

Тема 31

Важнейшие абиотические факторы и адаптации к ним организмов

Среды жизни - особенности.

Биологические ритмы.

Важнейшие абиотические факторы и адаптации к ним организмов

1.

Температура

Изменение температуры влияет на конформацию макромолекул и на скорость протекания химических реакций.

Криофилы биохимически адаптируются к низким температурам двумя путями:

- противостоят замерзанию (накапливают антифризы)
- выдерживают замерзание путем гипо- или криптобиоза, при этом лед если образуется, то вне клеток

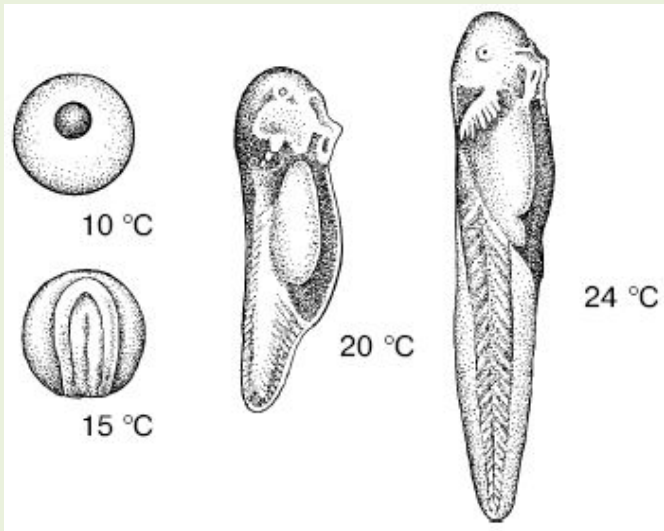
Термофилы адаптированы к повышенным температурам – прокариоты могут делиться при температуре около 110°C , среди эукариот наиболее толерантны

Источники поступления тепловой энергии ^{грибы – до 62°C} делятся на внешние и внутренние. Внешнее, или **экзогенное**, тепло организм получает от более нагретых воды, воздуха, окружающих предметов, прямой солнечной радиации. Внутреннее, или **эндогенное**, тепло вырабатывается в процессе окислительных реакций и расщепления АТФ.

Эктомтермия – это жизнь преимущественно за счет нагревания из внешней среды, **эндотермия** – за счет тепла, вырабатываемого самим организмом.

Если организмы способны поддерживать постоянную оптимальную температуру тела независимо от температуры среды, их называют **гомойотермными** (птицы и млекопитающие), если нет - **пойкилотермными**.

Среди истинно гомойотермных животных выделяют группу **гетеротермных** – способных к **гибернации**, т.е. временному повышению своей температуры (верблюды) или понижению ее для экономии энергии (сурки, суслики, летучие мыши, сони, ежи, кедровки, колибри, стрижи и др). Часть гетеротермных видов впадают в спячку или временное оцепенение. Таким образом, термины «пойкилотермия», «гомойотермия» и «гетеротермия» отражают степень изменчивости температуры живых существ.



Состояние развивающихся при разных температурах головастика через 3 дня после оплодотворения яйца

Для осуществления генетической программы развития пойкилотермным организмам необходимо получить извне определенное количество тепла. Это тепло измеряется суммой эффективных температур. Под **эффективной температурой** понимают разницу между температурой среды и температурным порогом развития организмов. Для каждого вида она имеет верхние пределы, так как слишком высокие температуры уже не стимулируют, а тормозят развитие. Сумма эффективных температур, которую нужно набрать для завершения жизненного цикла, часто ограничивает географическое распространение видов.

У растений основное средство отведения избытка тепла и предотвращения ожогов – **устычная транспирация**. Испарение 1 г воды выводит из тела растения около 583 калорий (2438 Дж).

Растения обладают также рядом **морфологических адаптаций**, направленных на предотвращение перегрева. Этому служат густая опушенность листьев, рассеивающая часть солнечных лучей, глянцевая поверхность, способствующая их отражению, уменьшение поглощающей лучи поверхности. Многие злаки в жару свертывают листовые пластинки в трубочку, у эвкалиптов листья располагаются ребром к солнечным лучам, у части растений аридных районов листва полностью или частично редуцируется (саксаулы, кактусы, кактусовидные молочаи и др.).

В экстремально холодных условиях средствами получения дополнительного тепла служат также некоторые морфологические особенности растений.

Основные из них – особые формы роста. Карликовость и образование стелющихся и подушковидных форм позволяет использовать микроклимат приземного слоя летом и быть защищенными снеговым покровом зимой.

Значительная часть холодостойких растений имеет темную окраску, что помогает лучше поглощать тепловые лучи и нагреваться даже под ледяным снегом. И транспирация, и морфологические адаптации, направленные на поддержание теплового баланса растений, подчиняются физическим законам природы и относятся к **способам физической терморегуляции**.

Важное значение для растений имеют **физиологические механизмы температурных адаптаций**, повышающие их толерантность к холоду или перегреву (накопление в клетках и на плазмалемме антифризов, листопад, отмирание надземных частей)



Правило предварения: - северный вид на юге переходит на северные склоны и в балки; - южный вид на севере встречается лишь на южных склонах; - вид с широким ареалом встречается на севере и на юге в экстразональных условиях.

У многих деревьев в зимнее время происходит **вымерзание ветвей** — это обусловлено сочетанием низкой температуры с большой тратой воды на испарение. В результате древесные породы, испаряющие в зимнее время много воды, продвинулись в процессе расселения к северу меньше, чем древесные породы, испаряющие мало воды. Это, вероятно, надо считать одной из причин невозможности существования лесов в арктических широтах.

То же произошло бы и с приземистыми зимнезелеными растениями (кустарнички, травы), если бы их не защищал снег. Вообще же отрицательная температура вызывает отмирание отдельных органов и целых растений в результате механического разрушения тканей при образовании льда и вследствие иссушения, когда образовавшиеся в межклетниках кристаллы льда оттягивают из клеток воду.

Еще один фактор риска для растений – активная зимняя инсоляция при отрицательных температурах, особенно при сильных суточных перепадах температур. Днем темные стволы нагреваются на солнце, ночью замерзают, результат - **морозобойные трещины**.

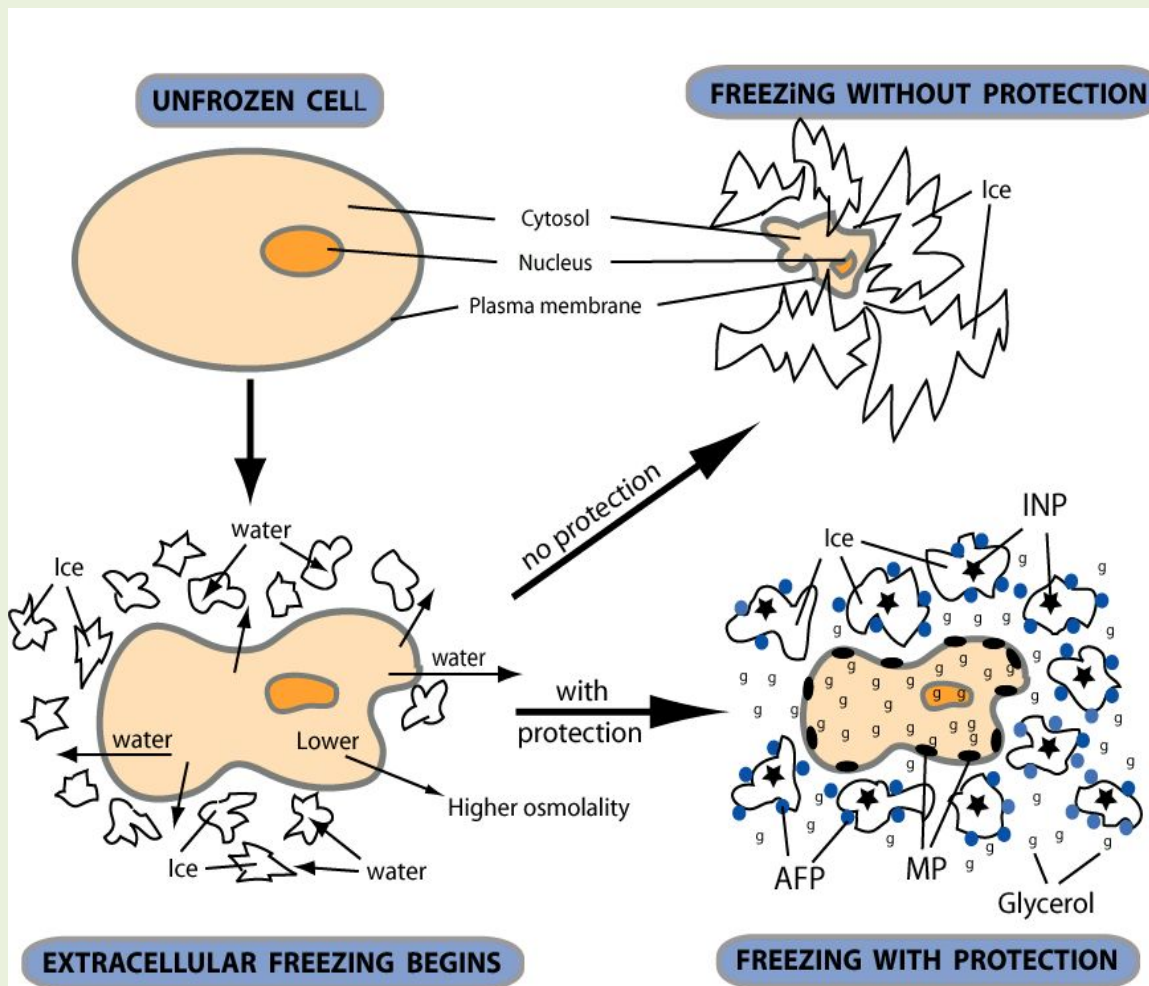


Основные способы регуляции температуры тела у пойкилотермных животных – за счет работы мускулатуры и с помощью соответствующего поведения: перемена позы, активный поиск благоприятных мест обитания, создание укрытий с микроклиматом (рытье нор, сооружение гнезд и др.).

В гнездах общественных насекомых: пчел, муравьев, термитов круглый год поддерживается почти постоянная температура и влажность; нагреваются шмели перед полетом, питон вокруг кладки, тунцы и меч-рыбы при быстром движении

Температурная компенсация. Ряд пойкилотермных видов, обитающих в условиях переменных температур, обладает способностью поддерживать относительно постоянный уровень обмена веществ в довольно широких пределах изменения температуры тела. Это явление называется температурной компенсацией и происходит в основном за счет того, что ферменты при понижении температуры меняют свою конфигурацию таким образом, что возрастает их сродство к субстрату и реакции протекают более активно. Другие способы температурной компенсации - замена действующих ферментов сходными по функции, но работающими при иной температуре (изоферментами)





Совместная работа белков, стимулирующих образование льда, белков-антифризов и криопротекторов
Адаптации
ПОЗВОНОЧНЫХ К

замораживанию:
 Накопление гликогена в печени (масса печени до 12% массы тела, гликоген до 180 мг/г)

Стимуляция гликогенолиза при начале образования льда

Увеличение уровня глюкозы в крови от 5 до 200-400 мМ

Градиент концентрации глюкозы: печень > внутренние органы > периферические ткани

Снижение температуры замерзания цитоплазмы за счет криопротекторов и контролируемое образование внеклеточного льда (центры кристаллизации - антифризов, бактерии, белки и липопротеиды, стимулирующие образование кристаллов льда)



Позвоночные, устойчивые к замораживанию: рыбы (далия), амфибии (6 видов североамериканских лягушек и квакш, сибирский углозуб), рептилии (подвязковая змея, 2 вида черепах, 1 вид ящериц).

Тепловой баланс

Чтобы нагреть 1 грамм воды на 1 градус, нужно затратить 1 калорию. Тела животных содержат много воды, благодаря этому их теплоемкость велика. Для млекопитающих она равна 0,82 калории. Это значит, что небольшой древесной крысе, весящей 100 граммов, чтобы поднять свою температуру на 2 градуса, требуется 164, а для трехтонного слона — почти 5 миллионов калорий.

Знакомство с теплоемкостью живых организмов позволяет сделать два важных вывода. Во-первых, гораздо выгоднее однажды вложить существенную часть ресурсов организма в создание термоизоляции, а потом поддерживать температуру на постоянном уровне, чем по несколько раз в день отдавать накопленное тепло в окружающую среду, а затем вновь поднимать температуру. Во-вторых, если хочешь сохранять постоянную температуру, выгоднее быть большим. Хотя крупные животные согреваются медленно, зато, накопив достаточно тепла, они медленнее с ним расстаются. Только относительно мелкие существа могут себе позволить регулярно остывать и вновь согреваться.

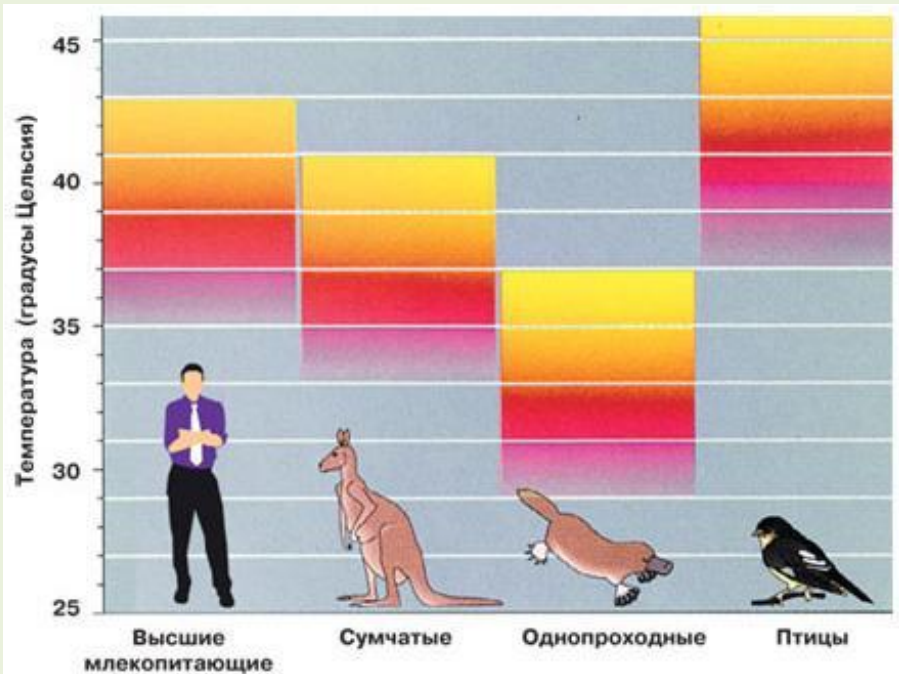
Температурные адаптации гомойотермных

организмов

Основные отличия гомойотермных животных от пойкилотермных организмов:

- 1) мощный поток внутреннего, эндогенного тепла;
- 2) развитие целостной системы эффективно работающих механизмов терморегуляции, включая химическую – при понижении температуры среды теплопродукция рефлекторно увеличивается, тонус мышц возрастает
- 3) постоянное протекание всех физиологических процессов в оптимальном температурном режиме.

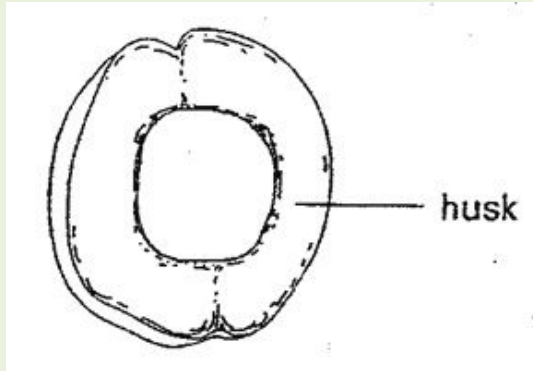
Любой выход из термонеutralной зоны требует затраты энергии, поэтому лимитируется возможностью добывания и переработки пищи (бурозубка крошечная съедает в сутки корма в 4 раза больше своей массы)



Группа животных	Нормальная внутренняя температура, °C	Летальная внутренняя температура, °C
Однопроходные (ехидна)	30–31 ¹⁾	37 ¹⁾
Сумчатые	35–36 ²⁾	40–41 ⁵⁾
Насекомоядные (ёж)	34–36	41 ⁶⁾
Человек	37	43
Высшие млекопитающие	36–38 ³⁾	42–44 ⁷⁾
Птицы (киви)	38 ⁴⁾	
Птицы, кроме воробьиных	39–40 ²⁾	46 ⁸⁾
Птицы, воробьиные	40–41 ²⁾	47 ^{9,10)}

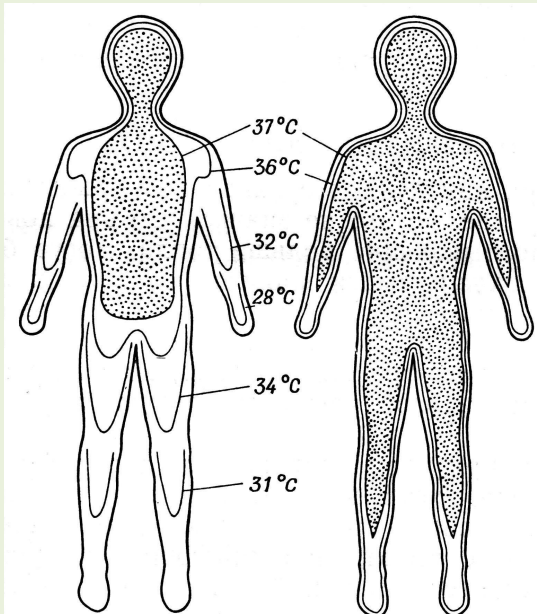
Нормальные и летальные температуры тела некоторых млекопитающих и птиц – отличие в среднем на 6 градусов

Физическая терморегуляция физиологически выгодна, так как адаптация к холоду осуществляется не за счет дополнительной выработки тепла, а за счет сохранения его в теле животного.



