- Величина радиации зависит **от облачности и прозрачности атмосферы,** поэтому больше всего радиации в тропиках (здесь сухой прозрачный воздух), а на экваторе меньше (там больше облачность).
- **Материки получают больше солнечной радиации, чем океаны** (больше облачность), поэтому Южное полушарие (океаническое) получает меньше солнечной радиации, чем Северное (материковое).

- Часть суммарной солнечной радиации, **отражается** от земной поверхности (около 3 %).
- Отношение отраженной радиации (R) к суммарной (S) называется **альбедо поверхности** (A):  $A = (R/S) \times 100\%$ .
- **Альбедо зависит** от свойств поверхности (цвета, шероховатости, влажности): у снега - 80-90%, у песка – 40 %, у чернозема – 5 %.
- В целом планетарное альбедо Земли - 30 % (21% отражается от облаков, 6 % рассеивается, 3 % отражается от земной поверхности).

# Тепловое излучение земной поверхности

- Земная поверхность поглощает солнечную радиацию, нагревается и сама становится источником **теплого излучения ( $E_z$ )**.
- Тепловое излучение земной поверхности задерживает атмосфера, нагревается и сама излучает **тепло ( $E_a$ )** по направлению к земной поверхности.

# Эффективное излучение

- Разница теплового излучения земной поверхности  $E_z$  и встречного теплового излучения атмосферы  $E_a$  называется **эффективным излучением  $E_{эф}$ :  $E_{эф} = E_z - E_a$ .**
- **Эффективное излучение показывает фактические потери тепла земной поверхностью.**
- Способность атмосферы пропускать солнечную радиацию и задерживать тепловое излучение Земли называют **парниковым эффектом.**

# Радиационный и тепловой балансы

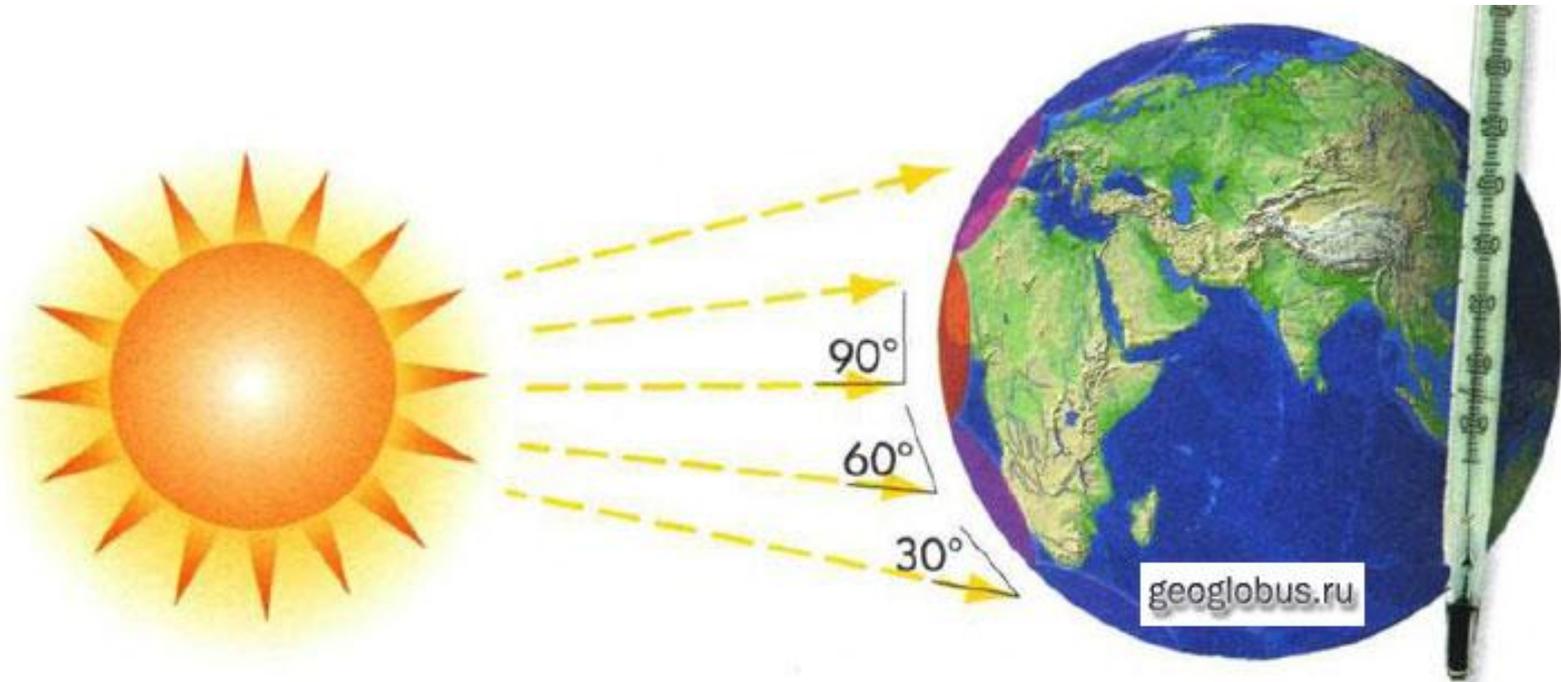
- **Радиационный баланс** – это разность между поглощенной радиацией и эффективным излучением:  $B = S - R - E_{\text{эф}}$  ( $S$  – суммарная радиация,  $R$  – отраженная радиация,  $E_{\text{эф}}$  – эффективное излучение).
- Радиационный баланс почти везде на Земле положителен (кроме Антарктиды и Гренландии).
- Над океаном радиационный баланс больше, чем над материками (т.к. меньше  $E_{\text{эф}}$  и альбедо).
- Океану принадлежит ведущая роль в тепловом режиме Земли (т.к. он занимает 71 %

- Разница в тепловом балансе между океаном и материками приводит к **постоянному обмену теплом.**
- Зимой происходит **активизация атмосферных процессов** – приток тепла из экваториальных широт в умеренные, где колебания теплового баланса в течение года значительны.
- Радиационный баланс является составной частью **теплового баланса.**

- **Тепловой баланс земной поверхности** – это алгебраическая сумма всех приходов и расходов тепла на земной поверхности. Он равен нулю.
- **Радиационный баланс уравнивается нерадиационными формами передачи энергии:** турбулентным теплообменом, молекулярной теплопроводностью и расходом энергии на испарение:  $B = E_{\text{исп}} + E_{\text{турб}} + E_{\text{нагр}}$ .
- Земля находится в состоянии **теплового и лучистого равновесия**.

# 3. Температура воздуха.

## Распределение температуры по земной поверхности.



Интенсивность нагрева поверхности Земли в зависимости от падения солнечных лучей

 — области, где солнечные лучи сильно нагревают поверхность Земли

 — области, где солнечные лучи нагревают поверхность Земли слабее

 — области, где солнечные лучи почти не нагревают Землю

- **Температура воздуха** - одна из важнейших характеристик атмосферы и показатель климата.
- **Распределение температуры воздуха** в горизонтальном и вертикальном направлении **определяет тепловой режим атмосферы.**
- **Измерение температуры** производится **термометрами** в метеорологических будках, на высоте 2 м от поверхности земли.
- Распределение температур изображается на климатических картах с помощью **изотерм** - линий, соединяющих точки с одинаковыми средними значениями температур за определенный промежуток времени.

- **Суточный ход температуры** – изменение температуры в течение суток.
- **Суточная амплитуда температур** – разность максимального и минимального значений температуры в течение суток.
- **Суточная амплитуда зависит** от широты места, времени года, характера поверхности, облачности, влажности, рельефа, высоты места, типа растительности.

- **Годовой ход температуры** – изменение температуры в течение года.
- Годовой ход температуры **зависит от широты места**. От полюсов к экватору становится более плавным.
- **Годовая амплитуда температур** – разность среднемесячных температур самого теплого и самого холодного месяцев. От экватора к полюсам увеличивается. Над сушей она больше, чем над океанами.

- Выделяют **четыре типа годового хода температуры:**
- **Экваториальный тип:** температура весь год положительная, годовая амплитуда – 1-5 °С.
- **Тропический тип:** температура весь год положительная, годовая амплитуда – 5-20 °С.
- **Умеренный тип:** выделяют четыре сезона года, температура в холодный сезон отрицательная, годовая амплитуда – 10-60 °С.
- **Полярный тип:** температура почти весь год отрицательная, годовая амплитуда – 25-65 °С.

- **Самое теплое место на Земле:** южная часть Красного моря (среднегодовая температура  $+32^{\circ}\text{C}$ ).
- **Самое холодное место на Земле:** Восточная Антарктида (среднегодовая температура  $-55^{\circ}\text{C}$ ).
- Самая тёплая параллель:  **$10^{\circ}$  с.ш. – термический экватор** ( $+27^{\circ}\text{C}$ ).
- **Максимальная температура** зарегистрирована:
  - в южном полушарии – в Австралии ( $+51^{\circ}\text{C}$ ).
  - в северном полушарии – в Ливии ( $+58^{\circ}\text{C}$ ).
- **Минимальная температура** зарегистрирована:
  - в южном полушарии – в Антарктиде ( $-89^{\circ}\text{C}$ ).
  - в северном полушарии – в Якутии ( $-71^{\circ}\text{C}$ ).

## **Факторы, влияющие на распределение температур:**

- **широта места;**
- **характер поверхности (суша или океан);**
- **наличие снежного и ледяного покрова;**
- **горные хребты;**
- **морские течения;**
- **общая циркуляция атмосферы.**

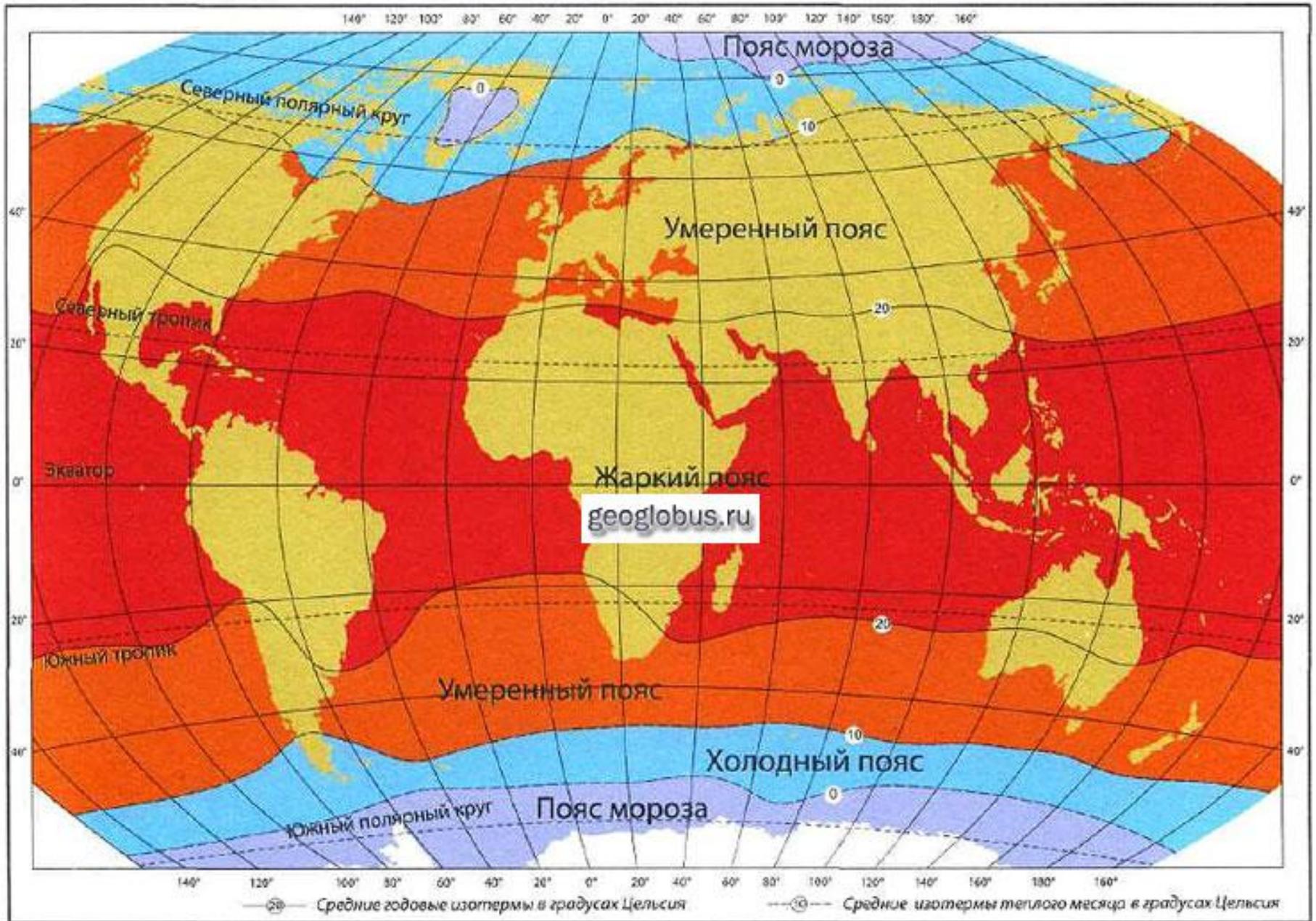
# **Закономерности в распределении температуры**

- **Уменьшение температуры от экватора к полюсам.**
- **Самые высокие температуры – в тропических широтах (термический экватор 10 °с.ш.).**
- **В южном полушарии ход температур более плавный (из-за океана).**

# Тепловые пояса Земли

- **Их семь:** 1 жаркий, 2 умеренных, 2 холодных, 2 морозных.
- **Границами поясов** являются **изотермы**.
- **Жаркий пояс** ограничен с севера и юга среднегодовыми изотермами  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- **Умеренные пояса:** ограничены изотермами  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  самого теплого месяца.
- **Холодные пояса:** находятся между изотермами  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  самого теплого месяца.
- **Морозные пояса:** все остальное пространство от изотерм  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до полюсов.

# Тепловые пояса Земли



# Влага в атмосфере. Испарение

- В атмосфере содержится **14000 м<sup>3</sup> воды** в жидком, твердом и газообразном состоянии.
- Влага попадает в атмосферу **при испарении** с поверхности океанов, морей, озёр, рек, ледников, болот, почвы, растений.
- **Испарение** – поступление водяного пара в атмосферу в единицу времени (фактическое количество испарившейся воды).
- **Испаряемость** – максимально возможное испарение, неограниченное запасами влаги.

**Испарение и испаряемость** измеряют в мм слоя воды, испарившейся за определенный период времени (сутки, месяц, год).

### **Испарению способствуют:**

- высокая температура;
- значительная скорость ветра;
- низкая влажность.

### **Влияют на испарение:**

- рельеф;
- характер поверхности;
- растительный покров;
- цвет и состав почвы.

- **Испарение и испаряемость подчиняются законам зональности:**
- **на экваторе** - испарение и испаряемость 1000 мм в год;
- **в тропиках** - над теплыми течениями испарение 3000 мм в год, в пустынях 100 мм (а испаряемость 3000 мм);
- **над материками** в тропических и умеренных широтах - испарение 400-700 мм в год и уменьшается от экватора к полюсам из-за уменьшения температуры;
- **в полярных широтах** - испарение и испаряемость маленькие (100-200 мм в год).

