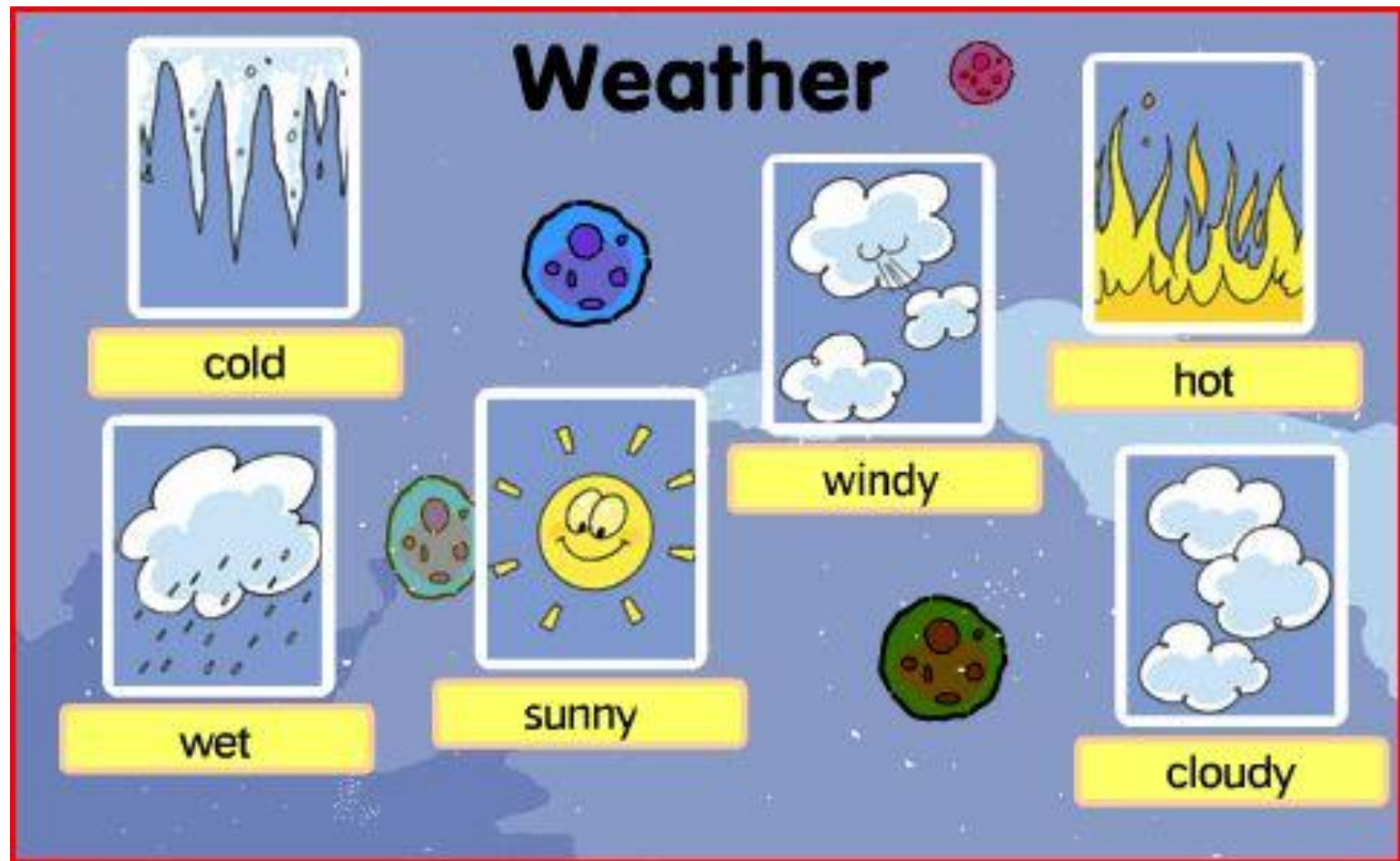
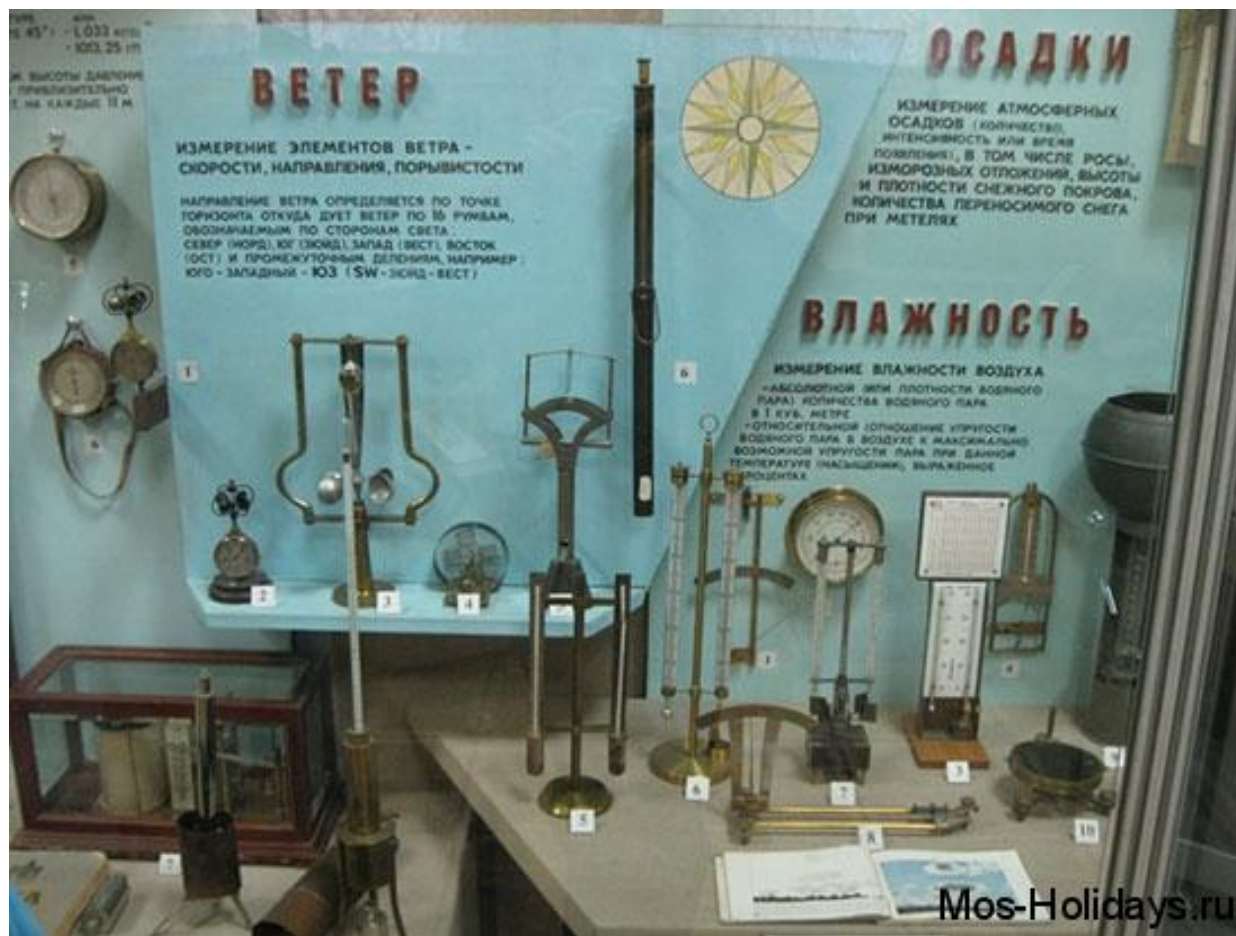


Основы метеорологии и климатологии



Метеорология – наука об атмосфере, о ее составе, строении, свойствах и протекающих в ней физических и химических процессах



Задачи метеорологии:

- описание состояния атмосферы в данный физический момент времени
- прогноз состояния атмосферы на будущее
- восстановление состояния атмосферы в прошлом

 Погода в Москве – 28 марта

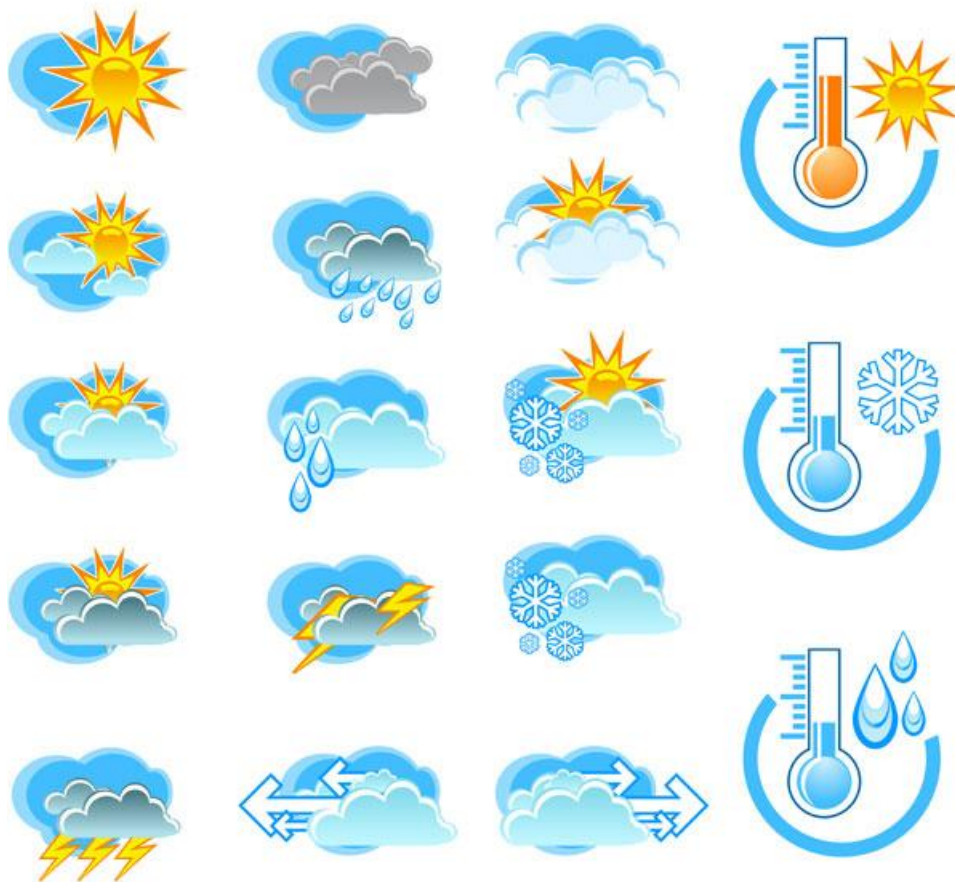
yandex.ru/pogoda/moscow

+3° 

Облачно, дождь со снегом
5,6 м/с ветер

сегодня	вт 28	ср 29	чт 30	Прогноз на 10 дней >
+4 	+3 	+1 	0 	
+1	-4	-4	-6	

Погода – физическое состояние атмосферы у земной поверхности в данный момент времени в определенном месте.