Поперечный срез волоса
белого медведя

Механизмы физической терморегуляции - рефлекторное сужение и расширение кровеносных сосудов кожи, меняющее ее теплопроводность, изменение теплоизолирующих свойств меха и перьевого покрова, противоточный теплообмен путем контакта сосудов при кровоснабжении отдельных органов, регуляцию испарительной теплоотдачи.



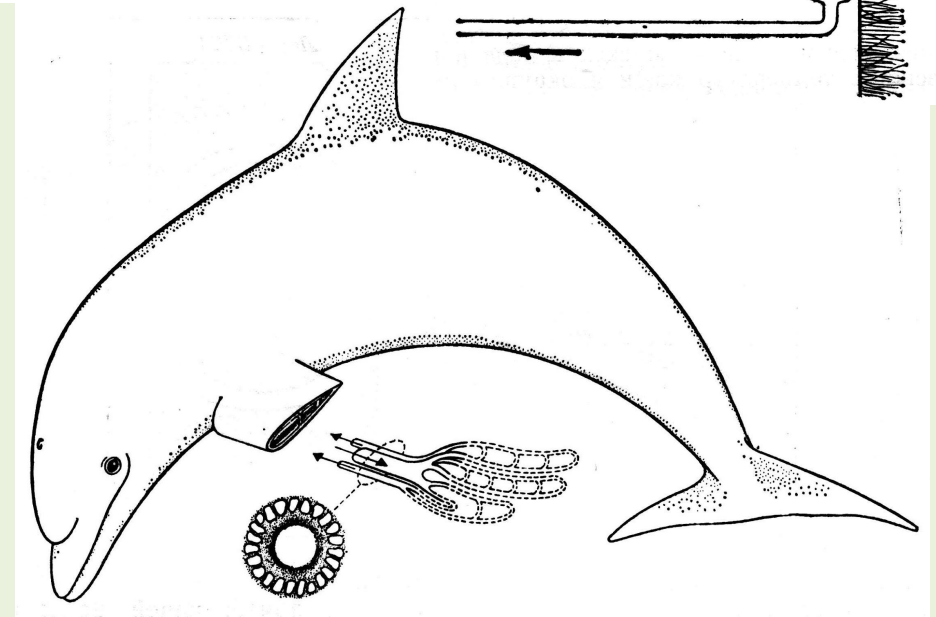
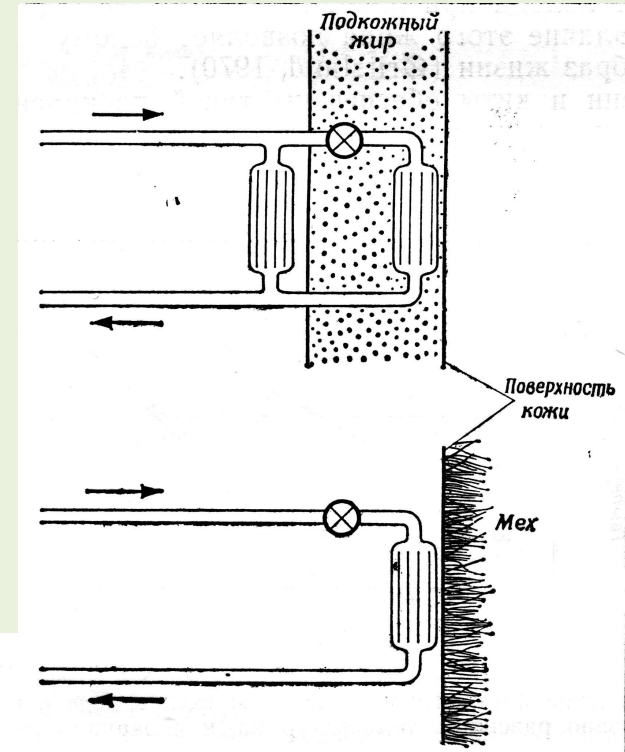
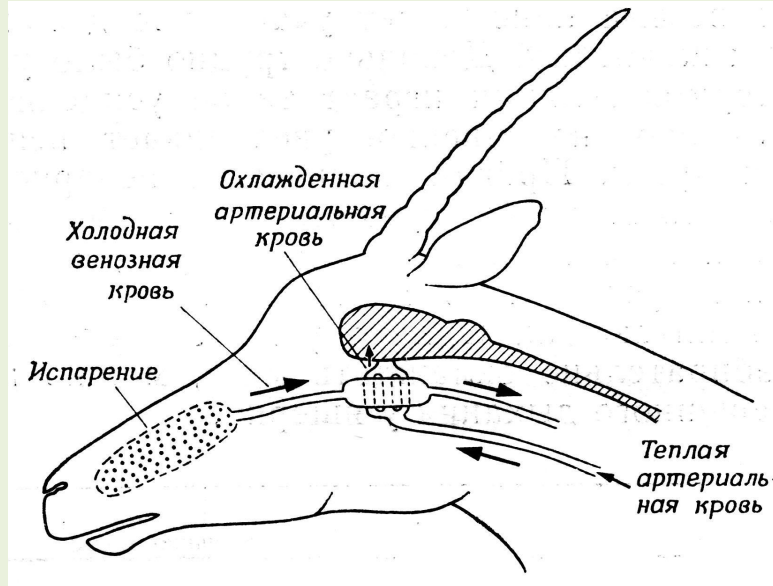
Температура кожи человека при
внешней температуре 20°C и
35°C

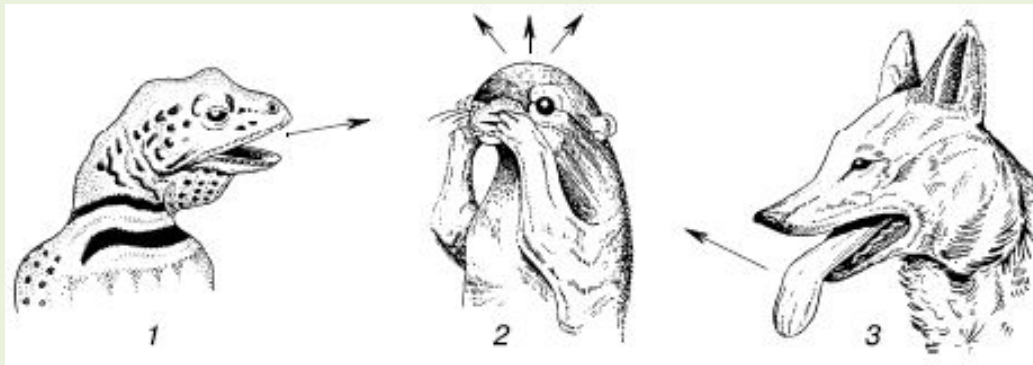
Песец зимой и
летом



Отдача тепла за счет изменения кровотока водными и наземными млекопитающими

Охлаждение головного мозга у газели (противоточный теплообменник + испарение)





У собаки, для которой одышка – единственный способ испарительной терморегуляции, частота дыхания при этом доходит до 300–400 вдохов в минуту.

Испарительная терморегуляция у животных:

- 1– ящерица – испарение со слизистых при открытом рте;
- 2– антилоповый суслик – натирание слюной;
- 3– койот – испарение со слизистых при учащенном дыхании

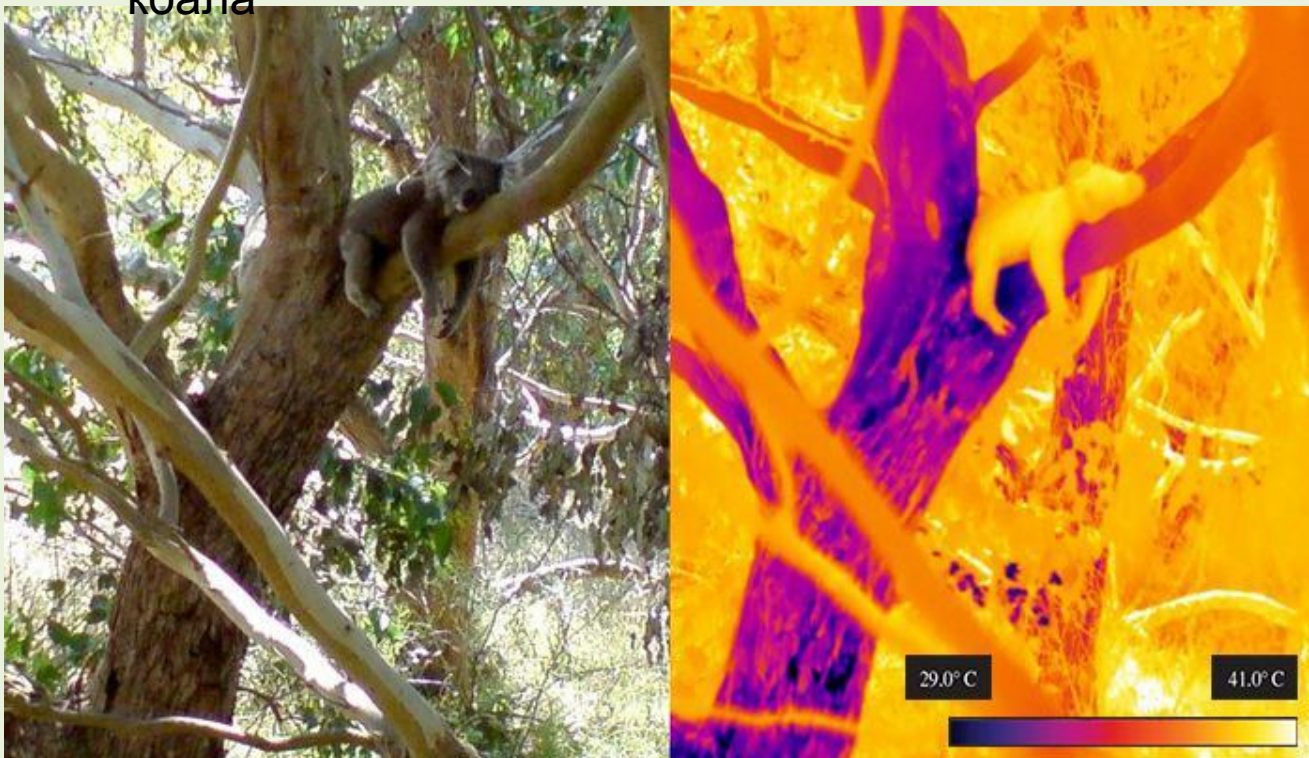
На испарение 1 мл воды затрачивается около 539 кал. (239 кал = 1 тыс Дж), человек может испарить до 12 л пота в сутки.

Выделяемая вода, естественно, должна возмещаться через питье. У некоторых животных испарение идет только через слизистые. Регуляция температуры через испарение требует траты организмом воды и поэтому возможна не во всех условиях существования.





Способы экологической терморегуляции у коала

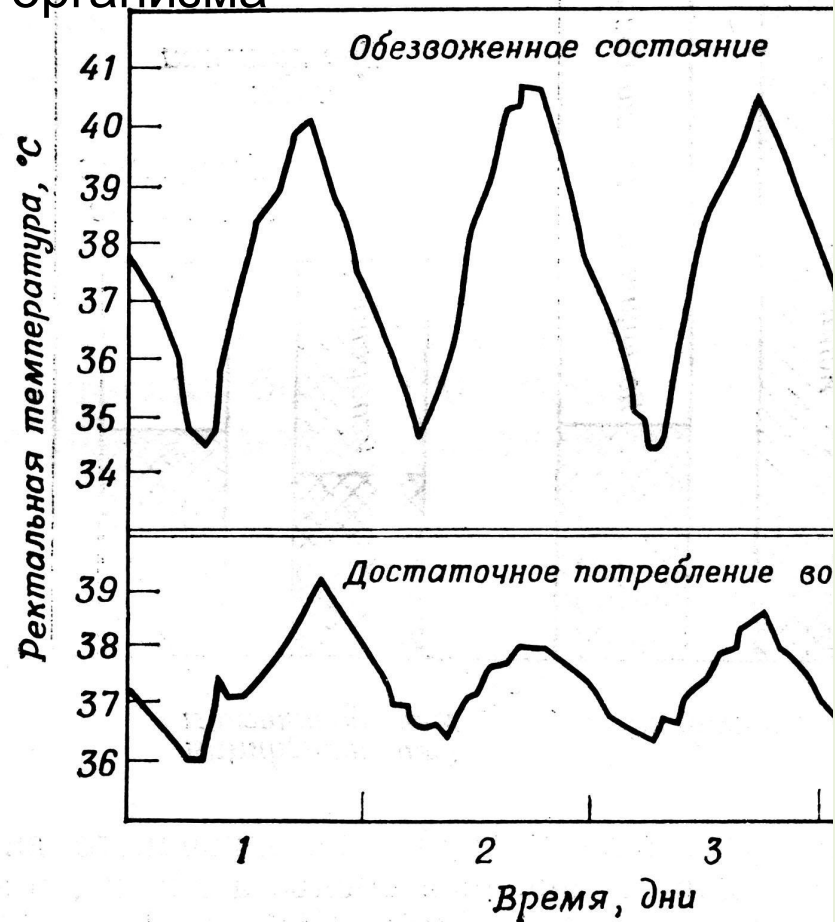


Спящий на эвкалипте коала: слева — обычное фото, справа — снимок, сделанный в инфракрасном диапазоне с помощью тепловизора.

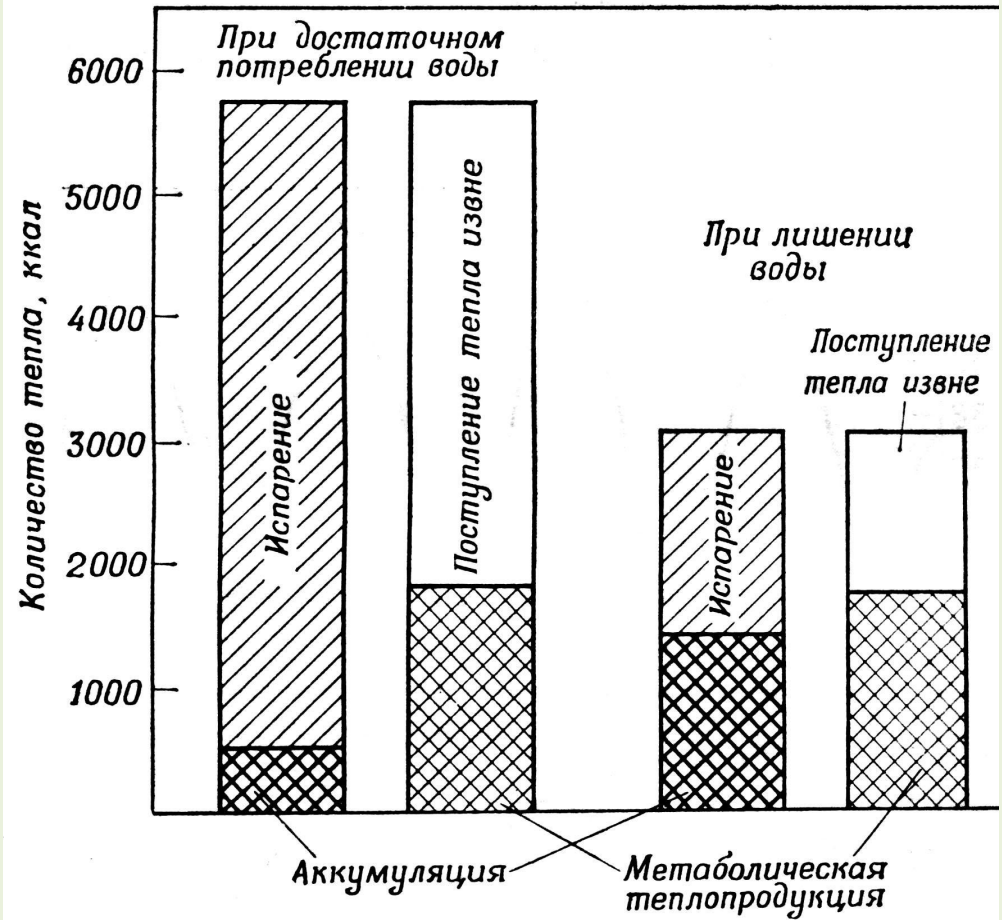
Для охлаждения коалы обнимают деревья: в жаркую погоду коалы сидят на более прохладном главном стволе, а также ближе к основанию дерева, чем при более низкой температуре воздуха. В жару предпочитают акацию, которая сохраняет самый прохладный ствол.