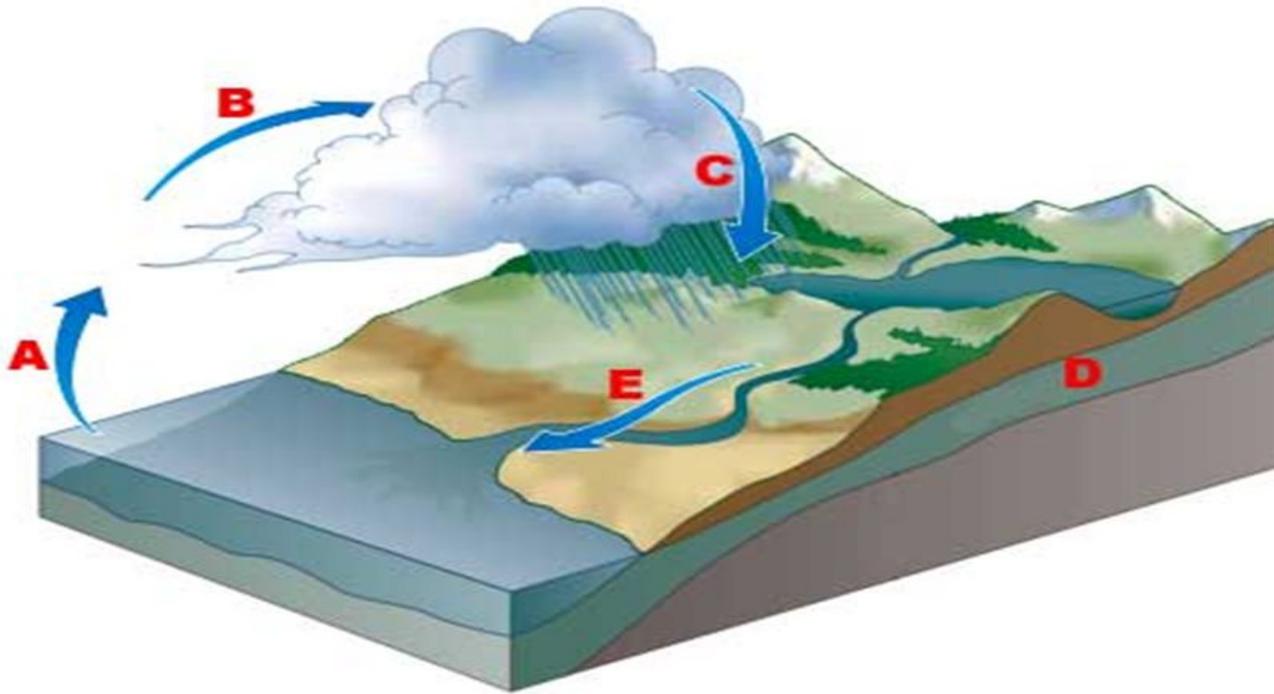
- **Влажность воздуха** – содержание в воздухе водяного пара. Измеряется психрометром и гигрометром.
- **Абсолютная влажность** – масса водяного пара (в граммах) в  $1 \text{ м}^3$  воздуха (измеряется в  $\text{г/м}^3$ ). Зависит от температуры. Определяет количество осадков: чем она выше, тем обильнее осадки.
- **Максимальная абсолютная влажность** – наибольшее количество водяного пара, которое может содержаться в воздухе при данной температуре (в  $\text{г/м}^3$ ).

- **Относительная влажность** – отношение абсолютной влажности к максимальной абсолютной влажности (в %). Чем она выше, тем воздух ближе к насыщению и конденсации.
- **Точка росы** – температура, при которой содержание водяного пара в воздухе достигает насыщения и начинается конденсация (относительная влажность 100%).

- В **распределении влажности** наблюдается зональность.
- **Абсолютная влажность** убывает от экватора к полюсам.
- Распределение **относительной влажности:**
  - **на экваторе** - 80-85%;
  - **в тропиках** - 70 % (в пустынях - 60%);
  - **в умеренных широтах** - 70-80%
  - **В полярных широтах** – 80-85%.

# Образование облаков

- Воздух, содержащий водяной пар, легче сухого, поэтому он поднимается вверх. При этом охлаждается и достигает точки росы, при которой начинается **конденсация**.



- **Конденсация** – переход вещества из газообразного в жидкое состояние.
- **Сублимация** – переход из газообразного в твердое состояние (для воды – при  $-40^{\circ}\text{C}$ ).
- Образование капель происходит на **ядрах конденсации** - аэрозольных примесях, содержащихся в воздухе (пыль и т.п.).
- **В результате конденсации и сублимации образуются облака, туман и наземные гидрометеоры.**

- **Облака** – видимое скопление капель и кристаллов льда на некоторой высоте в тропосфере.
- **Облачность** – степень покрытия неба облаками. Измеряется по 10-балльной шкале.
- Облака можно классифицировать **по агрегатному состоянию:**
  - водяные ( $>-10^{\circ}\text{C}$ );
  - ледяные ( $<-30^{\circ}\text{C}$ );
  - смешанные (от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $-30^{\circ}\text{C}$  ).
- Принята **международная классификация облаков по внешнему виду (10 родов) и высоте развития (4 яруса).**

# Облака верхнего яруса (> 6 км)



**Перистые**  
*Высота 6-12 км*



**Перисто-  
слоистые**  
*Высота 8-11 км*



**Перисто-  
кучевые**  
*Высота 8-11 км*

# Облака среднего яруса (2-6 км)



**Высоко-  
кучевые**

(волновая форма)

*Высота 3-6 км*



**Высоко-  
слоистые**

(грядовая форма)

*Высота 2-6 км*

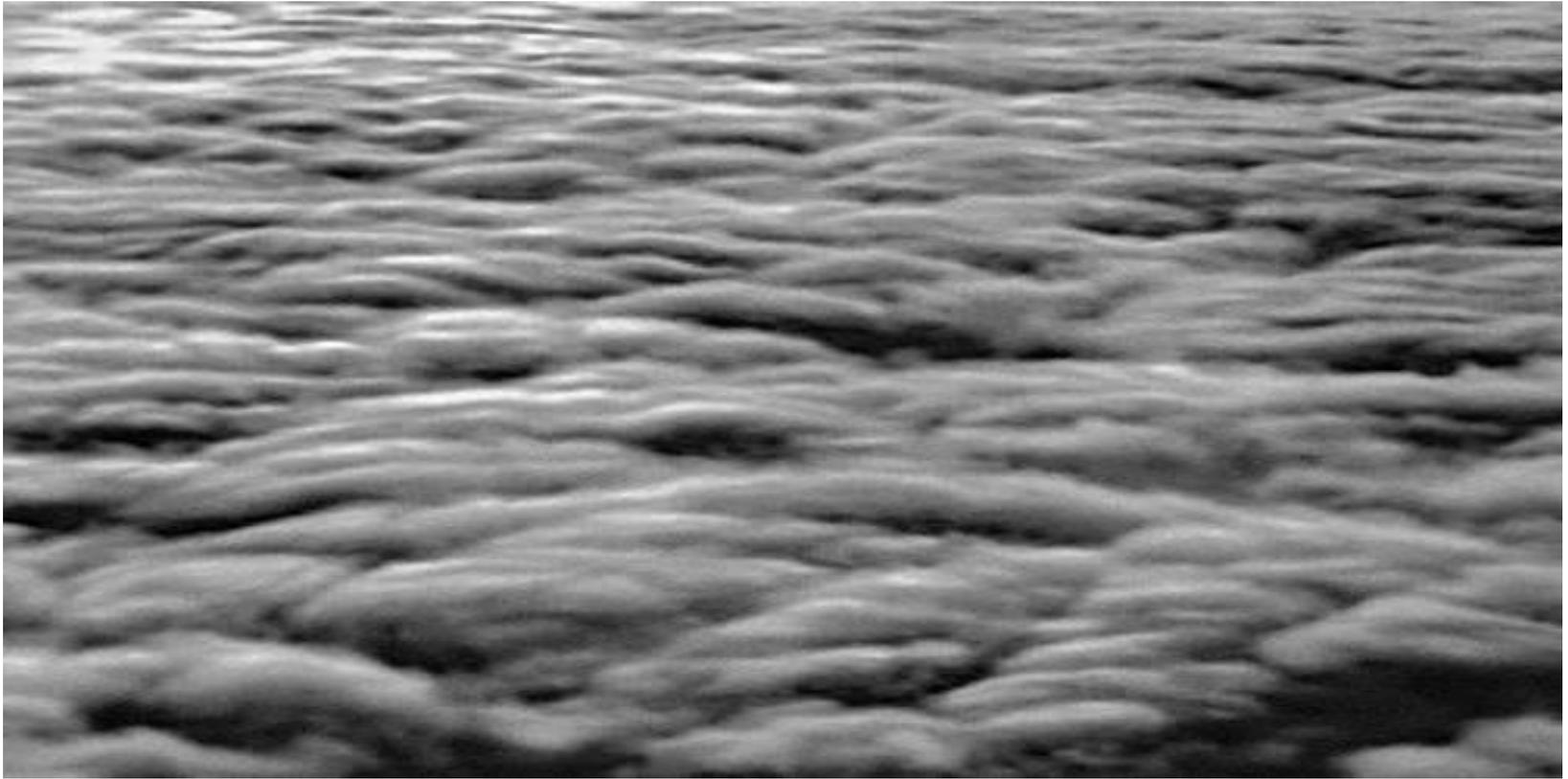
# Облака нижнего яруса (<2км)



**Слоисто-  
дождевые**  
*Высота до 3 км*



**Слоистые**  
*Высота до 1 км*



**Слоисто-кучевые** *Высота 0.7 - 2 км*

# Облака вертикального развития



## Кучевые

*Высота от 0,3 до 1,5 км*



## Кучево-дождевые

*Высота от 0,5 до 1,5 км*

- **Туман** – взвешенные в воздухе капли воды и кристаллы льда, понижающие горизонтальную видимость до 1 км (облака у земной поверхности)



- **Классификация туманов:**
- **радиационные туманы** (образуются при охлаждении земной поверхности в низинах, над водоемами, днем рассеиваются);
- **адвективные туманы** (образуются при перемещении теплого воздуха над холодной поверхностью, охватывают большие пространства, продолжительны);
- **туманы смешения** (образуются при контакте теплой и холодной воздушных масс);
- **туманы испарения** (образуются в холодном воздухе над теплой поверхностью в конце осени);
- **городские туманы** (образуются в запыленном воздухе, в смеси с дымом образуют **смог**).

# Наземные гидрометеоры

- Если конденсация и сублимация происходят при соприкосновении воздуха с поверхностью охлажденных предметов, то образуются

## наземные гидрометеоры:

- **жидкие** (роса, жидкий налет);
- **твердые** (иней, твердый налет, изморозь, гололед).



- **Роса** – мелкие капли воды, образующиеся на поверхности почвы, на камнях и на других наземных предметах, а также на листьях растений при температуре выше  $0^{\circ}\text{C}$ . Роса образуется вследствие охлаждения поверхности в ясные тихие ночи, когда температура поверхности и прилегающего к ней воздуха опускается ниже точки росы и сконденсировавшийся пар выделяется на поверхности в виде капелек воды. Роса исчезает вскоре после восхода Солнца вследствие испарения.
- **Иней** - мелкие кристаллы льда, покрывающие поверхность почвы и наземных предметов. Он образуется так же, как и роса, но в тех случаях, когда точка росы ниже  $0^{\circ}\text{C}$  и земная поверхность охлаждена ниже  $0^{\circ}\text{C}$ . Иней образуется не вследствие замерзания капель росы, а непосредственно из водяного пара, переходящего в твердое состояние, минуя жидкую

- **Жидкий налет** - вода, выделяющаяся из воздуха на холодных вертикальных поверхностях — каменных стенах, камнях, стволах деревьев — преимущественно с наветренной стороны, чаще всего в пасмурную погоду или при тумане. Наблюдается при зимних оттепелях на поверхностях, которые холоднее воздуха.
- **Твердый налет** - легкий, белый налёт из маленьких ледяных кристалликов, образующийся на стенах домов, стволах деревьев, на скалах и т. п., обыкновенно в пасмурную погоду, когда после более или менее продолжительных морозов наступает потепление и дует сравнительно тёплый и влажный ветер.

- **Изморозь** - рыхлый снеговидный осадок, нарастающий на ветвях, проводах и т. п. (зернистая изморозь), или пушистый слой кристалликов льда, нарастающий путем сублимации (кристаллическая изморозь). Зернистая изморозь образуется при наличии тумана и температуре  $-2...-7^{\circ}\text{C}$ , а кристаллическая — при температуре ниже  $-15^{\circ}\text{C}$ .
- **Гололед** - слой гладкого прозрачного или мутного льда, образующегося на земной поверхности, деревьях и других наземных предметах вследствие замерзания переохлажденных капель дождя или тумана при их соприкосновении с земной поверхностью или с наземными предметами, охлажденными ниже  $0^{\circ}\text{C}$ . Гололед образуется преимущественно с наветренной стороны предметов. Наблюдается при температуре воздуха от нуля до  $-10^{\circ}$  (иногда до  $-15^{\circ}$ ), а при резком потеплении после периода устойчивых морозов и при температуре воздуха  $-3...+0,5^{\circ}$ .

# Образование атмосферных осадков

- **Атмосферные осадки** – капли и кристаллы, выпадающие на земную поверхность из облаков.
- **По агрегатному состоянию бывают:**
  - жидкие (дождь, морось);
  - твердые (снег, крупа, град);
  - смешанные (мокрый снег, снег с дождем)



- **Дождь** — атмосферные осадки, выпадающие из облаков в виде капель жидкости. Образуется вследствие сгущения в капли водяного пара, насыщающего воздух. Выпадает из так называемых дождевых облаков или туч — темно-серого цвета.
- **Морось** - атмосферные осадки в виде мелких капель диаметром не более 0,5 мм, очень медленно выпадающих из слоистых и слоисто-кучевых облаков или тумана.
- **Снег** - атмосферные осадки, состоящие из мелких кристаллов льда. Образуется, когда микроскопические капли воды в облаках притягиваются к пылевым частицам и замерзают. Появляющиеся при этом кристаллы льда, не превышающие поначалу 0,1 мм в диаметре, падают вниз и растут в результате конденсации на них влаги из воздуха. При этом образуются шестиконечные кристаллические формы – снежинки.
- **Мокрый снег** - снег, выпадающий при положительной, близкой к нулевой, температуре с частичным подтаиванием

- **Крупа** — атмосферные осадки в виде непрозрачных крупинок белого цвета диаметром от 2 до 5 мм. Выпадает при температуре воздуха около 0 °С, часто одновременно со снегом. Крупа чаще всего выпадает ранней весной и поздней осенью при неустойчивой погоде.
- **Град** – атмосферные осадки, состоящие из сферических частиц или кусочков льда (градин) размером от 5 до 55 мм, а иногда и больше. Выпадает обычно при сильных грозах, в тёплое время года на узкой, шириной несколько км, но длинной — десятки, а иногда и сотни км — полосе. Образуется в переохлажденном облаке за счёт случайного замерзания отдельных капель. В дальнейшем такие зародыши могут вырасти до значительных размеров благодаря намерзанию сталкивающихся с ними переохлажденных капель. Крупные градины могут появиться только при наличии в облаках сильных восходящих токов, способных длительное время удерживать градины от выпадения на землю.

- **По характеру выпадения различают:**
- **ливневые осадки** (из кучево-дождевых облаков, внезапные, интенсивные, локальные, непродолжительные) - 14 % всех осадков;
- **обложные осадки** (из слоисто-дождевых, высоко-слоистых и слоисто-кучевых облаков, средней интенсивности, продолжительные, охватывают большие площади) – 56 % всех осадков;
- **морозящие осадки** (из слоистых облаков, необильные) - 30 % всех осадков.

