

Тема: **Характеристика основных абиотических факторов**

Абиотический (неживой) компонент среды подразделяется на климатические, почвенные (эдафические), топографические и др. физические факторы: воздействие волн, морских течений, огня и т. д.





1. Излучение: свет
Суммарная радиация - общая сумма прямой (27%) и рассеянной (16%) радиации.

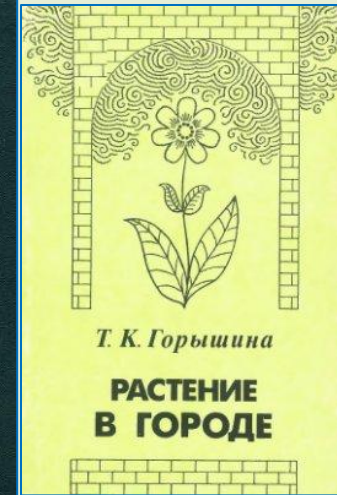
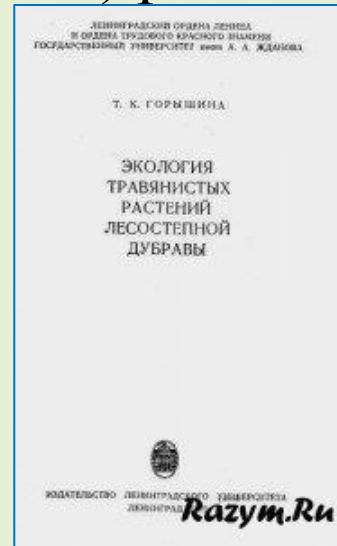


Рис. Баланс солнечной радиации на земной поверхности в дневное время (Т. К. Горышина, 1979)

СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И РАДИАЦИОННЫЙ БАЛАНС



Свет значение:

- первичный источник энергии;
- прямое воздействие света на протоплазму смертельно.

Солнечная энергия, проникающая в атмосферу Земли:

- видимый свет – около 50% энергии,
- тепловые ИФ лучи – 50%;
- УФ лучи – около 1%.

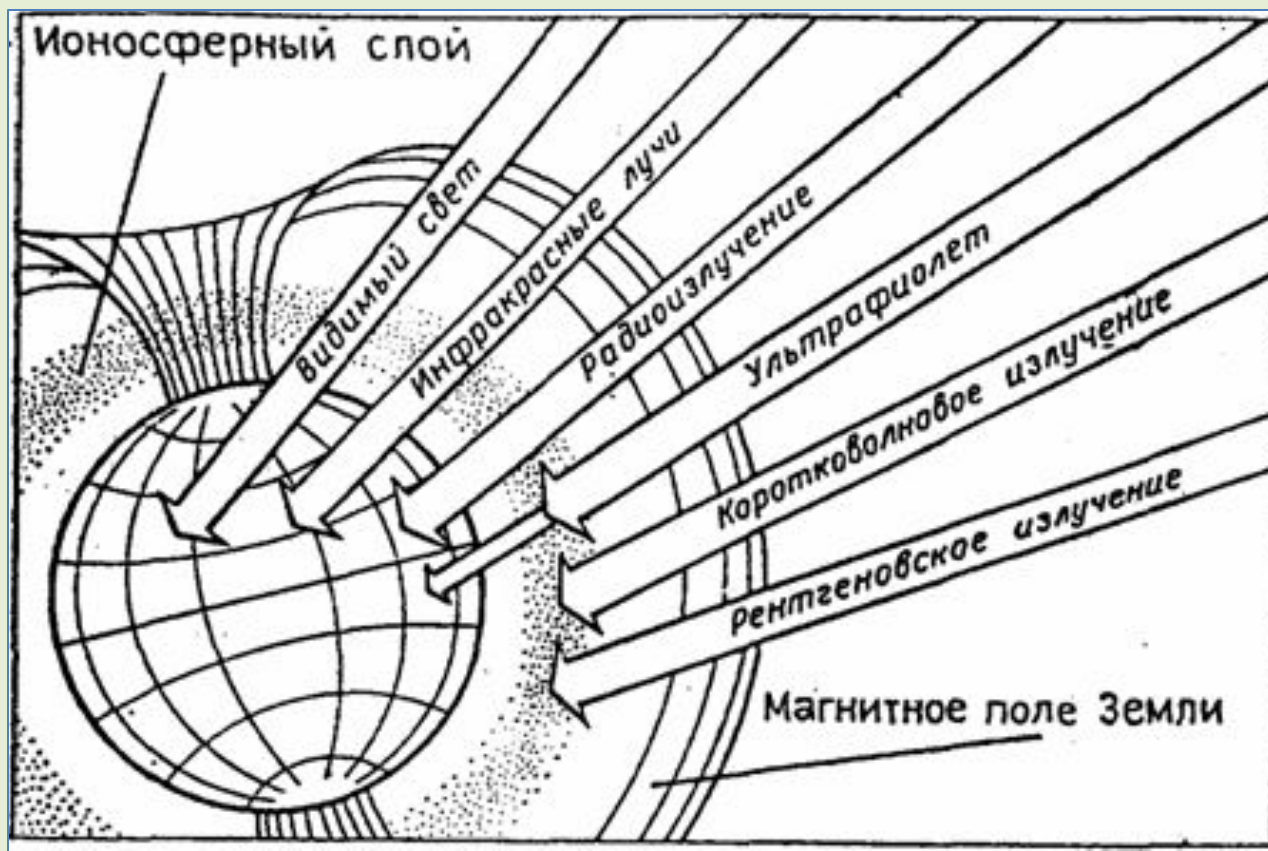


Рис. Факторы космического воздействия на Землю

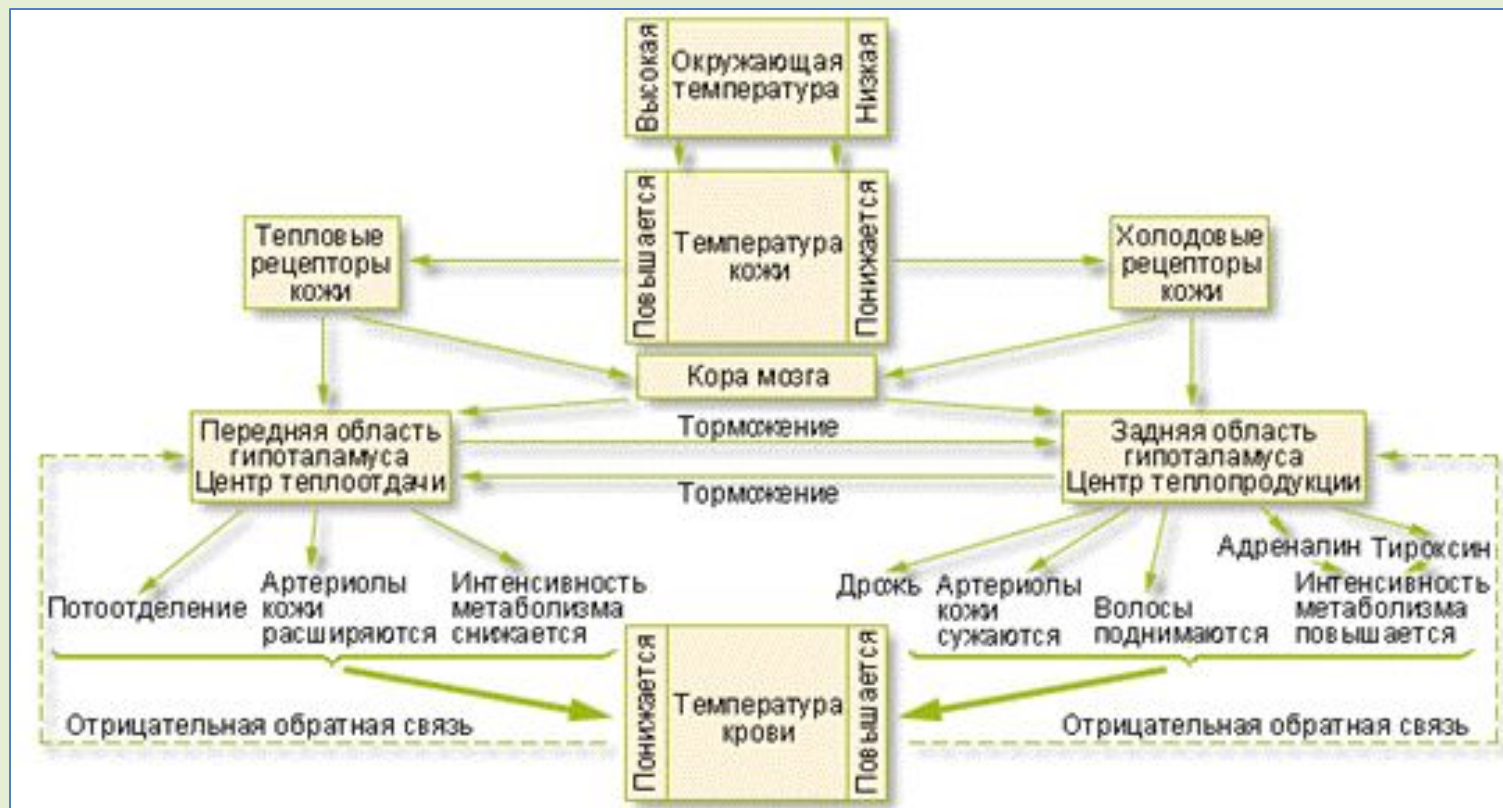
УФ лучи с длиной 0,25-0,30 мкм – образование витамина D у животных,

При 0,326 мкм в коже человека образуется защитный пигмент,

длина 0,38-0,40 мкм большей фотосинтетической активностью; стимулирует рост и размножение клеток, способствует синтезу высокоактивных биологических соединений, повышая в растениях содержание витаминов, антибиотиков, увеличивают устойчивость к болезням.