Листья эвкалипта, которыми питаются коала, содержат различные жаропонижающие вещества, которые действуют двумя путями – уменьшают теплопродукцию и увеличивают теплопотерю, в том числе через дыхательную систему.

Суточные колебания температуры тела у верблюда – гетеротермного организма



Тепловой баланс верблюда при разном количестве доступной воды



Максимальные суточные колебания температуры тела характерны для некоторых летучих мышей – от 35-40 днем до 15-20 градусов ночью

Адаптационные изменения у гетеротермных животных при гибернации

- снижение температуры тела, у рукокрылых до $2-4^{\circ}\text{C}$
- бауты спячки (от 4 дней до 2 и даже 3 недель)
- снижение сердечного ритма
- редкое дыхание (апноэ)
- атрофия некоторых мышц
- синтез белка снижается до 1%
- продукция АТФ снижается до 2-5%
- не работают ионные насосы и каналы

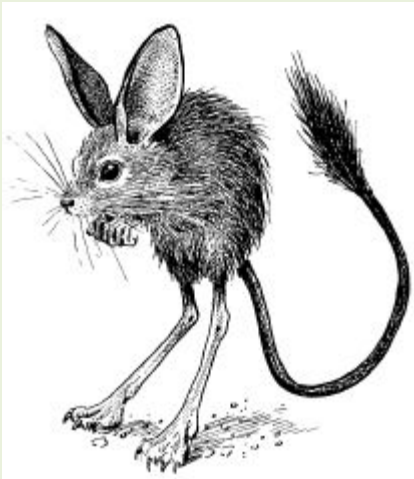


По времени слабая активность между баутами спячки продолжается около часа и составляет от 4-6% (грызуны) до 1-2% (рукокрылые), этого времени хватает для очистки крови и выведения мочи

Уровень метаболизма при гибернации максимально снижается у летучих мышей – до

Бурундуки начинают активно запасать пищу на зиму в августе, а уже в октябре они впадают в спячку до марта. Но спячка не постоянная, и иногда зверьки просыпаются, чтобы поесть, а затем спят дальше. Беспробудно спать не получается, потому что на зиму у бурундука откладывается недостаточно подкожного жира (меньше, чем, например, у суслика), так что ему приходится периодически подкрепляться запасами. Запасы пищи в норке могут весить больше 6 килограммов.

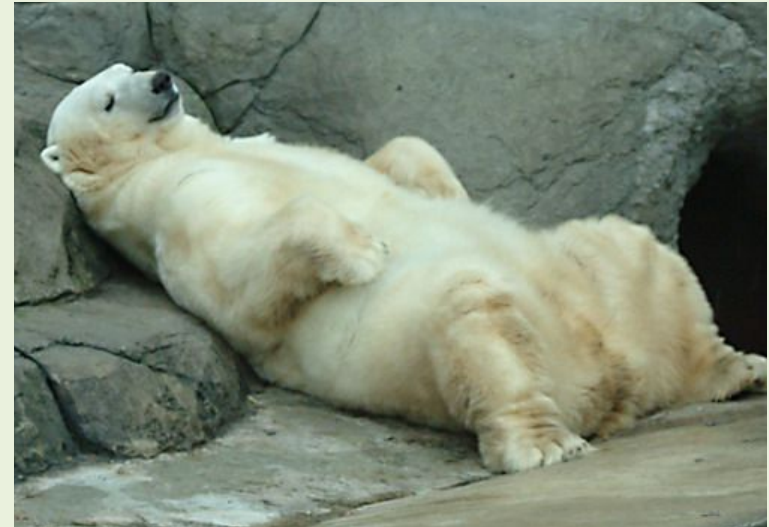
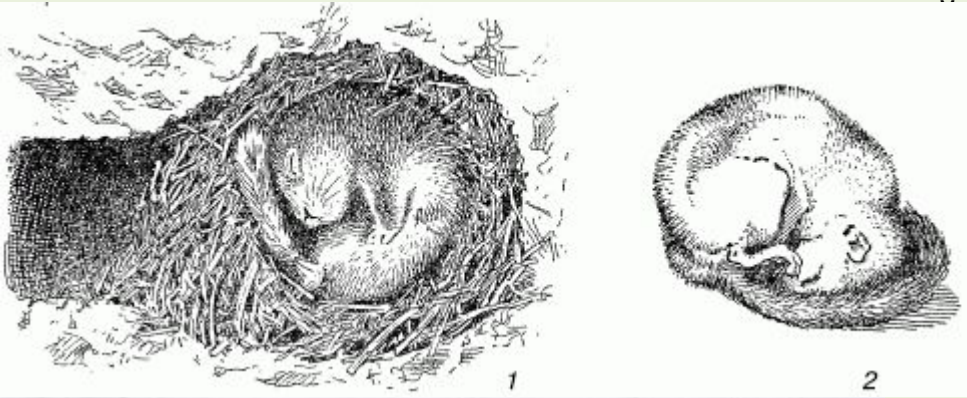




Связь размеров и пропорций тела животных с климатическими условиями их обитания была подмечена еще в XIX в. Согласно **правилу Бергмана** (1848), если два близких вида теплокровных животных отличаются размерами, то более крупный обитает в более холодном, а более мелкий – в теплом климате.

У многих млекопитающих северного полушария относительные размеры различных выступающих частей тела (хвостов, ушей) и длина конечностей увеличиваются к югу – **правило Аллена** (1877). Выступающие части имеют большую относительную поверхность, которая выгодна в условиях жаркого климата.

Теплопотерю можно регулировать с помощью соответствующего поведения, способы которого чрезвычайно разнообразны – от изменения позы и поисков укрытий до сооружения сложных нор, гнезд, осуществления ближних и дальних



2.

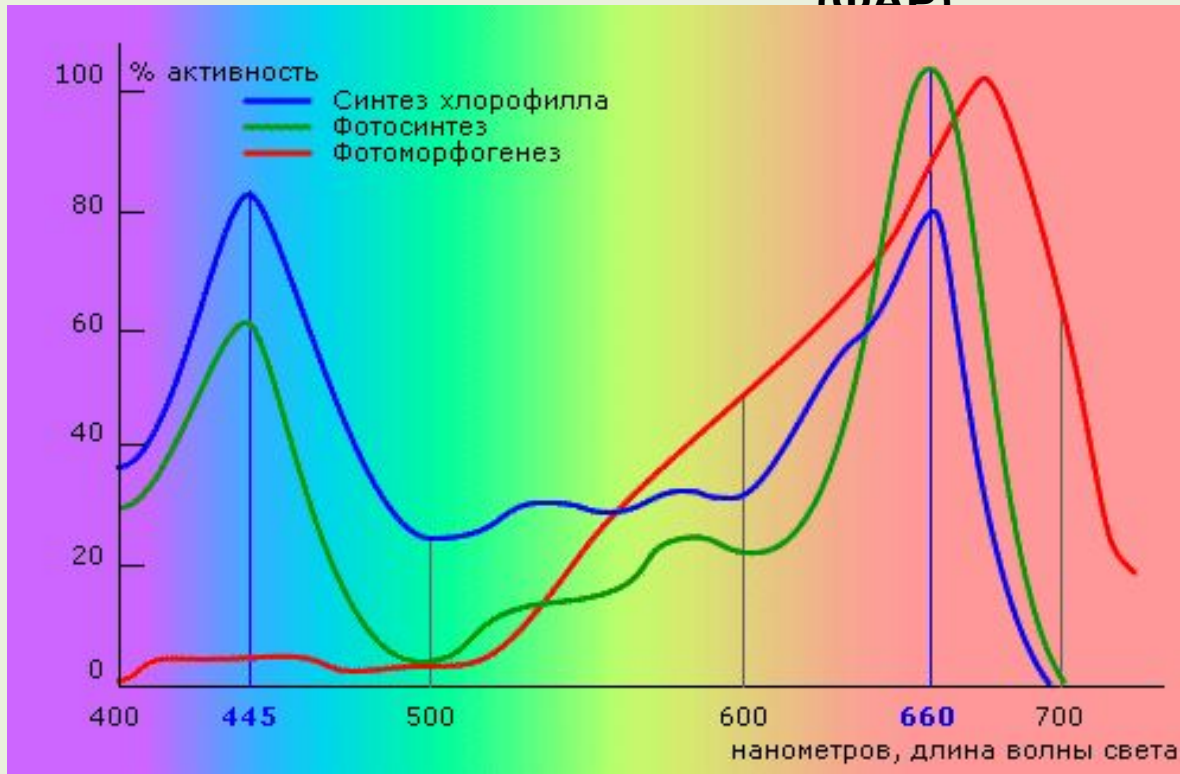
Свет

Основной источник энергии для жизни организмов - солнечная радиация, на которую приходится около 99,9 % в общем балансе энергии Земли. Если принять солнечную энергию, достигающую Земли, за 100 %, то примерно 19 % ее поглощается при прохождении через атмосферу, 34 % отражается обратно в космическое пространство и 47 % достигает земной поверхности в виде прямой и рассеянной радиации с длинами волн от 0,1 до 30000 нм. На ультрафиолетовую часть спектра приходится от 1 до 5 %, на видимую – от 16 до 45 % и на инфракрасную – от 49 до 84 %.



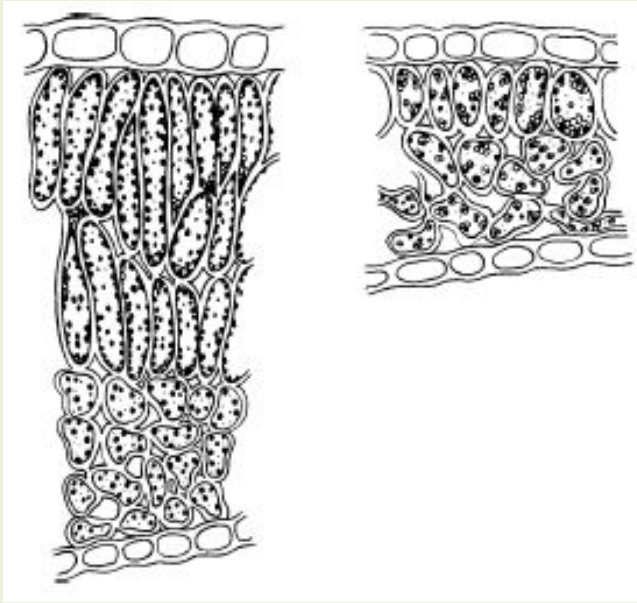
УФ-лучи короче 290 нм поглощает озоновый экран; ФАР – 380-710, бактериохлорофилл поглощает до 1100 нм

Часть спектра, используемая растениями – фотосинтетически активная радиация (ФАР)



Компенсационная точка фотосинтеза – такое сочетание освещенности и температуры, при котором в растении за сутки сбалансированы процессы образования органического вещества и его затраты на дыхание. **Рост растения может идти только при освещенности выше компенсационной точки.**

Зеленым растениям свет нужен для образования хлорофилла, формирования гранальной структуры хлоропластов; он регулирует работу устьичного аппарата, влияет на газообмен и транспирацию, активизирует ряд ферментов, стимулирует биосинтез белков и нуклеиновых кислот. Свет влияет на деление и растяжение клеток, на ростовые процессы и развитие растений, определяет сроки цветения и плодоношения, оказывает формообразующее воздействие. Но самое большое значение имеет свет в осуществлении процесса фотосинтеза



Поперечный срез светового (слева) и теневого (справа) листа

сирени
У деревьев и кустарников тневая или световая структура листа часто определяется условиями освещения предыдущего года, когда закладываются почки.

У некоторых видов (черника) отношение к свету зависит от места произрастания.

У растений возникают различные морфологические и физиологические адаптации к световому режиму местообитаний.

По требованию к условиям освещения принято делить растения на следующие экологические группы:

1) **светлюбивые** (световые), или *гелиофиты*, – растения открытых местообитаний; часть из них ведет C4-фотосинтез, способны к вторичной фиксации CO₂ при закрытых устьицах и высокой температуре

2) **тенелюбивые** (тневые), или *сциофиты*, – растения нижних ярусов тенистых лесов, пещер и глубоководные растения; они плохо переносят сильное освещение прямыми солнечными лучами;

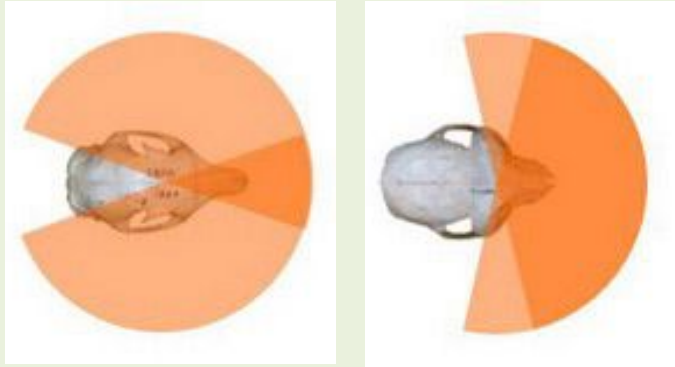
3) **тневыносливые**, или *факультативные гелиофиты*, – могут переносить большее или меньшее затенение, но хорошо растут и на свету; большинство трав в дубравах – в течение сезона новая генерация имеет

другой тип листа (снить), либо он меняется в

Свет как условие пространственной ориентации

ЖИВОТНЫХ

Многие насекомые с помощью своих выпуклых фасеточных глаз имеют область обзора, близкую к 360°



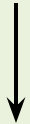
Монокулярное и бинокулярное зрение – соотношение областей зависит от питания и образа жизни



Жизнь при сумеречном освещении часто приводит к гипертрофии глаз; самые крупные глаза у глубоководного кальмара.



Соцветие одуванчика глазами человека и медоносной пчелы



Для пчел видимая часть спектра сдвинута в более коротковолновую область. Они воспринимают как цветовой значительную часть ультрафиолетовых лучей, но не различают красных.

В соцветии более ярко выделено место расположения нектарников – его видят только пчелы. Это иллюстрирует сопряженную эволюцию цветковых растений и их опылителей



Так видим
бабочку и
попугаев мы



Так видят
кошки и
собаки



Листохвостый геккон различает цвета в темноте

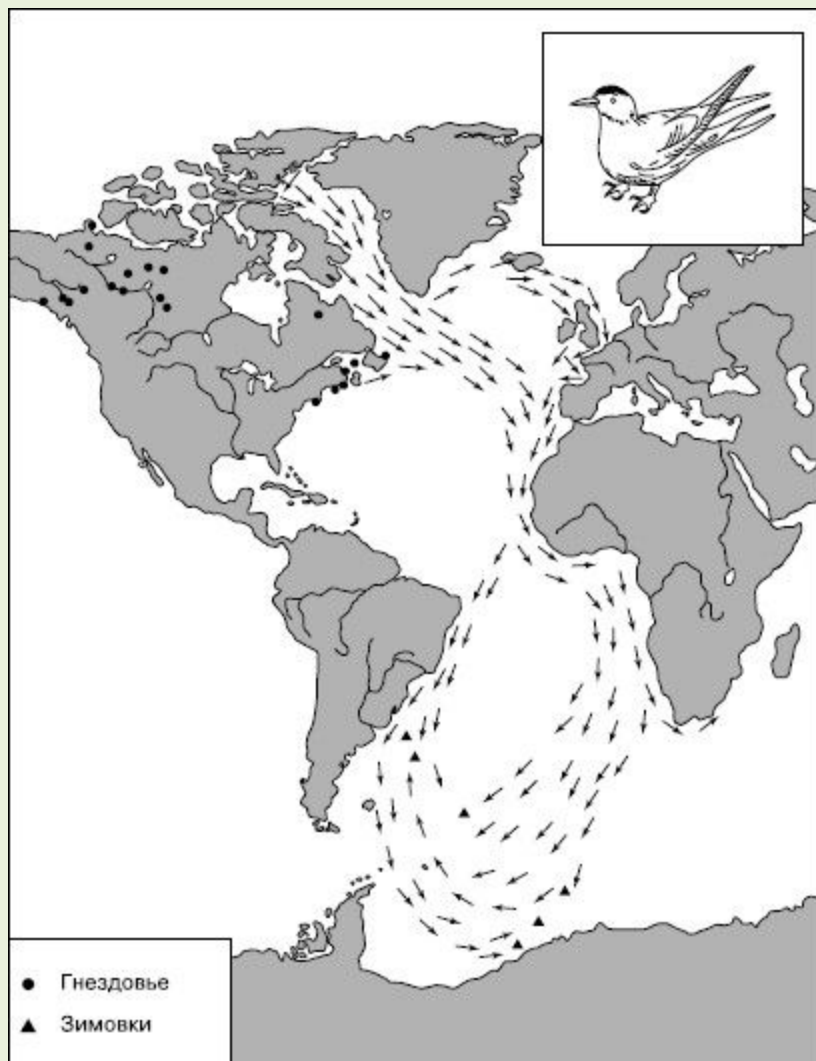


Некоторые пойкилотермные животные, видят в инфракрасной части спектра и либо ловят теплокровную добычу в темноте (змеи), либо заблаговременно видят приближение кита и могут избежать нападения (кальмары)



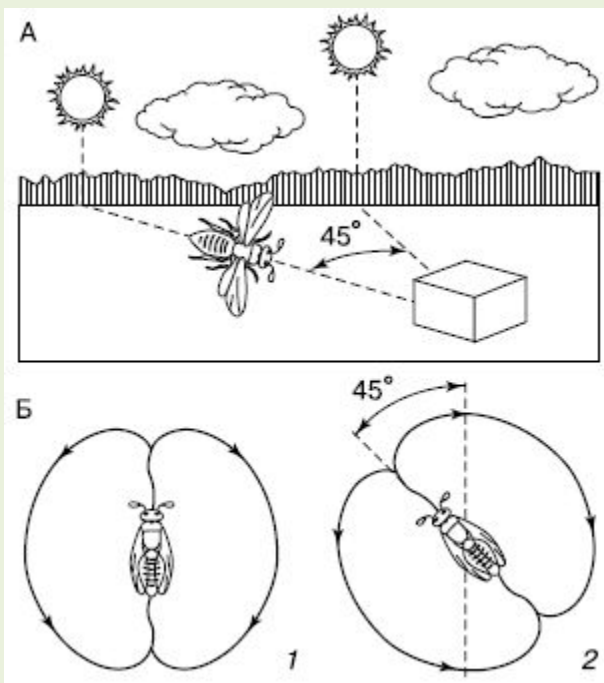
Рыбу Anableps, которая плавает у поверхности воды, называют четырехглазой





Пролет североамериканских полярных
крачек на зимовки

Мигрирующие виды птиц способны правильно выбирать направление полета на зимовку из любой точки Земли. Днем птицы учитывают не только положение солнца, но и смещение его в связи с широтой местности и временем суток. Опыты в планетарии показали, что если менять перед птицами картину звездного неба, то они стремятся к той стороне клетки, которая соответствует направлению предполагаемого перелета.