- **По условиям образования осадки бывают:**
- **конвективные** (образуются при восходящем движении воздуха при испарении над хорошо прогретой земной поверхностью);
- **орографические** (выпадают на наветренных склонах гор);
- **фронтальные** (образуются на границе двух воздушных масс – холодной и теплой, выпадают из теплого воздуха).
- **Два типа суточного хода осадков:**
- **морской** (максимум осадков выпадает ночью);
- **континентальный** (максимум – после полудня и рано утром).

## Типы годового хода осадков:

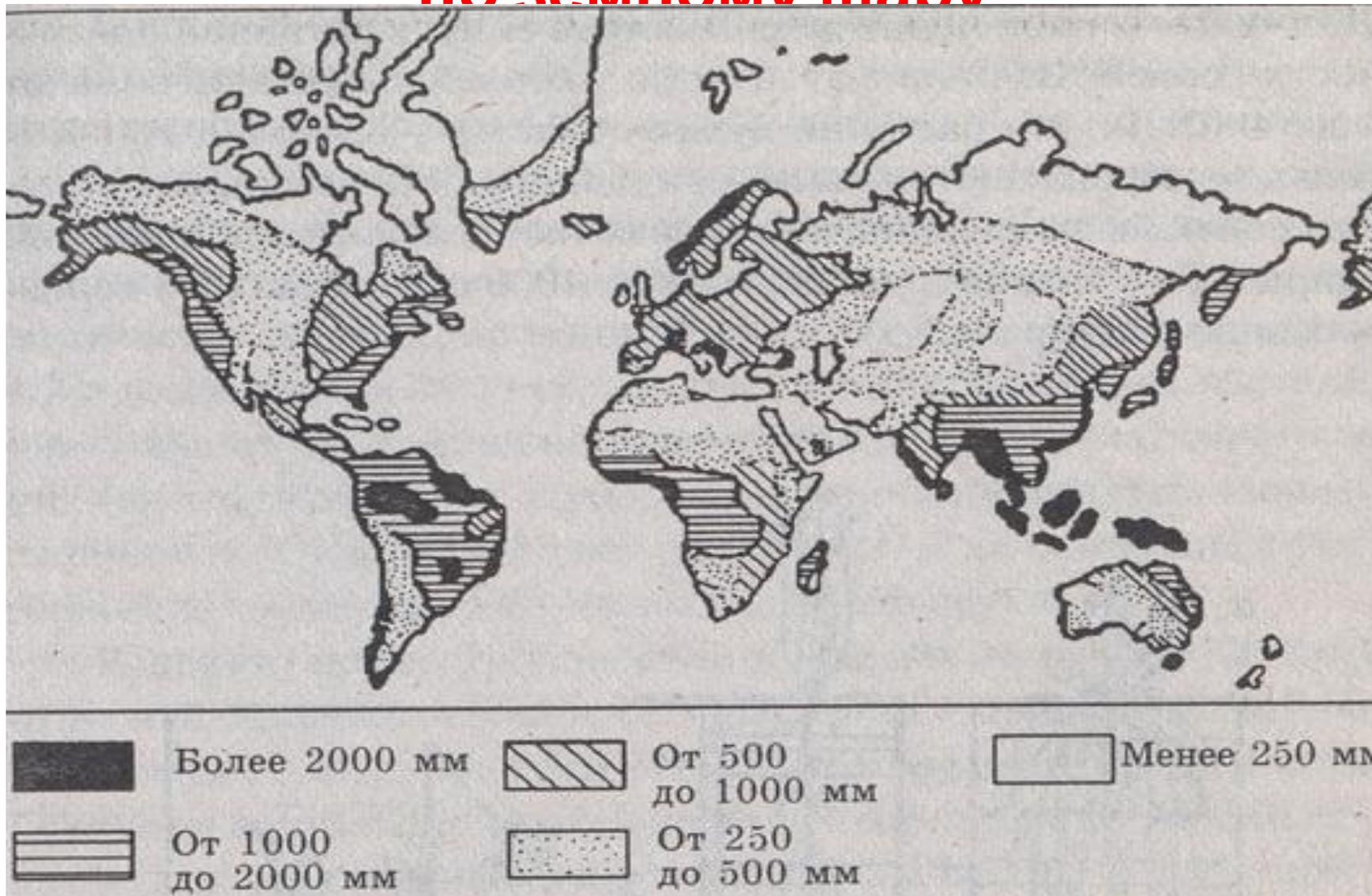
- **экваториальный** (много осадков, выпадают равномерно в течение года);
- **тропический** (4 месяца летом обильные дожди, потом – сухой сезон);
- **мусонный** (максимум осадков - летом, минимум - зимой);
- **средиземноморский** (максимум осадков – зимой, минимум – летом);
- **морской** (осадки выпадают равномерно в течение года, чуть больше осенью-зимой);
- **континентальный** (летом осадков больше (в 2-3 раза), чем зимой).

# Факторы, влияющие на распределение осадков

- **Температура** (чем больше, тем больше осадков);
- **Испарение** (чем больше, тем больше осадков);
- **Влажность** (чем больше, тем больше осадков);
- **Облачность** (чем больше, тем больше осадков);
- **Давление** (чем меньше, тем больше осадков);
- **Близость к морям** (чем ближе, тем больше осадков);
- **Морские течения** (где теплые течения, там

- **Распределение осадков зонально:**
- **в экваториальных широтах** - максимальное количество осадков (2000 мм и более в год);
- **в тропиках** – в 5-10 раз меньше осадков (250-300 мм в год) из-за высокого давления и низкой влажности;
- **в умеренных широтах** 500-1000 мм в год;
- **в полярных широтах** осадков мало (100-200 мм в год) из-за высокого давления и низкой влажности.
- **Больше всего осадков** выпадает в Черапунджи (Индия, предгорья Гималаев) – 12660 мм в год.
- **Меньше всего осадков** выпадает в тропических пустынях (Египет, Куара) – 0,1 мм

# Распределение годичного количества осадков по земному шару



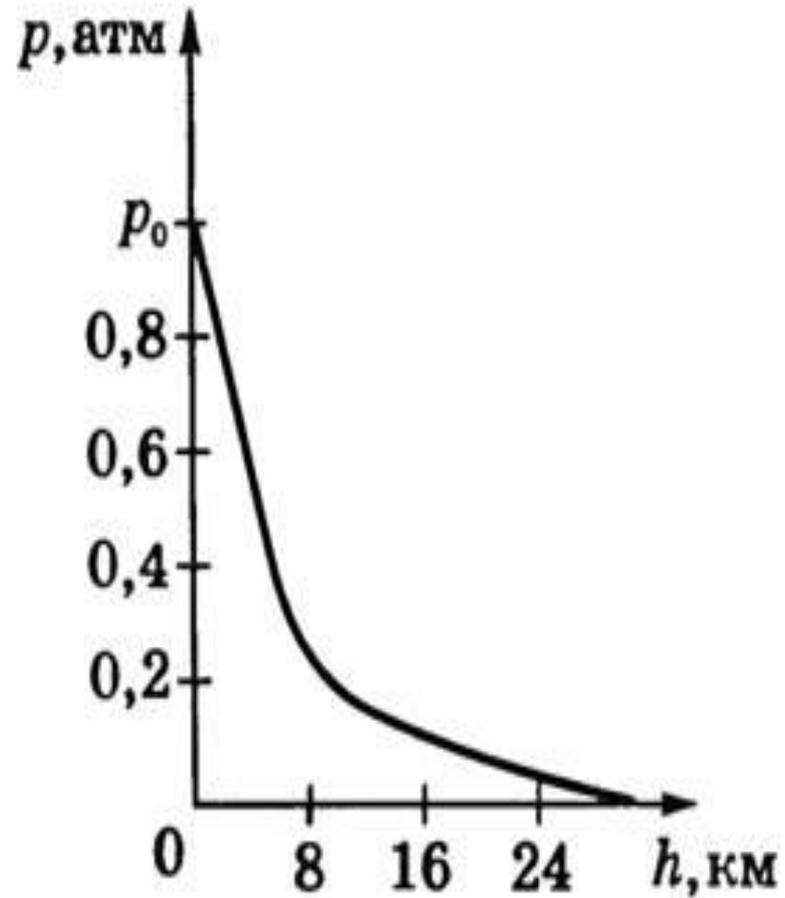
- **Характер увлажнения территории** позволяет оценить коэффициент увлажнения.
- **Коэффициент увлажнения** – соотношение между количеством осадков и их испаряемостью за один и тот же период времени:  $k=r/E$  ( $r$ -количество осадков,  $E$ -испаряемость).
- **Если  $k<1$** : увлажнение недостаточное.
- **Если  $k=1$** : увлажнение нормальное.
- **Если  $k>1$** : увлажнение избыточное.

- **Увлажнение определяет тип растительности:**
- $k > 1,5$  - заболоченные территории (тундра);
- $1 < k < 1,5$  - леса;
- $k = 1$  - лесостепи, саванны;
- $0,3 < k < 0,8$  - степи;
- $0,1 < k < 0,3$  - полупустыни;
- $k < 0,1$  - пустыни.

# Давление атмосферы Земли

- Атмосферный воздух имеет большую массу и оказывает давление на земную поверхность.
- **Нормальное атмосферное давление** -760 мм рт ст.
- Давление измеряют **барометрами**.
- **Величина давления зависит от:**
- **высоты над уровнем моря** (с высотой давление уменьшается);
- **температуры** (чем выше температура земной поверхности, тем ниже давление т.к. при нагревании воздух расширяется и поднимается вверх, уменьшая давление у поверхности).
- Уравновешивается давление перемещением

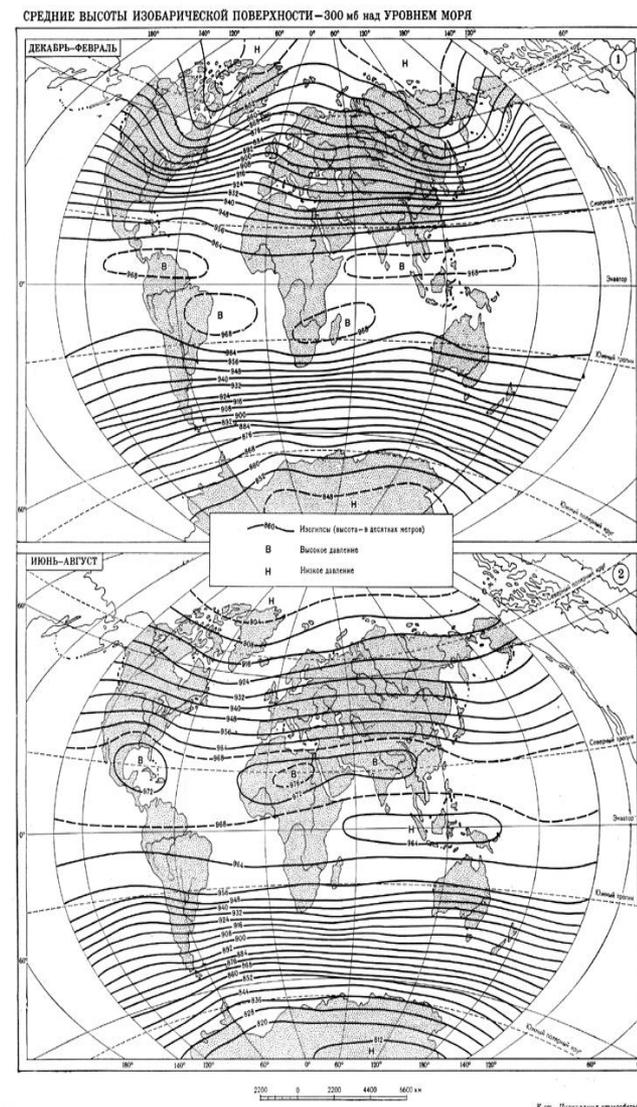
# Изменение давления воздуха с высотой



- **Распределение давления** по земной поверхности называется **барическим полем**.

- Оно показывается на карте с помощью **изобар** – линий, соединяющих точки с одинаковым атмосферным давлением.
- Система замкнутых изобар с пониженным давлением в центре – **барический минимум**.
- Система замкнутых изобар с повышенным давлением в центре – **барический максимум**.
- **Изменения давления** (суточный и годовой ход) зависят от нагрева поверхности.

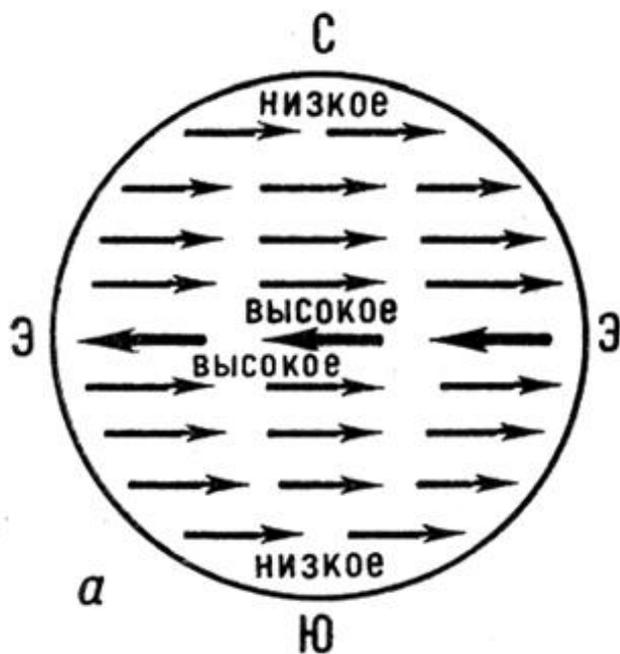
## Изобарическая поверхность



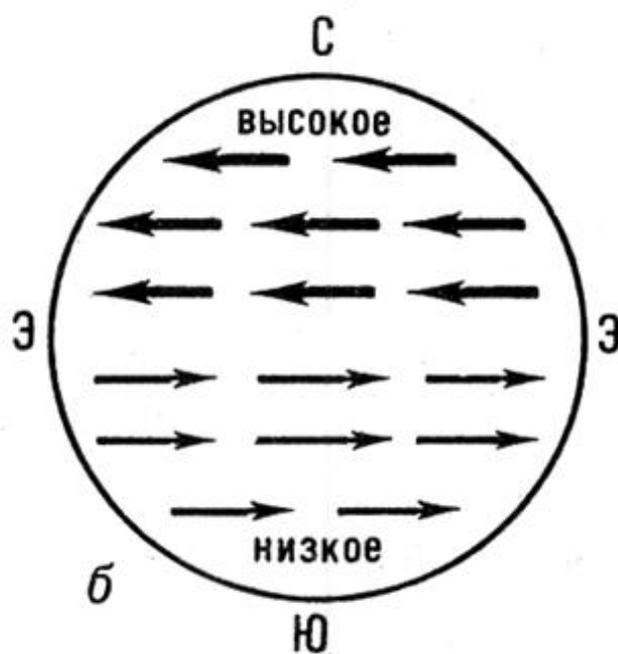
# Распределение давления

- **Давление на земном шаре распределяется зонально:**
- **на экваторе** – область пониженного давления;
- **тропики** (30-40° широты) – область повышенного давления;
- **умеренные широты** (50-70 ° широты) - область пониженного давления;
- **полярные широты** - область повышенного давления.