ИФ излучение воспринимается всеми организмами, например, воздействуя на тепловые центры нервной системы, регулирует окислительные процессы и двигательные реакции как в сторону предпочитаемых температур, так и от них.

Видимый свет: фотосинтез, транспирация, фотопериодизм, движение, зрение у животных, проч.



Фотосинтез. В среднем 1-5% падающего на растения света используется для фотосинтеза. *Фотосинтез* – источник энергии для всей остальной пищевой цепи.

Транспирация. Примерно 75% падающей на растения солнечной радиации расходуется на испарение воды и усиление транспирации.

Фотопериодизм – синхронизация жизнедеятельности и поведения растений и животных (особенно размножения) с временами года.

Движение. *Фотопериодизм* и *фотонастии* у растений для обеспечения достаточной освещенности. *Фототаксис* – для нахождения подходящего местообитания.

Зрение у животных – одна из главных сенсорных функций.

Синтез витамина D у человека. Длительное воздействие УФ лучей может вызывать повреждение тканей: пигментация, поведенческие реакции избегания и т. д.

Фотонастии (греч. *nastos* - уплотненный) – движение органов растений под влиянием равномерного освещения (раскрывание и закрывание лепестков цветков цикория, одуванчика, картофеля).



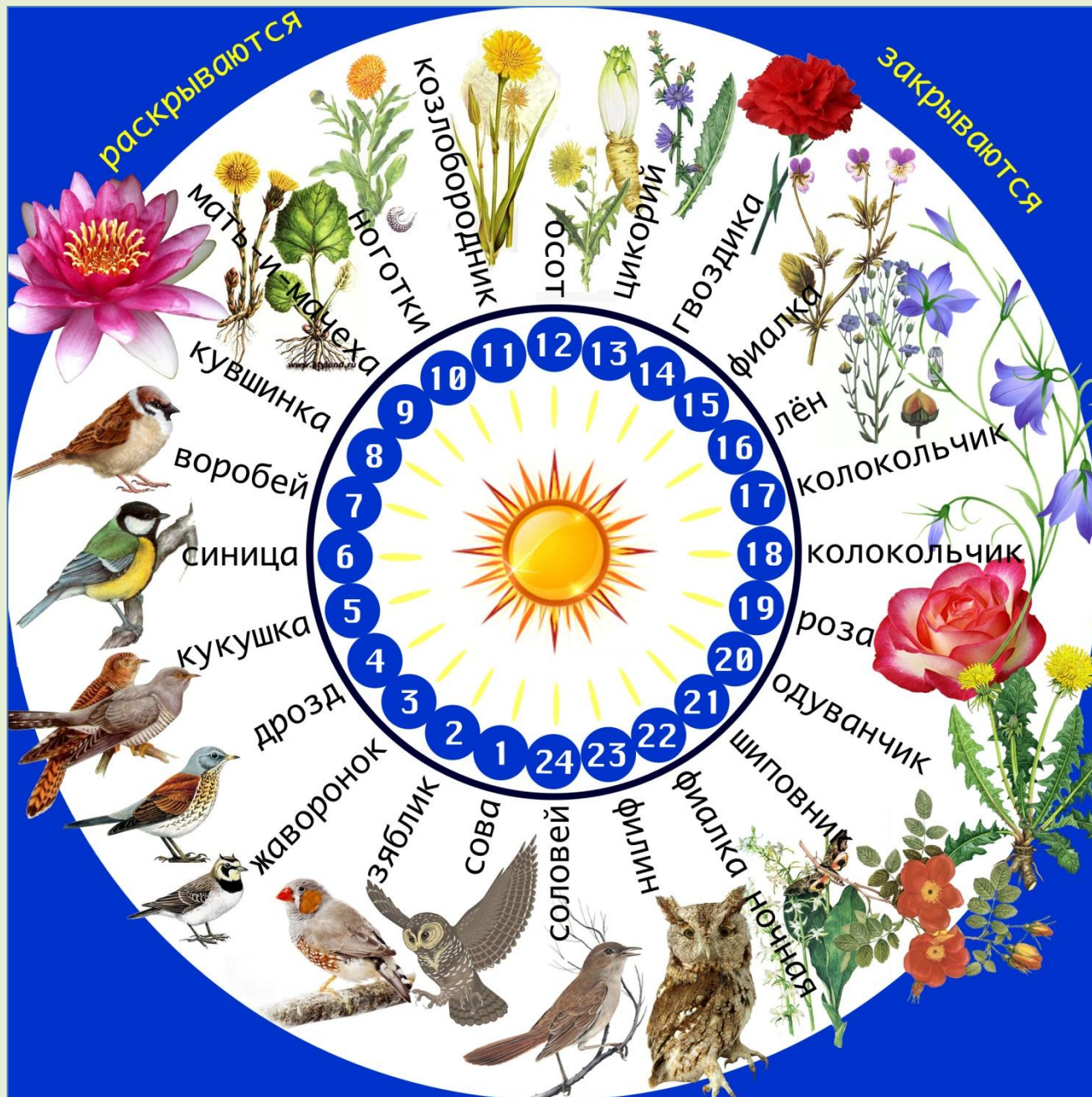
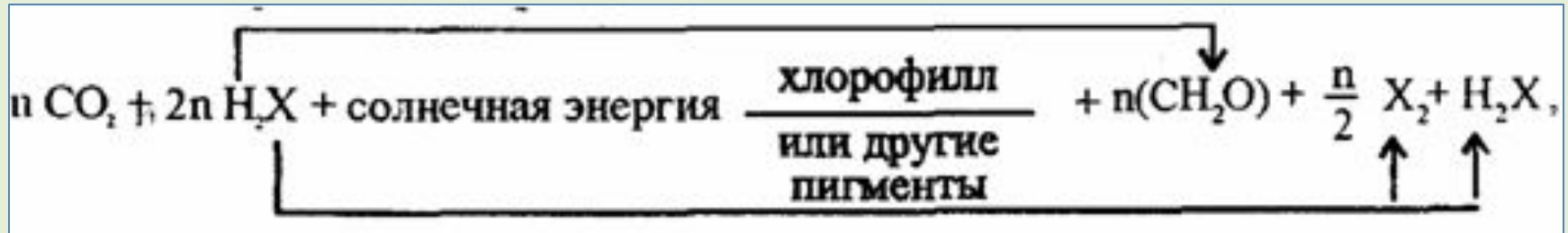
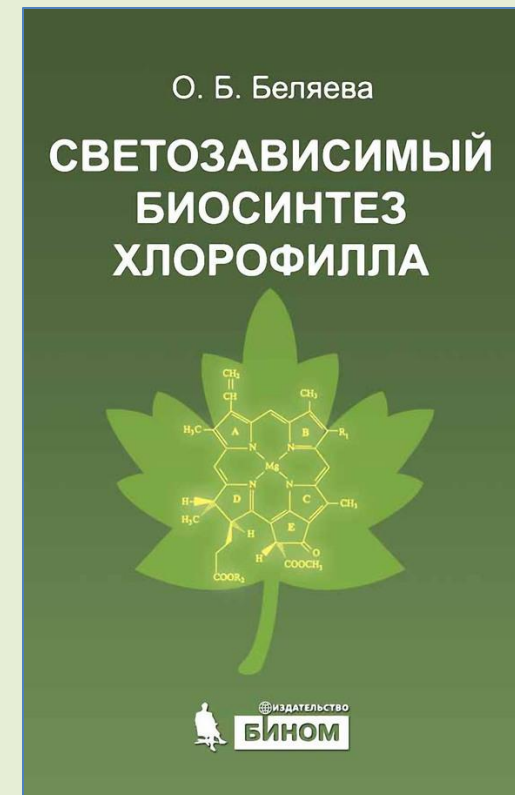


Рис.
 Определение
 времени по
 растениям и
 птицам
<http://100-bal.ru>
 и

На свету происходит образование хлорофилла и фотосинтез, обеспечение планеты органическим веществом и аккумуляцией в нем солнечной энергии. Основная реакция фотосинтеза:



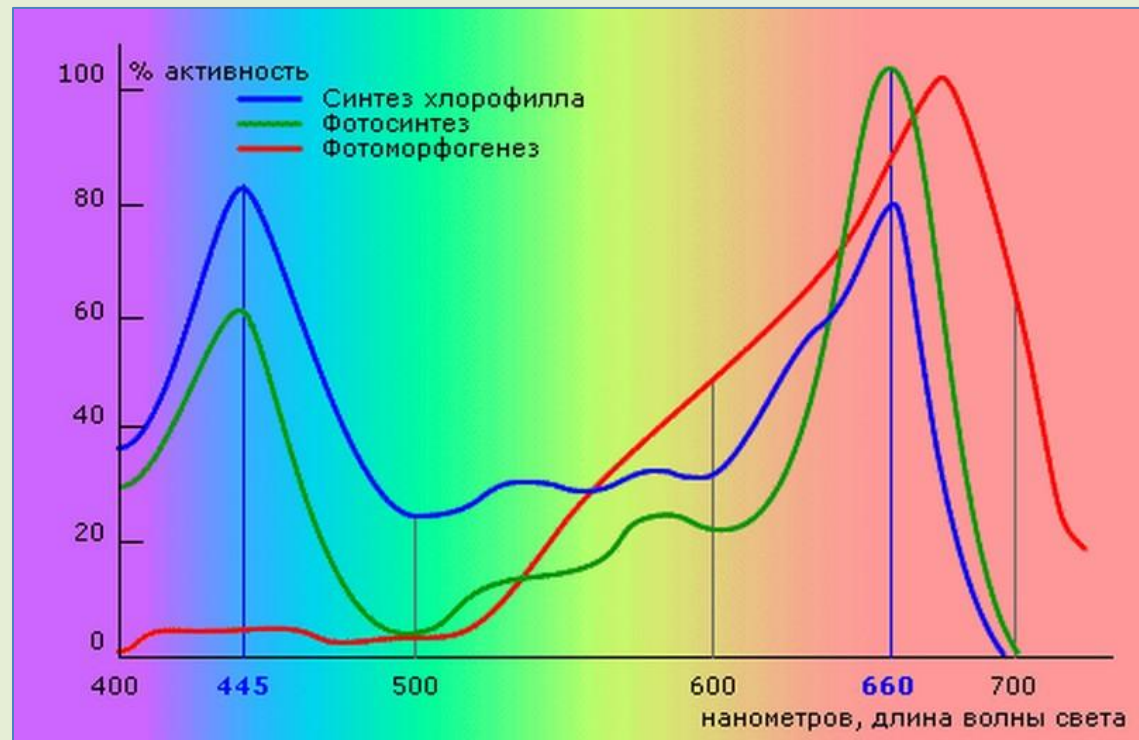
где H_2X - «донор» электронов; H - водород; X - кислород, сера или другие восстановители (сульфобактерии - H_2S).