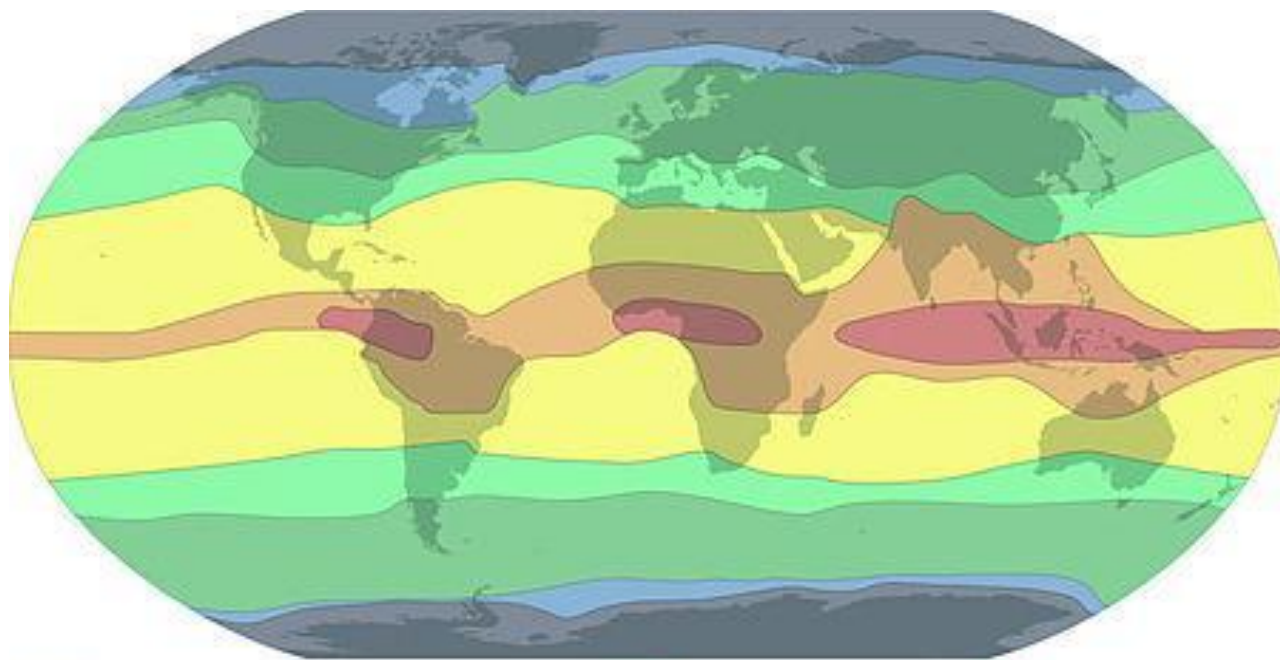
Погода характеризуется
метеорологическими величинами:

- температура,
- давление,
- влажность воздуха,
- ветер,
- облачность,
- атмосферные осадки

и *атмосферными явлениями:*

- гроза, туман, пыльная буря, метель и др.

Климатология – раздел метеорологии, в котором изучаются закономерности формирования климатов, их распределения по Земному шару и изменения в прошлом и будущем



Локальный климат – совокупность атмосферных условий за многолетний период, свойственных определенному месту в зависимости от географической обстановки

Глобальный климат – статистическая совокупность состояний, проходимых системой «атмосфера – океан – суша криосфера – биосфера» за период времени в несколько десятилетий

Влияние климата на жизнедеятельность человека

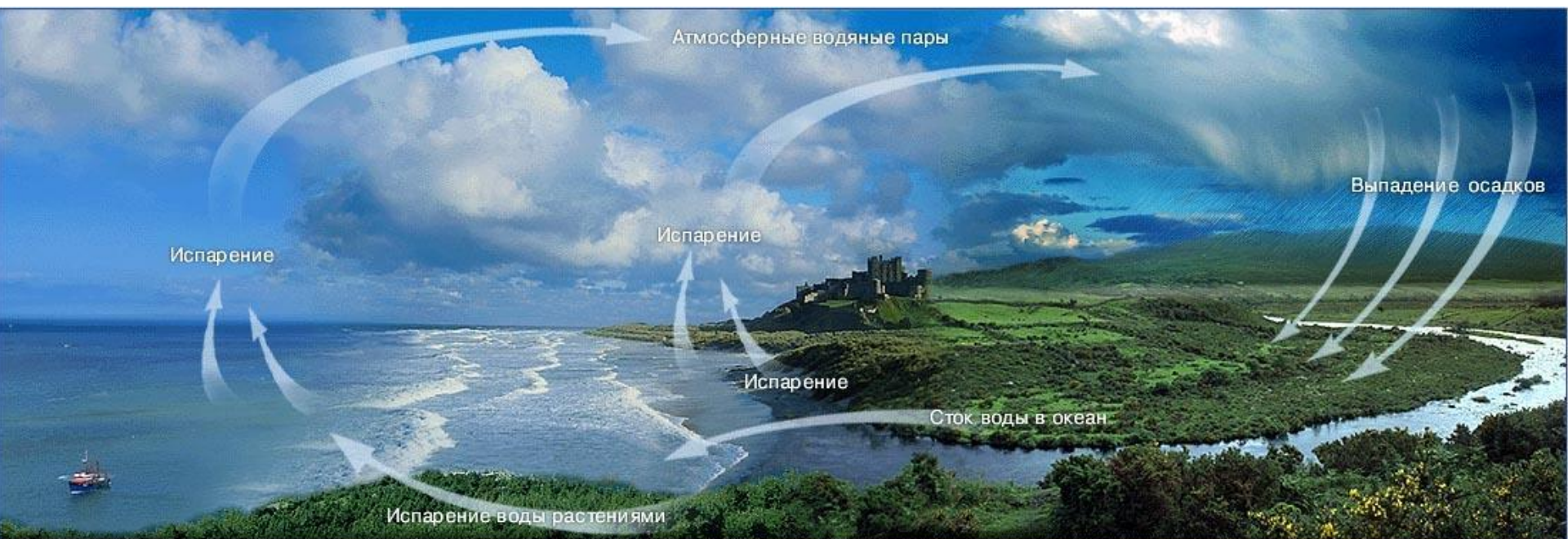


УСЛОВИЯ ДЛЯ ЖИЗНИ НАСЕЛЕНИЯ



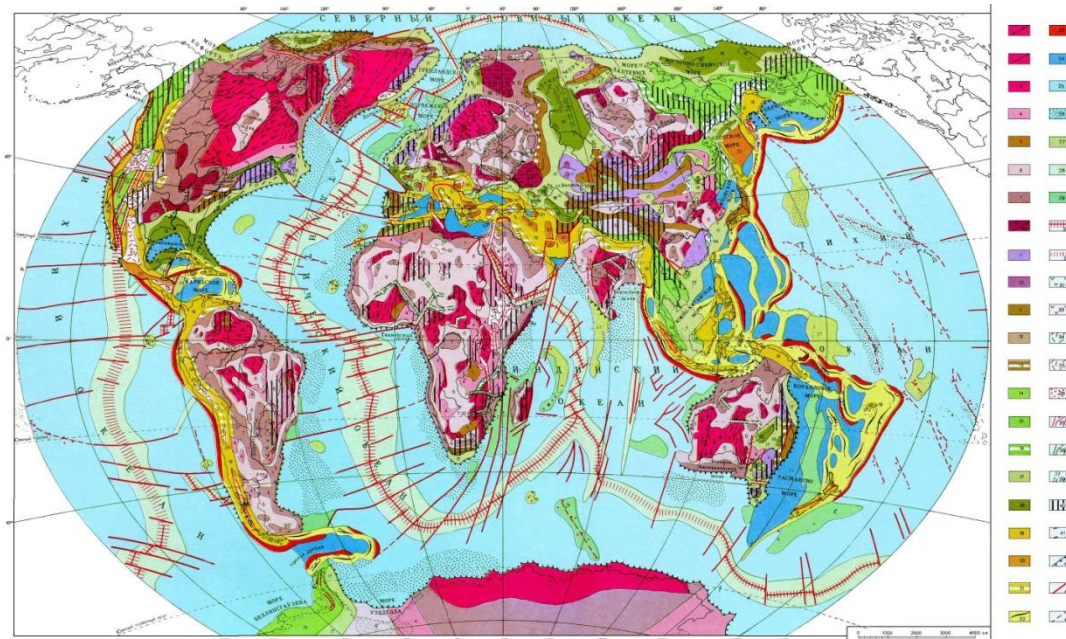
Климатообразующие процессы:

- 1) теплооборот,
- 2) влагооборот,
- 3) атмосферная циркуляция

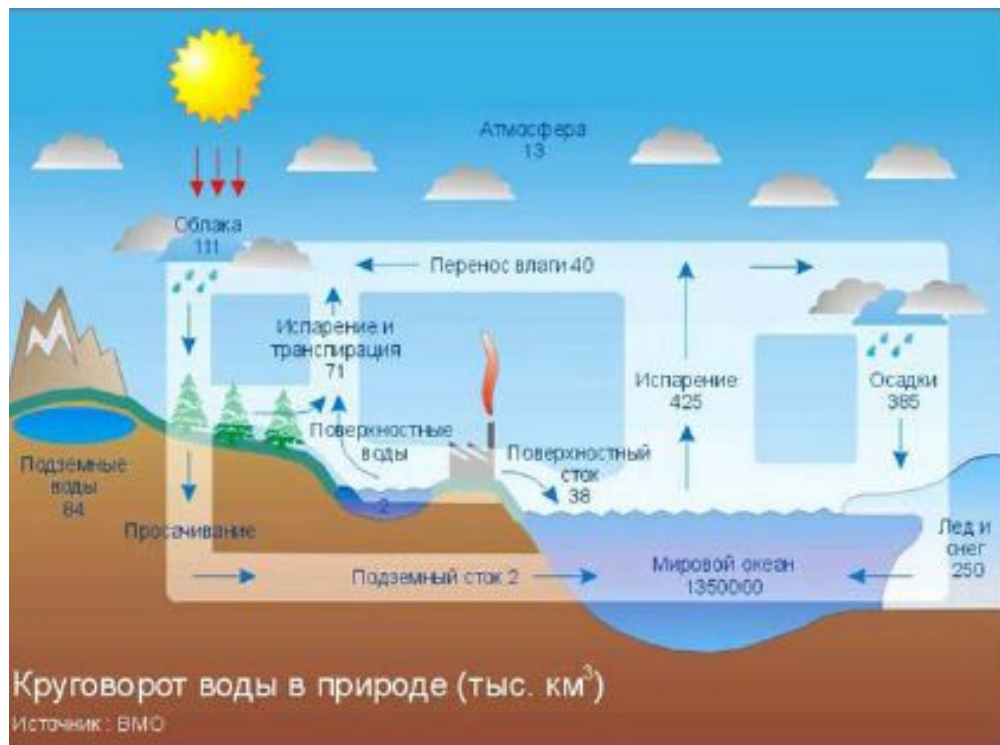


Теплооборот – совокупность *СЛОЖНЫХ* процессов получения, переноса и потери тепла в системе «**земля – атмосфера**»

Особенности процессов теплооборота наряду с суточным и сезонным ходом определяют температурный режим того или иного места