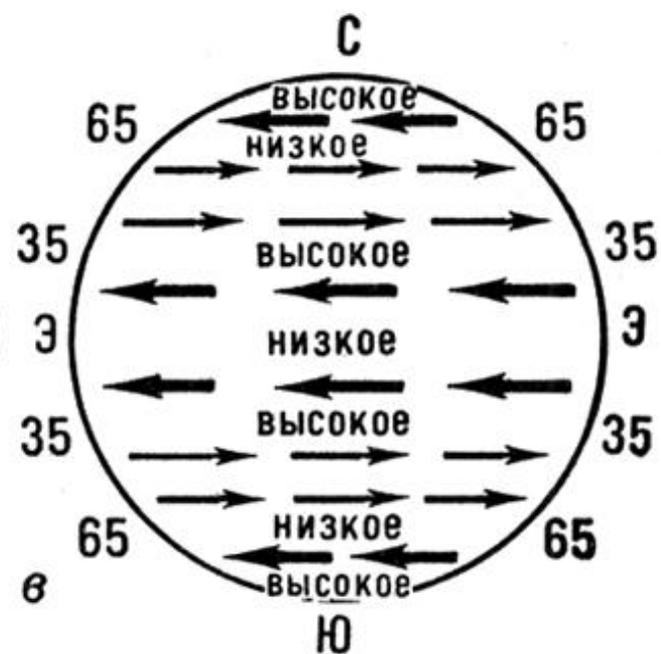
# Схема распределения давления в тропосфере и стратосфере



В верхней тропосфере и нижней стратосфере



Выше 20 км северным летом



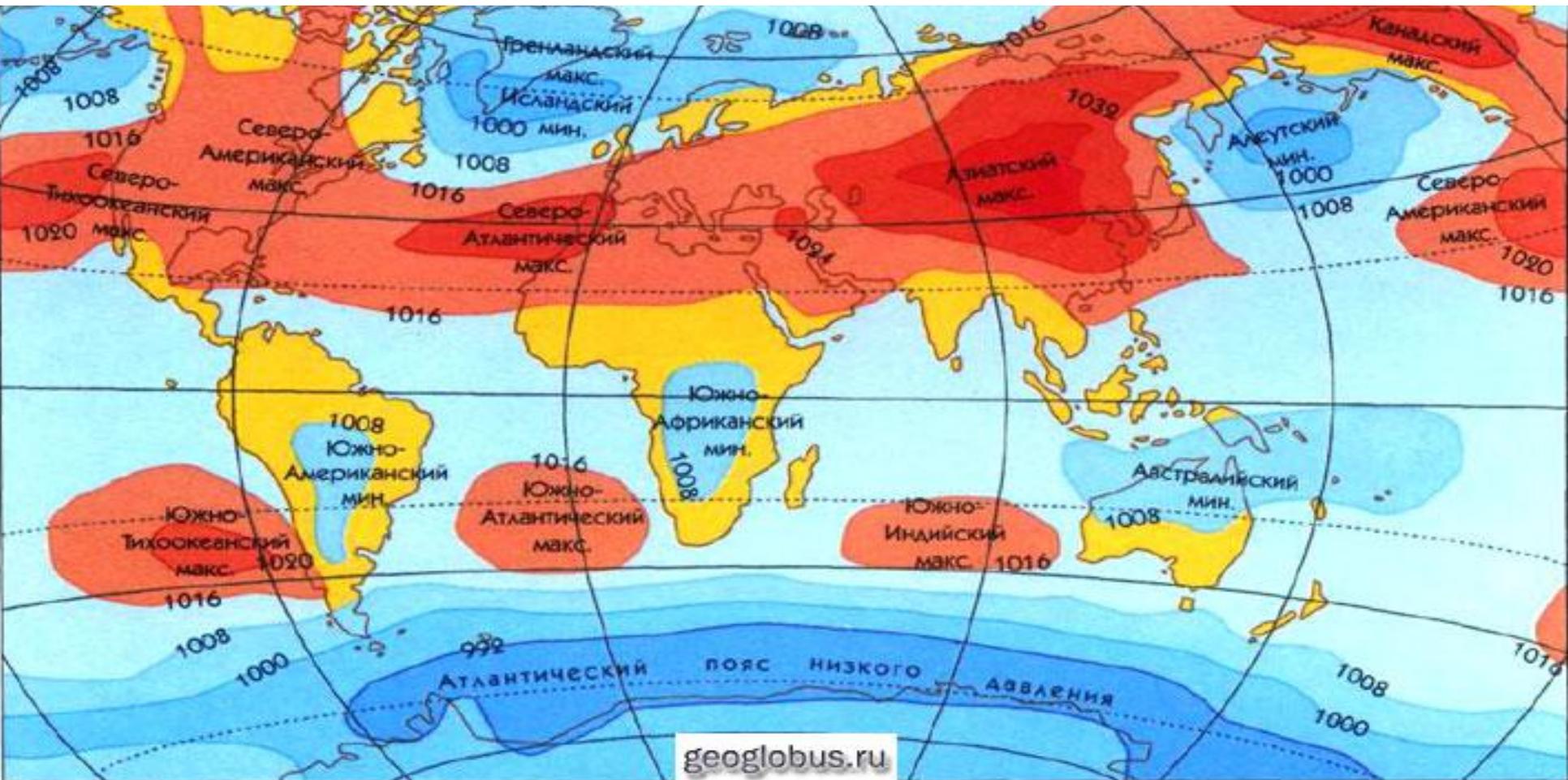
У земной поверхности

- Из-за неравномерного нагревания земной поверхности образуется **система барических максимумов и минимумов – постоянных и сезонных.**
- **Постоянный min** - на экваторе;
- **Постоянный max** - в полярных широтах;
- **В тропиках** постоянный max только над океаном, над материками - летом min;
- **В умеренных широтах** постоянный min только над океаном, над материками - зимой max.

# Барические максимумы и минимумы

- **Постоянные:** экваториальный min;  
Исландский и Алеутский min в умеренных широтах;  
Субантарктический пояс пониженного давления;  
max – над океанами в тропиках и субтропиках (Азорский, Гавайский, Южно-Тихоокеанский, Южно-Атлантический, Южно-Индийский, Южный полярный);  
Антарктический и Гренландский max в полярных широтах.
- **Сезонные:** Азиатский, Канадский, Северо-Американский зимние max;  
Южно-азиатский и Мексиканский min в июле;  
Южно-Американский, Южно-Африканский, Австралийский min в январе.
- Все перечисленные области называются **центрами действия атмосферы.**

# Распределение давления по поверхности земного шара в январе

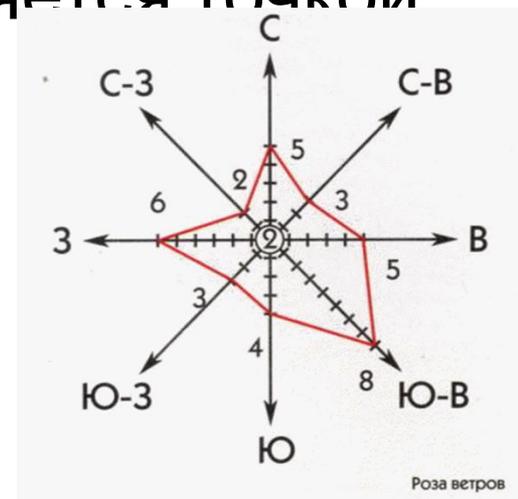


*1016 - изобары (линии, соединяющие точки с одинаковым давлением).*

# Ветер

- **Ветер** – это движение воздуха в горизонтальном направлении.
- Ветер **зависит от давления**: дует из мест с повышенным давлением в области с пониженным давлением. Чем больше разница в давлении, тем сильнее ветер.
- **На направление ветра влияет вращение Земли вокруг оси**: сила Кориолиса отклоняет ветра в северном полушарии вправо, в южном – влево.

- **Скорость ветра** – это расстояние, которое ветер проходит в единицу времени (в м/с, км/ч, узлах).
- **Сила ветра** – это давление, которое ветер оказывает на предметы (в кг/м<sup>2</sup>). Зависит от скорости ветра, измеряется по шкале Бофорта (от 0 до 12 баллов).
- **Направление ветра** определяется точкой горизонта, откуда дует ветер.
- **Диаграмма «Роза ветров»** дает наглядное представление о направлении ветров в конкретной местности.



# Измерение скорости ветра

## Анемометр



Скорость ветра и его направление измеряют анемометрами, анеморумбометрами и флюгерами.

# Классификация ветров

- **местные ветры** (вызваны местными условиями – бриз, фён, бора, суховей, самум, смерч и др.);
- **ветры циклонов и антициклонов** (формируются в барических минимумах и максимумах);
- **ветры общей циркуляции атмосферы** (воздушные течения крупного масштаба – пассаты, западные ветры умеренных широт, муссоны и др.).

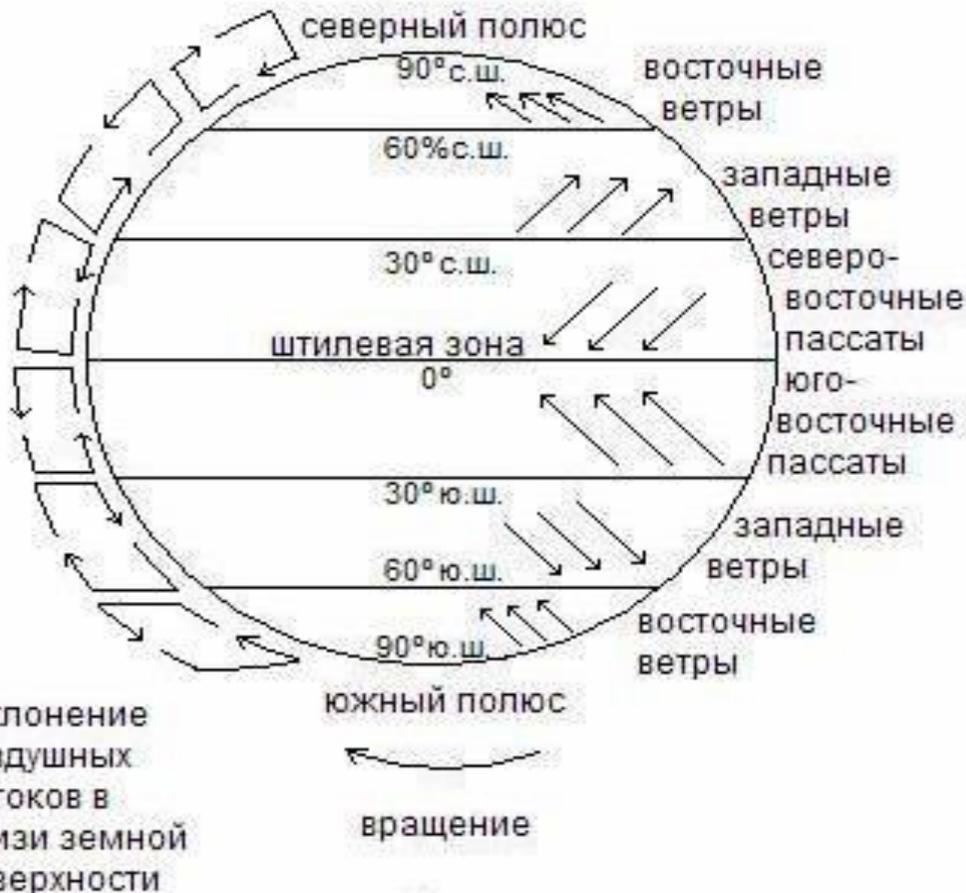
# Общая циркуляция атмосферы

- **Общая циркуляция атмосферы** – совокупность воздушных течений крупного масштаба в тропосфере, стратосфере и мезосфере, осуществляющих обмен воздушными массами в пространстве.
- **Главная причина циркуляции атмосферы** – неравномерное нагревание земной поверхности из-за годового вращения Земли и ее шарообразной формы.

- **Основные факторы, определяющие общую циркуляцию атмосферы:**
- зональное распределение солнечной радиации;
- осевое вращение Земли и связанное с ним отклонение воздушных потоков;
- неоднородности земной поверхности (наличие континентов и океана).

- **В верхней тропосфере и нижней стратосфере** преобладают **западные ветры**.
- **В нижней тропосфере** основные **зональные** воздушные течения:
- **Пассаты** - восточные ветры экваториально-тропических широт (имеют северо-восточное направление в Северном полушарии и юго-восточное в Южном полушарии);
- **Западные ветры** умеренных широт;
- **Восточные ветры** приполярных широт.