Физиологически активная радиация (ФАР) –

солнечные лучи, которые ускоряют или замедляют процесс фотосинтеза:

- оранжево-красные (0,65-0,68 мкм),
 - сине-фиолетовые (0,40-0,50 мкм),
 - близкие ультрафиолетовые (0,38-0,40 мкм).
- желто-зеленые (0,50-0,58 мкм) меньше поглощаются, инфракрасные не поглощаются.



При прохождении света через воду красная и синяя области спектра отфильтровываются, и получающийся зеленоватый свет слабо поглощается хлорофиллом. Однако живущие в море красные водоросли (Rhodophyta) имеют дополнительные пигменты (**фикоэритрины** – красный фотосинтетический пигмент), которые позволяют им использовать эту энергию и жить на большей глубине, чем зеленые водоросли.

Лучи разной окраски различаются животными. Бабочки предпочитают красные или желтые цветки, двукрылые насекомые – белые и голубые. Пчелы – желто-зеленые, сине-фиолетовые и фиолетовые лучи, не реагируют на красный, воспринимая его как темноту. Гремучие змеи видят инфракрасную часть спектра. Для человека область видимых лучей – от фиолетовых до темно-красных.



Рис. Красные водоросли или багрянки



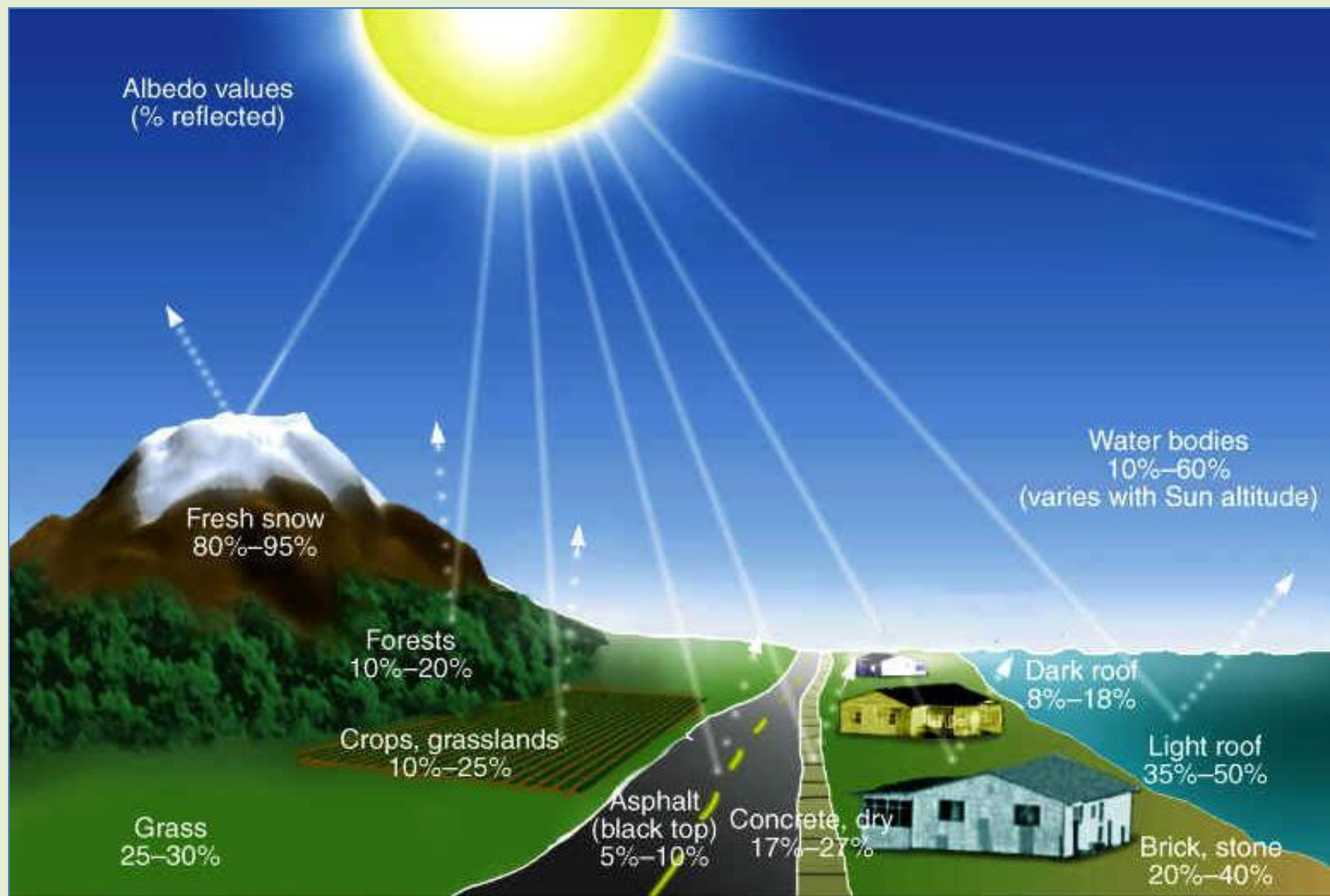
Рис. Бабочка Мадагаскарская комета (лунная моль), *argema mittrei* – красивейшая в мире ночная бабочка. Она - рекордсмен по размеру крыльев – 140-160 мм. Бабочка обитает только во влажных тропических лесах африканского острова Мадагаскар. Мадагаскарская комета живет всего 2-3 дня за счет запасов питательных веществ, накопленных еще гусеницей.

Каждое местообитание характеризуется определенным световым режимом, соотношением интенсивности (силы), количества и качества света. Так, на южных склонах интенсивность света всегда больше, чем на северных.

Количество света, определяемое суммарной радиацией, от полюсов к экватору увеличивается.

Для определения светового режима необходимо учитывать и количество отражаемого света – **альбедо**, выражается в % от общей радиации и зависит от угла падения лучей и свойств отражающей поверхности.

Снег отражает 85% солнечной энергии, альбедо зеленых листьев клена – 10%, а осенних пожелтевших – 28%.



Экологические группы растений по отношению к свету:

- световые (светолюбы),
- теневые (тенелюбы),
- теневыносливые.

Световые виды (**гелиофиты**) обитают на открытых местах с хорошей освещенностью, в лесной зоне встречаются редко. Они образуют обычно разреженный и невысокий растительный покров, чтобы не затенять друг друга (дубы).



Теневые растения (**сциофиты**) не выносят сильного освещения, живут в постоянной тени под пологом леса (лесные травы). При резком освещении, например на вырубках, они проявляют явные признаки угнетения и часто погибают.

Теневыносливые растения (**факультативные гелиофиты**) живут при хорошем освещении, но легко переносят незначительное затенение (большинство растений лесов).

Листья гелиофитов нередко «увертываются», «отворачиваются» от избыточного света, а у теневыносливых растений, растущих при ослабленном освещении, наоборот, листья направлены так, чтобы получить максимальное количество падающей радиации. Затенение одних листьев другими уменьшается из-за их расположения в виде *«листовой мозаики»*.



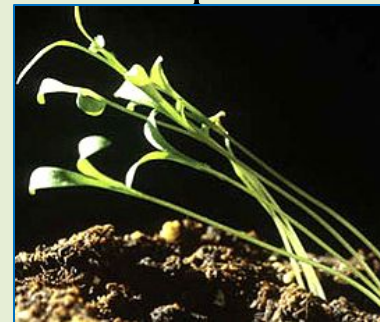


Рис. Листовая мозаика. Сныть обыкновенная

Активность животных от освещения: виды ведущие сумеречный, ночной и дневной образ жизни. Майские хрущи начинают летать в 21-22 ч и заканчивают лет после полуночи, комары активны с вечера до утра. Ночной образ жизни ведет куница, отыскивает гнезда белок и нападает на спящих зверьков. В сумерки летают бабочки бражника, охотится еж.