Ориентация полета пчел по положению солнца :

А – ориентация полета за взятком;

Б – танец пчелы-разведчицы на вертикальных сотах:

1– положение оси «восьмерки» в случае, если направление к месту взятка совпадает с направлением на солнце;

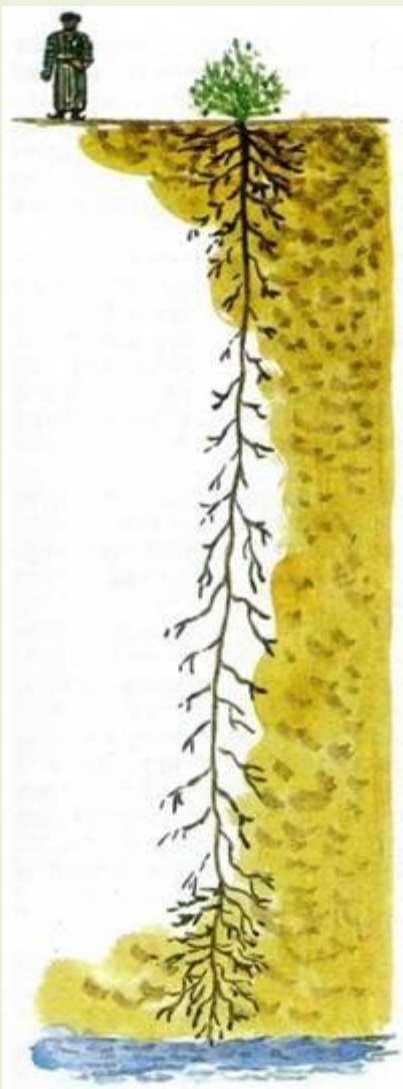
2– отклонение оси «восьмерки» при передвижении солнца

Пчелы, нашедшие нектар, передают другим информацию о том, куда лететь за взятком, используя в качестве ориентира положение солнца. Пчела-разведчица, открывшая источник корма, возвращается в улей и начинает на сотах танец, совершая быстрые повороты. При этом она описывает фигуру в виде восьмерки, поперечная ось которой наклонена по отношению к вертикали. Угол наклона соответствует углу между направлениями на солнце и на источник корма, причем с течением времени пчела делает поправку – меняет угол наклона. Если солнце скрывается за облаками, пчелы ориентируются на поляризованный свет свободного участка неба. Плоскость поляризации света зависит от положения солнца. Частота вибрации брюшка означает расстояние от улья до места сбора нектара.

3. Влажность; поддержание водного баланса

Лесные растения умеренной зоны развивают сосущую силу корней от 20 до 40 атм, растения сухих областей – до 60

атм



Корни кактусов днем покрываются слизью



Многочисленные эпифиты (мхи, орхидеи, бромелии) впитывают влагу всей поверхностью

У степных и пустынных растений могут развиваться эфемерные корни, быстро вырастающие в периоды увлажнения почвы, а с наступлением засушливого периода засыхающие.

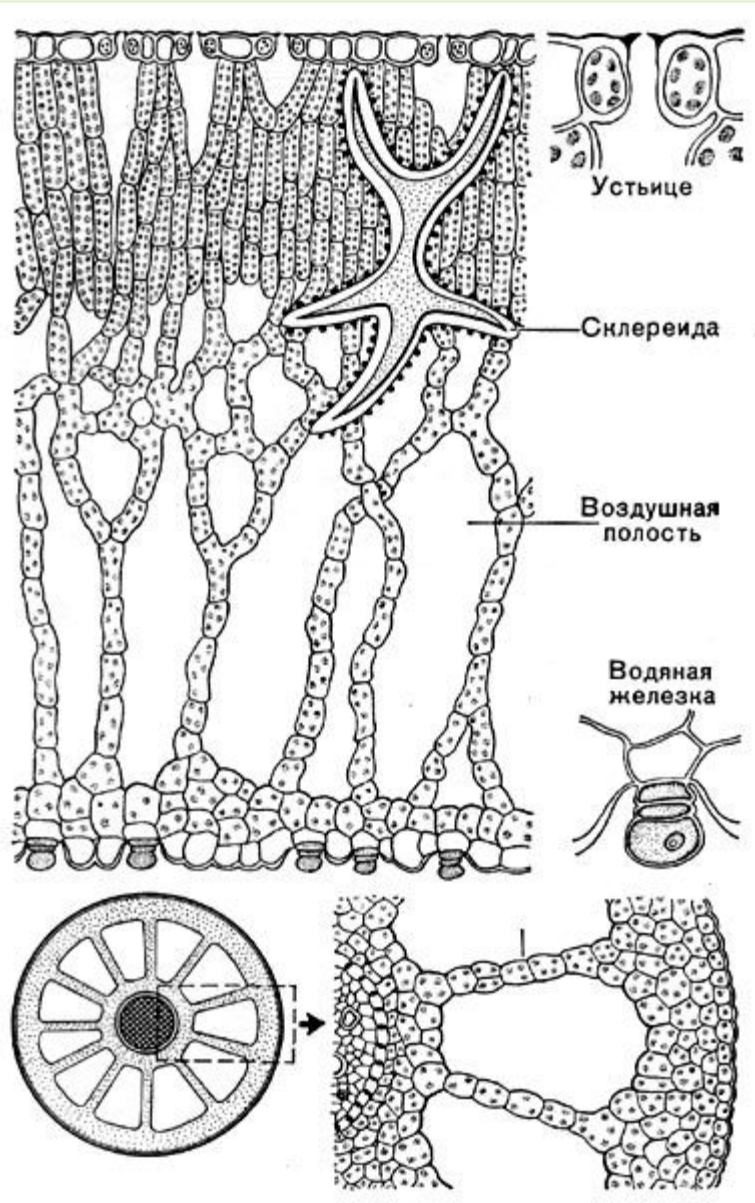
Подъем воды по телу растения обеспечивается за счет корневого давления, капиллярной силы и сосущей силы кроны. От 0,5% до 2% воды используется при фотосинтезе, остальная вода поддерживает тургор и обеспечивает транспирацию. Кроме контролируемого испарения через устьица часть воды теряется через другие участки кожицы – такая кутикулярная транспирация ничтожно мала у кактусов (0,05%), больше у хвойных (0,5%), у лиственных пород средней полосы может составлять до 10%

По способности поддерживать водный баланс растения подразделяют на **пойкилогидрические** (не могут регулировать транспирацию – большинство мхов, некоторые папоротники) и **гомойогидрические** – регулируют транспирацию

Экологические группы растений по отношению к воде

Гидатофиты – это водные растения, целиком или почти целиком погруженные в воду. Среди них – цветковые, которые вторично перешли к водному образу жизни (элодея, рдесты, водяные лютики, валлиснерия, уруть и др.). У погруженных листьев редуцированы устьица и нет кутикулы, у плавающих листьев устьица на верхней поверхности. Вода испаряется через устьица или выводится через особые водные железы – гидатоды.

Поддерживаемые водой побеги часто не имеют механических тканей, в них хорошо развита аэренхима



Анатомическое строение некоторых водных растений. Вверху — поперечный разрез через плавающий лист желтой кувшинки; видны обширные воздушные полости (аэренхима); отдельно изображены устьице и водяная железка. Внизу — поперечный разрез стебля урути, справа — при большом увеличении.

Корневая система водных растений развита слабо, корневые волоски отсутствуют; вода с растворёнными в ней минеральными веществами может проникать непосредственно в листья.

Немногочисленные и слабые механические элементы, имеющиеся в стеблях, расположены ближе к центру, что придаёт стеблям большую гибкость; слабо развиты или даже отсутствуют в проводящих пучках.



Кувшинка.
Черешок листа,
поперечный
разрез

Для улучшения газообмена и минерального питания через листья характерно увеличение площади поверхности растения за счет развития больших тонких листьев (рдесты), расчленения листовой пластинки на тонкие нитевидные участки (уруть, роголистники, водные лютики). Плавучесть листьев повышается за счет аэренхимы.

Так как интенсивность света в воде резко снижается, у многих водных растений

Е

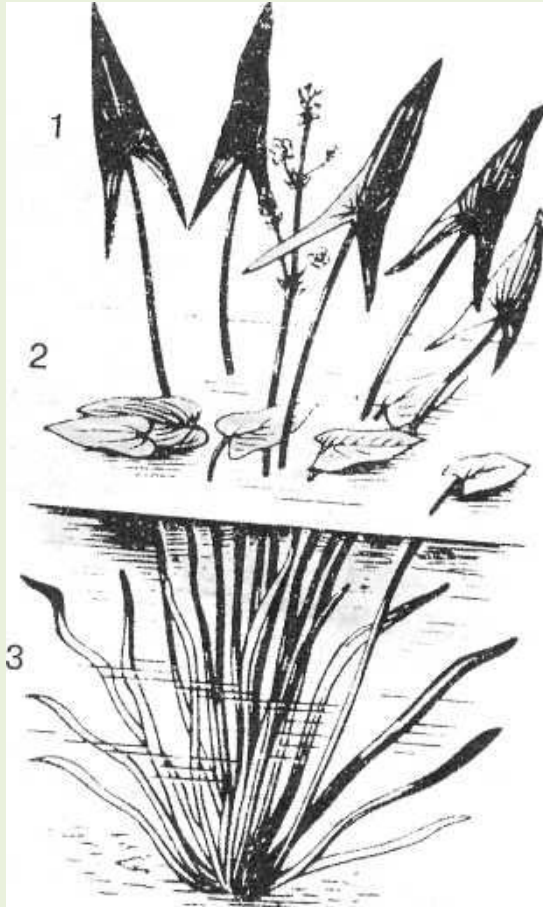
Водяной
лютик



Нитевидные
листья
роголистника
полупогруженного

Цветоносные побеги, как правило, выносят цветки над водой (реже опыление совершается в воде), а после опыления побеги снова могут погружаться, и созревание плодов происходит под водой (валлиснерия, элодея, рдесты и др.).

Гидрофиты – это растения наземно-водные, частично погруженные в воду, растущие по берегам водоемов, на мелководьях, на болотах.



Нередко выражена
разнолистность –
гетерофиллия



Камыш *Scirpus sylvaticus*, сем.
сусанковые



Сусак зонтичный



Тростник – *Phragmites* sp.,
сем. злаки



Рогоз – *Typha* sp., сем. рогозовые

Гигрофиты – наземные растения, живущие в условиях повышенной влажности воздуха и часто на влажных почвах



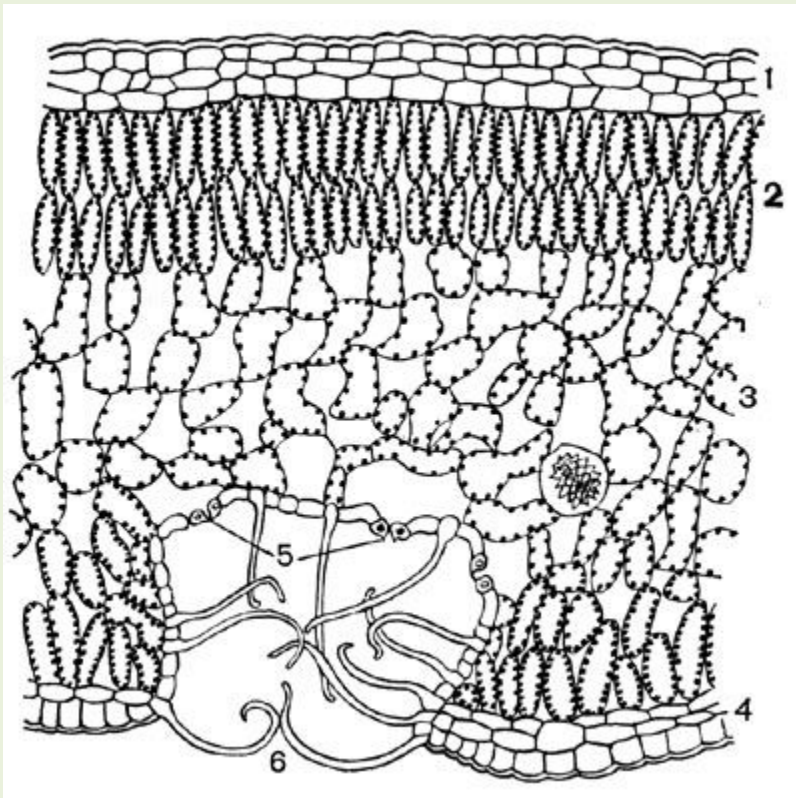
Теневые гигрофиты растут в лесах с повышенным увлажнением



Световые гигрофиты растут на болотах или рядом с водоемами

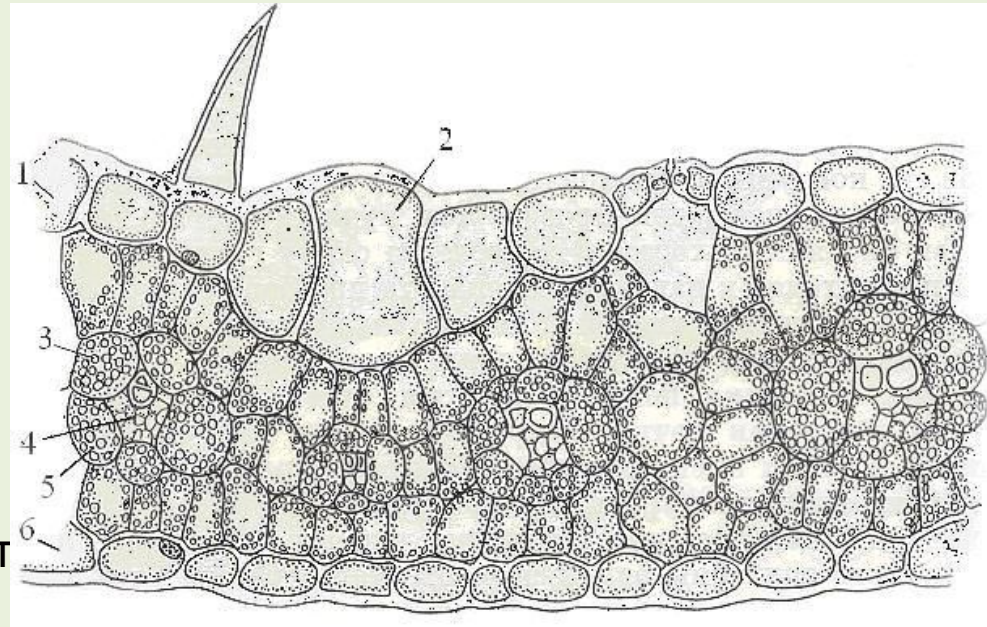


Морфологической особенностью листьев многих гигрофитов является наличие специфических устьиц — гидатод, которые способны выделять влагу из листа в капельно-жидкой форме. Выделение капель воды из листа называется гуттацией