# Схема циркуляции воздуха

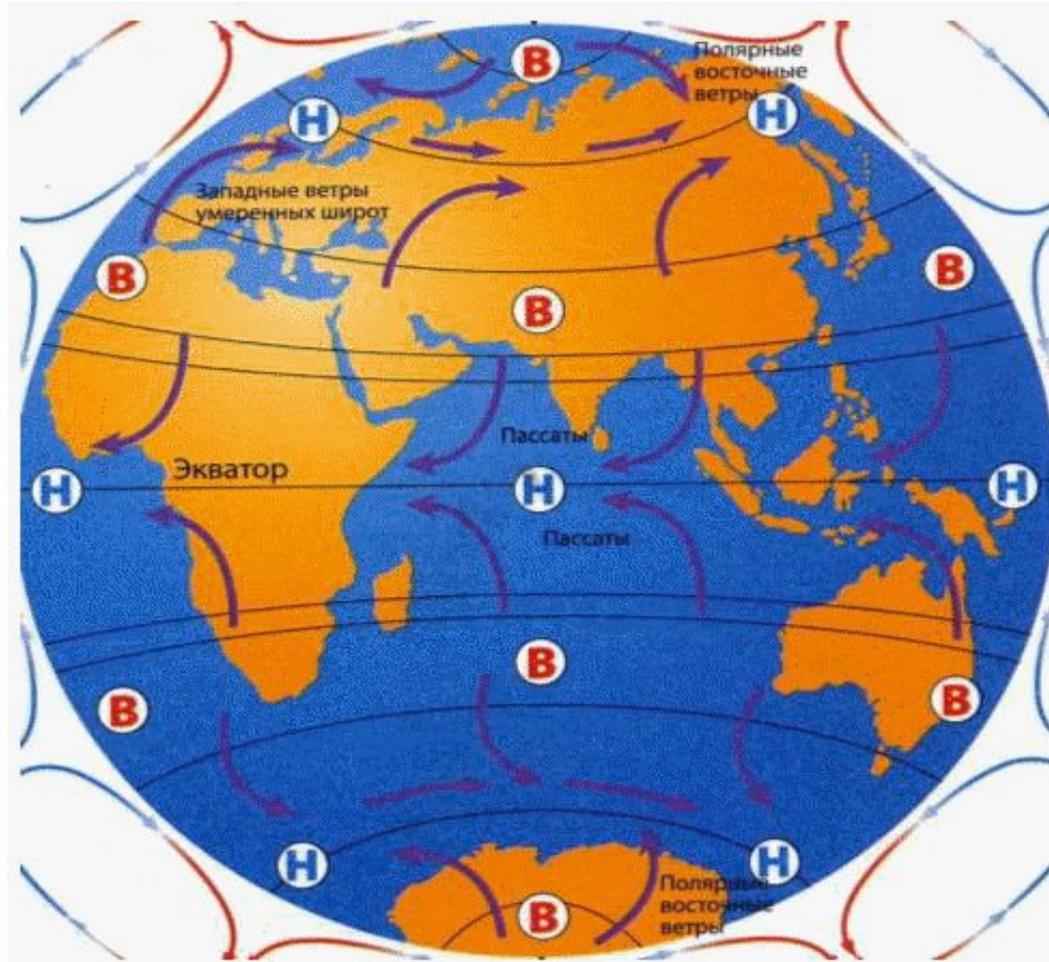


Начальная схема циркуляции воздуха

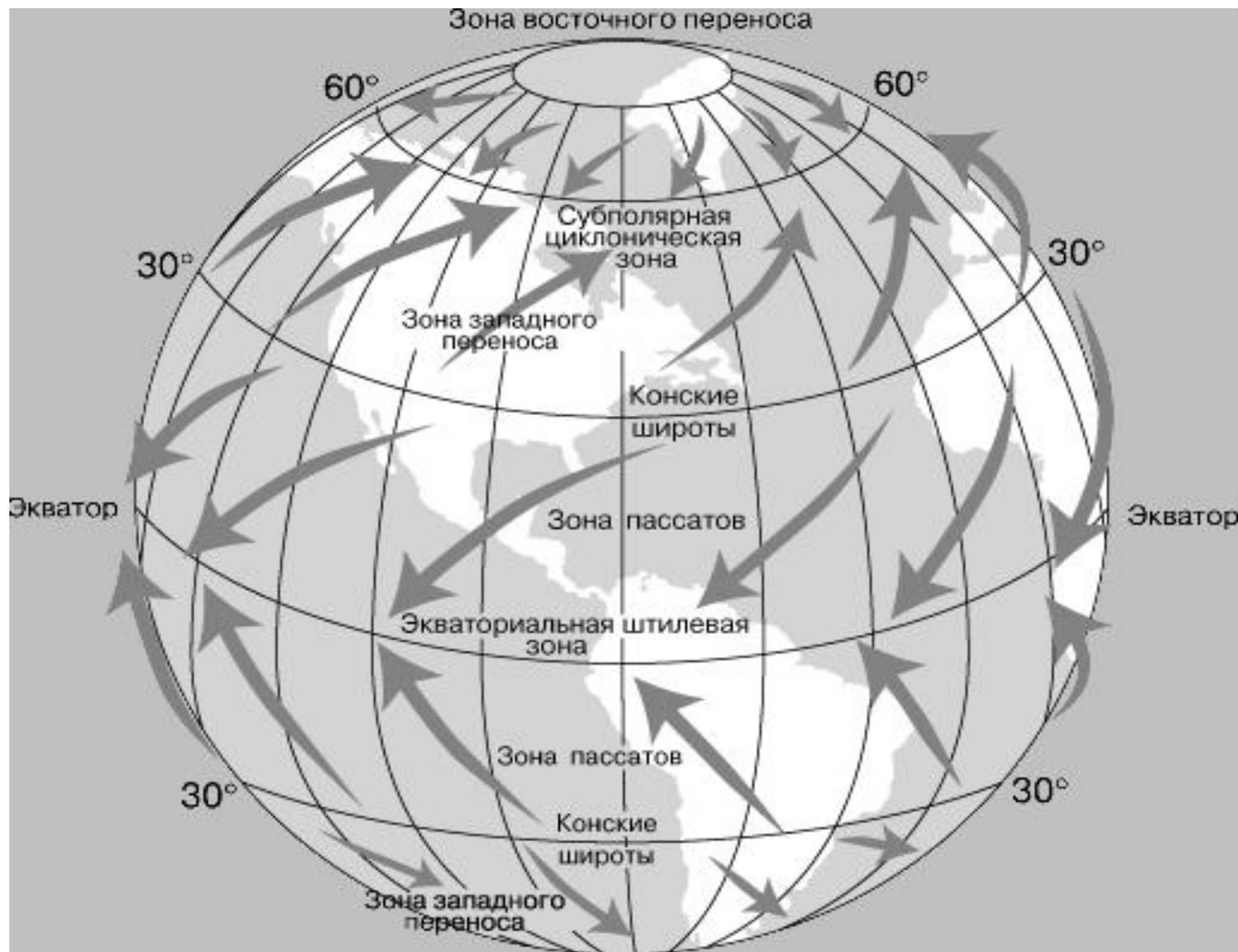


Климатические зоны  
земного шара

# Схема образования постоянных ветров



# Ветры общей циркуляции атмосферы



- **В нижней тропосфере** основные **меридиональные** воздушные течения:
- **Муссоны** – устойчивые ветры, меняющие направление летом и зимой: зимой дуют с континентов в сторону океана, летом – наоборот.
- **Муссоны внетропических широт** возникают в результате неравномерного нагрева суши и океана и различия давления над ними:
- **зимний муссон** дует из Азии в сторону Тихого океана и имеет северо-западное направление.
- **летний муссон** дует с Тихого океана в сторону материка и имеет юго-восточное направление

# Летний муссон



# Зимний муссон



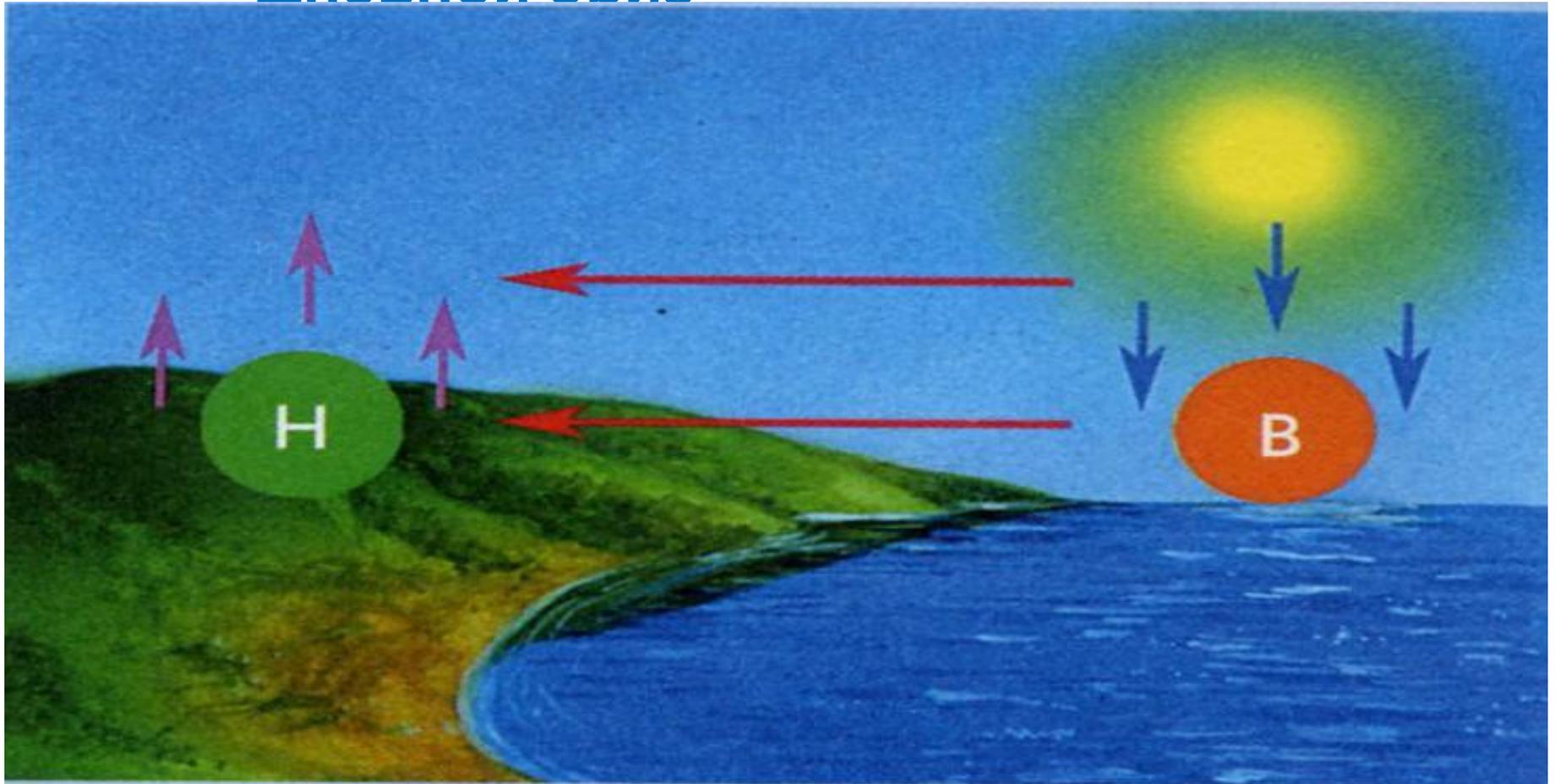
- **Муссоны экваториально-тропических широт** (между  $15^{\circ}$ с.ш. и  $5^{\circ}$ ю.ш.) возникают в результате неодинакового нагрева Северного и Южного полушарий по сезонам года:
- **летний юго-западный муссон** дует в сторону Южной Азии с Индийского океана;
- **зимний северо-западный муссон** дует из Азии в сторону Индийского океана.

# Местные ветры

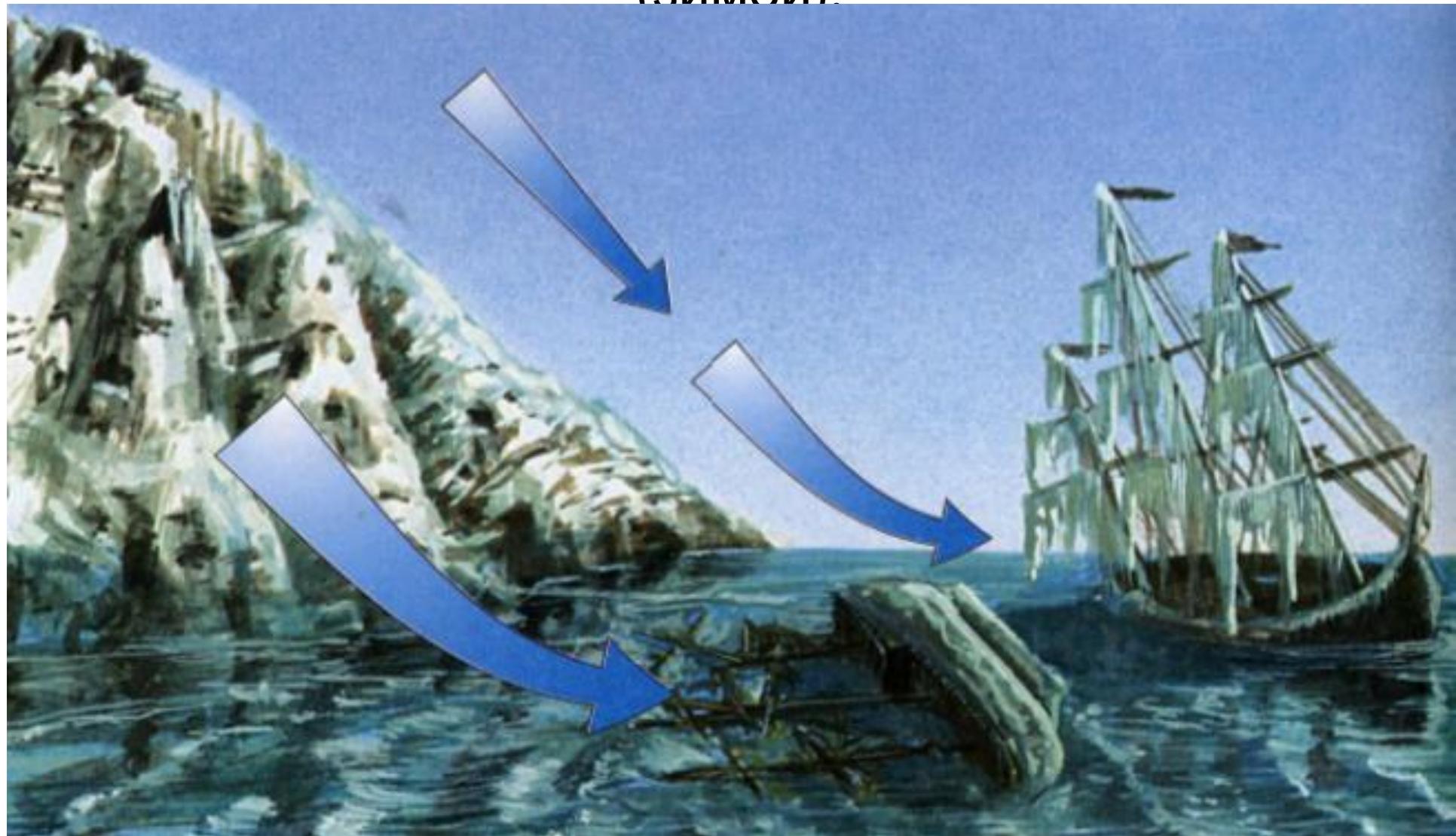
- Местные ветры возникают под влиянием географических особенностей региона и имеют локальное распространение:
- бриз;
- фён;
- бора;
- самум;
- ледниковые ветры;
- горно-долинные ветры и др.

**Бризы** – ветры по берегам морей крупных рек и озер, дважды в сутки меняющие направление: дневной бриз дует с водоема на берег, а ночной – с берега на водоем.