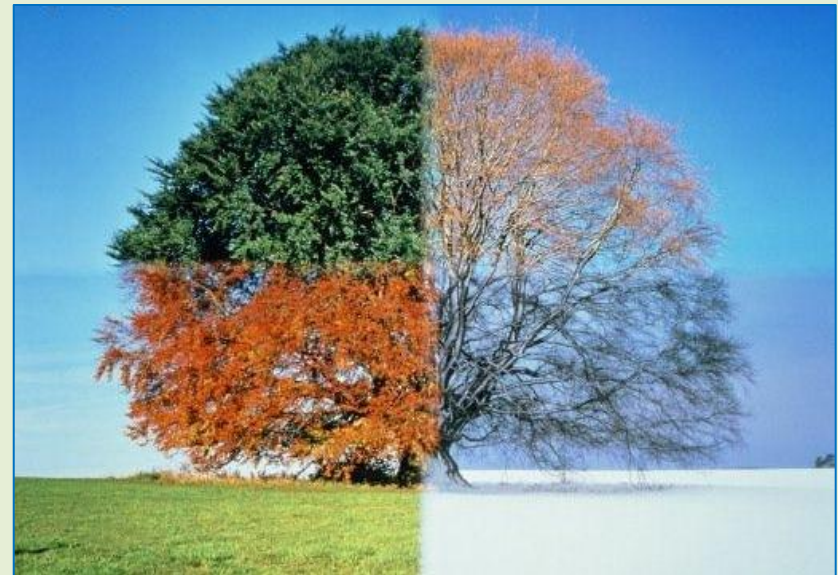
Фототаксисы: положительный (в сторону света) и отрицательный.

Фототропизм растений — освещение вызывает у растений ростовые движения, которые проявляются в том, что из-за неравномерного роста стебля или корня происходит их искривление. Одностороннее освещение смещает в затененную сторону поток ростового гормона ауксина. Обеднение ауксином освещенной стороны побега приводит здесь к торможению роста, а обогащение ауксином затененной стороны - к стимуляции роста, что и вызывает искривление.



Движение Земли вокруг Солнца вызывает изменения длины дня и ночи по сезонам года. **Сезонная ритмичность** в жизнедеятельности организмов определяется сокращением световой части суток осенью и увеличением – весной. Определенные птицы и млекопитающие поселяются в высоких широтах с длинным полярным днем. Осенью, при сокращении дня, они мигрируют на юг. Летом в тундре скапливается большое количество животных, и, несмотря на общую суровость климата, они при обилии света успевают закончить размножение.

В тундру практически не проникают ночные хищники. За короткую летнюю ночь они не могут прокормить ни себя, ни потомство.



Уменьшение светового дня в конце лета ведет к прекращению роста, стимулирует отложение запасных питательных веществ, вызывает у животных осенью линьку, определяет сроки группирования в стаи, миграции, переход в состояние покоя и спячки.

Увеличение длины светового дня стимулирует половую функцию у птиц, млекопитающих, определяет сроки цветения растений (ольха, мать-и-мачеха и др.).

Длиннодневные растения, развитие которых нормально происходит при длинном дне (северных зон и средней полосы – рожь, пшеница, луговые злаки, клевер, фиалки и др.).

Короткодневные растения нормально развиваются при сокращенном световом дне (выходцы из южных районов – гречиха, просо, подсолнечник, астры и др.).

Ориентация птиц меняется при изменении картины звездного неба в соответствии с направлением предполагаемого перелета. Навигационная способность птиц врожденная, создается естественным отбором, как система инстинктов.

Пчелы, нашедшие нектар, передают другим информацию о том, куда лететь за взятком. *Ориентир* - положение солнца. Пчела-разведчица, открывшая источник корма, возвращаясь в улей, начинает на сотах танец, описывая фигуру в виде восьмерки, с наклоном поперечной оси по отношению к вертикали, соответствующим углу между направлениями на солнце и на источник корма (**рис.**). Угол наклона восьмерки постепенно смещается в соответствии с движением солнца по небу, хотя пчелы в темном улье и не видят его.



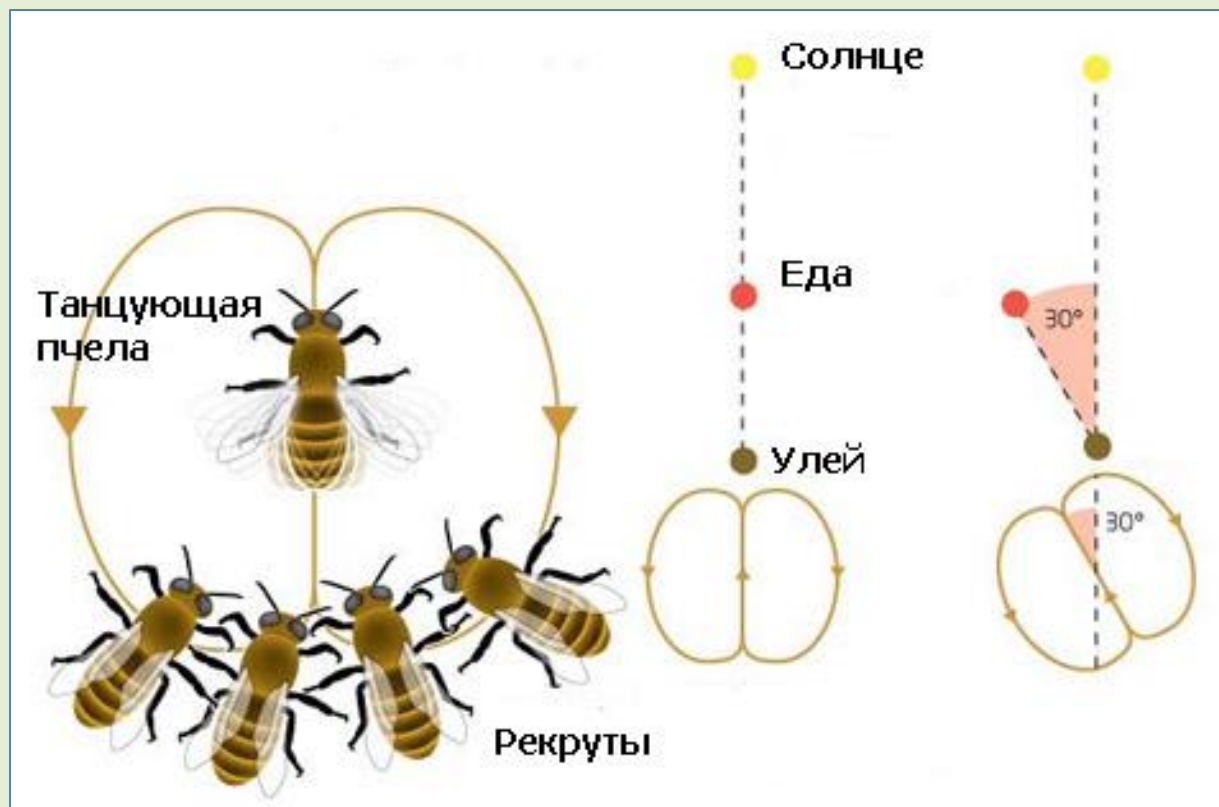


Рис. «Виляющий» танец пчел (В. Е. Кипятков, 1991)

Биолюминесценция – способность животных светиться в результате окисления сложных органических соединений *люциферинов* с участием катализаторов *люцифераз* в ответ на раздражения, поступающие из внешней среды.

Световые сигналы, испускаемые животными, зачастую служат для привлечения особей противоположного пола, приманивания добычи, отпугивания хищников, для ориентации в стае и т. д. (рыбы, головоногие моллюски, жуки семейства светляков и др.).

Вывод: растениям свет необходим для фотосинтеза. Для животных – информационное значение.





Рис. Небеса на Земле Атолл Ваадху Мальдивы. Биолюминесценция может быть произведена симбиотическими организмами. Белок-пигмент люциферин вызывает это явление. Он излучает свет, будучи окисленным ферментом люциферазой внутри, или снаружи клетки. У бактерий экспрессия генов биолюминесценции, управляется опероном люкса.

2. Температура

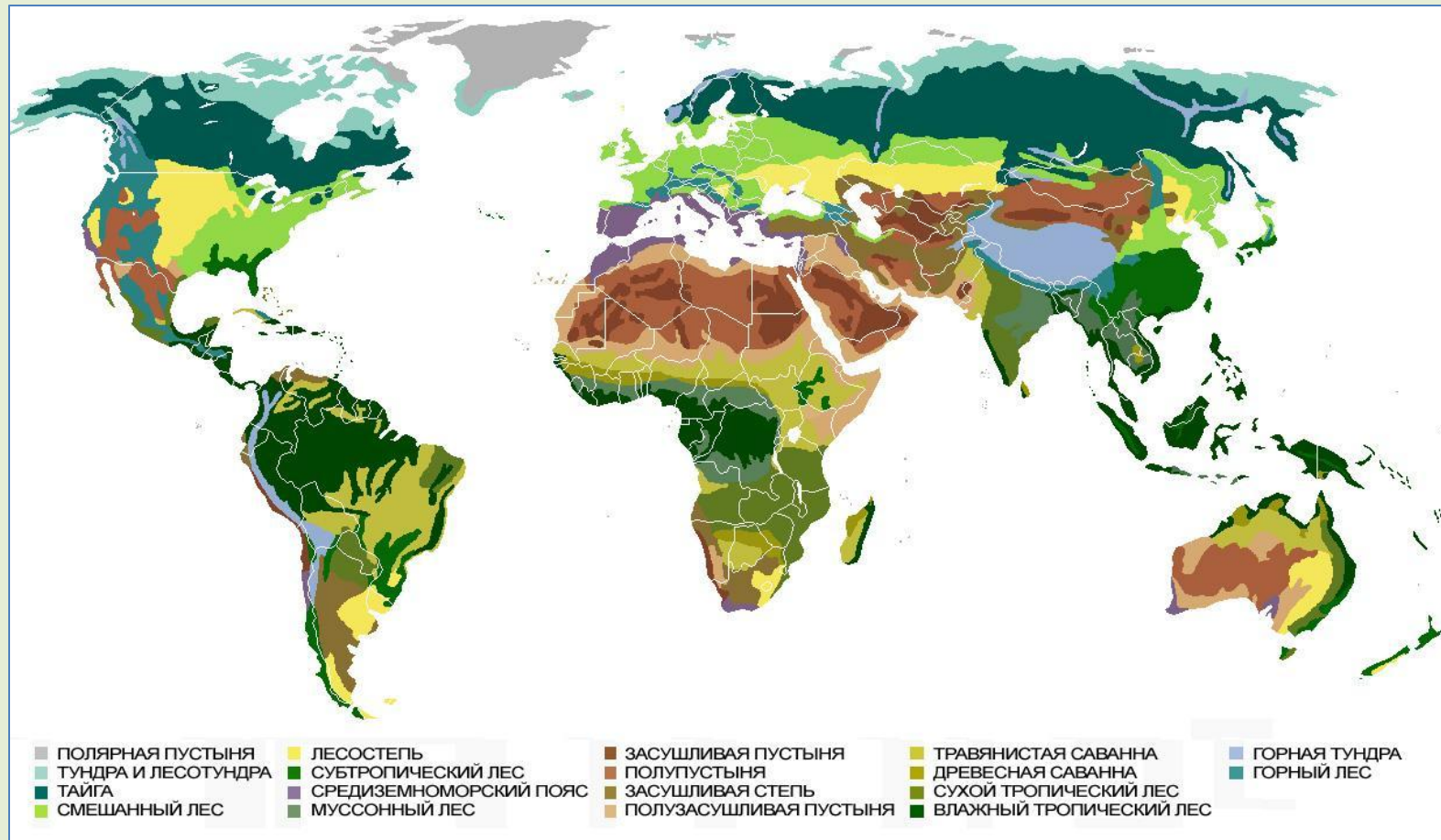
Температурные пределы, в которых может существовать жизнь 300°C , от -200°C до $+100^{\circ}\text{C}$.