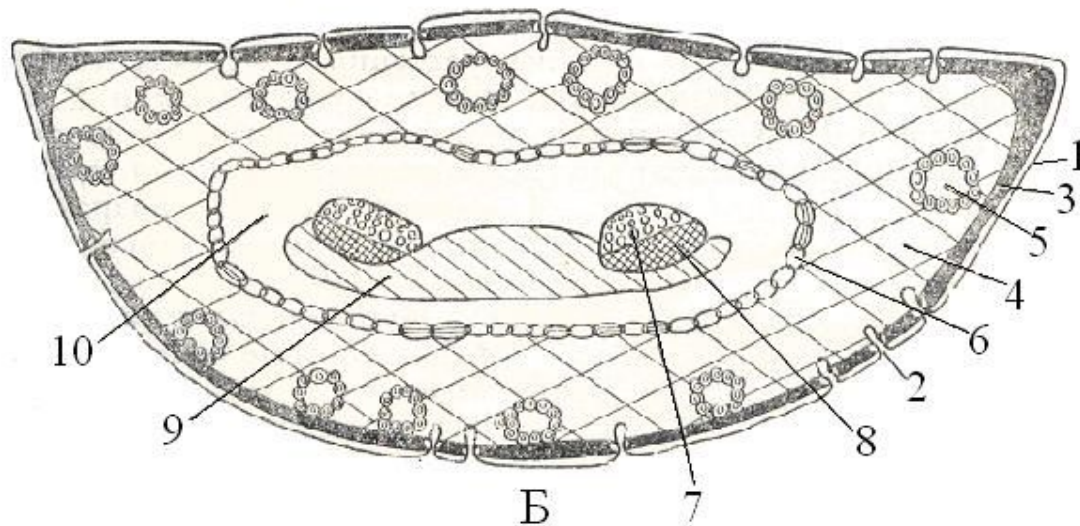
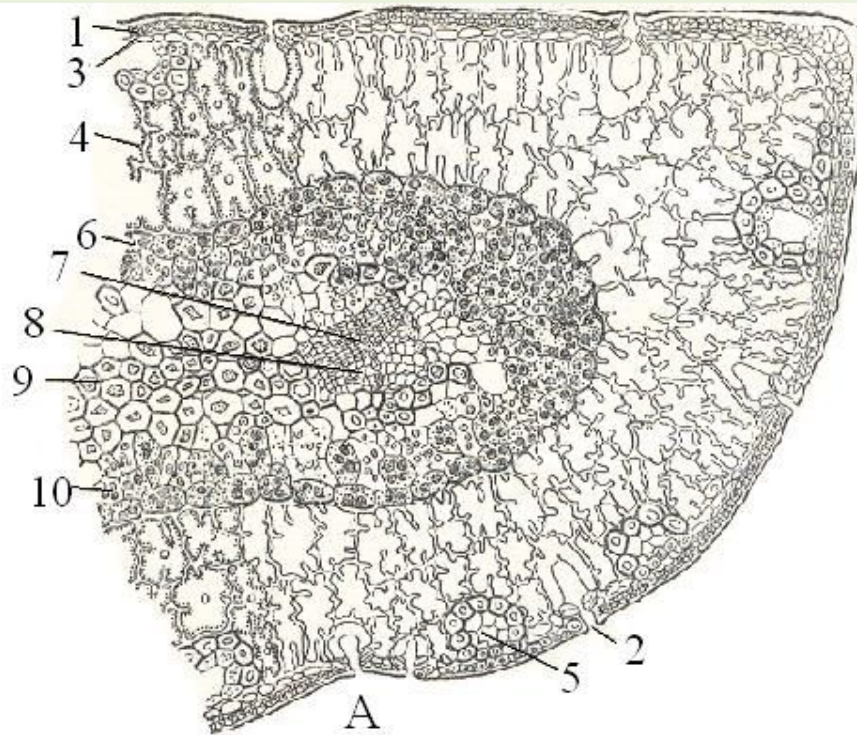


Разрез листа олеандра (мезоксерофит -засухоустойчивое растение сухих субтропиков). **Устьица в углублениях на нижней стороне листа, закрытые волосками:** 1 — верхний эпидермис; 2 — палисадная паренхима; 3 — губчатая паренхима; 4, — нижний эпидермис; 5 — устьица; в — волоски.

Мезофиты могут переносить непродолжительную и не очень сильную засуху. Это большая группа разнообразных растений, произрастающих при среднем увлажнении



Строение листа кукурузы (*Zea mays*) 1 - верхняя эпидерма, 2 - **моторные клетки** – при уменьшении тургора **спадаются, лист сворачивается**; 3 - мезофилл, 4-проводящий пучок, 5 - обкладочные клетки, 6 - нижняя эпидерма.



**Строение ксероморфного
листа (хвои) сосны
обыкновенной
(*Pinus sylvestris*):**

А - детальный рисунок;
Б - схематичный.

1 - эпидерма,
2 - устьичный аппарат;
**Устьица в углублениях, на
кутикуле слой воска**

3 - гиподерма,
4 - складчатая паренхима,
5 - смоляной ход,

6 - эндодерма,
7 - ксилема, 8 - флоэма,
7-8 - проводящий пучок,

9 - склеренхима,

10 - паренхима

Ксероморфность
(засухоустойчивость) листьев

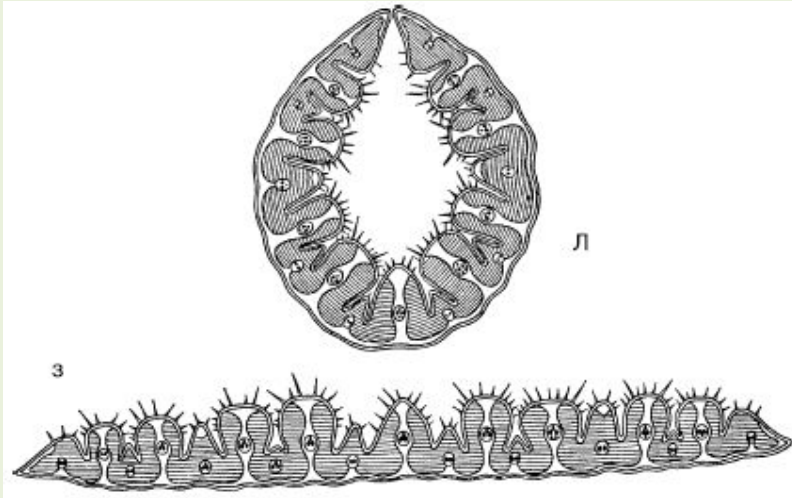
может быть и у болотных
растений, которые, как и
хвойные зимой, попадают в
условия физиологической

сухости

Ксерофиты растут в местах с недостаточным увлажнением, способны добывать воду при ее недостатке, ограничивать испарение воды или запасать ее на время засухи. Ксерофиты лучше, чем все другие растения, способны регулировать водный обмен, поэтому и во время длительной засухи остаются в активном состоянии. **Ксерофиты подразделяются на два основных типа: суккуленты и**

склерофиты.

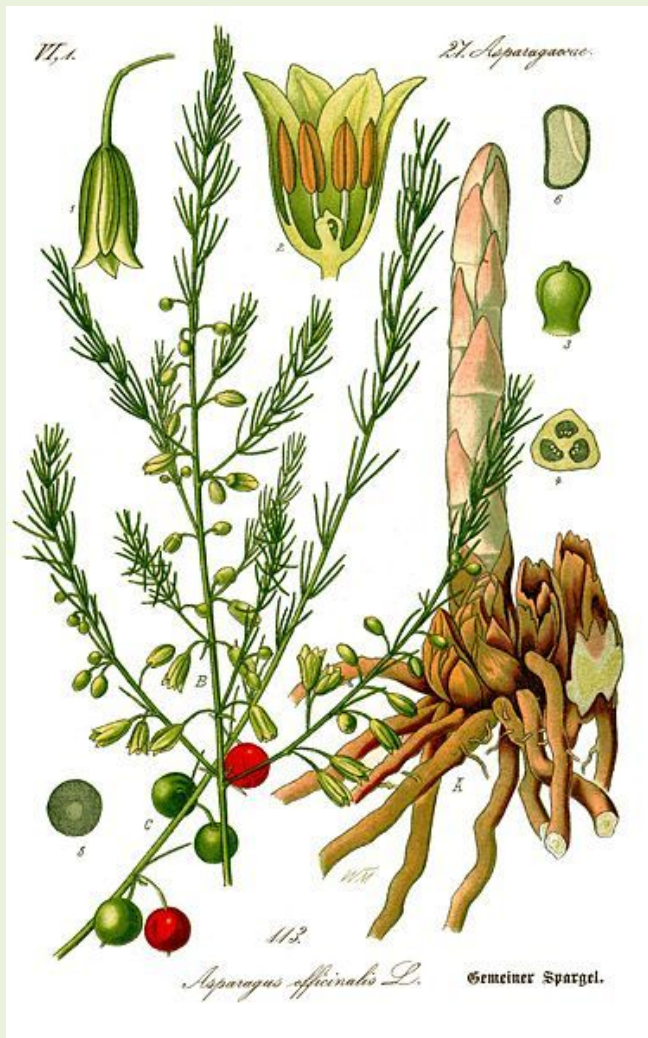
Склерофиты – это сухие на вид растения, часто с узкими и мелкими листьями, иногда свернутыми в трубочку. Листья могут быть также рассеченными, покрытыми волосками или восковым налетом. Хорошо развита склеренхима, поэтому растения без вредных последствий могут терять до 25 % влаги, не увядая. В клетках



Поперечный срез листа ковыля *Stipa capillata*: А – при засухе (лист свернут);
Б – во влажную погоду (пластинка листа развернута)



Суккуленты– сочные растения с сильно развитой водозапасающей паренхимой в разных органах. **Стеблевые суккуленты** – кактусы, стапелии, кактусовидные молочаи; **листовые суккуленты** – алоэ, агавы, молодило, **очитки**; **корневые суккуленты** – аспарагус.



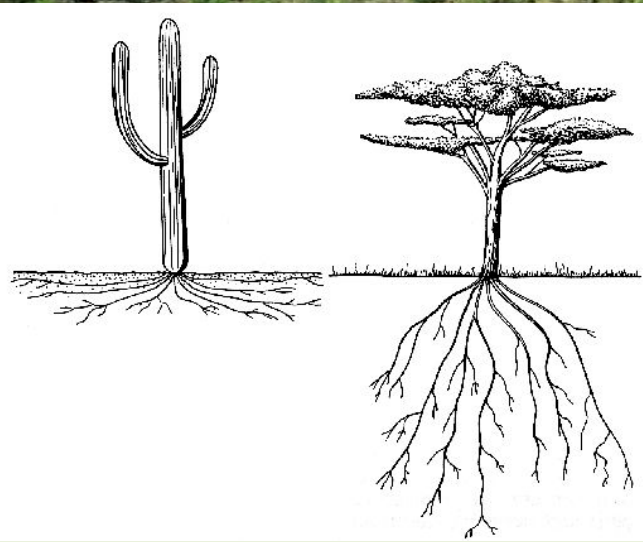
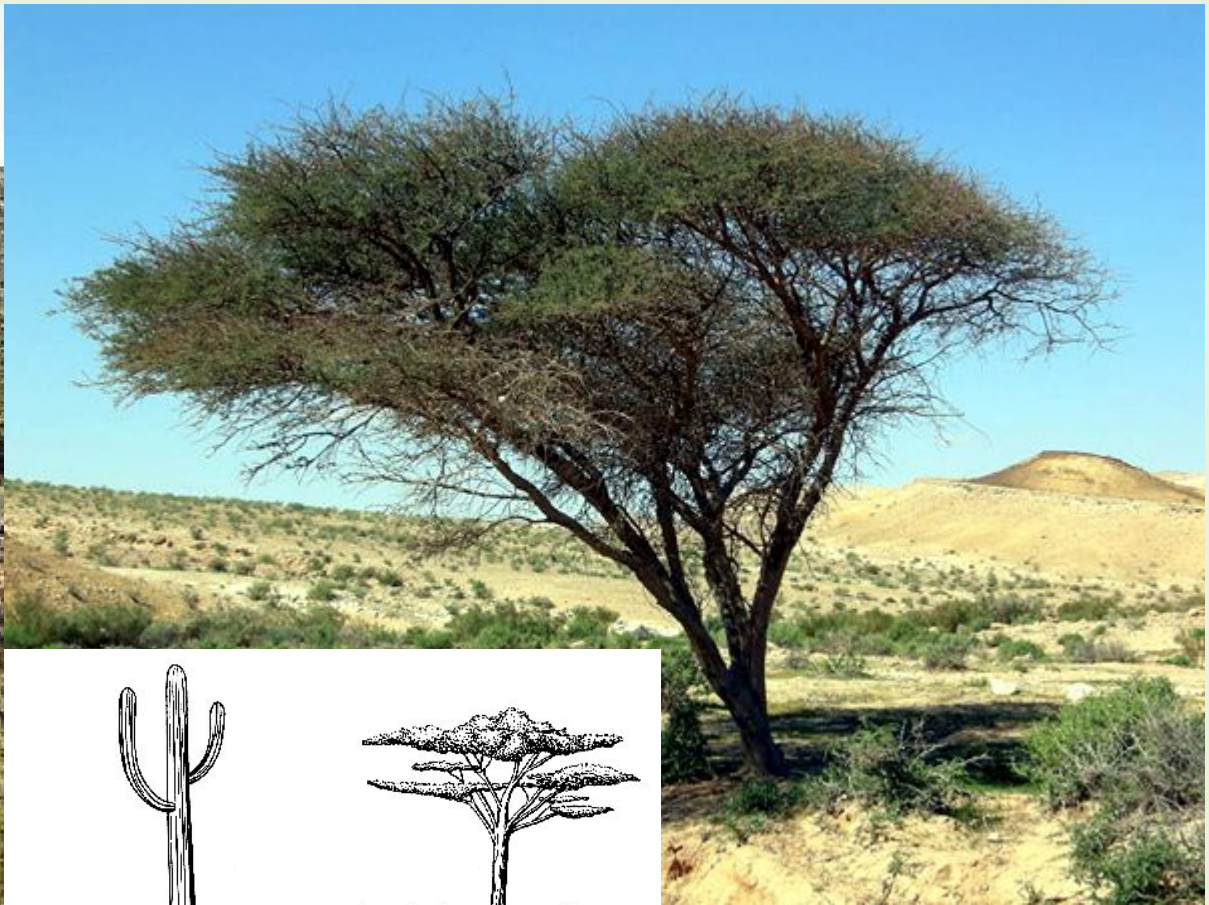
Аспарагус – корневой суккулент

Многие суккуленты ночью при открытых устьицах поглощают CO_2 , который только на следующий день перерабатывают в процессе фотосинтеза. Поглощенный CO_2 переводится в малат. Кроме того, при дыхании ночью углеводы разлагаются не до углекислого газа, а до органических кислот, которые отводятся в клеточный сок. Днем на свету малат и другие органические кислоты расщепляются с выделением CO_2 , который используется в процессе фотосинтеза. Таким образом, крупные вакуоли с клеточным соком запасают не только воду, но и CO_2 . Так как у суккулентов **ночная фиксация углекислоты и переработка ее днем в ходе фотосинтеза разделены во времени**, они обеспечивают себя углеродом, не подвергаясь риску чрезмерной потери воды, но масштабы поступления углекислого газа при таком способе невелики, и растут суккуленты медленно. Сосущая сила корней слабая, побеги конденсируют и поглощают росу, в



Большинство
суккулентов
защищаются от
травоядных
животных
колючками, часто
имеют ребристую
поверхность,
светлое опушение
либо восковой
налет,
погруженные
устьица

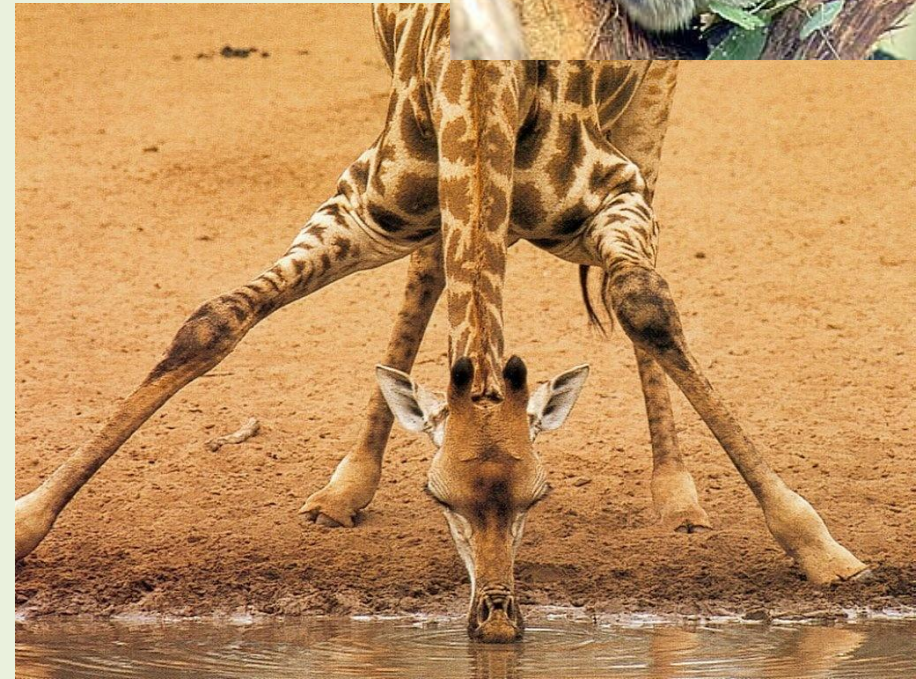




Разные варианты адаптации корневых систем кактусов и акаций

Водный баланс наземных животных

Животные получают воду тремя основными путями: через питье, вместе с сочной пищей (коала – с листьями эвкалипта), и в результате метаболизма, т. е. за счет окисления и расщепления органических веществ (кенгуровая крыса, гусеница платяной моли, рисовый долгоносик и др.)
Некоторые животные могут впитывать воду через покровы из влажного субстрата или воздуха, например личинки некоторых насекомых – мучного хрущака, жуков-щелкунов, а также ящерица – молох.