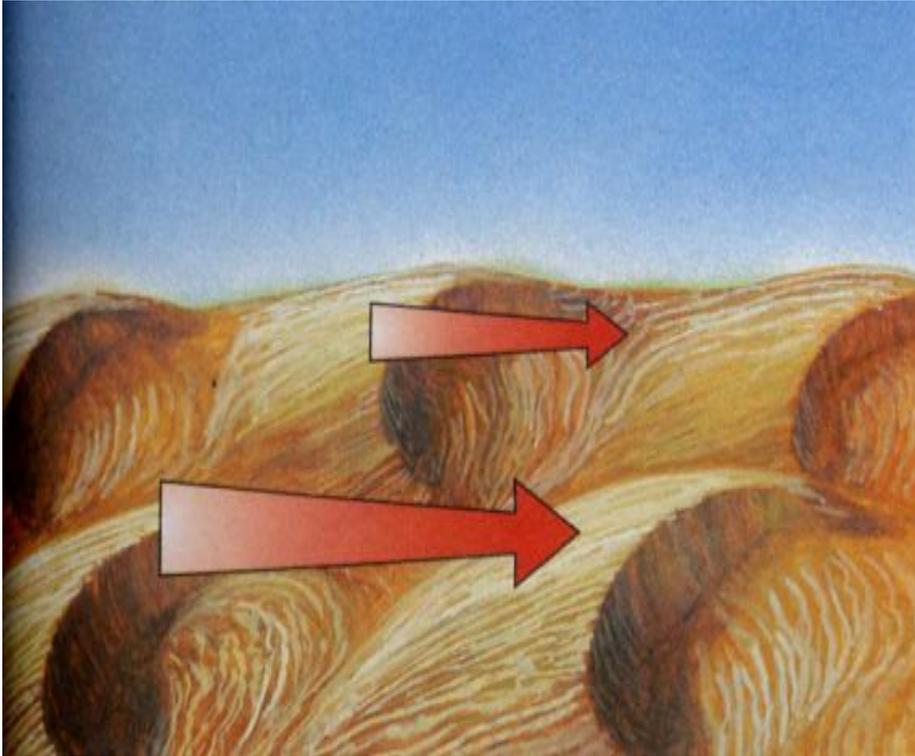
### Дневной бриз



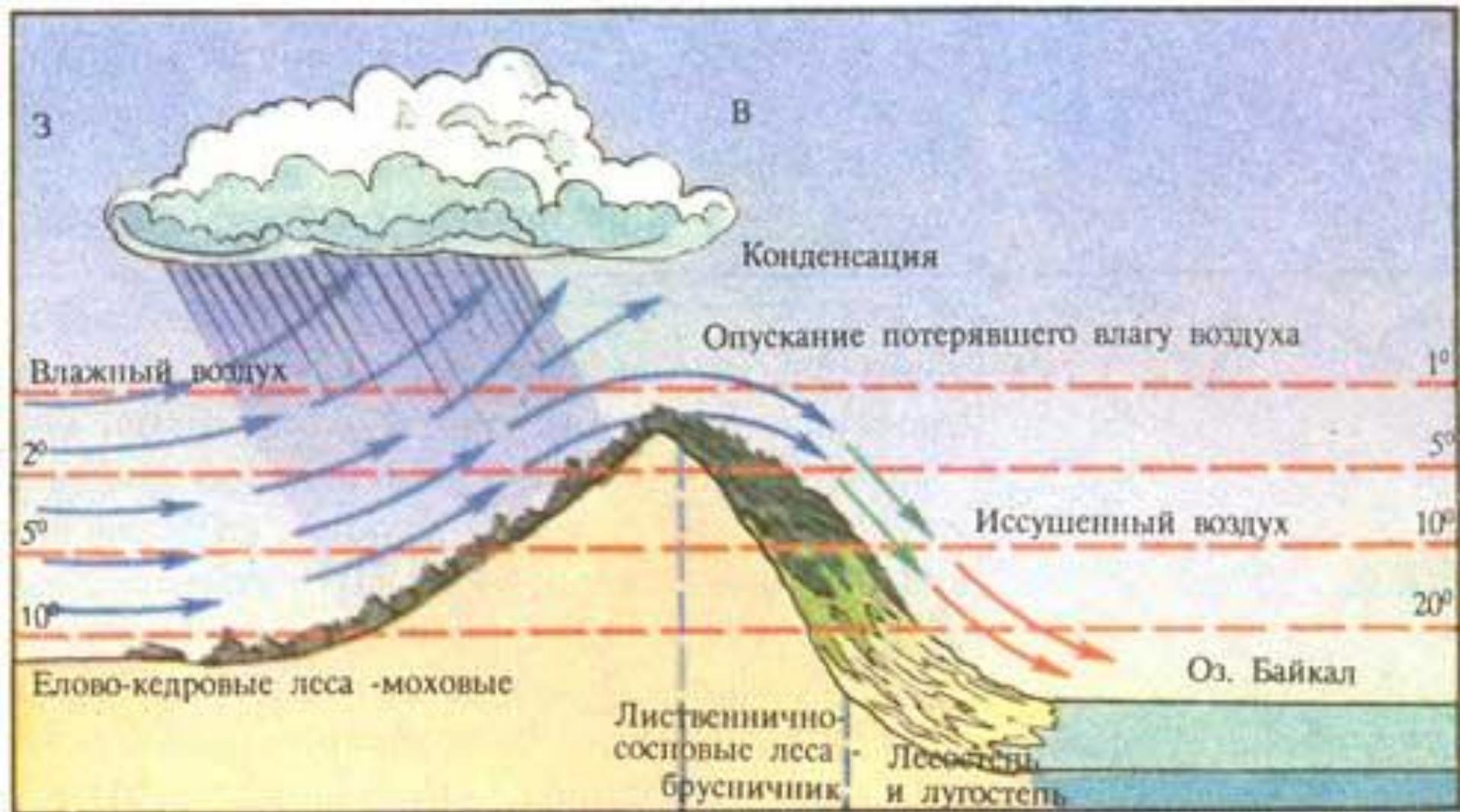
**Бора** - сильный холодный порывистый ветер,  
дующий с низких гор в сторону теплого моря  
(зимой).



**Самум** – сухой, горячий, сильный ветер пустынь, налетающие шквалами и сопровождающиеся пыле-песчаными вихрями и бурей.



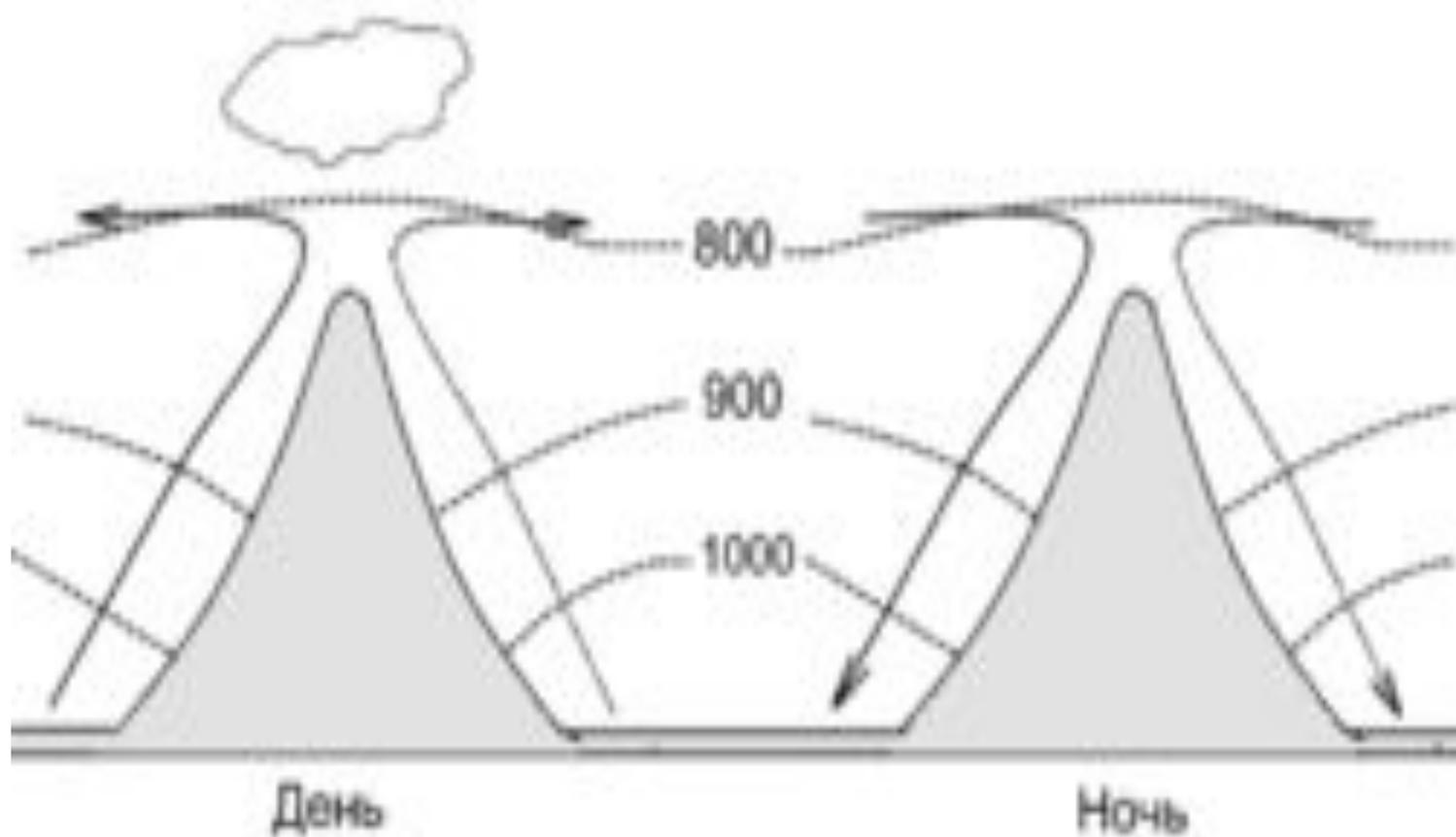
**Фён** – теплый сухой порывистый ветер, дующий с гор в долины или предгорья.



**Ледниковый ветер** – холодный ветер, дующий с ледника вниз по склонам долинам.



**Горно-долинный ветер** - ветер, дующий днем вверх по долине и склонам, а ночью - вниз.



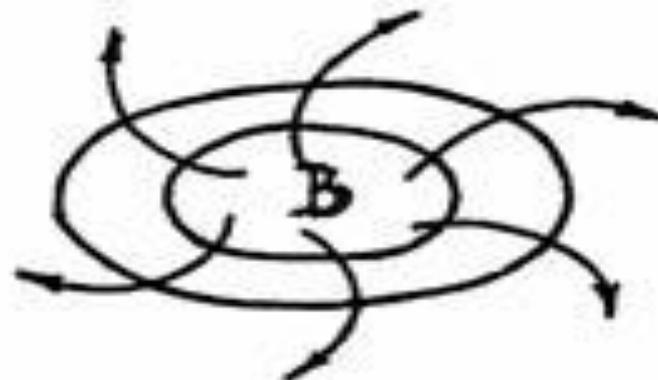
# Циклоны и антициклоны

- Это крупномасштабные атмосферные вихри (образуются преимущественно в умеренных и полярных широтах).
- **Циклоны** – крупномасштабные вихри с пониженным давлением в центре и системой ветров, дующих от периферии к центру (против часовой стрелки в Северном полушарии и по часовой стрелке – в Южном).
- В циклонах возникает восходящее движение воздуха в центральной части и его охлаждение, при этом происходит конденсация и образование облаков, **выпадают осадки, стоит ненастная погода.**

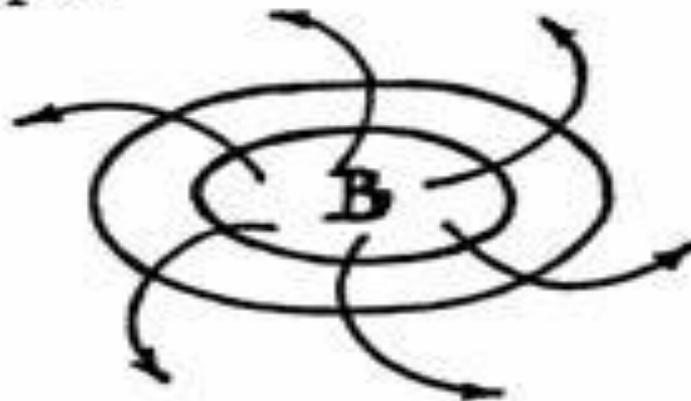
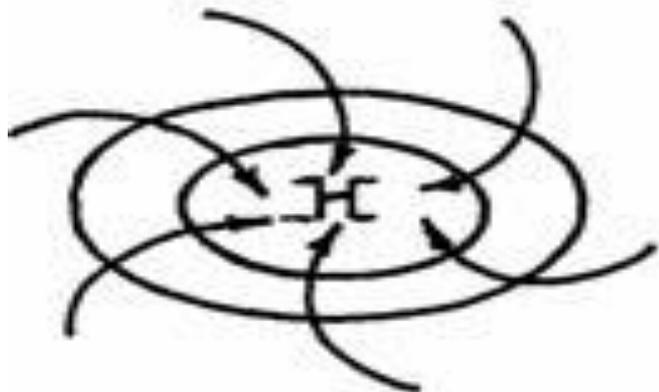
# Циклон