Влагооборот – постоянный оборот воды между земной поверхностью и атмосферой

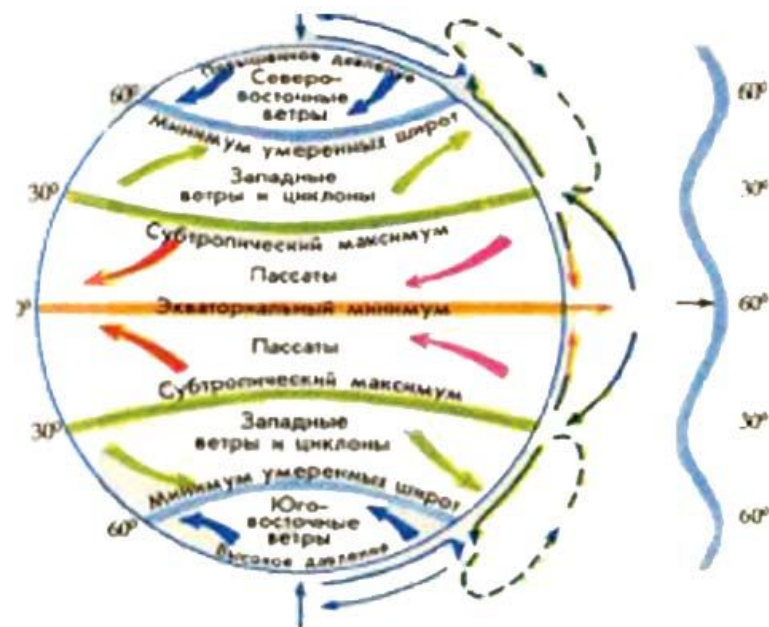
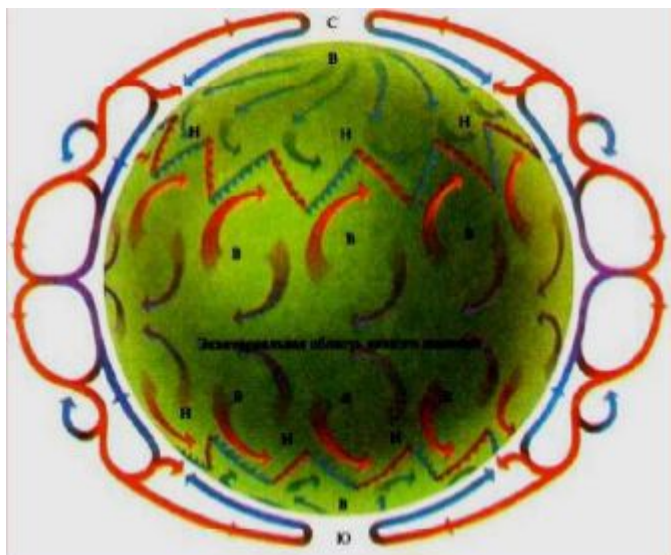


Влагооборот в атмосфере складывается из основных процессов:

- **испарение,**
- **конденсация,**
- **выпадение осадков**

Атмосферная циркуляция – система воздушных течений в атмосфере

- **Общая атмосферная циркуляция** – система крупномасштабных воздушных течений на Земле,
- **Местная атмосферная циркуляция** – воздушные течения на определенной территории



- 1) Из-за наклона земной оси и шарообразности Земли экваториальные районы получают больше солнечной энергии, чем полярные.
- 2) На экваторе воздух нагревается → расширяется → поднимается вверх → образуется область низкого давления.
- 3) На полюсах воздух охлаждается → уплотняется → опускается вниз → образуется область высокого давления.
- 4) Из-за разницы атмосферного давления воздушные массы начинают двигаться от полюсов к экватору.



Общая циркуляция атмосферы

Вращение Земли

Воздушные массы:

арктические (АВ)

умеренные (УВ)

тропические (ТВ)

экваториальные (ЭВ)

тропические (ТВ)

умеренные (УВ)

антарктические (АВ)

Постоянные ветры:

северо-восточные

западные

пассаты

пассаты

западные

юго-восточные

65°

65°

30°

30°

0°

0°

30°

30°

65°

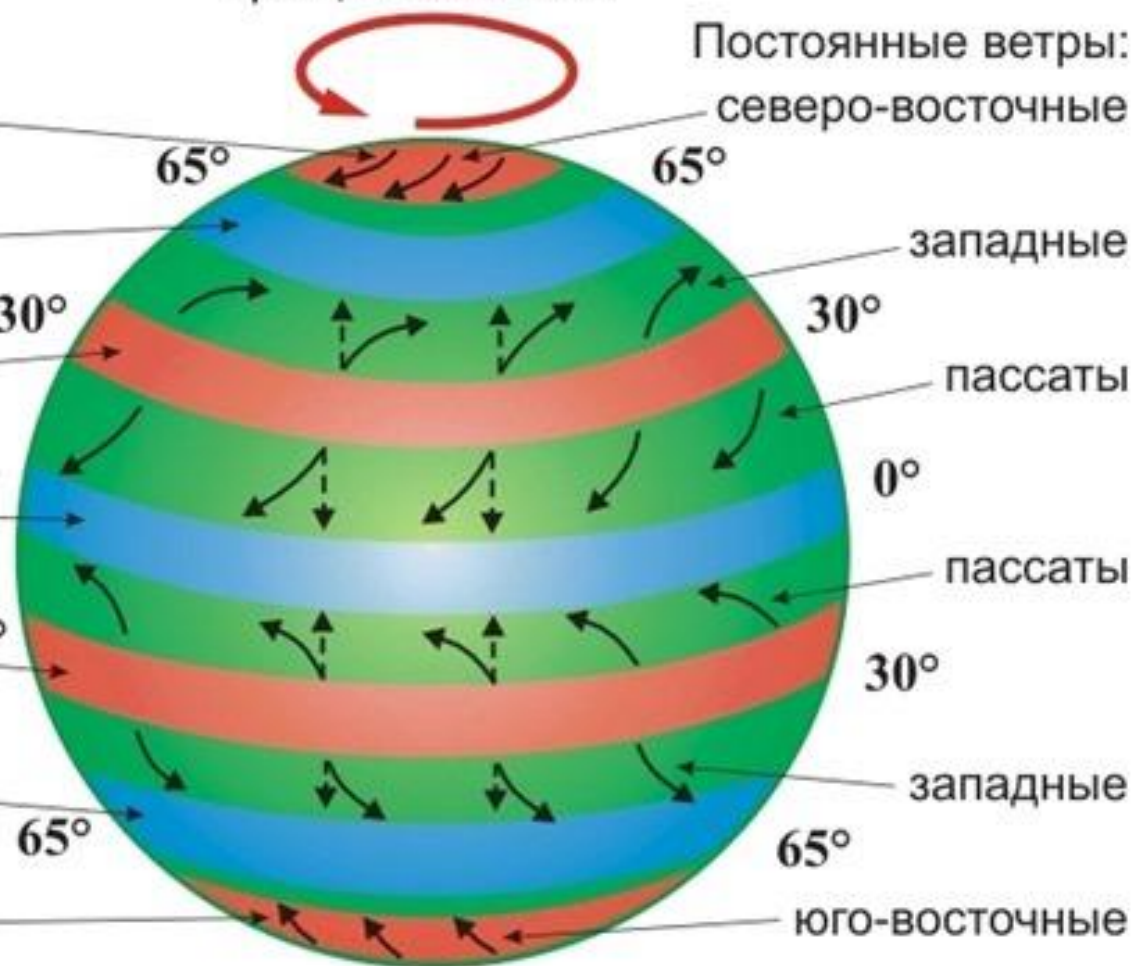
65°



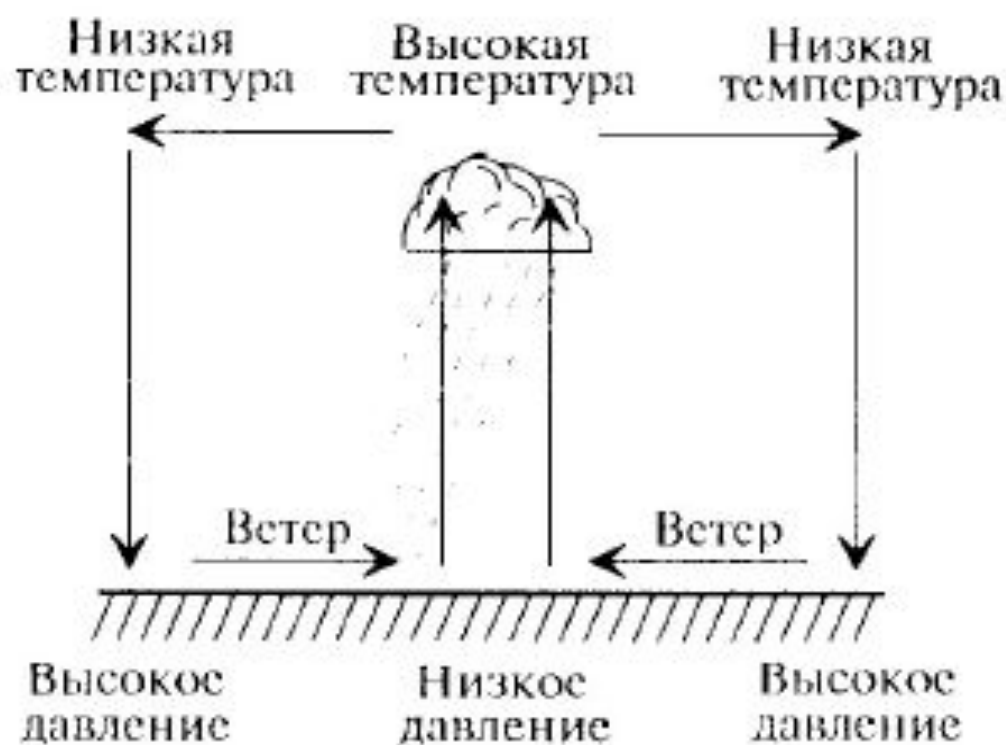
Пояс высокого давления



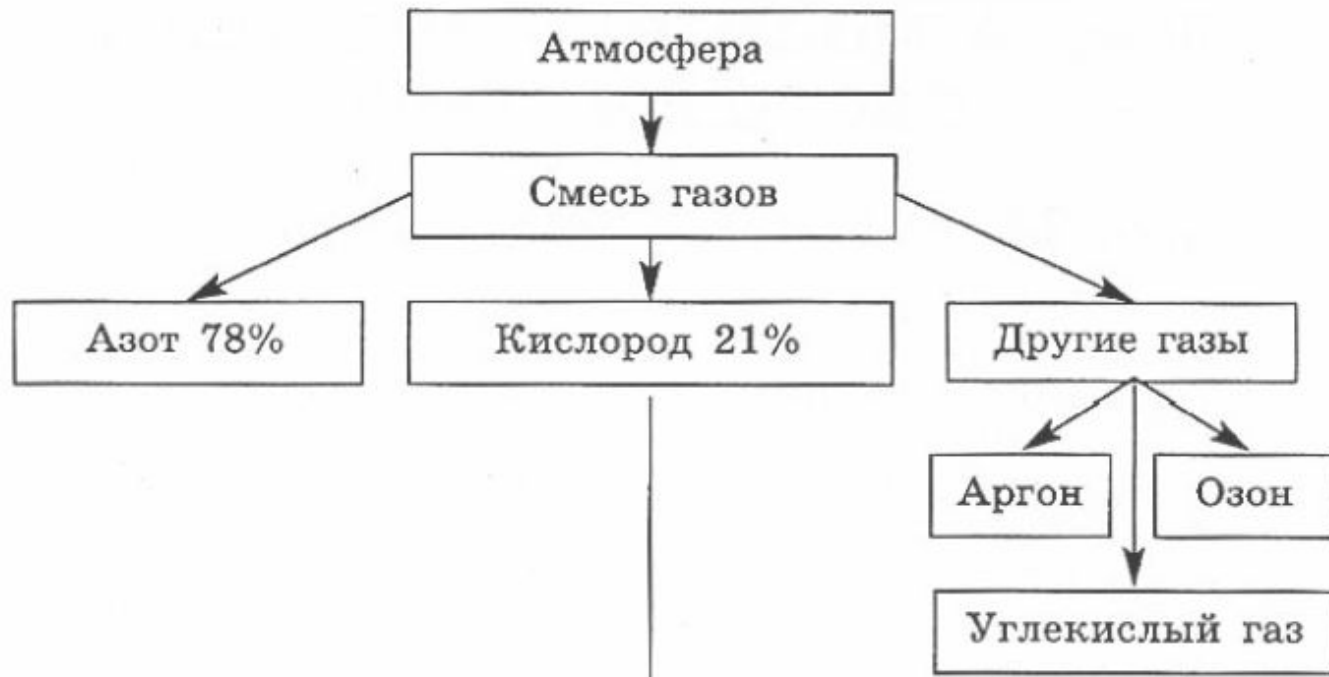
Пояс низкого давления



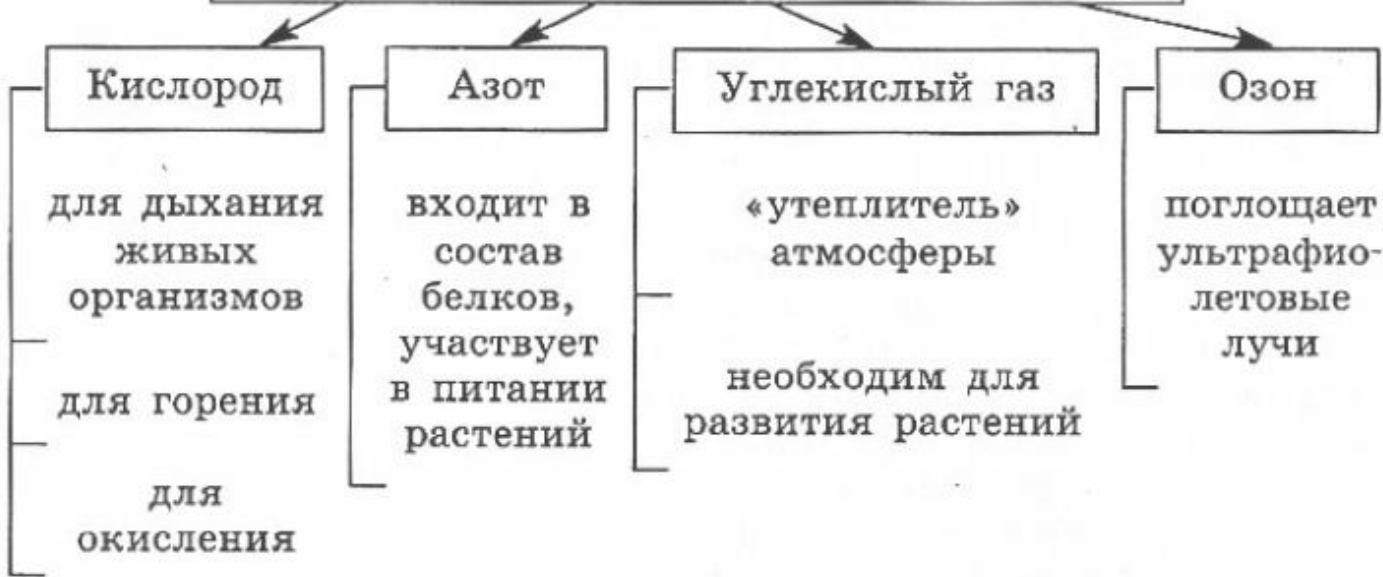
Движение воздуха в атмосфере (воздушные течения) вызывает неравномерное распределение тепла, которое влечет за собой неравномерное распределение атмосферного давления



Состав и строение атмосферы



Функции некоторых газов в атмосфере

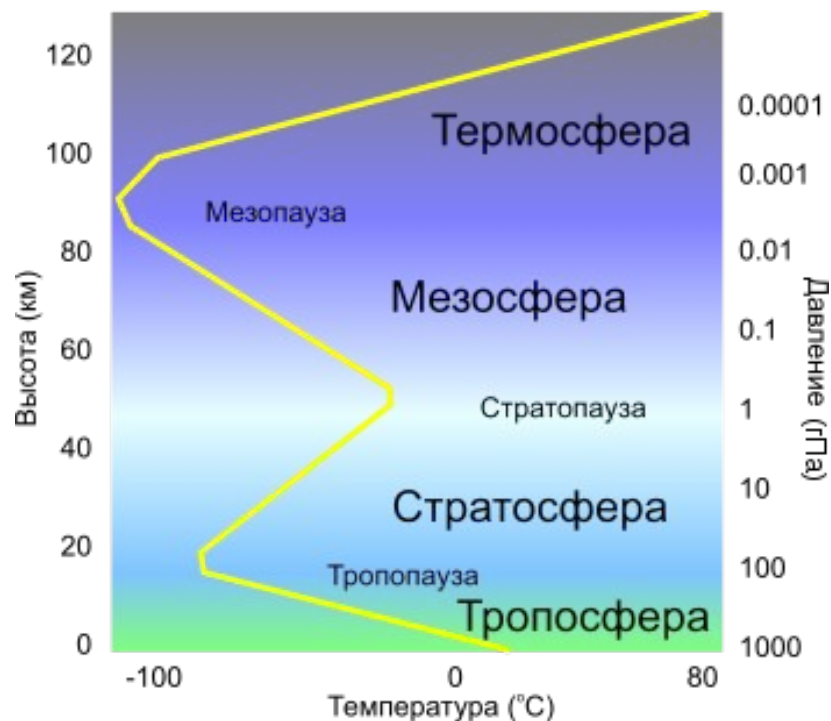


Плотность воздуха уменьшается с высотой:

- на уровне моря – $1,175 \text{ кг/м}^3$,
- на высоте 10 км – плотность в 3 раза меньше, чем на уровне моря,
- на высоте 200-300 км спутники Земли практически не испытывают сопротивления атмосферы
- $\frac{1}{2}$ массы атмосферы сосредоточена в нижних 5 км

Нижняя граница атмосферы – земная или водная поверхность

Верхняя граница – крайне размытая, примерно 2-3 тыс. км над земной поверхностью, где происходит рассеивание наиболее легких газов (водорода и гелия)



Строение атмосферы концентрическое

Тропосфера – нижний слой атмосферы, в котором температура в среднем убывает с высотой

Средняя величина падения температуры – $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{м}$



В тропосфере сосредоточено:

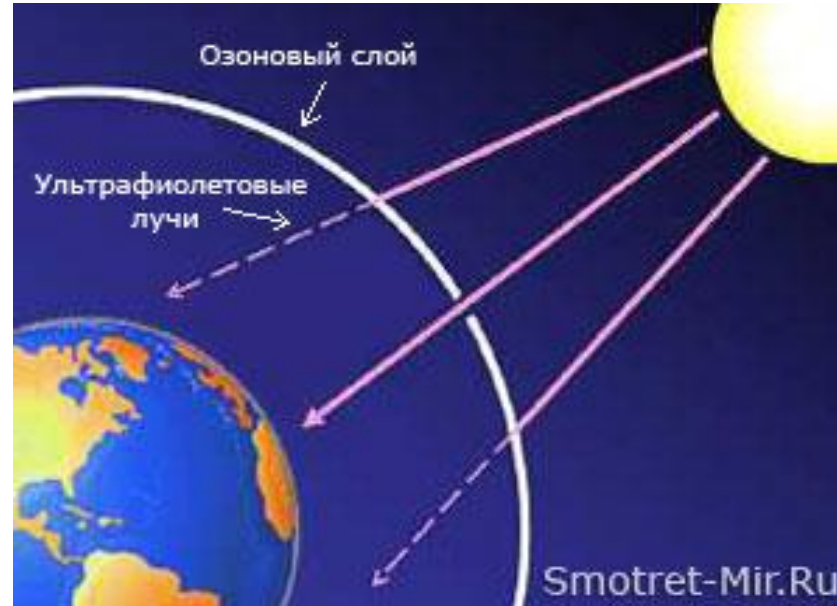
- 4/5 всей массы воздуха,
- почти весь водяной пар,
- почти все облака

Для тропосферы характерны:

- сильная неустойчивость,
- сильные вертикальные движения,
- перемешивание,
- влияние подстилающей поверхности



Стратосфера (озоносфера) – слой атмосферы до высоты 50-55 км, в котором температура растет с высотой



Особенности стратосферы:

- большая устойчивость,
- ничтожное количество водяного пара,
- наличие примеси озона (O_3)

Мезосфера – слой атмосферы до высоты 80-82 км, в котором температура вновь понижается до -100°C на ее верхней границе



Вследствие быстрого падения температуры с высотой в мезосфере сильно развита турбулентность

Термосфера (ионосфера) – слой атмосферы до высоты 800-1000 км, в котором температура очень резко возрастает с высотой (до 1500°С)



Особенности термосферы (ионосферы):

- сильная ионизация воздуха,
- очень большие скорости движения
- молекул и атомов атмосферных газов,
- очень низкая плотность воздуха

Экзосфера (внешняя атмосфера) – атмосферные
слои выше 800- 1000 км



Экзосфера – это сфера ускользания газов

Скорости частиц газа здесь очень велики, поэтому они могут преодолевать земное притяжение и ускользать в космическое пространство, особенно легкие газы – атомы водорода и гелия

Метеорологические наблюдения



Метеонаблюдения ведутся на метеорологических и аэрологических обсерваториях и станциях.

3500 метеостанций размещено по всему миру.

Метеонаблюдения – это измерения метеорологических величин, а также регистрация атмосферных явлений



Метеорологические величины:

- температура воздуха,**
- влажность воздуха,**
- атмосферное давление,**
- скорость и направление ветра,**
- количество и высота облаков,**
- количество осадков и др.**

Метеовеличины, не отражающие свойств атмосферы, но тесно связанные с ними:

- температура почвы,
- температура поверхностного слоя воды,
- испарение,
- высота и состояние снежного покрова,
- продолжительность солнечного сияния и т.п.



Атмосферные явления:

- гроза,
- метель,
- туман,
- ряд оптических явлений (радуга, венцы и др.),
- пыльная буря и пр.



Условия, предъявляемые к метеостанциям:

- равномерное размещение в местах, характерных для данного района;
- синхронное ведение наблюдений однотипными приборами, по единой методике в определенные часы суток;
- длительность и непрерывность наблюдений

Метеорологические службы – специальные государственные организации, в состав которых входят государственные сети метеорологических, аэрологических и других специализированных станций, оперативные и научные метеорологические учреждения

Задачи метеослужбы:

- развитие научных исследований атмосферы,
- обслуживание народного хозяйства и населения информацией о погоде и климате,
- составление прогнозов погоды и опасных явлений погоды

В России руководство метеорологической службой осуществляет

Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)



Всемирная метеорологическая организация (ВМО)

координирует обмен метеорологической информацией между странами, осуществляет согласованность работы метеослужб всего мира



**World
Meteorological
Organization**

Weather • Climate • Water



Метеорологические приборы





Термометр - прибор для измерения температуры воздуха, почвы, воды и т.д. при тепловом контакте между объектом измерений и чувствительным элементом термометра.



koshkindom.com.prom.ua

Барометр - прибор для измерения атмосферного давления. Барометры подразделяются на жидкостные барометры и барометры-анероиды.



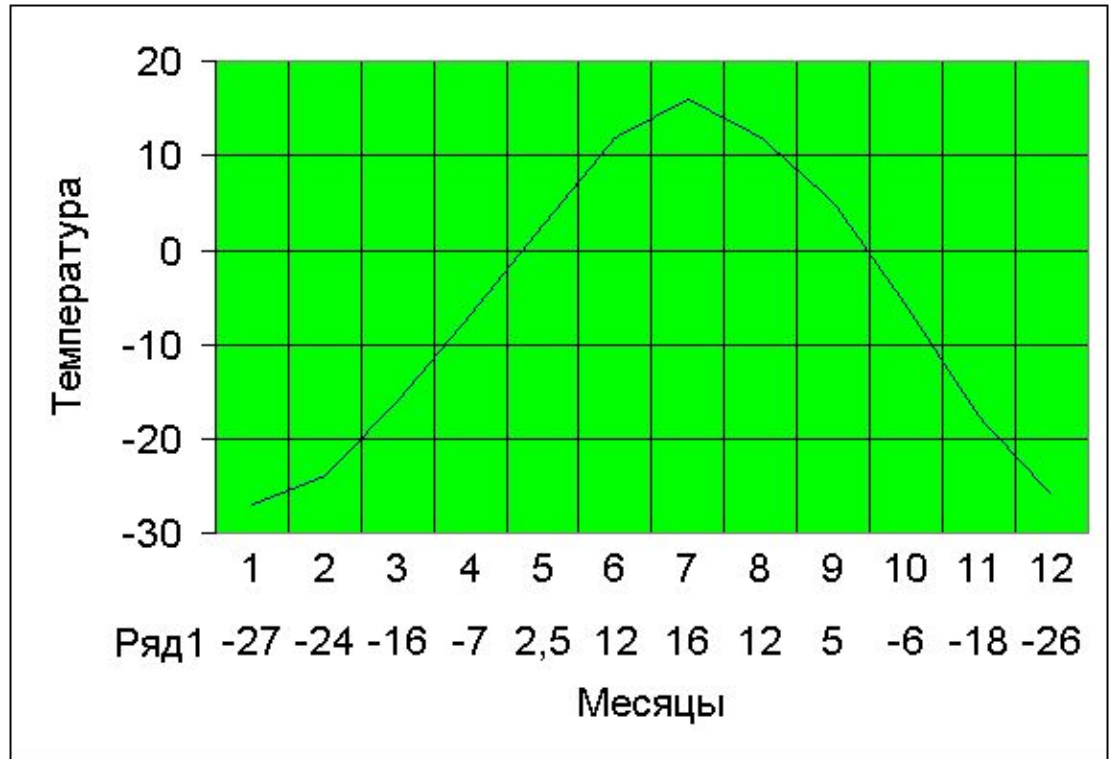
Гигрометр - прибор для измерения влажности воздуха или других газов. Различают волосные, конденсационные и весовые гигрометры, а также регистрирующие гигрометры (гигрографы).