Большая часть видов и их активности приурочены к более узкому диапазону температур, при которых возможно нормальное строение и функционирование белков: от 0 до $+50^{\circ}\text{C}$.

Температурный фактор имеет выраженные сезонные и суточными колебания, что имеет сигнальное значение в регуляции сроков активности организмов, обеспечении их суточного и сезонного режимов жизни.

Значение температуры:

- изменяет скорость физико-химических процессов в клетках;
- влияет на анатомо-морфологические особенности, ход физиологических процессов, рост, развитие, поведение;
- определяет географическое распространение растений и ЖИВОТНЫХ.



Виды организмов по отношению к t:

1. Холодололюбивые (криофилы) способны жить при сравнительно низких температурах и не выносят высоких.

Сохраняют активность при t клеток до -8 и -10 °C, когда жидкости их тела находятся в переохлажденном виде (бактерии, грибы, моллюски, членистоногие, черви и др.).

Криофилы населяют холодные и умеренные зоны.

Древесные и кустарниковые породы Якутии не вымерзают при -70°C , в Антарктиде при такой же температуре обитают лишайники, отдельные виды водорослей, ногохвостки, пингвины.

В лабораторных экспериментах семена, споры и пыльца растений, коловратки, нематоды, цисты простейших после обезвоживания переносят температуры, близкие к абсолютному нулю (до $-271,16^{\circ}\text{C}$), возвращаясь после этого к активной жизни.

Анабиоз — приостановка всех жизненных процессов организма. Из анабиоза живые организмы возвращаются к нормальной жизни при условии, если не нарушена структура макромолекул в клетках.



2. Теплолюбивые (термофилы) – жизнедеятельность в условиях высоких t .

Обитатели жарких, тропических районов Земли: беспозвоночные (насекомые, паукообразные, моллюски, черви), холодно- и теплокровные позвоночные, обитающие исключительно в тропиках.

Настоящие *термофилы* – растения жарких тропиков, гибнут уже при 0°C , хотя физического замораживания тканей не происходит. Причины гибели – нарушение ОВ, подавление физиол. процессов, образование продуктов, вызывающих отравление.

В горячих источниках Калифорнии при $t=52^{\circ}\text{C}$ обитает рыбка *пятнистой ципринодон*.

В водах горячих ключей на Камчатке постоянно живут *сине-зеленые водоросли* при $t=75-80^{\circ}\text{C}$.

Верблюжья колючка переносит нагревание воздуха до 70°C .

Вывод: общие закономерности воздействия t на живые организмы проявляются в их способности существовать в определенном диапазоне t .



Температурный оптимум большинства живых организмов находится в пределах 20-25°C, и лишь у обитателей жарких, сухих районов температурный оптимум выше 25-28°C. Например, некоторые прямокрылые (кузнечики) проявляют полуденную активность в условиях пустыней Палестины при $t=40^{\circ}\text{C}$ и выше.

Для организмов умеренных и холодных зон России оптимальные $t=10-20^{\circ}\text{C}$. Так, у ветреницы дубравной процесс фотосинтеза наиболее интенсивно протекает при 10°C.



Виды организмов от ширины интервала температуры, в которой существуют:

1. Эвритермные – выдерживают широкие колебания t . К ним относят большинство организмов районов с континентальным климатом. У многих покоящиеся стадии с особенно широким диапазоном t (яйца, цисты, куколки насекомых в состоянии анабиоза, взрослые животные, споры бактерий, семена растений).

Пойкилотермные (греч. poikilos - разный) организмы не способные поддерживать t тела в узких границах (беспозвоночные, рыбы, амфибии и рептилии). **Эктотермные** организмы больше зависят от тепла, поступающего извне, чем от образующегося при ОВ. У них низкая интенсивность обмена и нет механизма сохранения тепла.

2. Стенотермные живут в узких пределах t (птицы и млекопитающие)

Гомойотермные (греч. homoios – подобный) способны поддерживать достаточно постоянную t тела независимо от окружающей температуры. Относительно мало зависят от внешних источников тепла. Благодаря высокой интенсивности ОВ вырабатывается достаточное количество тепла, которое сохраняется. **Эндотермные** животные существуют за счет внутренних источников тепла.

Растения и животные выработали в себе *различную потребность к теплу* в разные периоды жизни.

Прорастание семян растений происходит при более низких t , чем последующий их рост. Семена пшеницы, овса, ячменя прорастают при $1-2^{\circ}\text{C}$, всходы же появляются при $4-5^{\circ}\text{C}$.

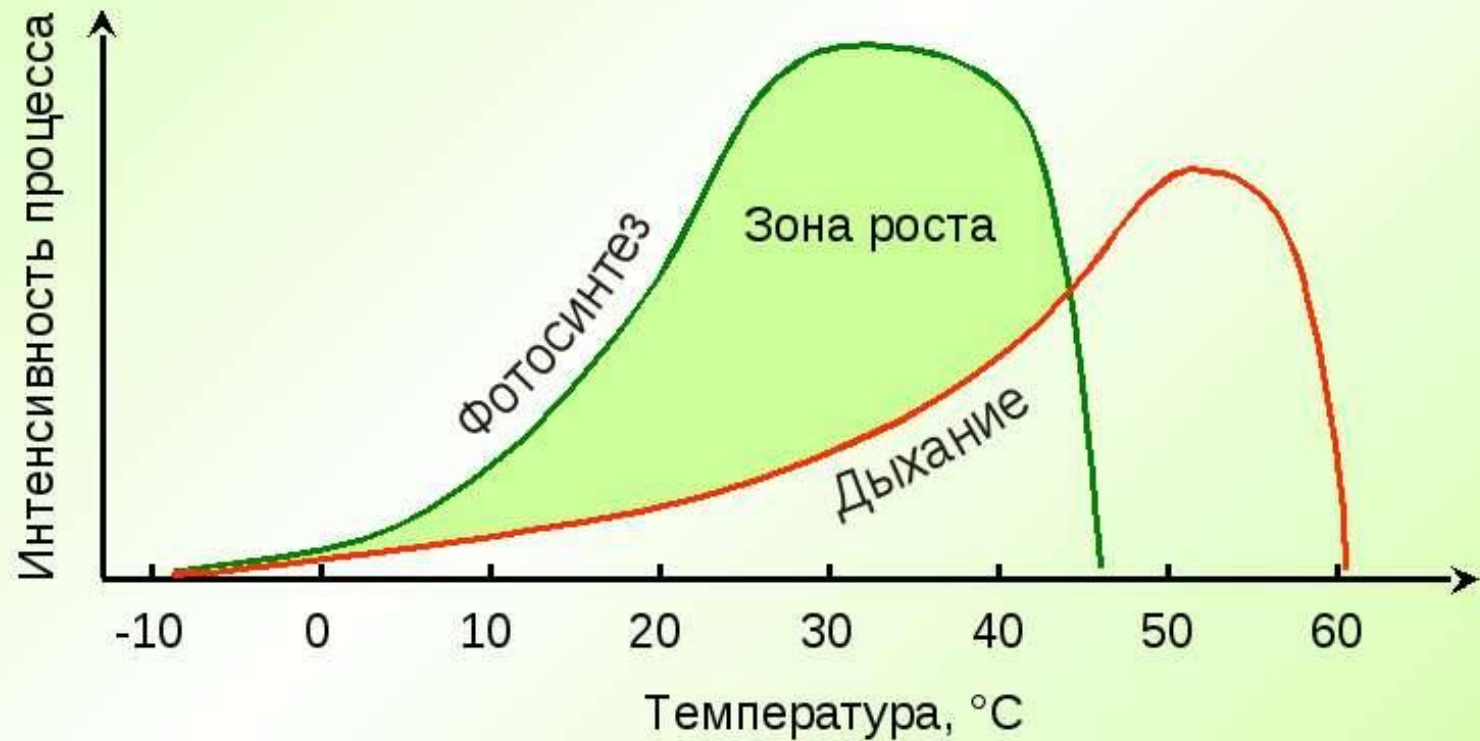
В период цветения растениям необходимо больше тепла, чем в период созревания семян, плодов. Томаты лучше растут и развиваются, когда t днем $25-26^{\circ}\text{C}$, ночью $17-18^{\circ}\text{C}$.