# Антициклон

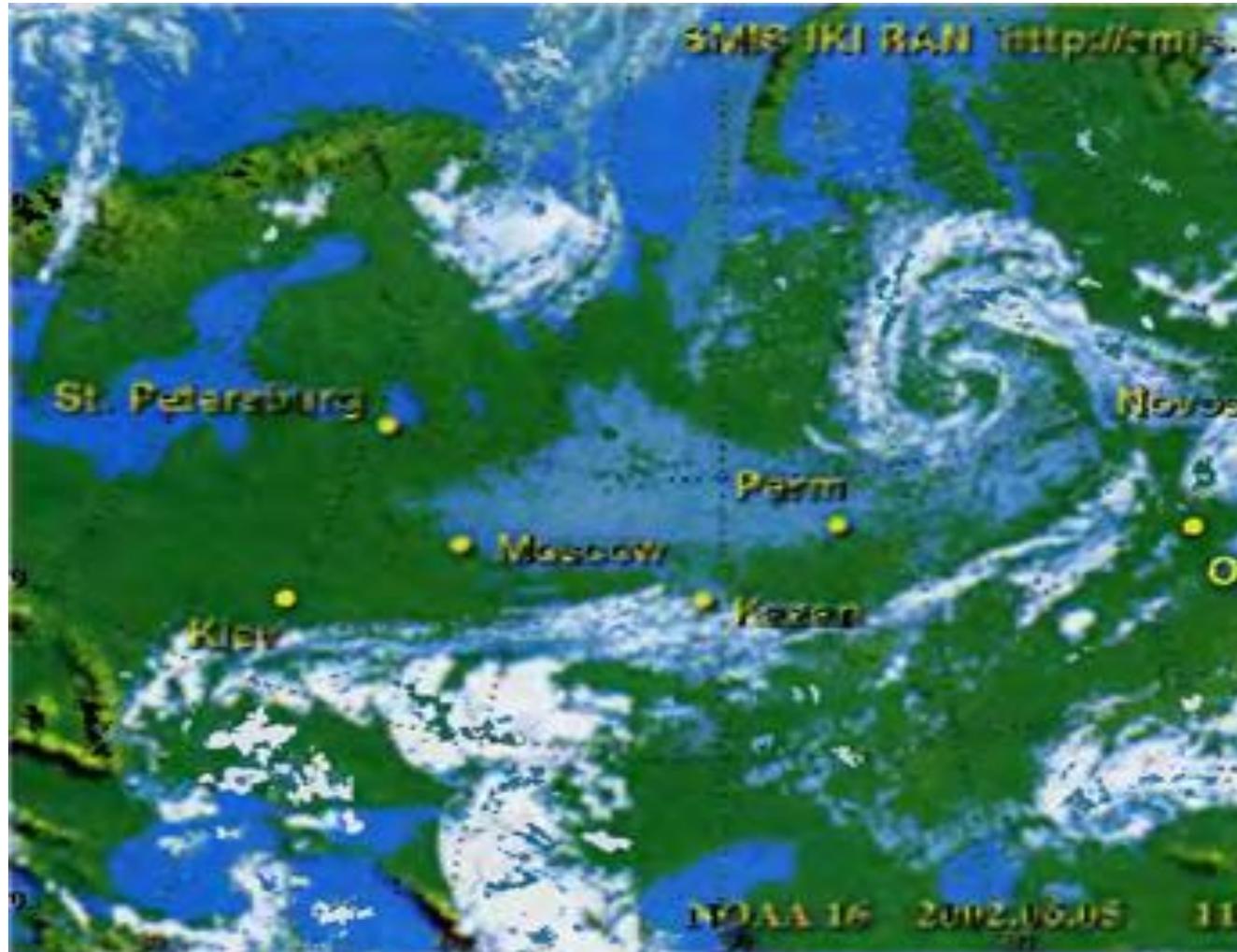
Северное полушарие



Южное полушарие



# Космический снимок циклонов



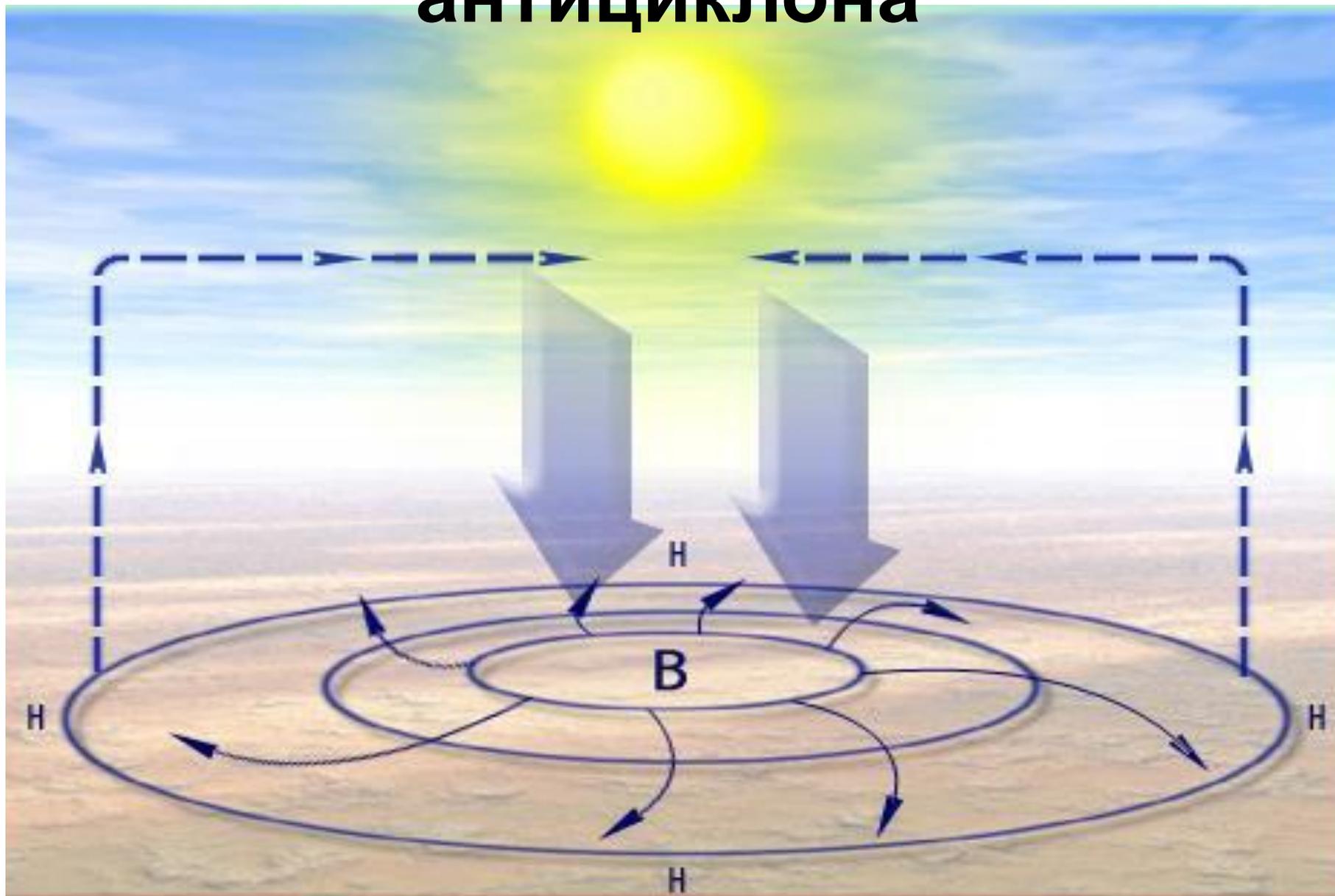
# Циклон Елена над Мексиканским заливом



- Циклоны зарождаются при взаимодействии **различных типов воздушных масс** (теплой и холодной).
- Имеют **два фронта**, проходящие через центр (холодный и теплый) и **несколько стадий развития**: стадия волны, молодой циклон, стадия окклюзии, заполнившийся циклон.
- Двигутся с запада на восток со скоростью 30-45 км/ч. Диаметр – до 3000 км. Средняя продолжительность жизни циклона – 7 дней.
- При движении воздушных масс в циклоне теплый воздух вытесняется вверх и охлаждается, **образуются облака и выпадают осадки.**

- **Антициклоны** – крупномасштабные вихри с повышенным давлением в центре и системой ветров, дующих от центра к периферии (по часовой стрелки в Северном полушарии и против часовой стрелки – в Южном).
- В антициклонах возникают нисходящие движения воздуха в центральной части и его нагревание, конденсации и образования облаков не происходит, **стоит ясная сухая погода** (теплая летом, холодная – зимой).
- Антициклоны надолго задерживаются над территорией, затрудняя западный перенос воздушных масс.

# Схема образования антициклона



# Воздушные массы и фронты

- **Воздушная масса (ВМ)** – относительно однородный объем воздуха, обладающий определенными свойствами и движущийся на тысячи километров как единое целое в общей циркуляции атмосферы.
- **Основные физические свойства ВМ:**  
температура, влажность, прозрачность.
- В зависимости от температуры ВМ бывают:  
**теплые и холодные.**
- В зависимости от влажности ВМ могут быть:  
**морские и континентальные.**

## Типы воздушных масс:

- **Экваториальная ВМ:** самая мощная, с высокой температурой и влажностью, малопрозрачная.
- **Морская тропическая ВМ:** с высокой влажностью и температурой, образуется над океанами.
- **Континентальная тропическая ВМ:** с низкой влажностью и высокой температурой, малой прозрачностью, образуется над тропическими и субтропическими пустынями.

- **Континентальная ВМ умеренных широт:**

образуется только в северном полушарии, свойства различаются по сезонам:

**зимой** – низкая температура и влажность, высокая прозрачность;

**летом** – высокая температура и влажность, средняя прозрачность.

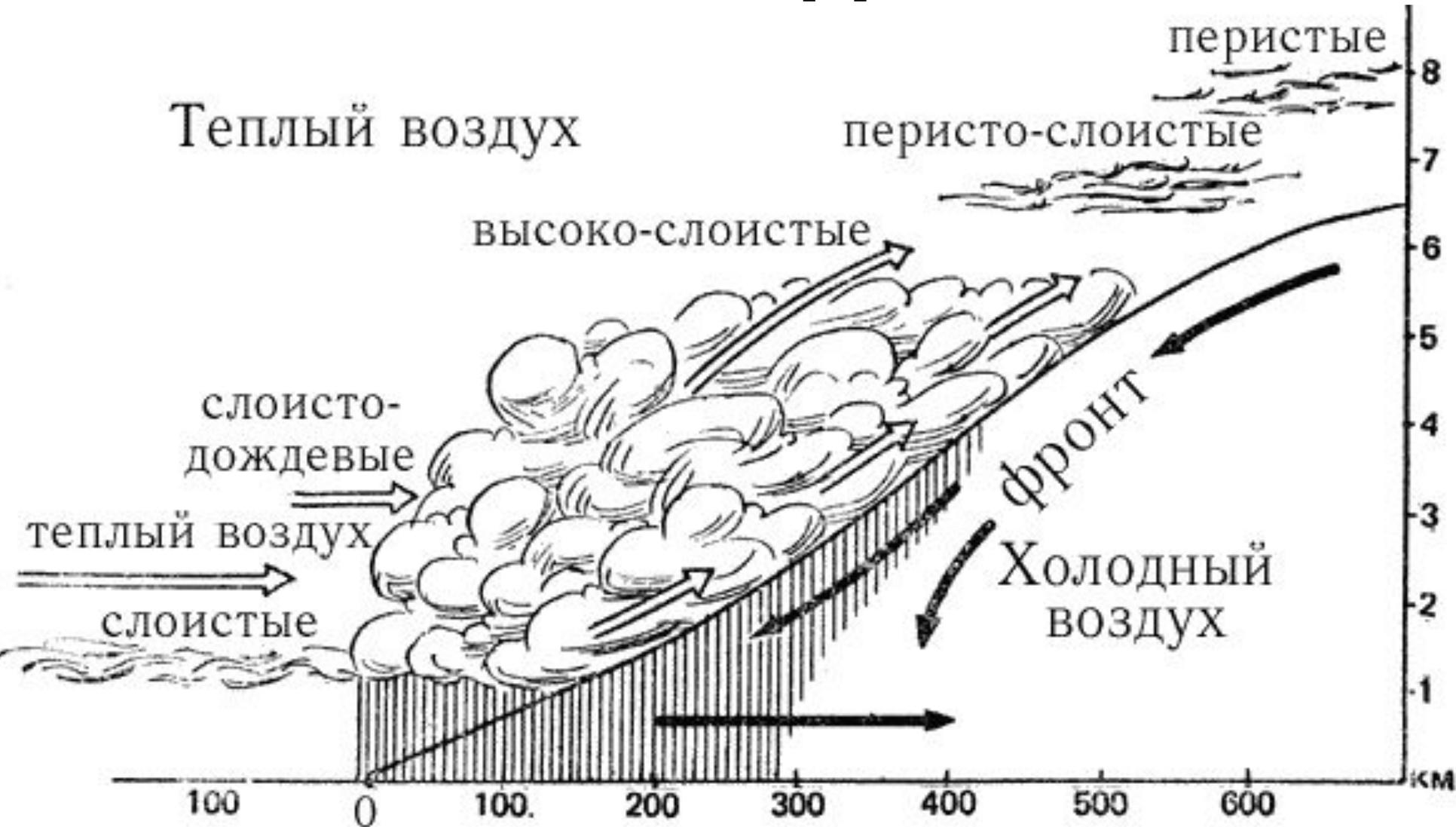
- **Морская ВМ умеренных широт:**

формируется над теплыми течениями, имеет высокую влажность, зимой – теплее континентальной, летом – холоднее.

- **Континентальная арктическая и антарктическая ВМ:** формируются над территорией, покрытой льдом, имеют отрицательные температуры, небольшую влажность, высокую прозрачность, малую мощность.
- **Морская арктическая и антарктическая ВМ:** немного теплее и чуть влажнее, чем континентальная.

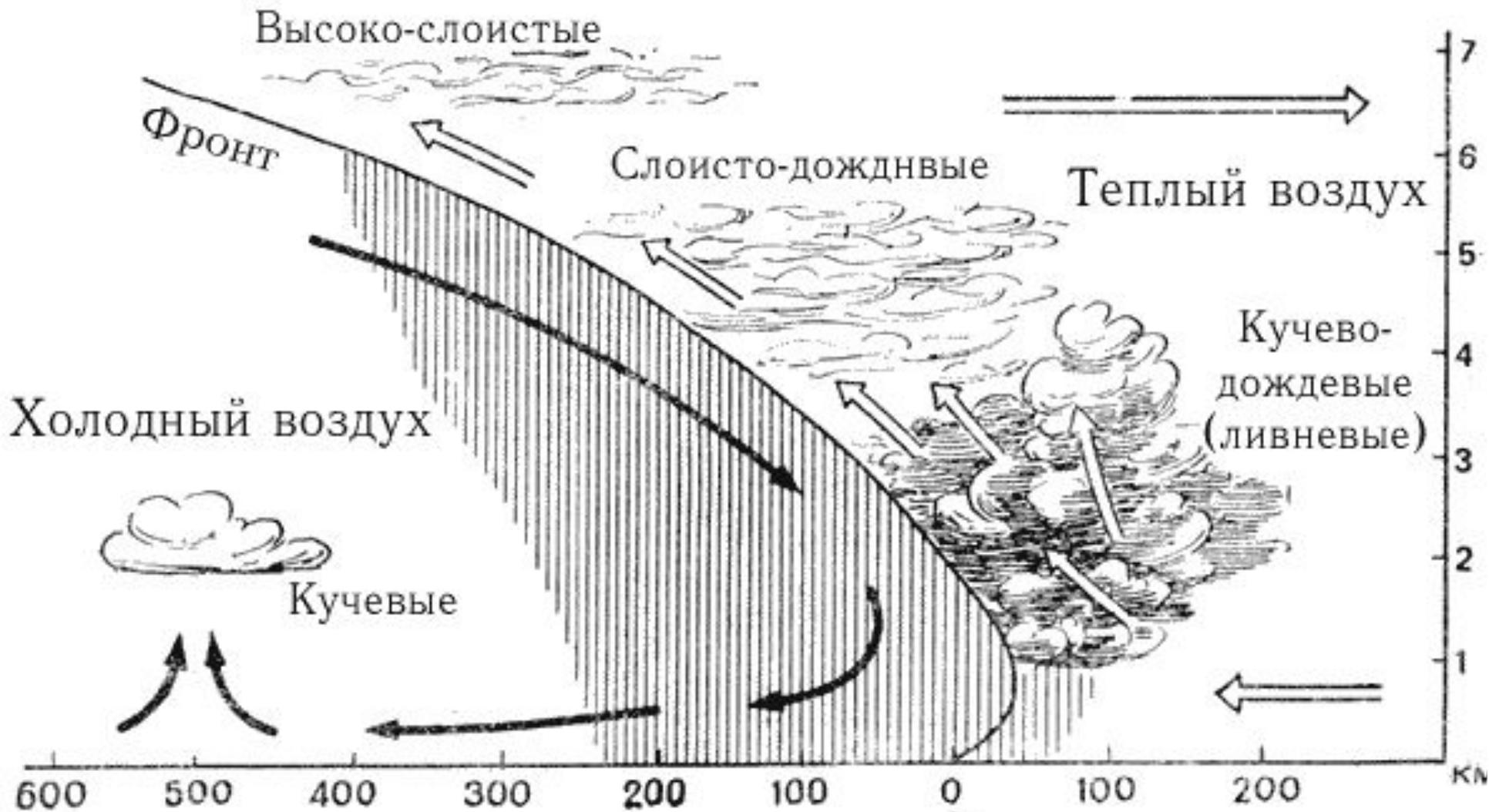
- **Атмосферные фронты** – это участки, на которых происходит взаимодействие воздушных масс.
- Их ширина – десятки км, длина – тысячи км.
- **Типы атмосферных фронтов в зависимости от направления перемещения:**
- **Стационарные фронты** находятся на одном месте.
- **Теплые фронты** возникают, когда теплые воздушные массы вытесняют холодные: теплый воздух при этом медленно поднимается по холодному, интенсивно образуются облака и выпадают обложные осадки. После прохождения теплого фронта наступает

# Тёплый фронт



- **Холодные фронты** возникают, когда холодные воздушные массы вытесняют теплые: более тяжелый холодный воздух наступает клином, а теплый воздух при этом поднимается по этому клину, охлаждается, образуются кучево-дождевые облака и выпадают ливневые осадки с грозами. После прохождения холодного фронта наступает похолодание.

# Холодный фронт



- **Главные климатологические фронты** разделяют основные типы воздушных масс.
- **Их пять:**
- **Тропический фронт** (вблизи экватора) – между экваториальной и тропическими ВМ;
- **Два бореальных (полярных) фронта** – между тропическими ВМ и ВМ умеренных широт;
- **Арктический и антарктический фронты** – между ВМ умеренных широт и арктической и антарктической ВМ.

# Погода и климат

- **Погода** – физическое состояние атмосферы в данное время над определенной территории.
- **Элементы погоды** – температура воздуха, влажность, облачность, осадки, атмосферное давление, ветер и атмосферные явления (гроза, туман, метель и др).

# Классификация погод

## По характеру облачности:

- 1) ясная и малооблачная без осадков  
(характерна для антициклонов зимой и летом);
- 2) облачная с прояснениями, с  
кратковременными ливневыми осадками  
(типична для холодного фронта во все сезоны);
- 3) пасмурная с низкой облачностью и  
морозящими осадками ( типична для теплого  
фронта во все сезоны);
- 4) ненастная погода с обложными осадками  
(характерна для циклонов во все сезоны).

## **По происхождению:**

- 1) Погода теплого фронта;
- 2) Погода холодного фронта;
- 3) Циклоническая погода;
- 4) Антициклоническая погода.

## В зависимости от хода температур:

- 1) Безморозные погоды:** I. засушливо-суховейная, II. умеренно-засушливая, III. малооблачная, IV. облачная днем, V. облачная ночью, VI. пасмурная без осадков, VII. пасмурная с осадками; VIII. влажно-тропическая.
- 2) С переходом через ноль:** IX. облачная днем, X. ясная днем.
- 3) Морозные погоды:** XI. слабо и умеренно морозная (от 0 до  $-12^{\circ}\text{C}$ ), XII. значительно морозная (от  $-12,5$  до  $-22,4^{\circ}\text{C}$ ), XIII. сильно морозная (от  $-22,5$  до  $-32,4^{\circ}\text{C}$ ), XIV. жестоко морозная (от  $-32,5$  до  $-42,4^{\circ}\text{C}$ ), XV. крайне морозная (от  $-42,5^{\circ}\text{C}$ ).