Осадкомер - прибор для сбора и измерения количества выпавших атмосферных осадков. Это представляет собой цилиндрическое ведро строго определенного сечения, устанавливаемое на метеоплощадке.

Снегомерная рейка - рейка, предназначенная для измерения толщины снежного покрова при метеонаблюдениях.





Термограф - прибор-самописец, непрерывно регистрирующий температуру воздуха и записывающий ее изменения в виде кривой. Термограф располагается на метеостанции в специальной будке.



Гелиограф - прибор-самописец, регистрирующий продолжительность солнечного сияния. Основная часть прибора - хрустальный шар диаметром около 90 мм, работающий как собирающая линза при освещении с любой стороны, причем фокусное расстояние во всех направлениях одинаково. На фокусном расстоянии параллельно поверхности шара располагается картонная лента с делениями.

Нефоскоп - прибор, предназначенный для определения относительной скорости движения облаков и направления их движения.

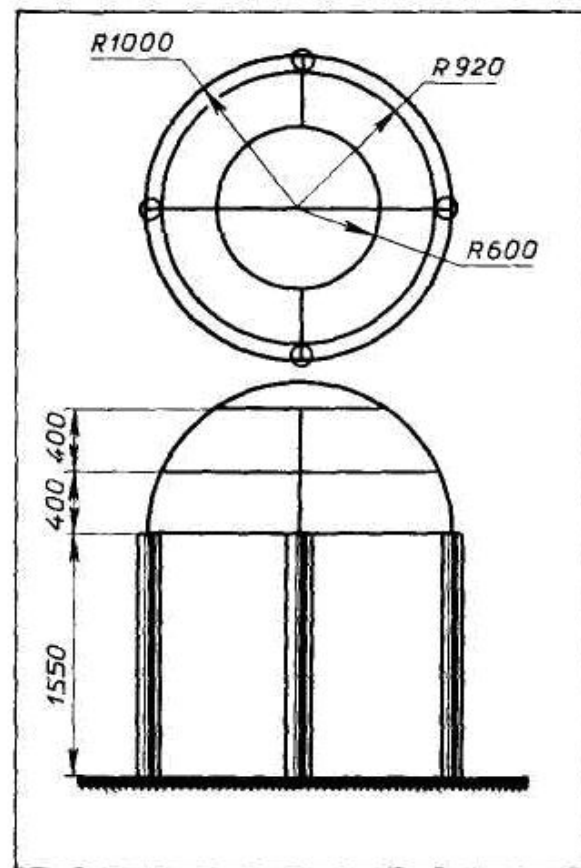


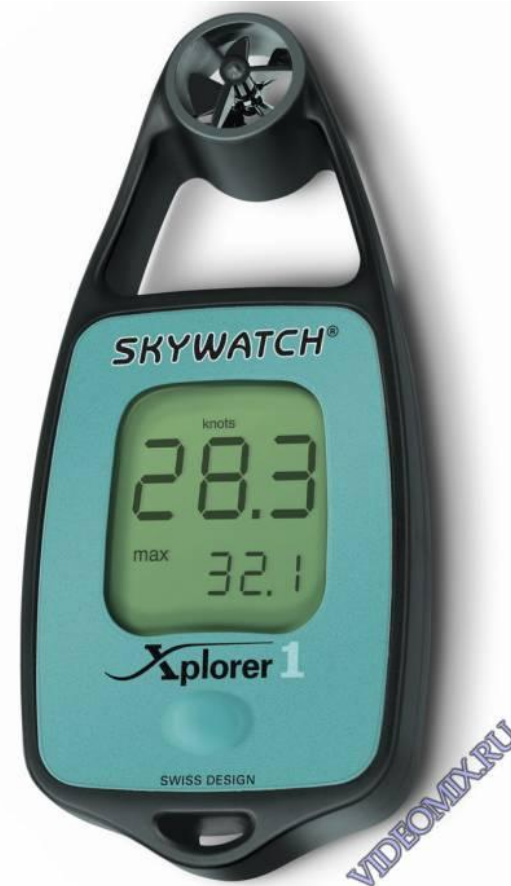
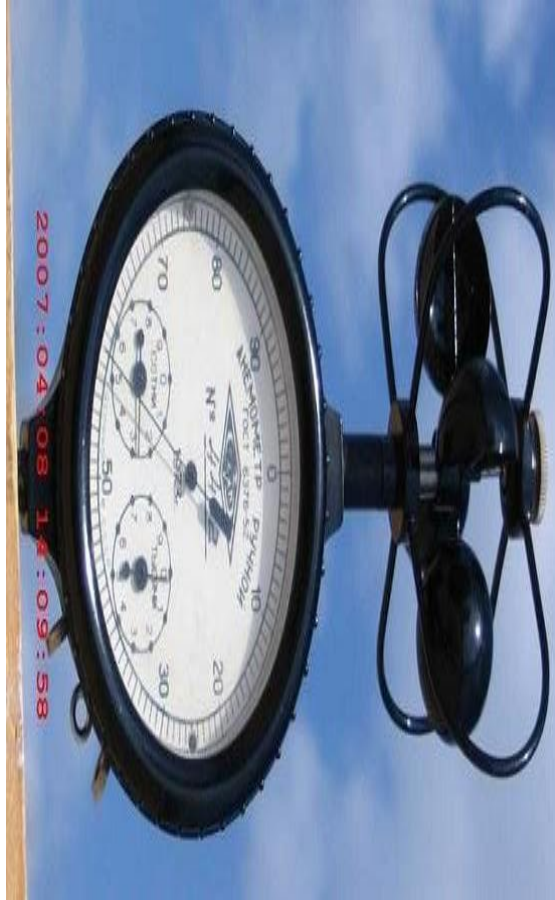
Рис 53 Нефоскопическая сетка (вид сверху и сбоку)

Облакомер - прибор для определения высоты нижней и верхней границы облаков, поднимаемый на шаре-зонде.

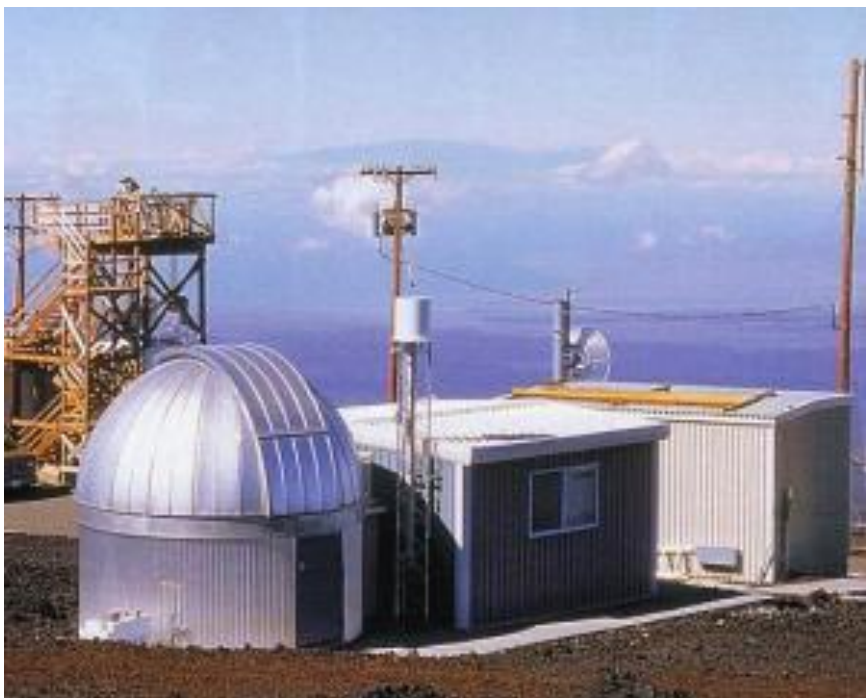
Действие облакомера основано:

- на изменении сопротивления фотоэлемента, реагирующего на изменении освещенности при входе в облака и выходе из них;
- на изменении сопротивления проводника с гигроскопичным покрытием при попадании на его поверхность облачных капель.



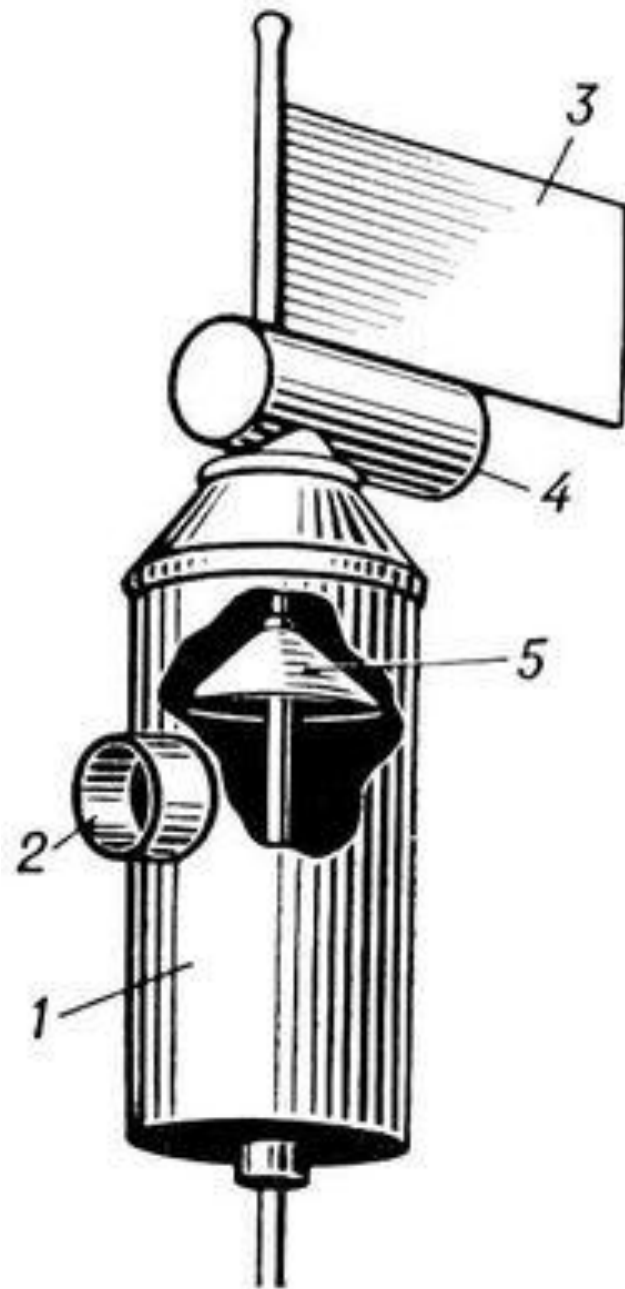


Анемометр - прибор для измерения скорости ветра и газовых потоков по числу оборотов вращающейся под действием ветра вертушки. Существуют анемометры разных типов: ручные и постоянно закрепленные на мачтах и др. Отличают регистрирующие анемометры (анемографы).