Способы регуляции водного баланса у животных разнообразнее, чем у растений. Их можно разделить на *поведенческие*, *морфологические* и *физиологические*. К числу *поведенческих* приспособлений относятся поиски водопоев, выбор мест обитания, рытье нор и т. п. В норах влажность воздуха приближается к 100 %, даже когда на поверхности очень сухо. Это снижает необходимость испарения через покровы, экономит влагу в организме.

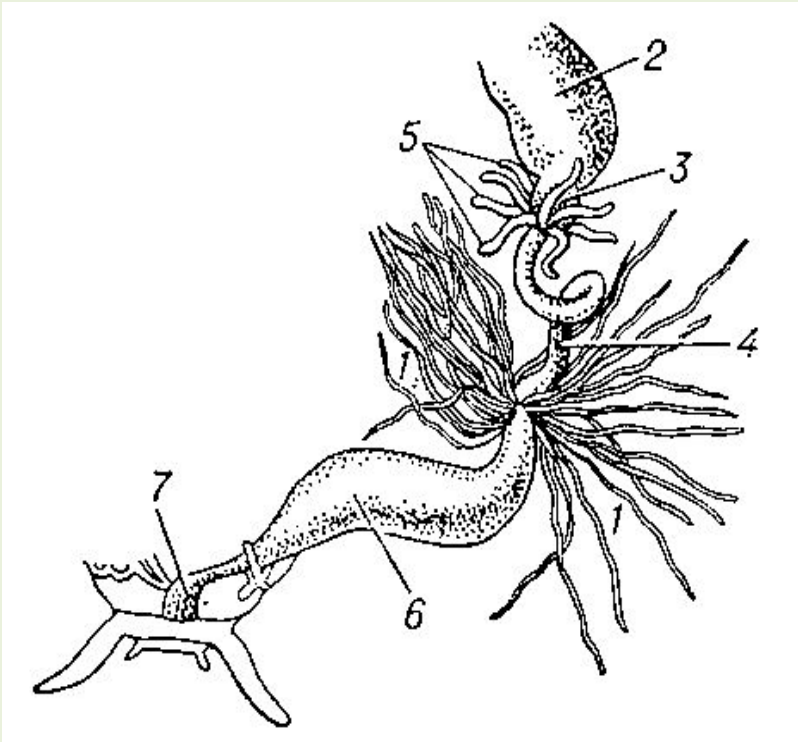


Потери воды у животных происходят тремя путями:

- через испарение покровами или со слизистых оболочек дыхательных путей;
- путем выведения из тела мочи;
- вместе с непереваренными остатками пищи.

Экономия воды может происходить по всем этим направлениям с помощью физиологических и морфологических адаптаций. Кроме того, можно повышать выносливость к обезвоживанию.

Выносливость к обезвоживанию, как правило, выше у животных, подвергающихся тепловым перегрузкам. Для человека потеря воды, превышающая 10 % массы тела, смертельна. Верблюды переносят потери воды до 27 %, овцы – до 23, собаки – до 17 %.



Экономия воды в пищеварительном тракте достигается всасыванием воды кишечником и продуцированием сухого кала. Содержание воды в испражнениях животных варьирует в зависимости от состава корма, но в целом отражает приспособленность к обитанию в разных условиях влажности. Например, на 100 г сухого помета коров на пастбище приходится 566 г воды, тогда как у верблюдов – 109, а при безводной диете – всего 76 г.

У насекомых, обитающих в аридных районах, выделительные органы – мальпигиевы сосуды – свободными концами входят в тесный контакт со стенкой задней кишки и всасывают воду из ее содержимого. Таким образом вода вновь возвращается в организм (пустынные жуки-чернотелки, муравьиные львы, личинки божьих коровок и др.).

Для экономии воды, выводимой через почки, нужна перестройка азотного обмена. При распаде белков у большинства водных организмов образуется аммиак, который токсичен для цитоплазмы даже в малых концентрациях. На процесс его образования и выведения тратится много воды. У наземных животных аммиак присутствует среди продуктов обмена только у тех форм, которые обитают в условиях достаточного обеспечения водой, например у тлей, непрерывно питающихся соком растений. Основным компонентом выделяемой мочи у наземных млекопитающих – мочевины. Это менее токсичный продукт обмена, который может накапливаться в плазме и полостных жидкостях и выводиться в более концентрированных растворах, что экономит воду. С мочой выводятся также различные соли.

Чешуйчатые пресмыкающиеся и сухопутные черепахи – группы, освоившие наиболее аридные районы, – выделяют малорастворимую мочевую кислоту. Это же характерно для птиц и высших насекомых. Паукообразные выделяют гуанин. При образовании гуанина и мочевой кислоты затрачивается

Количество воды	Продукт азотного обмена	Представители
много	Аммиак	Рыбы, тля
умеренно	Мочевина	Амфибии, звери
Мало, либо экономия массы тела	Мочевая кислота, либо <i>гуанин</i>	Птицы, наземные рептилии,

Общая концентрация мочи по сравнению с плазмой может служить показателем способности к экономии воды при экскреции. У человека моча концентрированнее плазмы в 4,2 раза, у овец – в 7,6, у верблюда – в 8, у тушканчиков – в 14 раз.

Основные пути приспособления живых организмов к условиям

среды

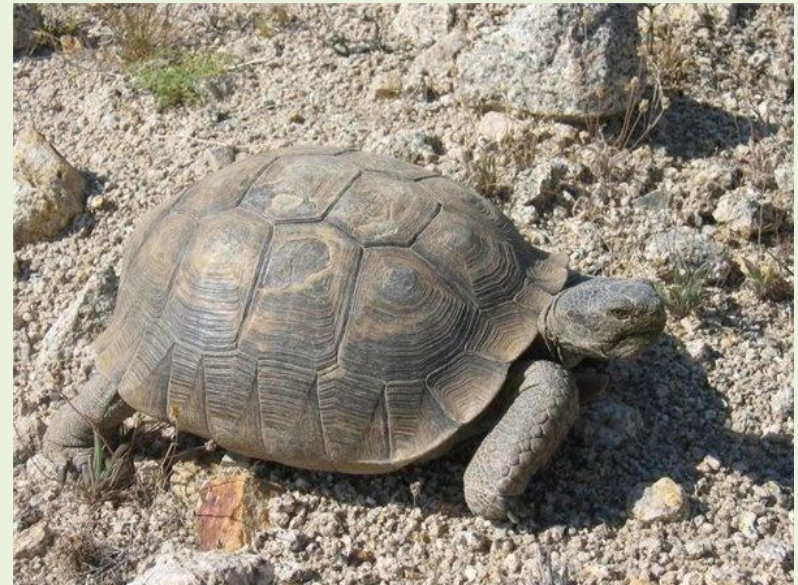


1. Избегание неблагоприятных воздействий.

Общий способ для всех групп организмов – выработка таких жизненных циклов, при которых наиболее уязвимые стадии развития завершаются в самые благоприятные периоды года. Растения-эфемероиды в жарких пустынях избегают засухи, успевая отцвести за краткий весенний период. Растения в горах и в тундре образуют подушковидные жизненные формы. Животные прячутся в норах

2. Пассивный путь – подчинение жизненных функций организма изменению факторов среды

Пассивный путь адаптации к влиянию неблагоприятных температур свойствен всем растениям и пойкилотермным животным. Среди млекопитающих и птиц преимущества пассивного приспособления в неблагоприятные периоды года используют гетеротермные виды, впадающие в оцепенение или спячку.



3. Активный путь – это усиление сопротивляемости, развитие регуляторных процессов, позволяющих осуществить все жизненные функции организмов, несмотря на отклонения фактора от оптимума. Активное противостояние иссушению особенно характерно для склерофитов среди растений, ксерофильных насекомых (например, пустынных чернотелок), крупных гомойотермных животных аридных районов.



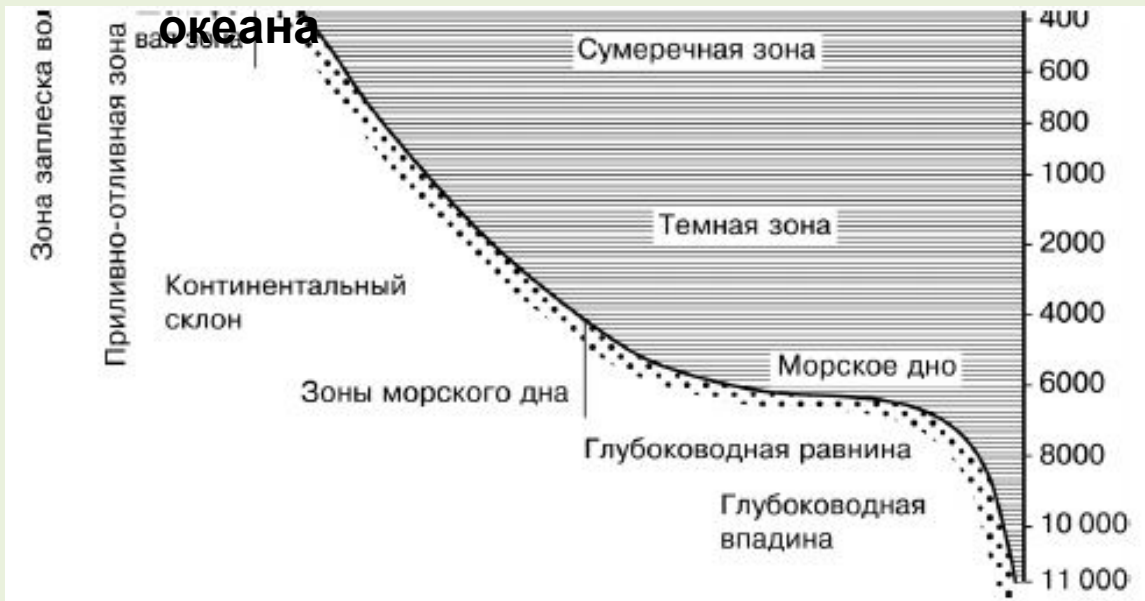
Основные среды жизни и адаптации к ним

В биосфере живые организмы имеют четыре основные среды обитания, сильно различающиеся по специфике условий : **водная, наземно-воздушная, почва и среда внутри живых организмов**

Водная среда обитания. Специфика адаптации гидробионтов

Вода как среда обитания имеет ряд специфических свойств: высокая плотность, вязкость, теплоемкость, электропроводность, относительно низкое содержание кислорода, интенсивное поглощение солнечных лучей

Экологические зоны Мирового океана



Обитатели водной среды получили в экологии общее название **гидробионтов**. Они населяют Мировой океан, континентальные водоемы и подземные воды. В любом водоеме можно выделить различные по условиям зоны.



Плотность воды – это фактор, определяющий условия передвижения водных организмов и давление на разных глубинах.

Эврибатные виды обитают от прибрежной зоны до ультраабиссали - голотурии рода *Eipidia*, черви *Priapulid* sp.; кашалот выдерживает перепады давления от 1 до 250 атм



Стенобатность чаще всего свойственна мелководным и глубоководным видам.

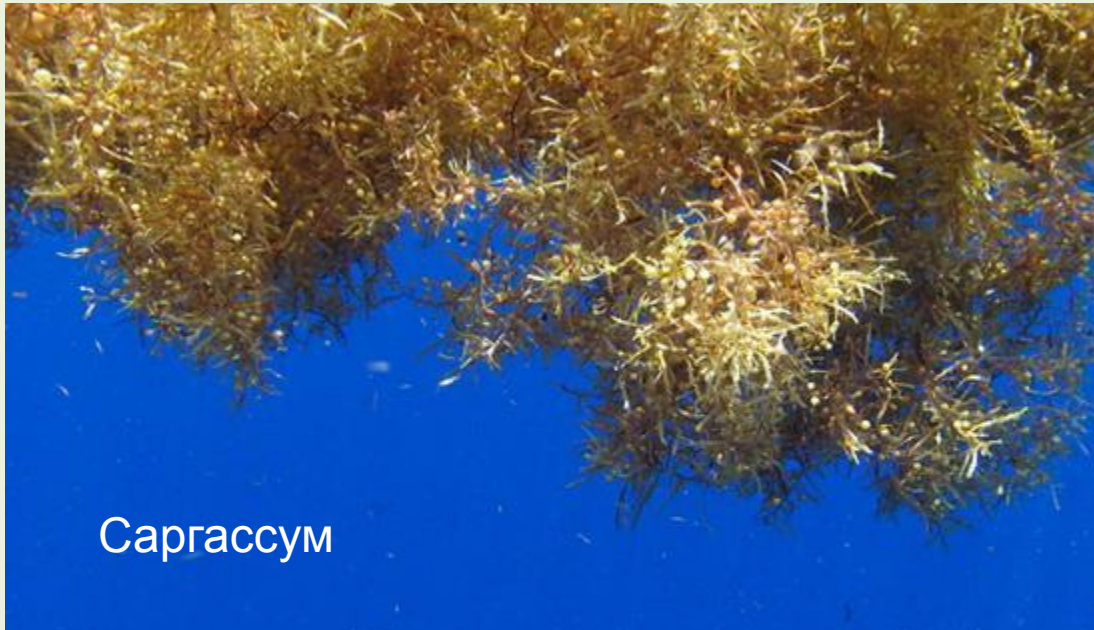
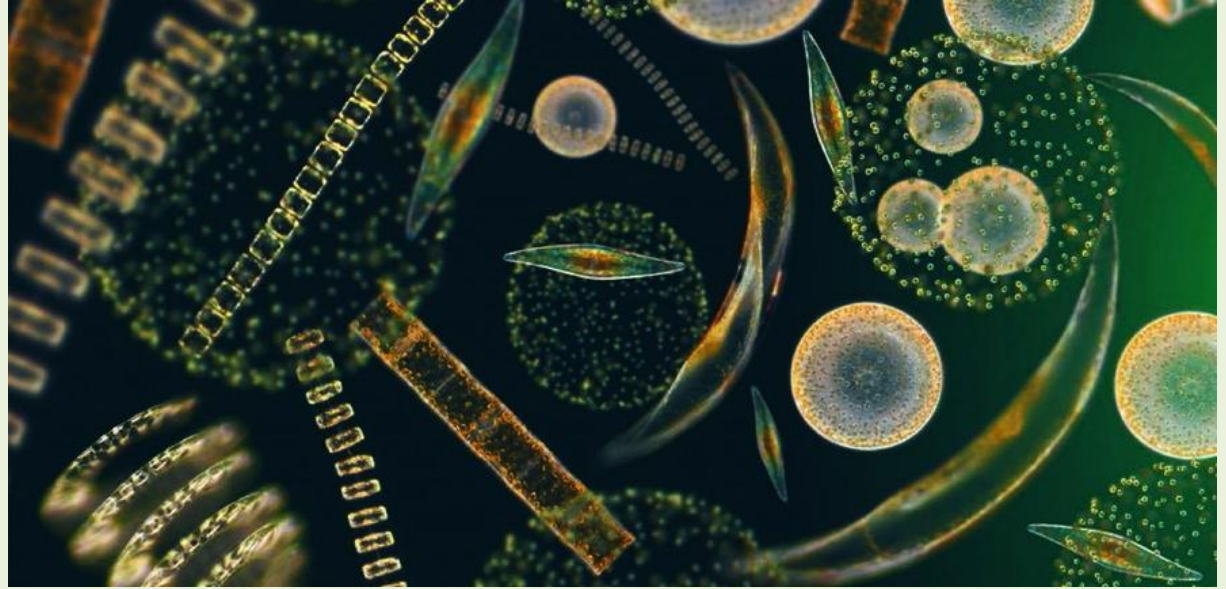
Плотность воды обеспечивает возможность опираться на нее; взвешенные, парящие в воде организмы объединяют в экологическую группу гидробионтов – **планктон** («планктос» – парящий).