Температурный оптимум зависит и от других экологических факторов. При полном освещении и избытке CO_2 в воздухе оптимальная t фотосинтеза 30°C , а при слабом освещении и недостатке углекислого газа он снижается до 10°C .

Растения способны поглощать питательные вещества из почвы, если t почвы на несколько градусов ниже t воздуха.

Гречиха достигает наилучшего развития, когда близ корней $t=10^{\circ}\text{C}$, а у надземных частей 22°C . При t почвы и воздуха 22°C состояние растений резко ухудшается, и они не дают цветков.

При повышении t почвы до 34°C , когда надземные органы остаются при 22°C , у растений отмирают верхушки почек, стеблей, а затем – гибель растения.



Зависимость фотосинтеза и дыхания от температуры

Рис. Соотношение между фотосинтезом и дыханием в зависимости от температур.

Правило Вант-Гоффа: скорость химических реакций возрастает в 2-3 раза при повышении t на каждые 10°C . При t выше или ниже оптимальных скорость биохимических реакций в организме снижается или нарушается - замедление темпов роста и даже гибель организма.

От верхних оптимальных до верхних максимальных и от нижних минимальных до нижних оптимальных t лежат диапазоны верхнего и нижнего пессимумов. Развитие растений при температурном пессимуме осуществляется замедленными темпами и затягивается на длительное время.

Активность животных также ограничивается пессимумами. У насекомых повышение t вызывает вначале медленные, некоординированные движения, в физиологической области (оптимум) - полностью управляемая активность, а при повышении - быстрые, некоординированные, суматошные движения.

Муха цеце при температуре ниже 8°C неподвижна, при 10°C начинает бегать, выше 14°C при доп. раздражении взлетает, а выше 21°C летает сонливо.

Температурный оптимум разных видов и стадий развития насекомых неодинаков. Оптимальная t развития яиц озимой совки 25°C , гусениц 22°C , а куколок 19°C .

Сумма эффективных температур для каждого вида растений и эктотермных животных величина постоянная, если другие условия среды находятся в оптимуме, отсутствуют осложняющие факторы. При отклонении этих условий или при сравнении особей из разных частей ареала результаты могут быть искажены. В Северо-Западном регионе России цветение мать-и-мачехи начинается при сумме эффективных температур равной 77, кислицы - 453, земляники - 500, желтой акации - 700°C.

Ограничивающим фактором географического расположения видов нередко является *сумма эффективных температур*, которую нужно набрать для завершения жизненного цикла. Северная граница древесной растительности в целом совпадает с июльскими изотермами 10, 12°C. Севернее уже не хватает тепла для развития деревьев, и зона лесов сменяется безлесными тундрами.

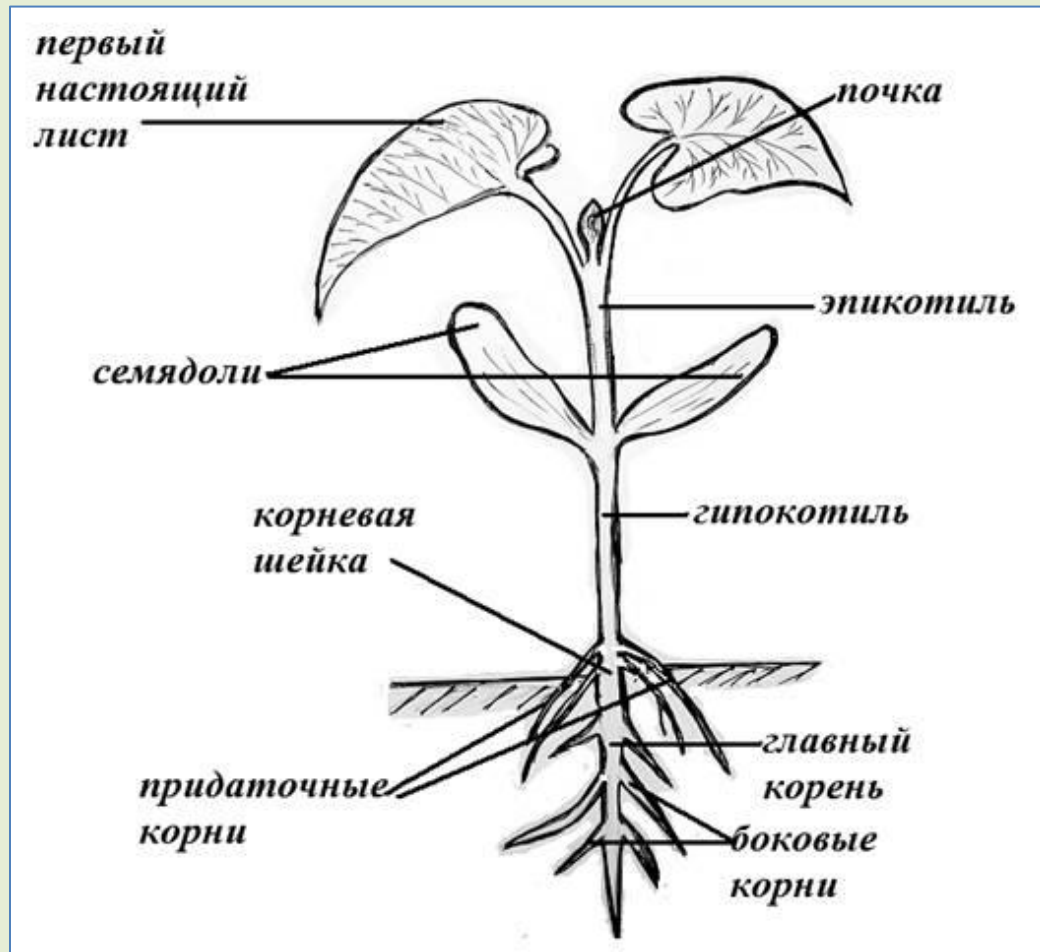
Развитие эндотермных животных в меньшей степени зависит от температуры окружающей среды.

У крупного рогатого скота повышение t в помещениях при их содержании до 15 °С или понижение до 7 °С приводит к снижению плодовитости.

Эволюционные формы адаптации к t : морфологические, биохимические, физиологические, поведенческие и т. д.

1. *Форма роста растений*: где тепла мало (Арктика, высокогорье) много подушковидных растений, растений с прикорневыми розетками листьев, стелющихся форм. У стланцевых форм карликовой березы, ели, можжевельника и кедровника верхние ветви полумертвые или мертвые, а стелющиеся - живые, так как зимуют под снегом и не подвергаются отрицательному воздействию низких t . Все это позволяет растениям улавливать максимум тепла солнечных лучей, а также использовать тепло нагретой поверхности почвы.

2. Геофилизация растений – погружение базальной (нижней) части растения в почву – сначала *гипокотиль*, затем *эпикотиль*, первого междоузлия и т. д. Преимущественно для покрытосеменных растений. Геофилизация способствовала трансформации жизненных форм от деревьев до трав.