Гидрологическая наблюдательная установка - стационарная установка для проведения наблюдений за элементами гидрологического режима.

Метелемер - устройство, применяемое для определения количества снега, переносимого ветром.





Радиозонд - прибор для метеорологических исследований в атмосфере до высоты 30-35 км. Радиозонд поднимается на выпущенном в свободный полет воздушном шаре и автоматически передает на землю радиосигналы, соответствующие значениям давления, температуры, влажности воздуха.



Шар-зонд - резиновый воздушный шар с прикрепленным к нему метеорографом, выпускаемый в свободный полет. На определенной высоте после разрыва оболочки метеорограф спускается на землю на парашюте.



Фото В.С. Мержевича, <http://www.merjevich.ru>



Метеорологическая ракета - ракетный аппарат, запускаемый в атмосферу для исследования ее верхних слоев, главным образом мезосферы и ионосферы. Приборы исследуют атмосферное давление, магнитное поле Земли, космическое излучение, спектры солнечного и земного излучений, состав воздуха и т.д. Показания приборов передаются в виде радиосигналов.



Метеорологический спутник - искусственный спутник Земли, регистрирующий и передающий на Землю различные метеорологические данные. Он предназначен для наблюдения за распределением облачного, снегового и ледового покровов, измерения теплового излучения земной поверхности и атмосферы и отраженной солнечной радиации с целью получения метеорологических данных для прогноза погоды.

Радиация в атмосфере

Радиация или **излучение** – это электромагнитные волны, которые характеризуются:

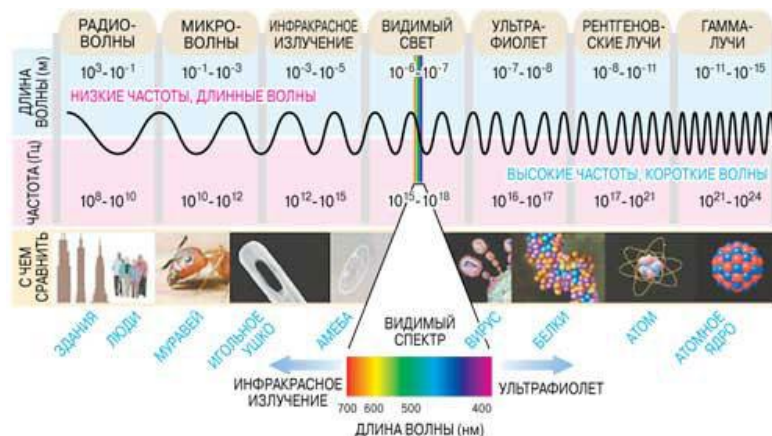
λ -длиной волны и ν -частотой колебаний



Радиация распространяется по всем направлениям от ее источника-излучателя со скоростью около 300 тыс. км/с

К радиации относятся:

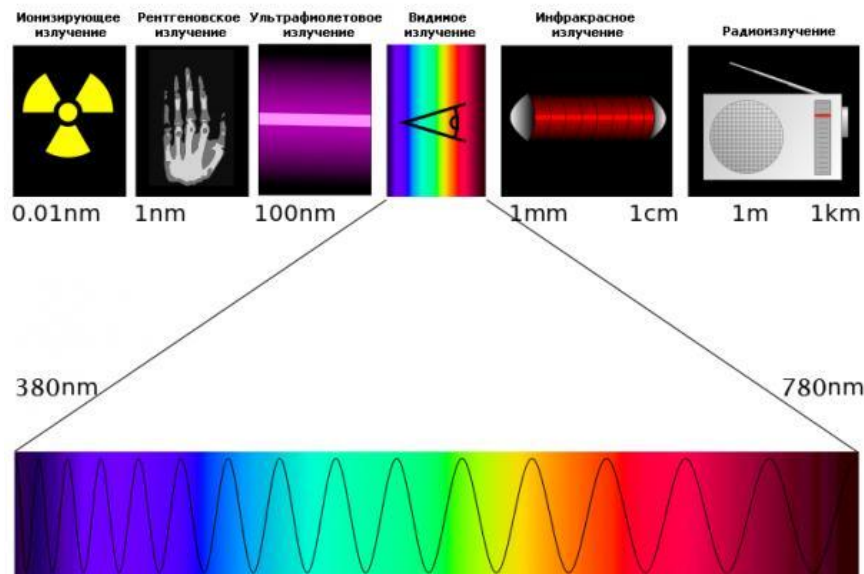
- гамма-лучи,
- рентгеновские лучи,
- ультрафиолетовая радиация,
- видимый свет,
- инфракрасная радиация,
- радиоволны



Метеорология в основном имеет дело с **тепловой радиацией**, которая поступает от Солнца

Виды радиации

1. **ультрафиолетовая** – невидимая радиация с длиной волн от 0,01 до 0,39 мкм,
2. **видимый свет** - длина волны от 0,40 до 0,76 мкм,
3. **инфракрасная** – невидимая радиация с длиной волн более 0,76 мкм до нескольких сотен мкм



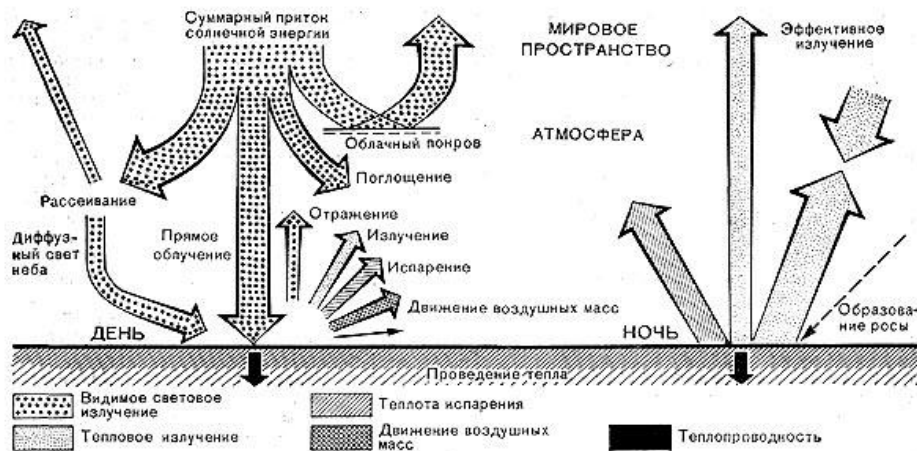
Виды радиации

- коротковолновая** – радиация с длиной волн от 0,01 до 4 мкм, это часть ультрафиолетовой и инфракрасной радиации, а также видимый свет,
- длинноволновая** – радиация, излучаемая земной поверхностью и атмосферой с длиной волн от 4 до 100 мкм.



На коротковолновую часть излучения приходится 99% энергии Солнца

Лучистая энергия Солнца превращается в **тепло** частично в атмосфере, но главным образом **на земной поверхности**, от которой нагревается воздух. Нагретая земная поверхность и атмосфера излучают инфракрасную радиацию

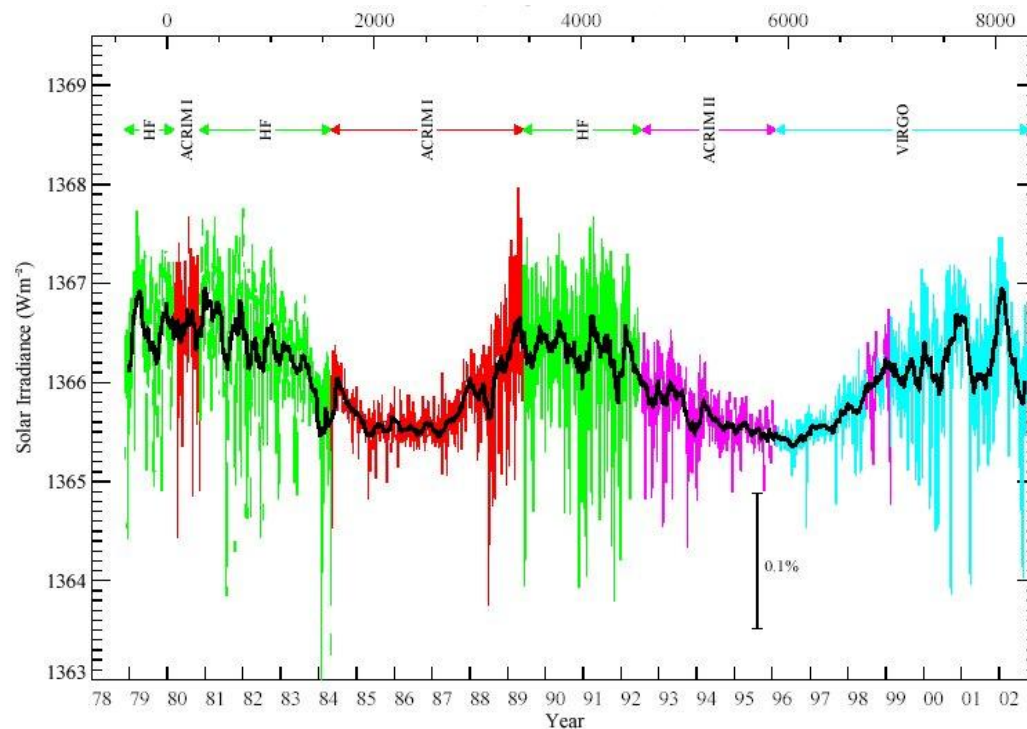


Земля находится в лучистом равновесии:

- приток коротковолновой радиации уравнивается отдачей длинноволновой радиации в мировое пространство

Солнечная постоянная — интенсивность солнечной радиации, падающей на верхней границе атмосферы на единицу площади, перпендикулярной к солнечным лучам, при среднем расстоянии от Земли до Солнца

$$S=1,37 \text{ кВт/м}^2$$



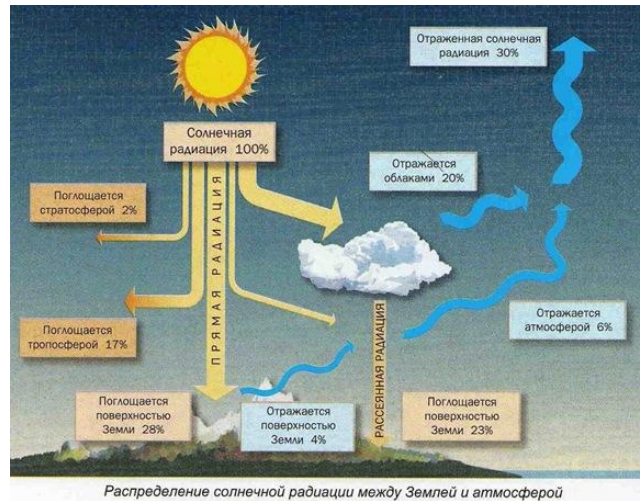
Виды солнечной радиации

1. прямая,
2. поглощенная,
3. рассеянная,
4. отраженная,
5. суммарная



Суммарная солнечная радиация – вся солнечная радиация, приходящая к земной поверхности (прямая и рассеянная)

Прямая солнечная радиация – радиация, приходящая к земной поверхности непосредственно от диска Солнца



Поступление прямой солнечной радиации к поверхности Земли зависит от:

- угла наклона солнечных лучей, т.е. От географической широты и продолжительности солнечного сияния,
- облачности


УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Радиационный баланс за год в килокалориях на 1 кв. см в год