# Прогнозы погоды

- Краткосрочные (1-3 суток)
- Среднесрочные (4-10 суток)
- Долгосрочные (на месяц, сезон)

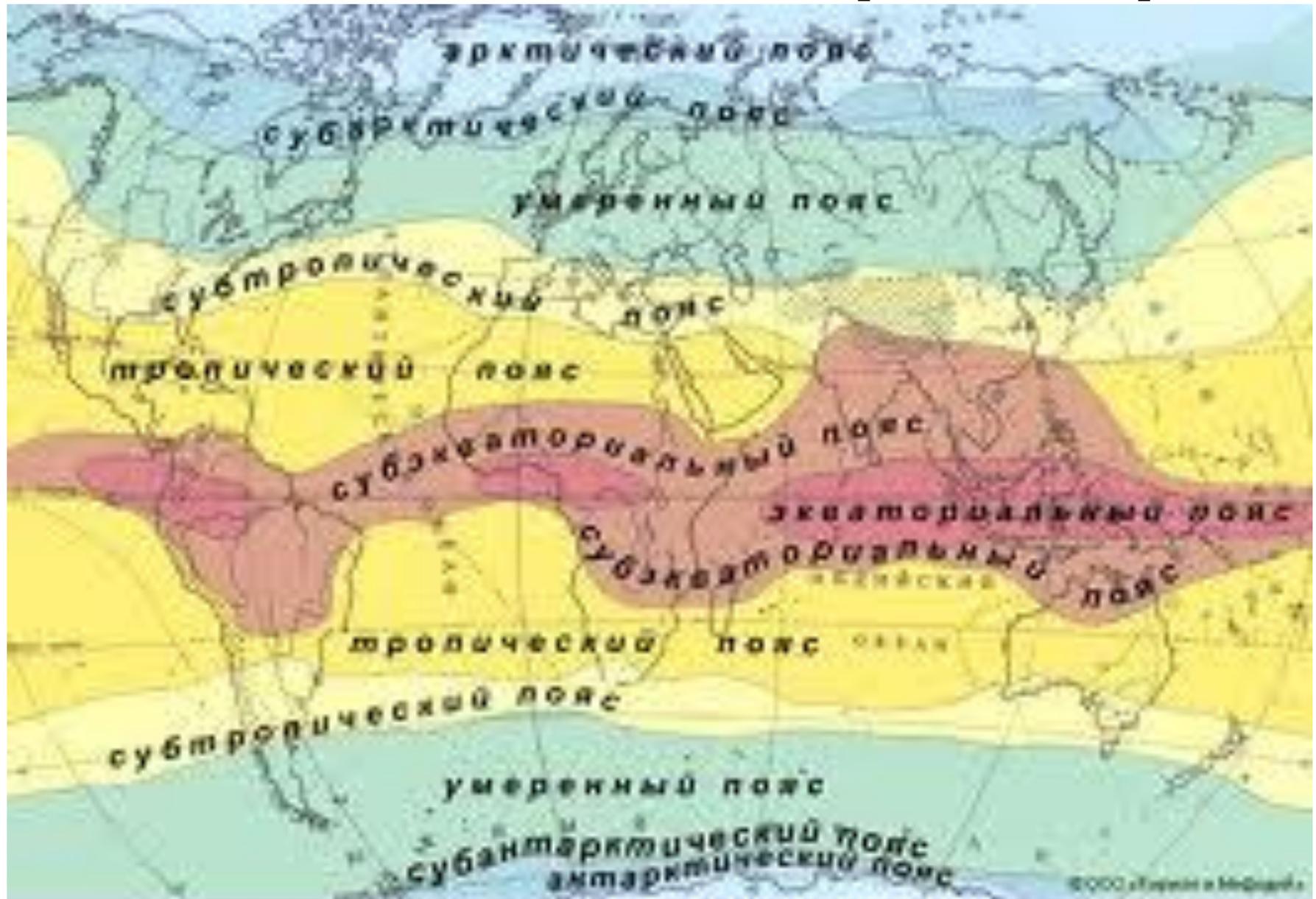


# Климат

- **Климат** – многолетний режим погоды, типичный для данной местности.
- **Климатообразующие факторы:**
  - **радиационные** (солнечная радиация);
  - **циркуляционные** (атмосферная циркуляция);
  - **влияние земной поверхности** (суша или вода, высота местности, морские течения; наличие снежного и ледяного покрова и др.).

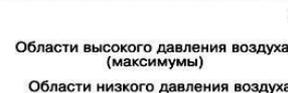
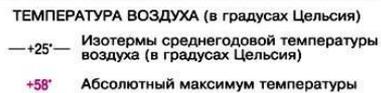
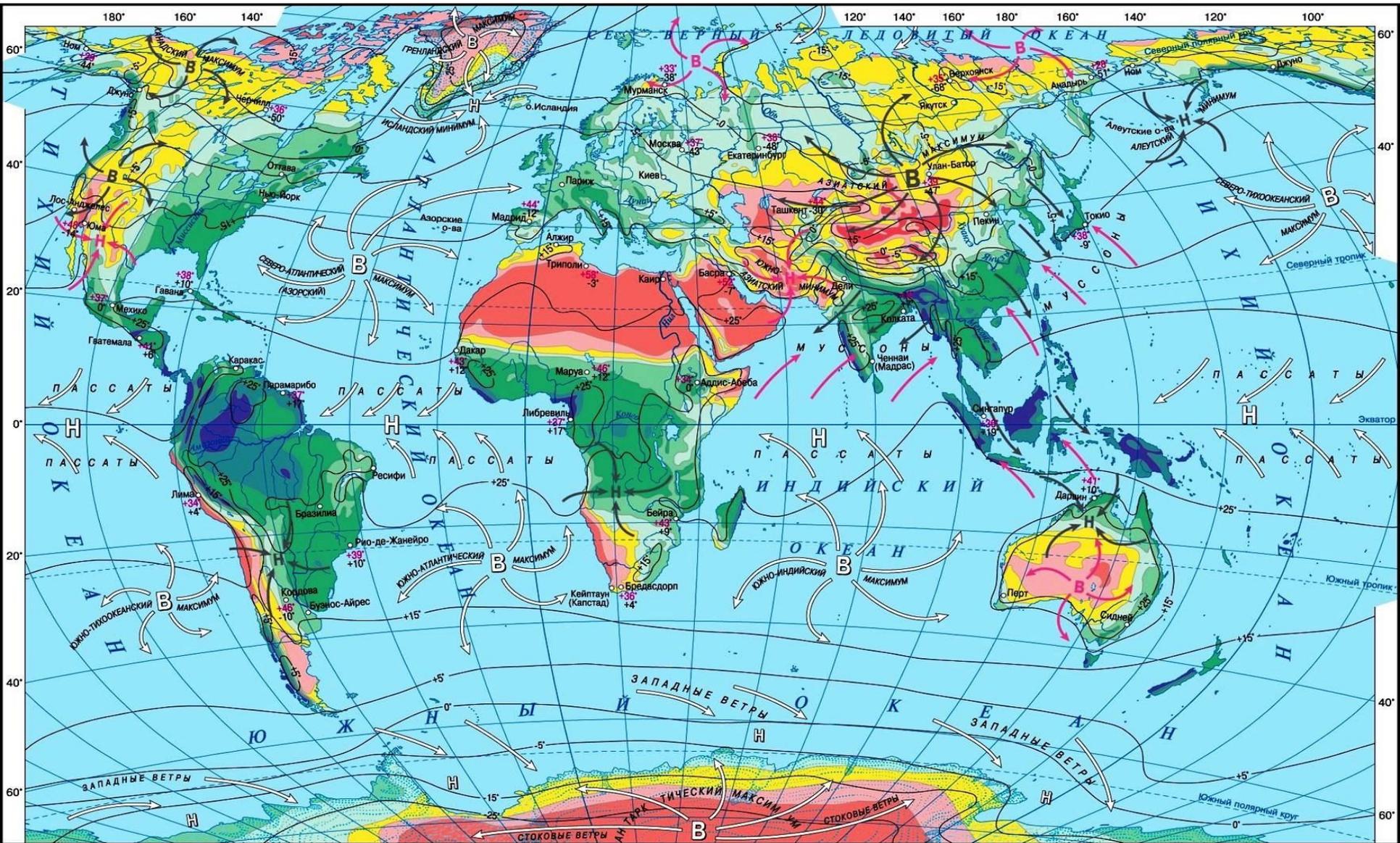
- Выделяют **13 климатических поясов** (по типу господствующих воздушных масс):
- **7 основных – в них господствует одна воздушная масса весь год** (1 экваториальный, 2 тропических, 2 умеренных, 2 полярных);
- **6 переходных - в них происходит смена воздушных масс по сезонам**  
(2 субэкваториальных, 2 субтропических, 1 субарктический и 1 субантарктический).

# Климатическая карта мира



Границы географических поясов расположены симметрично по отношению к экватору. КЛС18

# Климатическая карта мира



- **Экваториальный пояс**

*(бассейн р. Конго, побережье Гвинейского залива, бассейн р.Амазонки, Зондские острова):*

равномерный температурный режим (24-28° С),

относит. Влажность - 80 %,

много осадков (1000-3000 мм в год),

низкое давление,

слабые ветры,

растут влажные экваториальные леса.

- **Субэкваториальный пояс**
- **Субэкваториальный континентальный тип климата**

*(Бразильское плоскогорье, Африка, Индостан, Индокитай, Арнемленд, Кейп-Йорк):*

Сезонная смена воздушных масс,  
летом – ЭВМ, 26-32 °С, влажно,  
зимой –ТВМ, 20 °С, сухо,  
осадки – 2000 мм в год, в основном летом,  
саванны, переменнно-влажные редкостойные  
листопадные леса.

- **Субэкваториальный океанический тип климата**

*(в океанах в субэкваториальных широтах):*

более влажный климат,

температура 24-28 °С,

отсутствует сухой сезон,

зимой осадков немного меньше, чем летом.

- **Тропический пояс** (4 типа климата: континентальный, океанический, западных побережий, восточных побережий)
- **Тропический континентальный тип климата** (пустыни Сахара, Калахари, Аравийская; Мексика, Южная Африка, Западная Австралия):  
летом 30-35°C, зимой 10-20°C,  
суточная амплитуда температур 30-40°C,  
отн. влажность - 30 %, осадки редко (до 100 мм в год).

- **Тропический океанический тип климата**  
*(в океанах в тропических широтах):*  
повышенное давление,  
летом 20-25 °С, зимой 10-15 °С.  
относит. Влажность - 70 %,   
устойчивые ветра – пассаты,  
мало осадков (200 мм в год).

- **Тропический тип климата западных побережий** (*прибрежные пустыни – Западная Сахара, Атакама, Намиб, Калифорнийская*):

преобладает морская троп. ВМ,

летом 22-24 °С, зимой 15 °С.

высокая влажность 85-90 %,

мало осадков, туманы.

- **Тропический тип климата восточных побережий** (*Большие Антильские острова (Куба), восточное побережье Бразилии и Африки*):

теплые течения создают благоприятные условия для формирования облаков и выпадения осадков (1000 мм в год),  
летом 25°С, зимой 20 °С,  
влажность 70-80 %,  
вечнозеленые тропические леса.

- **Субтропический пояс** (25°- 48 ° широты):  
сезонная смена воздушных масс (летом – тропическая ВМ, зимой – ВМ умеренных широт)
- **Субтропический континентальный тип климата**  
(пустыни, полупустыни, сухие степи, высокогорные пустыни - Средняя Азия, Восточная Турция, Иран, Афганистан, Тибет):  
малооблачное сухое лето (30°C),  
влажная прохладная зима (5°C),  
осадки – 500 мм в год,  
зимой – циклоны,  
влажность летом - 40 %, зимой - 70 %.

- **Субтропический океанический тип климата**

*(в океанах в субтропических широтах):*

летом 20°C, зимой 10-12°C,

осадки – 800-1000 мм в год,

зимой – циклоны, летом – антициклоны.

- **Субтропический тип климата западных побережий**

*(Калифорния, Чили, Юго-западная Африка):*

сухое жаркое лето (22°C),

мягкая влажная зима (8°C),

осадки – 500-700 мм в год, зимой,

сухолобивые вечнозеленые жестколистные леса.

- **Субтропический тип климата восточных побережий**

*(Восточная Азия, Юго-восток Северной Америки):*

муссонный климат,

дождливое жаркое лето ( $25^{\circ}\text{C}$ ),

прохладная сухая зима ( $8^{\circ}\text{C}$ ),

осадки – 1000 мм в год, летом,

переменно-влажные широколиственные и смешанные леса.

## Умеренный пояс

- **Умеренный континентальный тип климата** (*только в Северном полушарии – средняя полоса России, Украина, Казахстан, юг Канады*):

господствует континентальная ВМ умеренных широт, но с запада часто заходит морская ВМ ум. широт и приносит влажный воздух с осадкам,

влажность 60%,

осадки – 600-700 мм в год, летом больше чем зимой, длинная морозная зима (-5-40°C),

короткое теплое лето (10-24°C),

много природных зон (лесная, лесостепи, степи, пустыни и полупустыни).

*Выделяют подтипы: умеренно континентальный, континентальный, резко-континентальный.*

- **Умеренный океанический тип климата**  
*(в океанах в умеренных широтах):*  
нежаркое лето ( $15^{\circ}\text{C}$ ),  
влажная зима ( $5^{\circ}\text{C}$ ),  
осадки – 1000 мм в год,  
западные ветры,  
неустойчивая погода из-за теплых морских течений.

- **Умеренный тип климата западных побережий**

*(Западная Европа, Западная Канада, юг Чили):*

теплое длинное лето (10-17°C),

мягкая влажная зима (0-5°C),

зимой часты снегопады,

осадки: 800-1000 мм в год - на равнинах,

2000-3000 мм в год - в горах,

широколиственные и хвойные леса.

- **Умеренный тип климата восточных побережий**

*(Китай, Дальний восток):*

муссонный климат,

теплое влажное лето ( $20^{\circ}\text{C}$ ),

холодная сухая зима ( $-10^{\circ}\text{C}$ ),

осадки – 500-1000 мм в год, больше летом,

смешанные и хвойные леса.

- **Субарктический и субантарктический пояса**

сезонная смена воздушных масс:

летом – ВМ умеренных широт,

зимой – арктическая ВМ.

- **Субарктический и субантарктический континентальный тип климата**

*(только в Северном полушарии:*

*север Евразии и Северной Америки)*

короткое прохладное лето (5-10°C),

длинная холодная сухая зима (-40-50°C),

осадков мало (100-200 мм в год),

но увлажнение избыточное,

многолетняя мерзлота и заболоченность,

тундра, лесотундра.

- **Субарктический и субантарктический океанический тип климата**

*(Северно-ледовитый океан, океаны вокруг Антарктиды):*

короткое прохладное лето ( $3-5^{\circ}\text{C}$ ),  
длинная холодная зима ( $-10-15^{\circ}\text{C}$ ),  
осадки - 500 мм в год,  
большая облачность, туманы,  
влажность – 80-90 %.

- **Арктический и Антарктический пояса**  
господствует арктическая и антарктическая ВМ,  
отрицательные температуры в течение года.
- **Арктический и антарктический континентальный тип климата**  
*(ледяные пустыни - Гренландия, Антарктида):*  
короткое прохладное лето ( $-8^{\circ}\text{C}$ ),  
длинная зима ( $-30^{\circ}\text{C}$ ),  
осадки – менее 100 мм в год,  
влажность – 80 %.  
ясная погода.

- **Арктический океанический тип климата**

*(Северно-ледовитый океан):*

короткое прохладное лето ( $5^{\circ}\text{C}$ ),

длинная холодная зима ( $-40^{\circ}\text{C}$ ),

осадки – 100-500 мм в год,

сильная циклоническая деятельность в течение всего года.