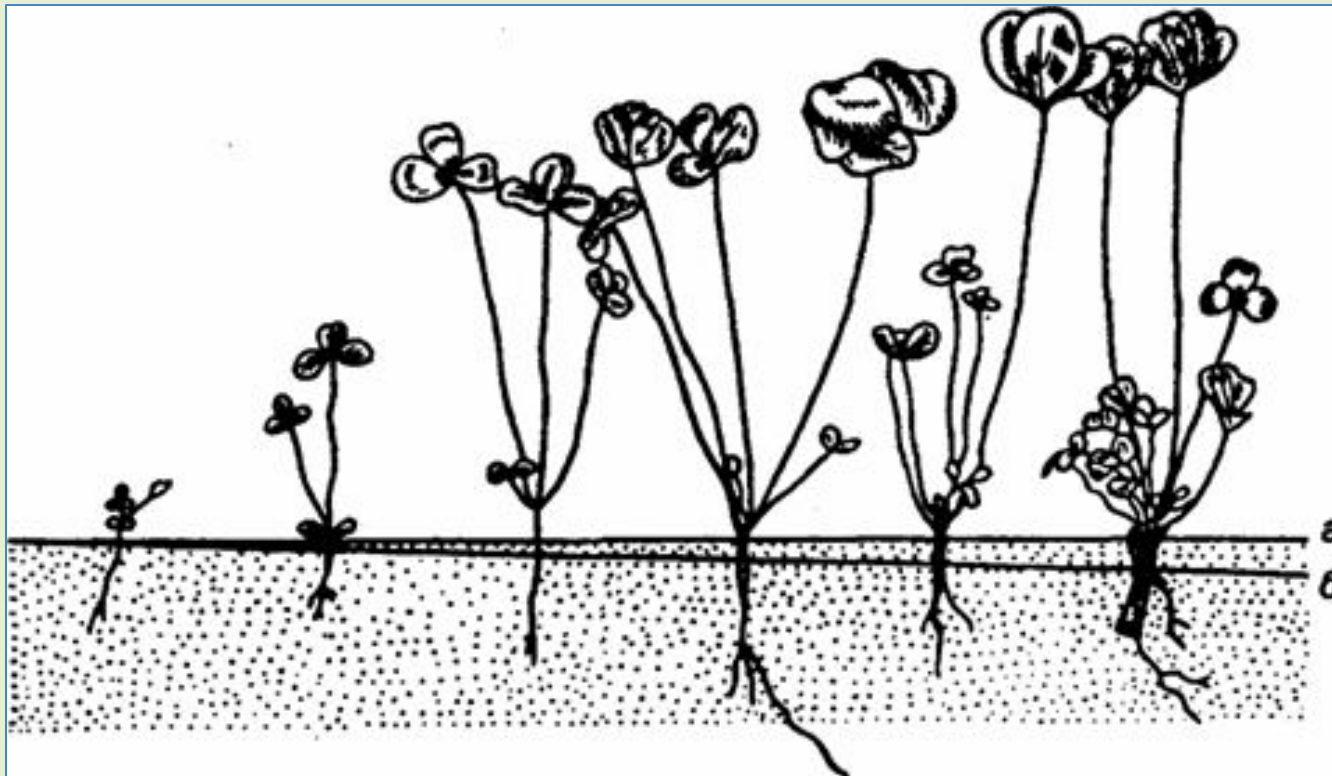
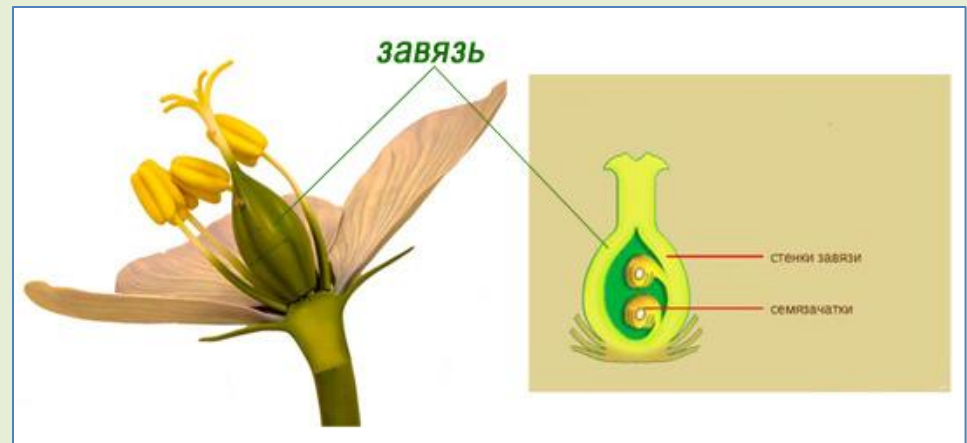
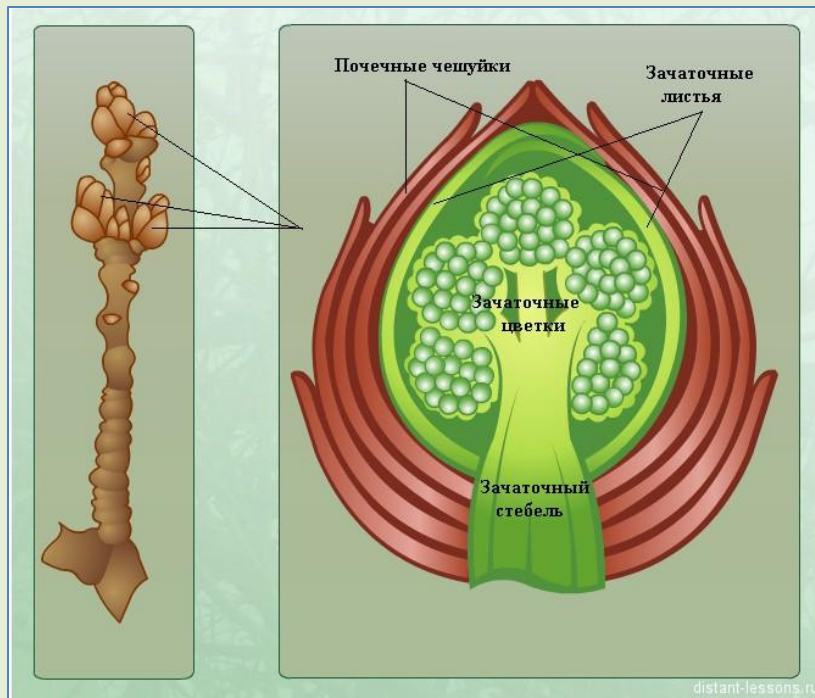


Рис. *Геофилизация* (втягивание в почву) подсемядольного колена клевера лугового (*Trifolium pratense*): а – поверхность почвы; б – глубина втягивания.

3. Растения сбрасывают чувствительные части, или редуцируют свое вегетативное тело. Сильные холода и чрезвычайная жара нередко ограничены во времени, и растения избегают их воздействия. При наступлении благоприятных условий они вновь образуют надземные органы.

Особенно чувствительны к низким температурам (холоду) *репродуктивные органы*: зачатки цветков в зимующих почках и завязи в цветках.



Морфологические адаптации животных к t:
отражательная поверхность тела, пуховой, перьевой и шерстный покровы у птиц и млекопитающих, жировые отложения.

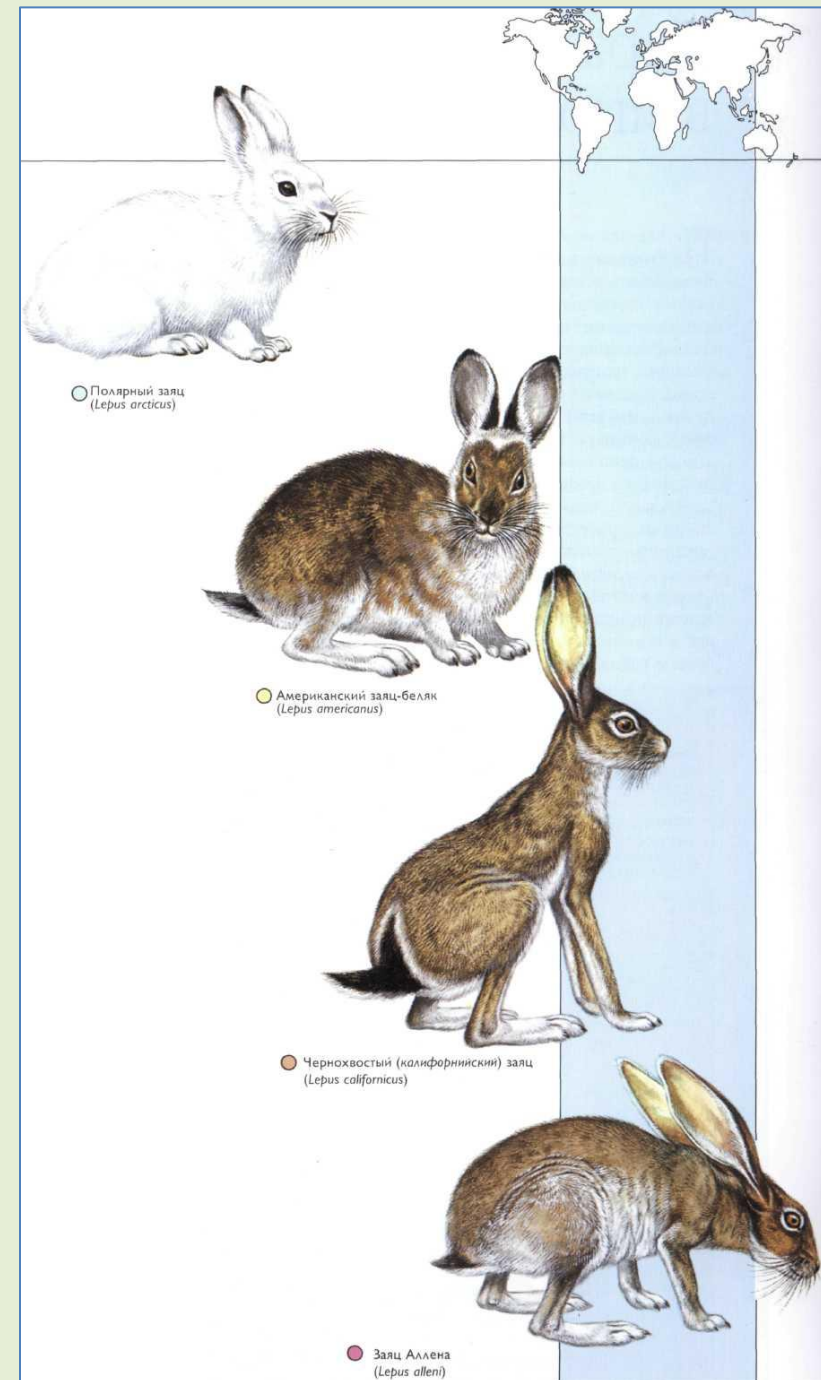
Большинство насекомых в Арктике и высоко в горах имеет темную окраску. Это способствует усиленному поглощению солнечного тепла. Темный пигмент яиц многих водных животных выполняет ту же функцию.

1. Правило Бергмана: при продвижении на север средние размеры тела в популяциях эндотермных животных увеличиваются. При увеличении размеров уменьшается относительная поверхность тела, следовательно, и теплоотдача.

Эндотермные животные, обитающие в холодных областях (полярные медведи, киты и др.), имеют, как правило, крупные размеры, тогда как обитатели жарких стран (например, многие насекомоядные млекопитающие) обычно меньше по размерам.

2. Правило Аллена: у видов, живущих в более холодном климате, различные выступающие части тела (хвост, уши, конечности и др.) меньше, чем у родственных видов из более теплых мест.

Правило Аллена наглядно проявляется при сравнении длины ушей у трех видов лисиц, обитающих в разных географических областях.



3. Правило Глогера: окраска животных в холодном и сухом климате сравнительно светлее, чем в теплом и влажном. Эти правила равным образом относятся и к человеку.

**Константин
Вильгельм
Ламберт
Глогер (1803-1863)** - немецкий
зоолог и
орнитолог.



Биохимическая адаптация живых организмов к t в изменении физико-химического состояния веществ в клетках и тканях.

При адаптации к низким t в клетках растения при увеличении запаса пластических веществ повышается концентрация растворов, увеличивается осмотическое давление клеточного сока, уменьшается содержание свободной воды, не связанной в коллоиды.