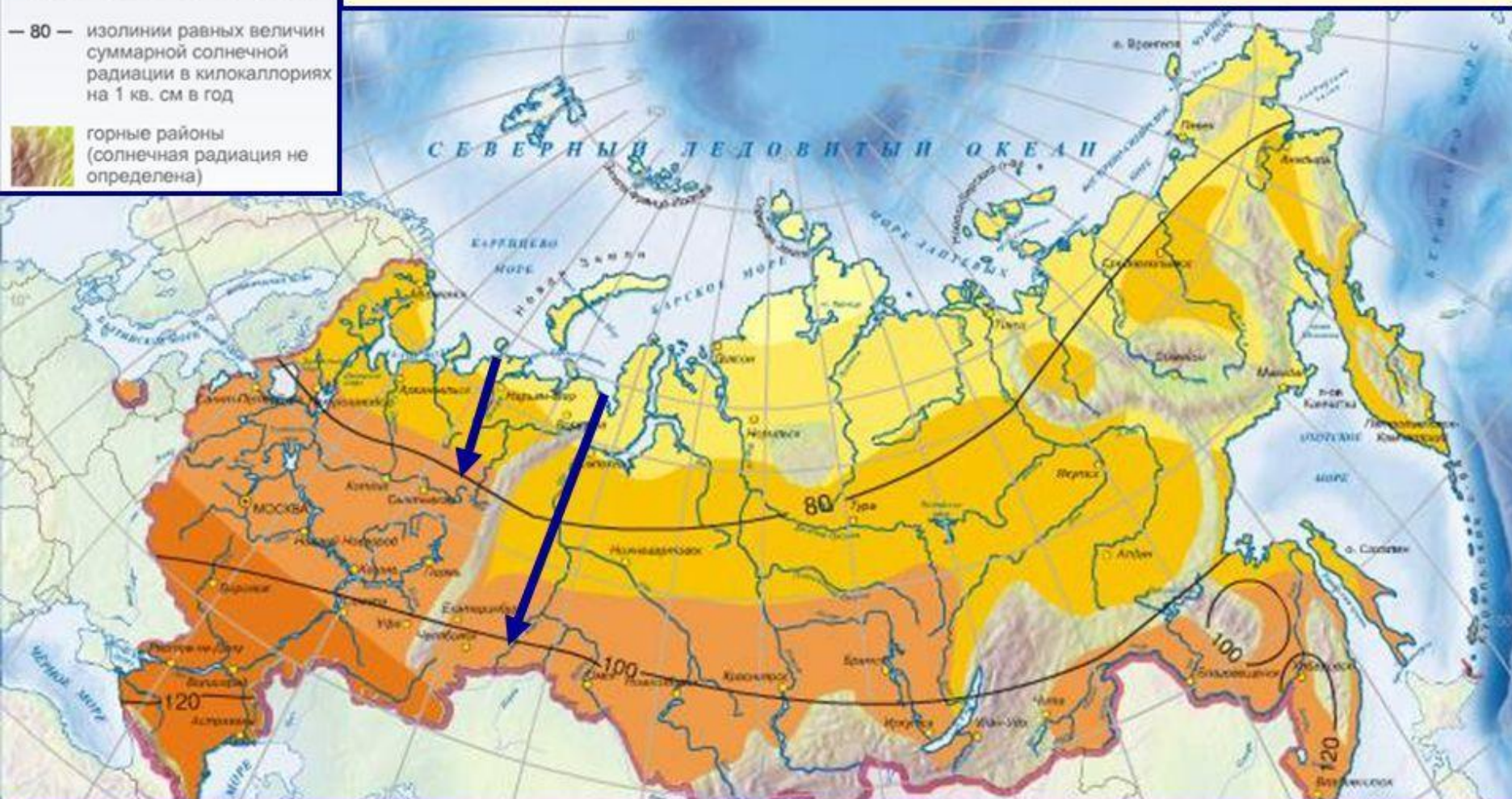


менее 10 20 30 40 более

— 80 — изолинии равных величин суммарной солнечной радиации в килокалориях на 1 кв. см в год

 горные районы (солнечная радиация не определена)

Карта солнечной радиации

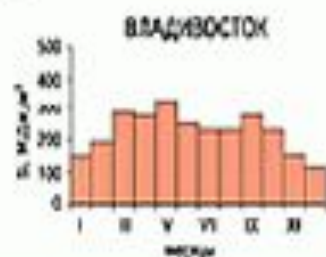
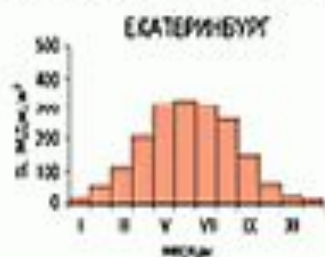
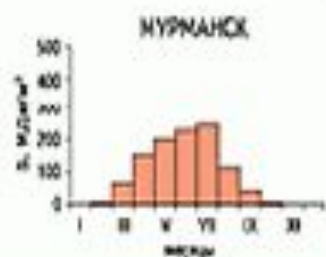
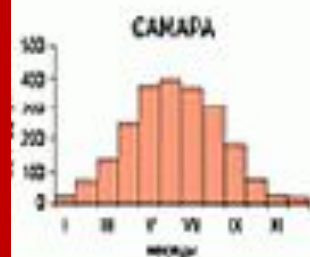


По рис. 25 определите районы самой высокой и маленькой величиной суммарной солнечной радиации в России

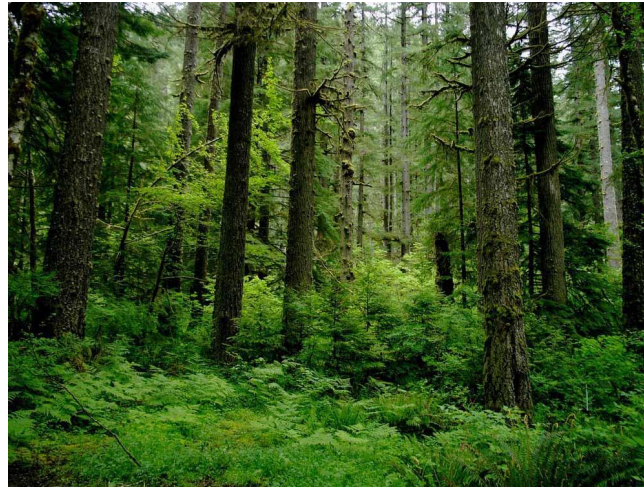
Месячные и годовые суммы прямой солнечной радиации при безоблачном небе (МДж/м²)

Северная широта	Европейская часть России					Азиатская часть России				Год
	месяцы				Год	месяцы				
	I	IV	VII	X		I	IV	VII	X	
50°	123	527	684	305	4870	138	574	748	326	5350
60°	38	480	698	185	4230	43	492	752	197	4450
70°	Полярная ночь	383	730	75	3570	Полярная ночь	383	743	72	3600

Годовой ход прямой солнечной радиации



Рассеяная солнечная радиация – радиация, возникающая в результате преобразования части прямой солнечной радиации в виде параллельных лучей в радиацию, идущую по всем направлениям



Рассеяние происходит в оптически неоднородном атмосферном воздухе, содержащем мельчайшие частицы жидких и твердых примесей – капли, кристаллы, мельчайшие аэрозоли и т.д.

26% энергии общего потока солнечной радиации превращается в рассеянную радиацию

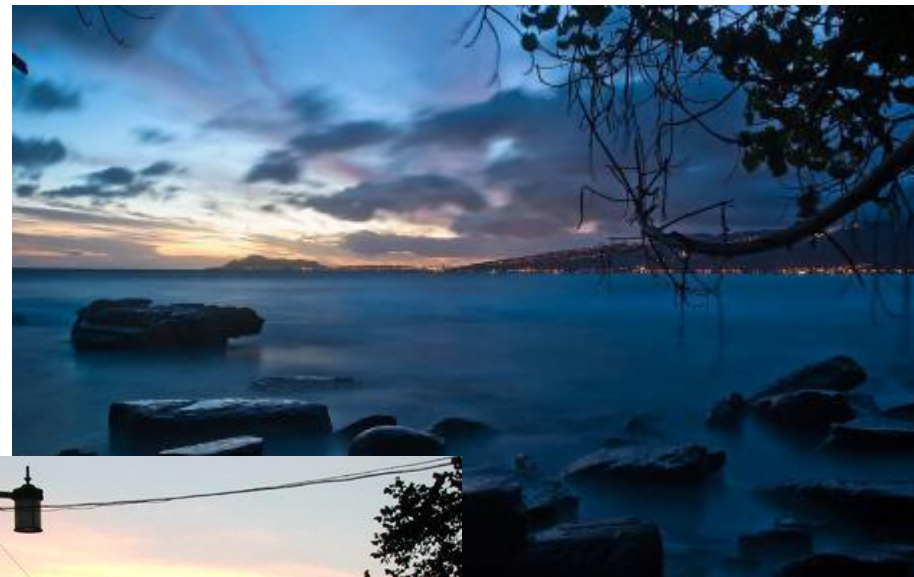
Рассеянная радиация зависит от:

- продолжительности дня,
- высоты Солнца над горизонтом,
- прозрачности атмосферы,
- облачности,
- характера подстилающей поверхности

Рассеянная радиация увеличивает общую освещенность земной поверхности

С рассеянной радиацией связаны:

- ☐ сумерки и заря,
- ☐ «белые ночи»



Поглощенная солнечная радиация:

- радиация, поглощенная в атмосфере атмосферными газами,
- радиация, поглощенная земной поверхностью, потраченная на нагревание верхних слоев почвы и воды

В атмосфере поглощается около 23% прямой солнечной радиации



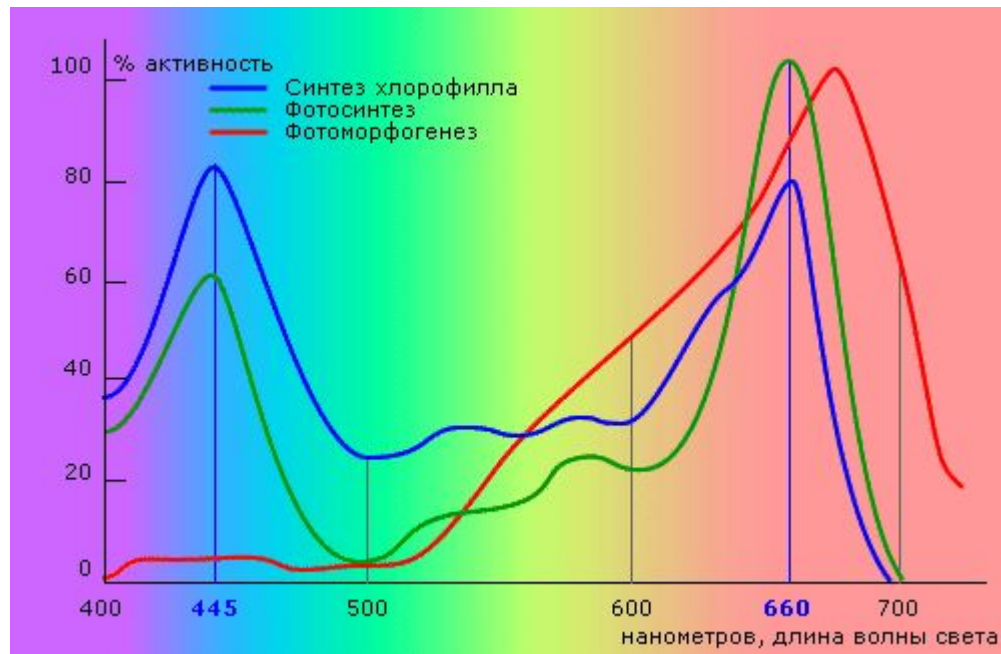
Поглощение солнечной радиации различными газами избирательное

Основные поглотители радиации:

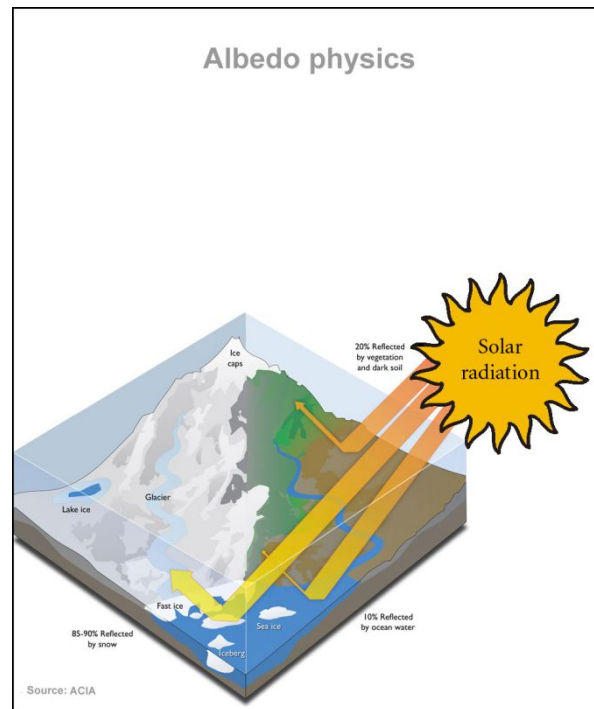
- озон поглощает ультрафиолетовую и часть видимой радиации до 3 %
- углекислый газ поглощает инфракрасную радиацию,
- водяной пар и аэрозольные частицы поглощают часть видимой и инфракрасной радиации до 15%,
- облака поглощают до 5% прямой солнечной радиации

Поглощение солнечной радиации в атмосфере зависит от:

- переменного содержания в воздухе поглощающих субстанций (водяного пара, облаков, пыли и т.д.),
- высоты Солнца над горизонтом



Поглощение и отражение солнечной радиации земной поверхностью зависит от характера этой поверхности



Альbedo поверхности – отношение количества отраженной радиации к общему количеству радиации, падающей на данную поверхность, выраженное в %

Альbedo различных поверхностей:

- почва – 10-30%, влажный чернозем – 5%,
- сухой светлый песок – до 40%;
- растительный покров (лес, луг, поле) – 10-25%;
- поверхность снега – 50-90%;
- водная поверхность – 5-10%;
- верхняя поверхность облаков
- – 50-60%

Альbedo Земли – отношение уходящей в космос отраженной и рассеянной солнечной радиации к общему количеству солнечной радиации, поступающей к атмосфере. ***Альbedo Земли около 30%***

Максимальные значения годовой суммарной радиации наблюдаются в **малооблачных субтропических и тропических пустынях** – 5900-9200 МДж/м²

У **экватора** – 4200-5000 МДж/м²

Над **Антарктидой** – 5000-5400 МДж/м²

В **умеренных широтах** – 2500-3300 МДж/м²

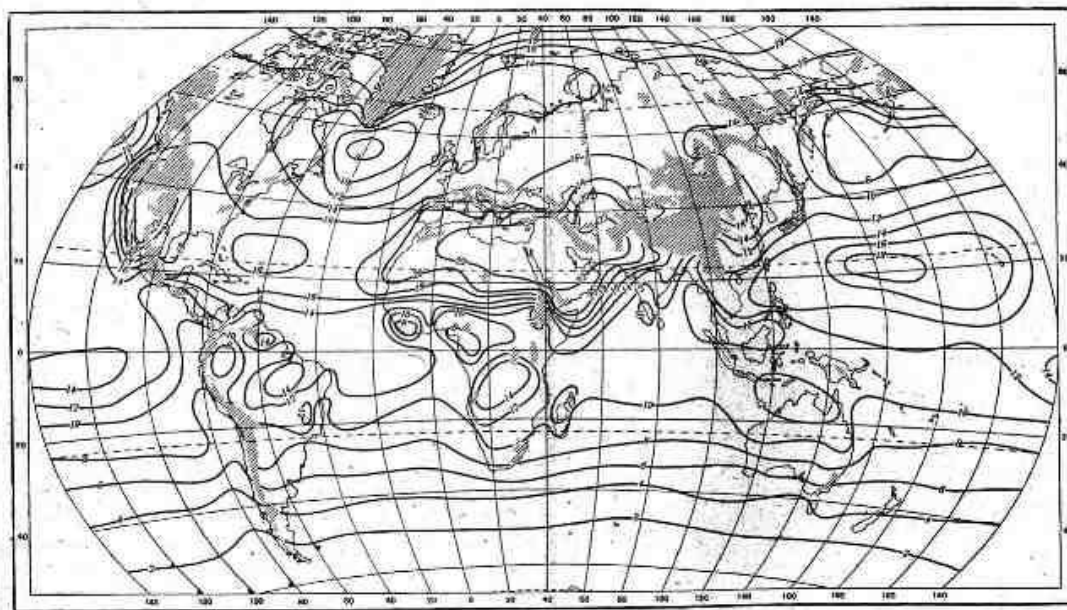
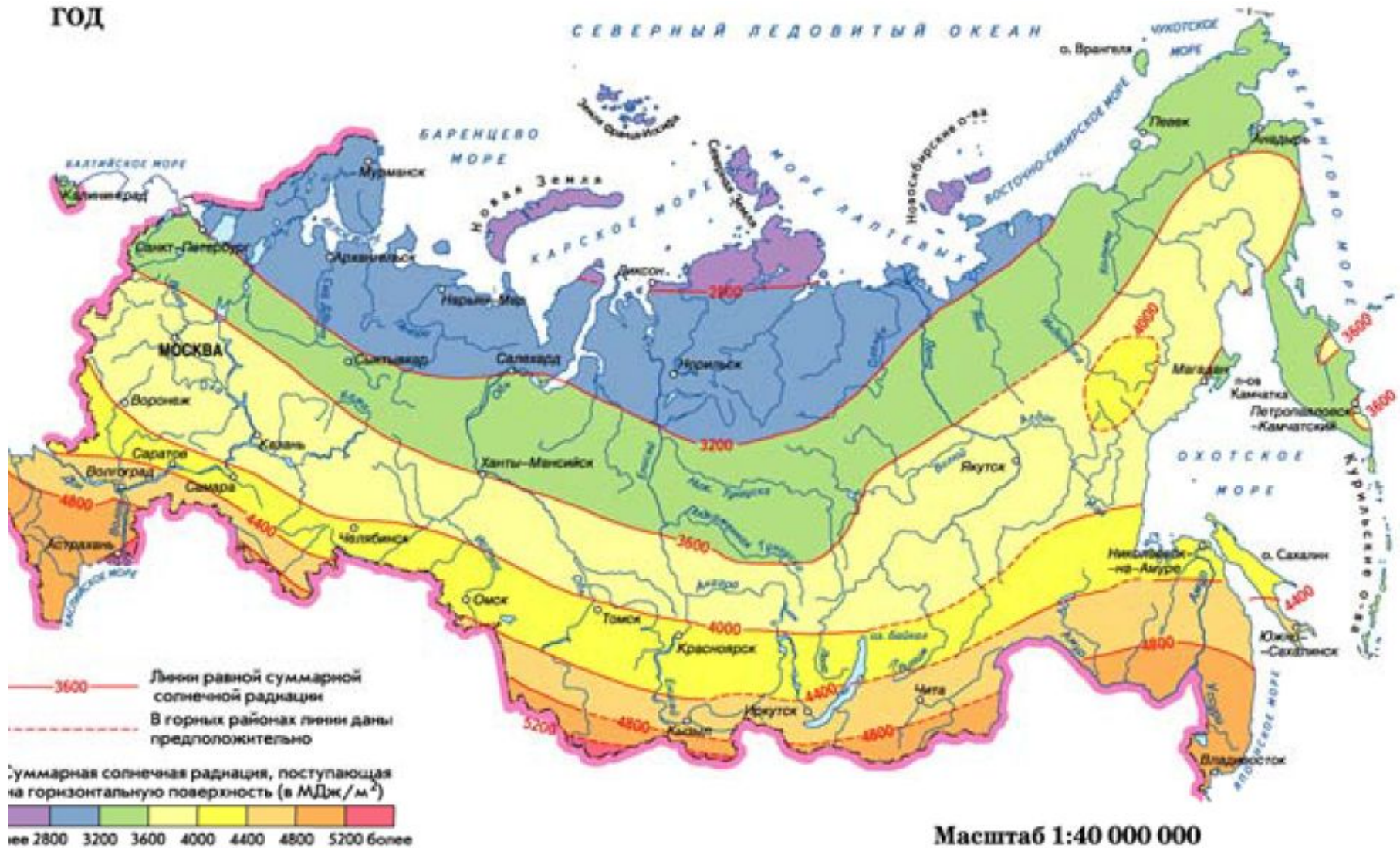


Рис. 1. Суммарная солнечная радиация в июне

На территории России годовое количество суммарной солнечной радиации изменяется от 2500 МДж/м² до 6000 МДж/м²

ГОД



Радиационный баланс земной поверхности

Эффективное излучение – разность между собственным излучением земной поверхности и встречным излучением атмосферы

Эффективное излучение – чистая потеря лучистой энергии (тепла) с земной поверхности ночью

В среднем земная поверхность в средних широтах теряет через эффективное излучение примерно половину тепла, полученного от поглощенной радиации

Парниковый эффект – атмосфера уменьшает охлаждение земной поверхности в ночное время суток, поглощая земное излучение и посылая встречное излучение; днем же атмосфера не препятствует нагреванию земной поверхности солнечной радиацией

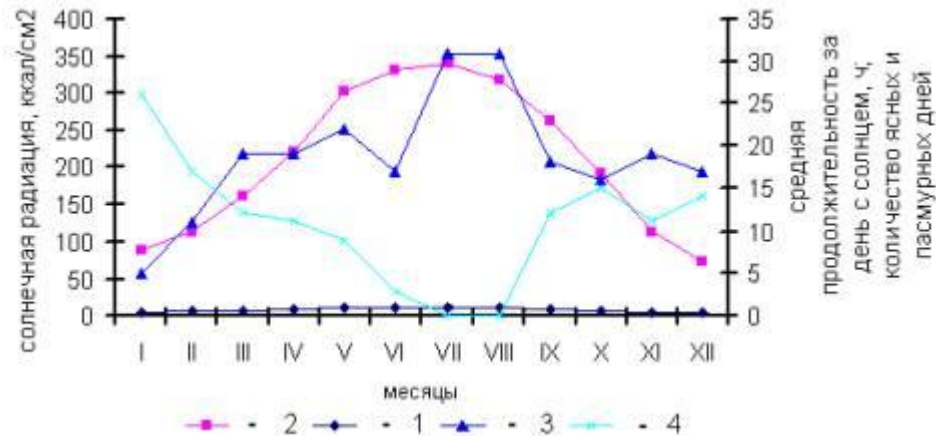


Радиационный баланс – это разность между поглощенной радиацией и эффективным излучением

Радиационный баланс – это разность между приходом и расходом лучистой энергии

Радиационный баланс равен количеству энергии, поглощенной подстилающей поверхностью

Радиационный баланс подстилающей поверхности может быть **положительным** и **отрицательным**. В суточном ходе переход от положительных значений к отрицательным или обратно наблюдается при высотах Солнца 10-15°



Ночью приток суммарной солнечной радиации равен нулю, поэтому баланс отрицательный, происходит **радиационное выхолаживание подстилающей поверхности**

Средние полуденные значения радиационного баланса в Москве:

- летом при ясном небе – $0,51 \text{ кВт/м}^2$,
- летом при средних условиях облачности – $0,3 \text{ кВт/м}^2$,
- зимой при ясном небе – $0,03 \text{ кВт/м}^2$,
- зимой при средних условиях облачности – около 0 кВт/м^2 ,



Годовой радиационный баланс на территории России изменяется от 400 МДж/м² до 2100 МДж/м²

АПРЕЛЬ