Особую разновидность планктона составляет экологическая группа **нейстона** – обитатели поверхностной пленки воды под ней (гипонейстон) или над ней (эпинеястон)

Парению помогают выросты тела, обилие газовых вакуолей и капелек жира в клетках, воздухоносные камеры между клетками

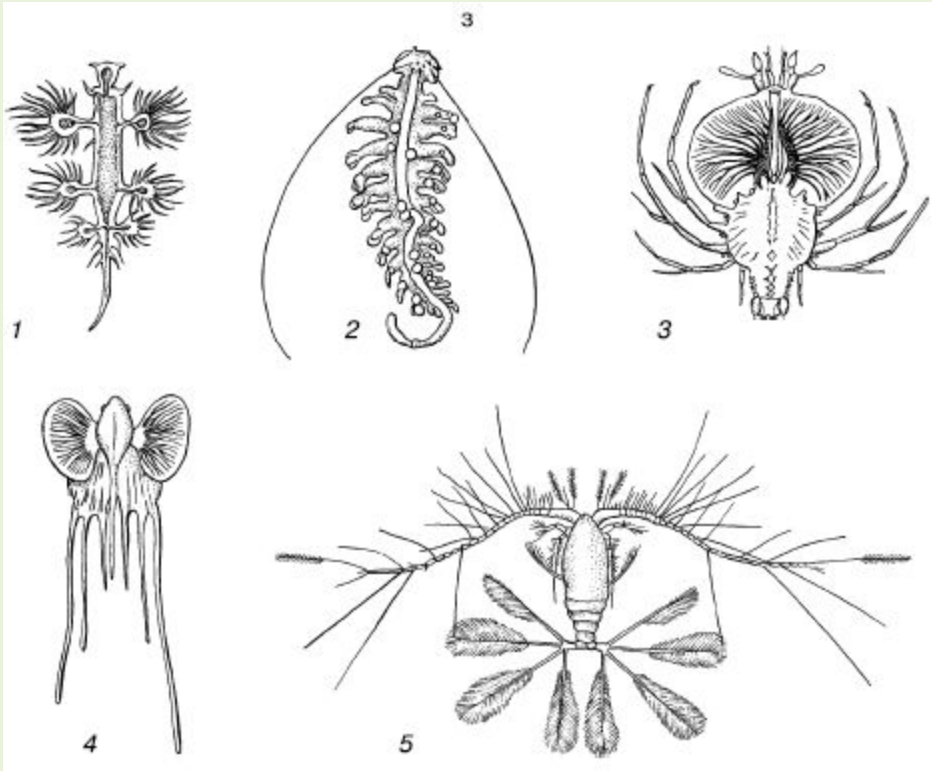
Фитопланктон



Саргассум



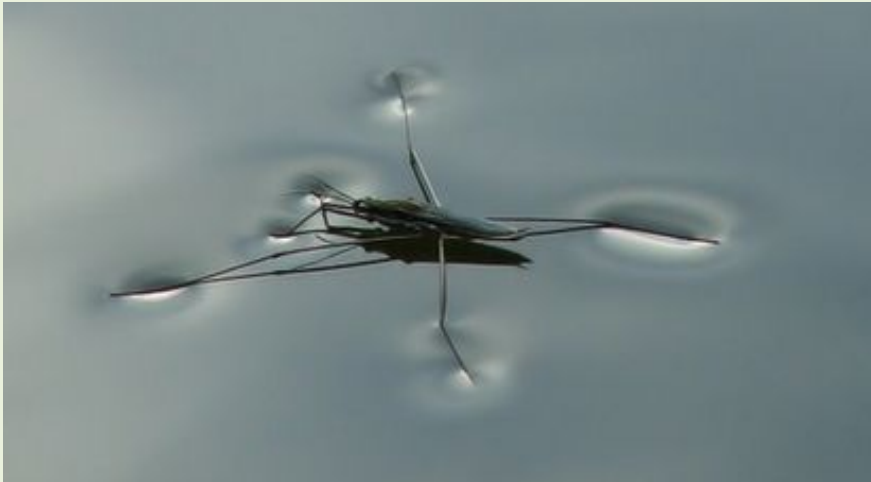
Зоопланктон



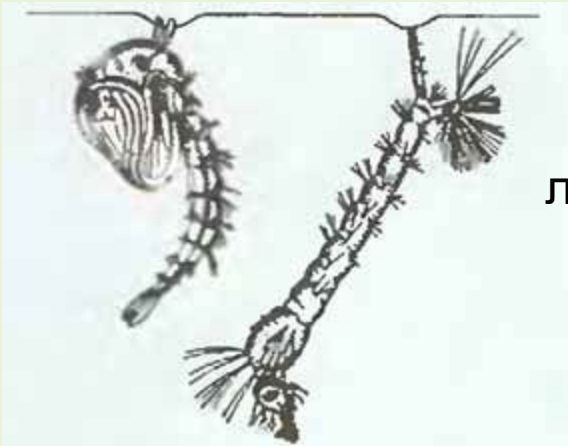
- 1– моллюск *Glaucus atlanticus*;
- 2– червь *Tomopteris euchaeta*;
- 3– личинка рака *Palinurus*;
- 4– личинка рыбы морского черта *Lophius*;
- 5– веслоногий рачок *Calocalanus pavo*



Водомерки и личинки комаров – представители нейстона



Клоп водомерка массой 0,2 г бегают по пленке; длина его «лыж» более 1 см; для человека нужны были бы «лыжи» около 10 км длиной с нулевой массой.



Куколка и личинка комара *Culex* висят на пленке

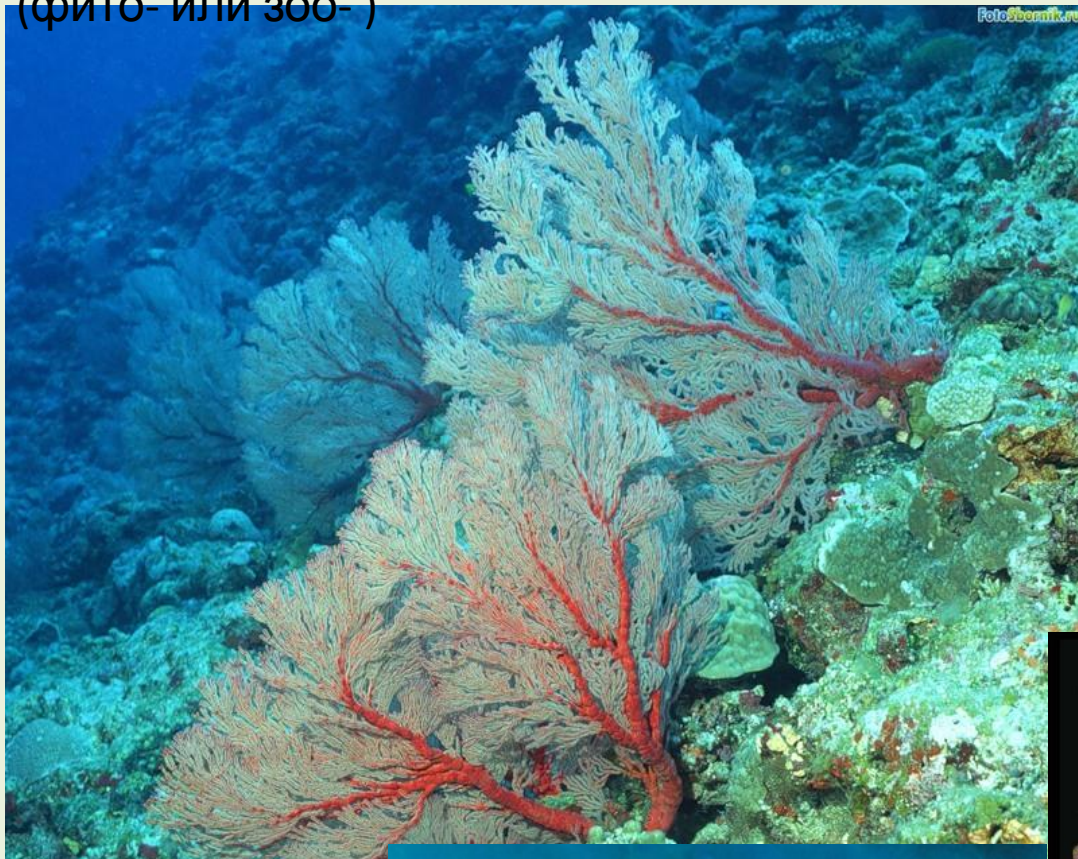
Шлемоносный василиск (сем. Игуаны) массой до 120 г. бегают по воде, пользуясь ее плотностью и вязкостью



Животных, способных к быстрому плаванию и преодолению силы течений, объединяют в экологическую группу **нектона** («нектос» – плавающий). Представители нектона – рыбы, кальмары, дельфины. Быстрое движение в водной толще возможно лишь при наличии обтекаемой формы тела и сильно развитой мускулатуры. **Торпедовидная форма** вырабатывается у всех хороших пловцов независимо от их систематической принадлежности и способа движения в воде: реактивного, за счет изгибания тела, с помощью конечностей.



Организмы, обитающие на дне водоемов, закапывающиеся в грунт или ползающие по его поверхности, объединяют в экологическую группу **бентоса** (фито- или зоо-)



Аксолотль



Кислородный

режим

Голожаберный
моллюск



Способы газообмена: через внешнюю поверхность (рыба-вьюн через кожу потребляет в среднем до 63 % O_2); с помощью органов дыхания, которые развиваются как впячивания или выпячивания наружных покровов или стенки кишечного тракта

Нехватка кислорода в воде может приводить к **заморам**, т.е. к гибели гидробионтов. *Зимние заморы* часто вызываются образованием на поверхности водоемов льда; *летние* – повышением температуры воды

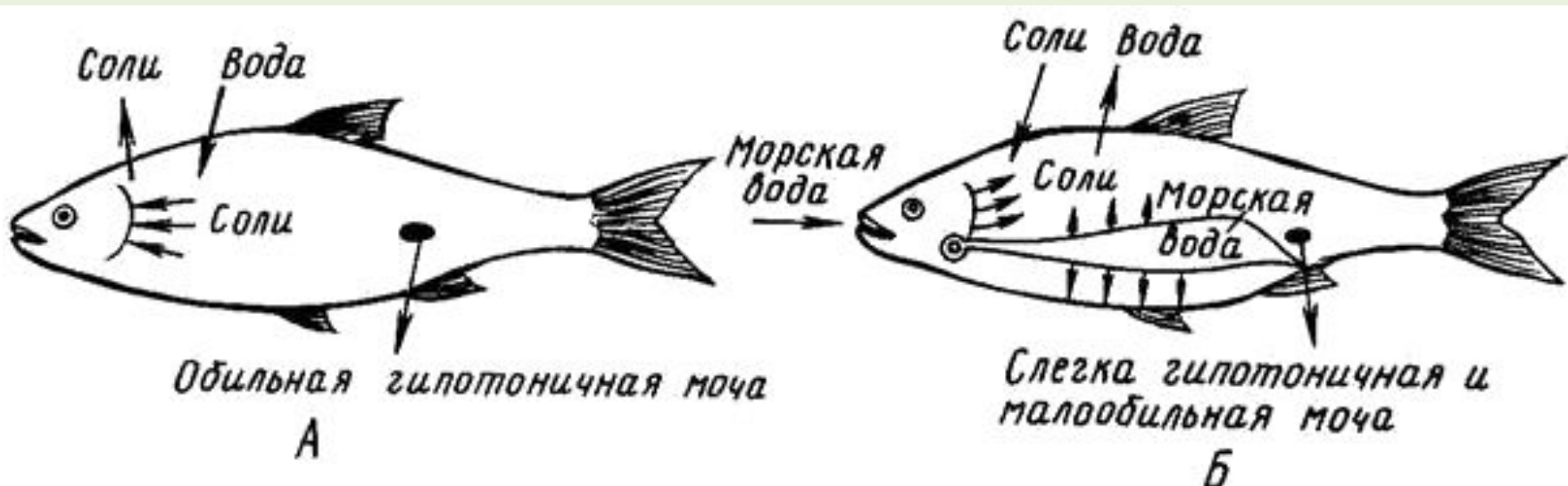
Полихета



Солевой режим

Большинство водных обитателей **пойкилоосмотичны**: осмотическое давление в их теле зависит от солености окружающей воды. Поэтому для **стеногалинных пойкилоосмотичных** гидробионтов основной способ поддерживать свой солевой баланс – это избегать местообитаний с неподходящей соленостью: после сильных дождей радиолярии, морские рачки *Calanus* и другие спускаются на глубину до 100 м.

Эвригалинные животные способны жить при широком диапазоне колебаний солености; в основном это виды, населяющие эстуарии рек, лиманы и другие солоноватоводные водоемы. Большинство эвригалинных видов относится к **гомойосмотическим** видам, т.е. они способны сохранять постоянное осмотическое давление своей внутренней среды – это позвоночные животные, высшие раки, насекомые и их личинки, обитающие в воде.



Перестройка осморегуляции обходится организму энергетически дорого, иногда сопровождается изменением строения и формы тела, меняются и его размеры: мидия *Mutilus edulis* имеет в Балтийском море средний размер 4 см, в Белом море - 10 - 12 см, а в Японском - 14 - 16 см. Рачок артемия, напротив, при солености 122 ‰ имеет размер 10 мм, при 20 ‰ достигает 24 - 32 мм.



жаброногий рачок *Artemia*

salina

растворах

Дыхание артемий нередко бывает затруднено тем, что при высокой концентрации солей и малочисленности зеленых водорослей содержание кислорода в воде падает. Но в таких случаях артемия вырабатывает гемоглобин, растворенный в ее гемолимфе и связывающий значительное

количество кислорода.

Интересно и размножение артемий: осенью самка откладывает «зимние яйца», способные к развитию только на следующий год, а весной и летом рождает живых науплиусов, развивающихся без перерыва во взрослого рачка. Кроме того, выявлены морфологически идентичные полиплоидные расы (до $8n$) – такие самки размножаются партеногенезом

Температурный режим

Температурный режим в водоемах более стабилен, чем на суше. Амплитуда годовых колебаний температуры в верхних слоях океана не более 10–15 °С, в континентальных водоемах – 30–35 °С. Глубокие слои воды отличаются постоянством температуры.

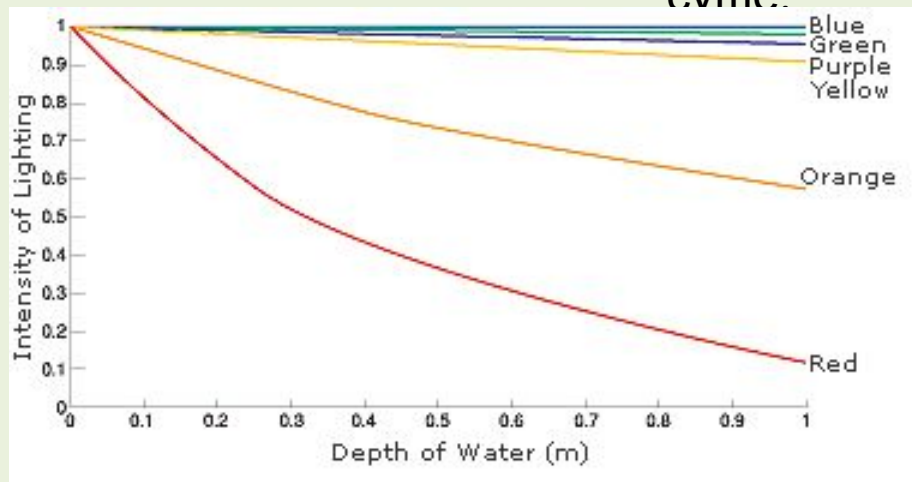
В экваториальных водах среднегодовая температура поверхностных слоев +(26–27) °С, в полярных – около 0 °С и ниже. В горячих наземных источниках температура воды может приближаться к +100 °С, а в подводных гейзерах при высоком давлении на дне океана зарегистрирована температура +380 °С.

Между верхними слоями воды с выраженными в них сезонными колебаниями температуры и нижними, где тепловой режим постоянен, существует зона температурного скачка, или термоклина. Термоклин резче выражен в теплых морях, где сильнее перепад температуры наружных и глубинных вод.

В связи с более устойчивым температурным режимом воды среди гидробионтов в значительно большей мере, чем среди населения суши, **распространена стенотермность**. Эвритермные виды встречаются в основном в мелких континентальных водоемах и на литорали морей высоких и умеренных широт, где значительны суточные и сезонные колебания температуры.

Световой режим.

Отражение света от поверхности воды тем сильнее, чем ниже положение солнца, поэтому день под водой короче, чем на суше.



Быстрое убывание количества света с глубиной связано с поглощением его водой. Лучи с разной длиной волны поглощаются неодинаково: красные исчезают уже недалеко от поверхности, тогда как сине-зеленые проникают значительно глубже.

Поглощение света тем сильнее, чем меньше прозрачность воды, которая зависит от количества взвешенных в ней частиц.

Граница зоны фотосинтеза сильно варьирует в разных водоемах. В самых чистых водах *эуфотическая* зона (зона фотосинтеза) простирается до глубин не выше 200 м, поэтому фитопланктон можно встретить в любом месте океана, а фитобентос – только на шельфе

Биолюминесценция — способность живых организмов светиться, достигаемая самостоятельно или с помощью симбионтов, которые располагаются в фотофорах. Цель свечения – привлечь добычу или полового партнера, реже – защититься (каракатицы).

К люминесценции способны около 80 видов бактерий, большая часть из



одноклеточные водоросли, грибы и многоклеточные животные разных типов – от беспозвоночных до рыб.