Между частицами цитоплазмы и водой устанавливается единство структуры, обеспечивающее ей таким образом вхождение в структуру макромолекул белков и нуклеиновых кислот. В таком состоянии ее трудно заморозить, перевести в твердое состояние.

Отложение запасных питательных веществ в виде высокоэнергетических соединений – жира, масла, гликогена и др. Масло вытесняет воду из вакуоли и этим предохраняет растительный организм от замерзания. Масло, откладываясь в цитоплазме, делает ее более стойкой к морозу и к другим неблагоприятным воздействиям зимнего периода.

Значительная часть накопленного в летний период крахмала вновь превращается в сахар. Появляются сахара, которых обычно мало содержится в клетках летом: стахиоза и рафиноза.

«Перемещение» веществ при адаптации к холоду. У растений к зиме масла и сахара откладываются в тканях надземных органов, а в подземных – крахмал. В районах с очень низкими t у растений значительно накапливается масло во внутренних слоях древесины, что повышает устойчивость к сильным морозам.

У животных, обитателей полярных областей, возрастает содержание гликогена в печени и аскорбиновой кислоты в почках. У млекопитающих скапливается бурая жировая ткань недалеко от жизненно важных органов – сердца и спинного мозга. В митохондриях клеток этой ткани при клеточном дыхании АТФ не синтезируется, вся энергия рассеивается в виде тепла.

Накопление жира — теплоизоляция.

«**Чудесная сосудистая сеть**» в выступающих или поверхностных частях тела (лапы некоторых птиц, ласты китов) — вены тесно прижаты к артериям. Кровь, текущая по артериям, отдает тепло венам, оно возвращается к телу, а артериальная кровь поступает в конечности охлажденной. Конечности, по существу, пойкилотермны, зато температуру остального тела можно поддерживать с меньшими затратами энергии.

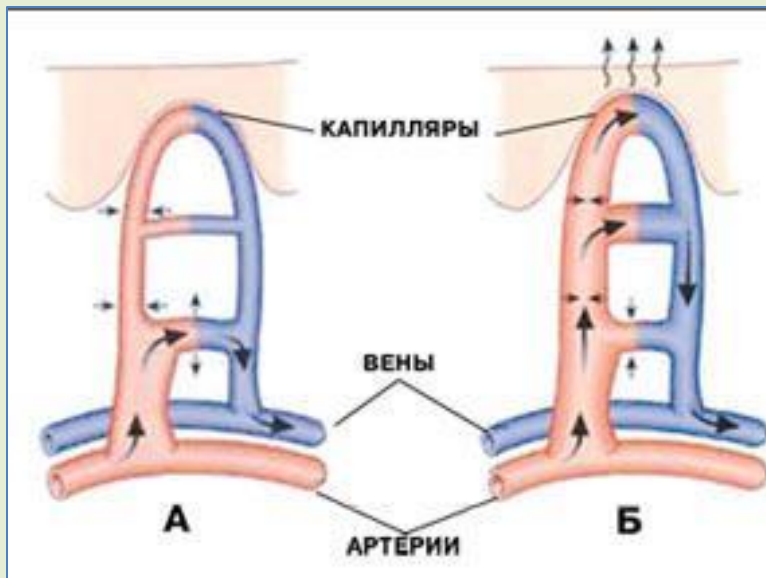


Рис. Сосуды кожи при
теплосохранении (А) и
теплоотдаче (Б)

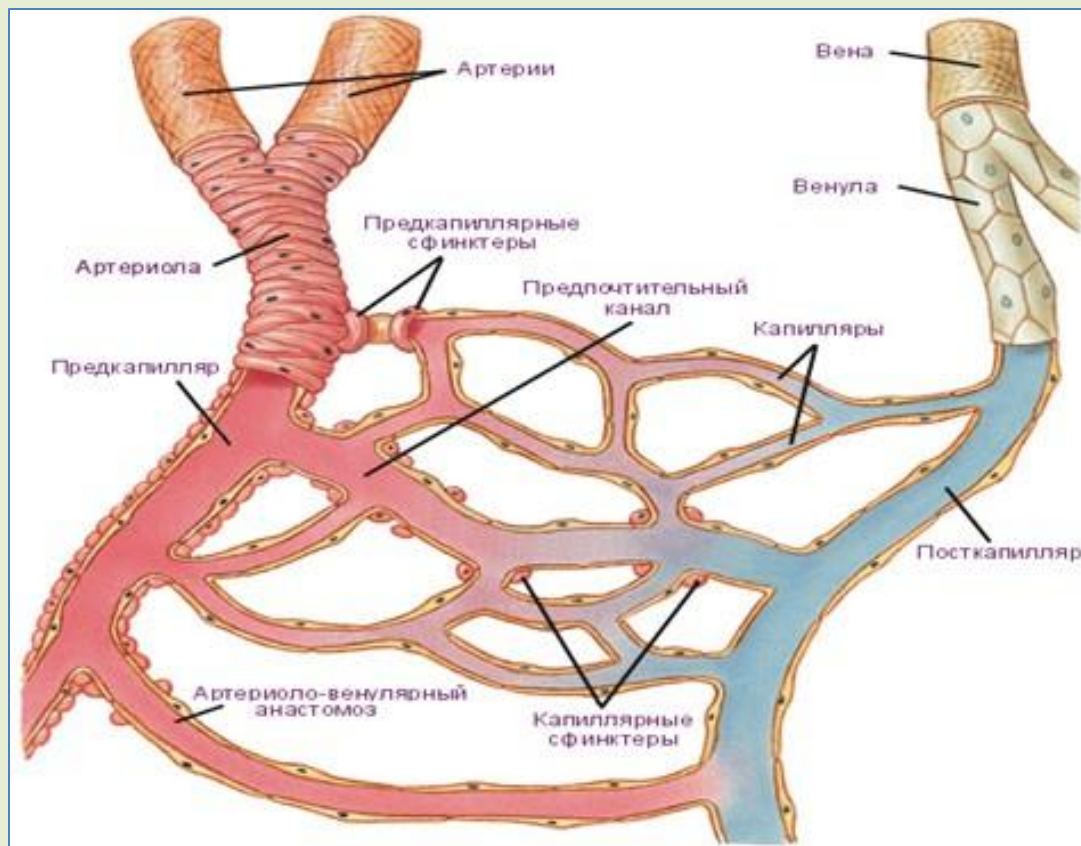


Рис. Микроциркуляторное русло с функциональными группами сосудов (до 100 мкм): артериолы, прекапилляры (резистивные сосуды), капилляры, сосуды-шунты, резистивные посткапилляры.

Терморегуляция – способность в определенных пределах менять t своего тела на основе физиологических процессов. Эндотермные животные способны вырабатывать достаточное количество тепла и регулировать теплоотдачу, поэтому сохраняется равенство прихода и расхода тепла.

Теплоотдача – испарение жидкости с поверхности тела при высоких t окружающей среды. У человека для этого служит потоотделение, у собак и многих птиц – учащенное дыхание. Некоторые сумчатые в жару обмазывают шкуру обильной слюной.

Поведенческие адаптации к t:

Перемещения в места с более благоприятными t (перелеты, миграции),

Изменения сроков активности, сдвигая ее на более светлое время суток и т. д.

В пустыне, где днем поверхность почвы нагревается до 60-70 °С, на раскаленном песке животных почти не увидишь. Насекомые, рептилии и млекопитающие проводят жаркое время, зарывшись в песок или спрятавшись в норы. В глубине почвы температура не так резко колеблется и сравнительно невысокая.

Холодным утром кузнечики подставляют бока солнечному свету, а дневные бабочки расправляют крылья. В полуденную жару они, сложив крылья, располагаются параллельно лучам.

При понижении t воздуха многие животные переходят на питание более калорийной пищей. Белки в теплое время года поедают более ста видов кормов, зимой же питаются семенами хвойных, богатых жирами. Корм оленей летом – травы, зимой – лишайники с большим количеством белков, жиров и сахаров.

Выбор места для жилища, утепление убежищ/гнезд пухом, сухими листьями, углубление нор, закрывание входов в них.

Принятие позы (скручивание кольцом, укутывание хвостом).

«Скучивание» – собирание в группы.

Некоторые животные согреваются путем пробежек и прыжков.

Пути приспособлений живых организмов к воздействию неблагоприятных t :

1. Активный путь – усиление сопротивляемости, развитие регуляторных способностей, дающих возможность осуществления жизненных функций организма, несмотря на отклонения t от оптимума. Этот путь ярко выражен у эндотермных животных, развит у эктотермных, в зачаточной форме проявляется у некоторых высших растений.

2. Пассивный путь – подчинение жизненных функций организма ходу внешних t . Недостаток тепла вызывает угнетение жизнедеятельности – экономное использование энергетических запасов и повышение устойчивости клеток и тканей. Для всех растений и эктотермных животных. Эндотермные животные в условиях крайне низких t снижают уровень обмена, замедляют скорость роста и развития - экономный расход ресурсов. У млекопитающих и птиц в неблагоприятные периоды года гетеротермные виды впадают в спячку или оцепенение.

3. **Избегание** неблагоприятных температурных воздействий.

Жизненные циклы, когда наиболее уязвимые стадии развития проходят в самые благоприятные периоды года. Для растений это главным образом изменения в ростовых процессах, для животных – разнообразные формы поведения.

Биополярность – сходство в систематическом составе и ряде биологических явлений у организмов высоких широт умеренных зон. Это характерно как для наземной, так и для морской фауны и флоры. Биополярность отмечается и в поширотном качественном составе живых организмов.

Например, для тропической зоны характерно более высокое видовое разнообразие по сравнению с высокими широтами.