Биолюминесценция основывается на химических процессах, при которых

освобождающаяся энергия выделяется в форме

света. **Не путать с**

флуоресценцией, при

которой фотон с

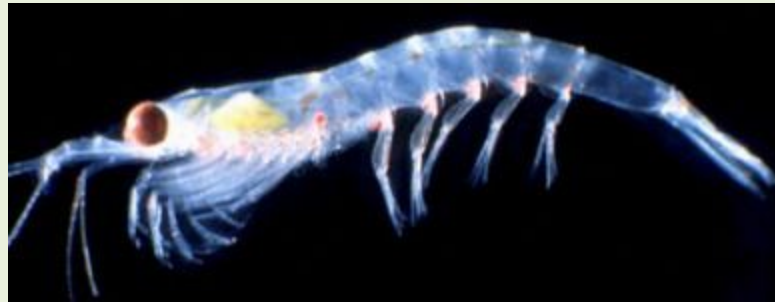
большей энергией

поглощается, с меньшей

испускается



Реакции, используемые для генерации света, разнообразны. Но во всех случаях это окисление органических соединений (люциферинов) с помощью ферментов (люцифераз). В ходе реакции избыточная энергия возбужденной молекулы люциферина выделяется в виде квантов света.



Некоторые специфические приспособления

Хорошо развито восприятие химического состава среды – акулы улавливают присутствие 1 капли крови на расстоянии в 500 м; такое же прекрасное обоняние у проходных рыб

Большинство гидробионтов **реагируют на звуковые волны**, ряд видов улавливает колебания очень низкой частоты (*инфразвуки*), возникающие при изменении ритма волн, и заблаговременно спускается перед штормом из поверхностных слоев в более глубокие (например, медузы). Стайные виды рыб активно используют звуковую коммуникацию; «песни» горбатых китов позволяют им общаться друг с другом на расстоянии более 1 тысячи км. Скорость звука в

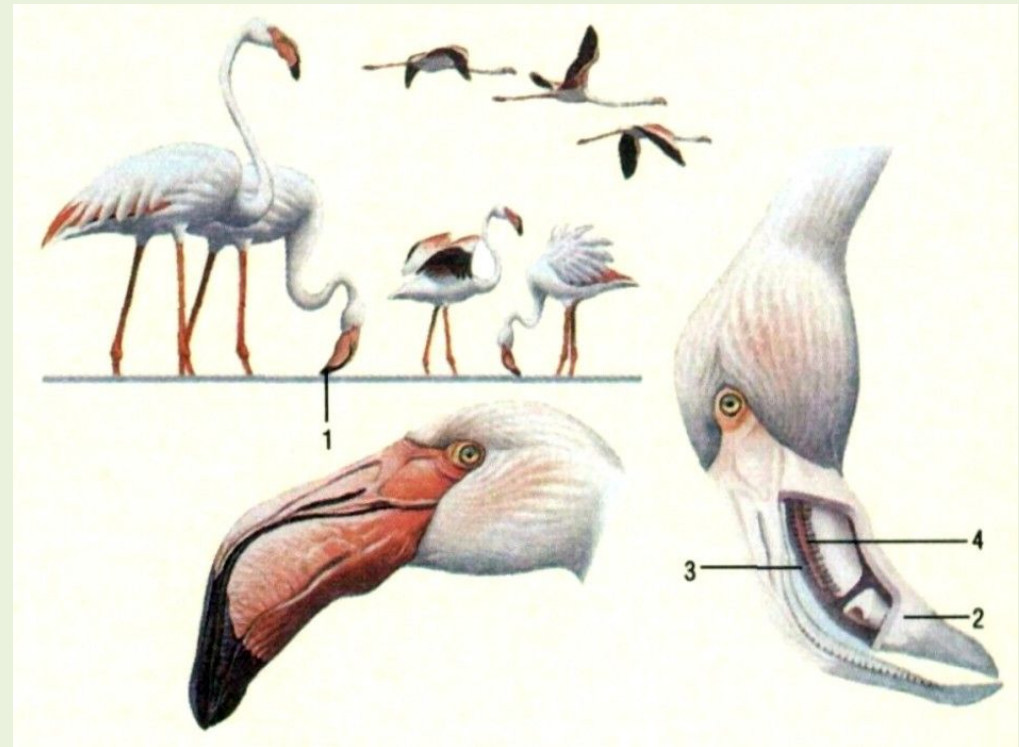
Ряд гидробионтов ^{воде в 4 раза выше, чем в воздухе} отыскивает пищу и ориентируется при помощи **эхолокации** – восприятия отраженных звуковых волн (китообразные).

Многие **воспринимают отраженные электрические импульсы**, производя при плавании разряды разной частоты. Известно около 300 видов рыб, способных генерировать электричество и использовать его для ориентации и сигнализации. Пресноводная рыбка водяной слон (*Mormyrus kannume*) посылает до 30 импульсов в секунду, обнаруживая беспозвоночных, которых она добывает в жидком иле без помощи зрения. Частота разрядов у некоторых морских рыб достигает до 2000 импульсов в секунду. Ряд рыб использует электрические поля также для защиты и нападения (электрический скат, электрический угорь и др.).

Фильтрация (сестонофагия) как способ питания. Многие гидробионты обладают особым характером питания – это отцеживание или осаждение взвешенных в воде частиц органического происхождения и многочисленных мелких организмов, характерен для двустворчатых моллюсков, сидячих иглокожих, полихет, мшанок, асцидий, планктонных рачков

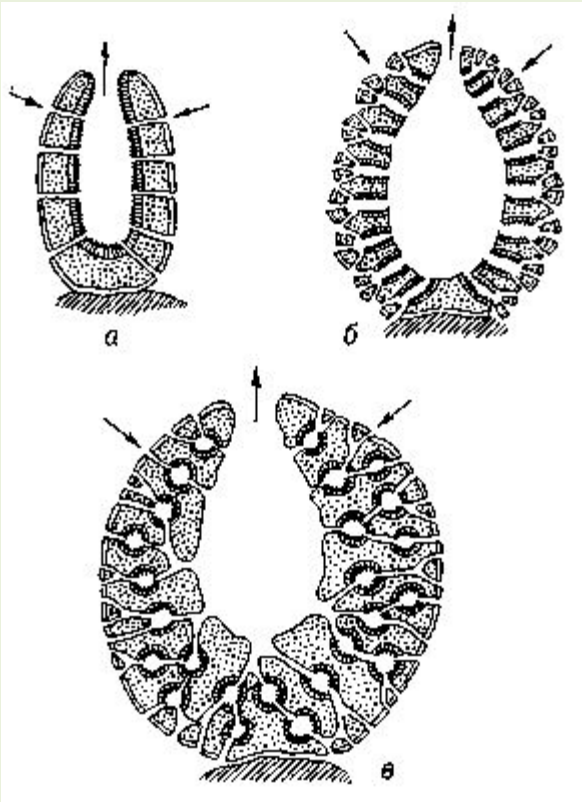


Самый массовый в океане рачок *Calanus finmarchicus* отфильтровывают в день до 1,5 л воды на особь



Фламинго питаются, опуская голову в воду и наклоняя клювы так (1), что благодаря изогнутой форме передняя часть клюва лежит в воде горизонтально (2). Крошечные крючкообразные пластинки (3) отцеживают пищу по мере того, как птица движением языка назад и вперед прогоняет через клюв воду. При этом выросты на языке (4) снимают налипшую на пластинки пищу и направляют ее внутрь.

Разные виды фильтраторов



Веслонос
фильтрует
с помощью
жаберного
аппарата



Усатые киты
фильтруют с
помощью
китового уса –
роговых пластин,
свисающих с
верхней челюсти

Жизнедеятельность губок связана с непрерывным процеживанием окружающей воды, которая благодаря согласованному биению жгутиков множества хоаноцитов входит в поры и, пройдя систему каналов и атриальную полость, через устье выходит наружу. С водой в губку попадают мелкие пищевые частицы (детрит, простейшие, диатомовые водоросли, бактерии и пр.) и удаляются продукты обмена. Захват пищи производится клетками стенок приводящих каналов или хоаноцитами

Наземно-воздушная среда

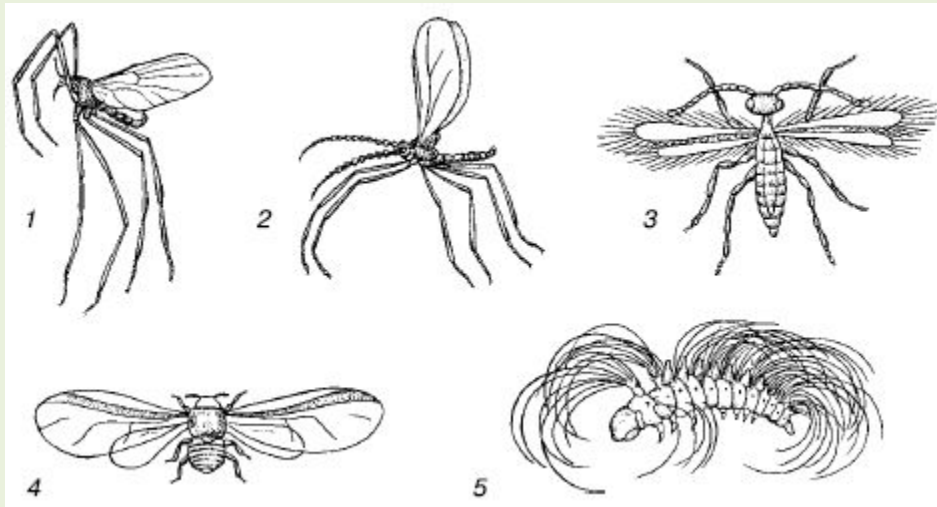
ЖИЗНИ

Наземно-воздушная среда – самая сложная по экологическим условиям.

Жизнь на суше потребовала таких приспособлений, которые оказались возможными лишь при достаточно высоком уровне организации растений и животных.

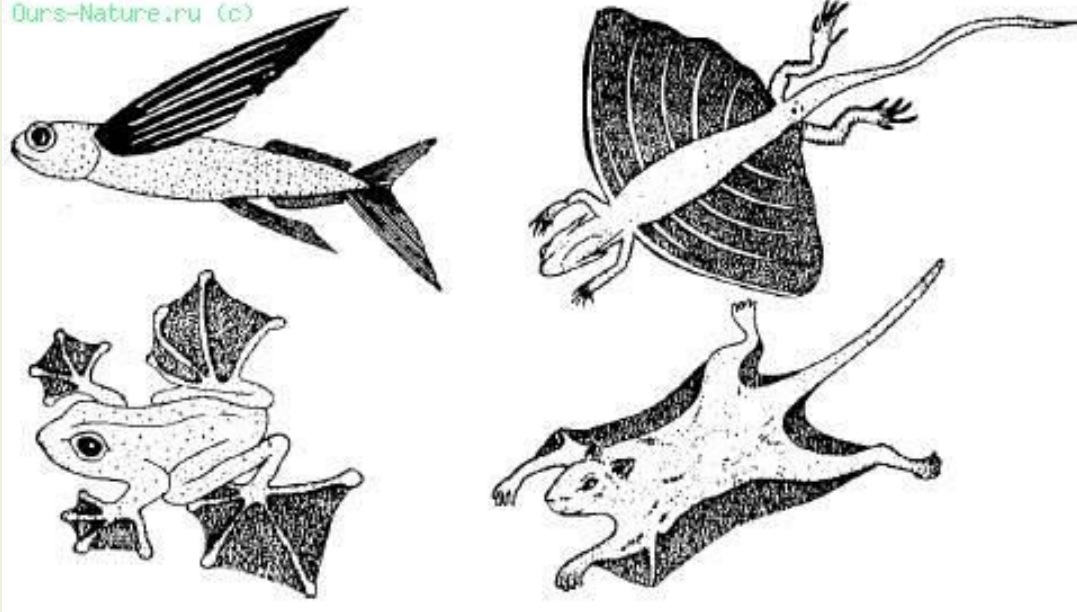
Низкая плотность воздуха определяет его малую подъемную силу и незначительную опорность. Обитатели воздушной среды **должны обладать собственной опорной системой**, поддерживающей тело: растения – разнообразными механическими тканями, животные – твердым или, значительно реже, гидростатическим скелетом. Кроме того, все обитатели воздушной среды тесно связаны с поверхностью земли, которая служит им для прикрепления и опоры. Жизнь во взвешенном состоянии невозможна, временное пребывание в воздухе связано только с расселением или поиском добычи

Малая плотность воздуха обуславливает сравнительно **низкое давление** на суше. В норме оно равно 760 мм рт. ст. В целом все наземные **организмы гораздо более стенобатны, чем водные**, так как обычные колебания давления в окружающей их среде составляют доли атмосферы и даже для поднимающихся на большую высоту птиц не превышают $\frac{1}{3}$ нормального.



Пассивно переносимые потоками воздуха организмы получили в совокупности название **аэропланктона**. Специальные адаптации для пассивного полета – очень мелкие размеры тела, увеличение его площади за счет выростов, сильного расчленения, большой относительной поверхности крыльев, использование паутины и т. п.

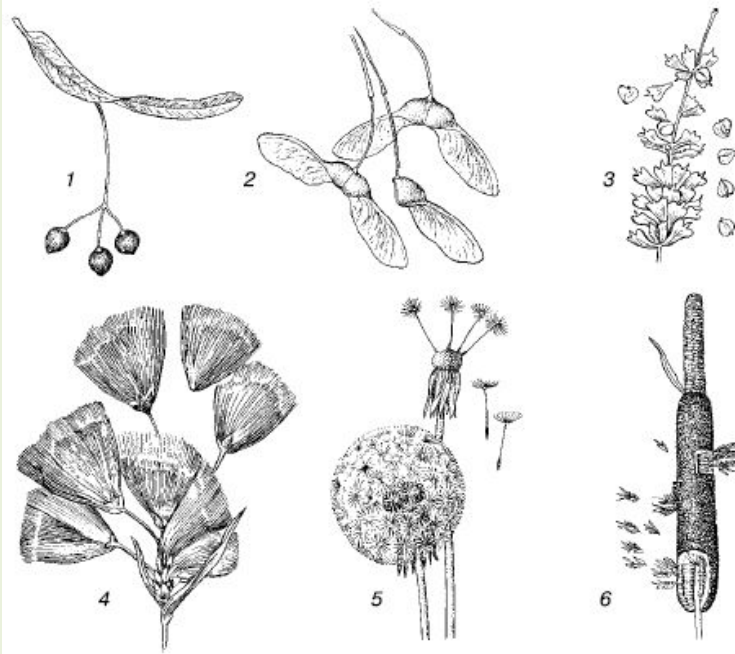
Durs-Nature.ru (c)



Планирование как способ передвижения в воздухе используют и позвоночные животные



Анемофилия – древнейший способ опыления растений. Ветром опыляются все голосеменные, а среди покрытосеменных анемофильные растения составляют примерно 10 % всех видов.



Анемохория – расселение диаспор (плодов и семян) с помощью воздушных потоков. Анемохорные семена и плоды растений обладают либо очень мелкими размерами (например, семена орхидей), либо разнообразными крыловидными и парашютовидными придатками, увеличивающими их способность к планированию



Свойства грунта и рельеф местности также влияют на условия жизни наземных организмов, в первую очередь растений. Свойства земной поверхности, оказывающие экологическое воздействие на ее обитателей, объединяют названием **эдафические факторы среды**

Можно выделить целый ряд экологических групп растений по отношению к разным свойствам почв.

Так, по реакции на кислотность почвы различают: 1) *ацидофильные* виды – растут на кислых почвах с pH менее 6,7 (растения сфагновых болот, белоус); 2) *нейтрофильные* – тяготеют к почвам с pH 6,7–7,0 (большинство культурных растений); 3) *базифильные* – растут при pH более 7,0 (мордовник, лесная ветреница); 4) *индифферентные* – могут произрастать на почвах с разным значением pH (ландыш, овсяница овечья).

По отношению к валовому составу почвы различают: 1) *олиготрофные* растения, довольствующиеся малым количеством зольных элементов (сосна обыкновенная); 2) *эвтрофные*, нуждающиеся в большом количестве зольных элементов (дуб, сныть обыкновенная, пролесник многолетний); 3) *мезотрофные*, требующие умеренного количества зольных элементов (ель обыкновенная).

Нитрофилы – растения, предпочитающие почвы, богатые азотом (крапива двудомная).

Растения засоленных почв составляют группу *галофитов* (солерос, сарсазан, кокпек).

Некоторые виды растений приурочены к разным субстратам: *петрофиты* растут на каменистых почвах, а *псаммофиты* заселяют сыпучие пески.



©ШИРЯЕВЫ ИГОРЬ И ПАРИСА. Природный парк Эльтонский, река Салынка, 2008

Чина приморская (передний план) и волоснец песчаный (задний план) - типичные растения **псаммофиты** на побережье Финского залива



Различные виды галофитов (вверху) и петрофиты (слева)





Чрезвычайное разнообразие условий жизни на суше связано с условиями климата местности, колебаниями погоды и микроклиматом, который создается даже в венчиках цветков



Озеро Гэбраон (пустыня Сахара)



Крупным животным зимний снеговой покров мешает добывать корм. Глубина снежного покрова может ограничивать географическое распространение видов. Например, настоящие олени не проникают на север в те районы, где толщина снега зимой более 40–50 см.



Схема телеметрического изучения температурного режима рябчика, находящегося в подснежной лунке

Для ряда видов, питающихся подснежной растительностью, характерно даже зимнее размножение, которое отмечено, например, у леммингов, лесной и желтогорлой мыши, ряда полевок

Экологическая роль снежного покрова очень многообразна. Суточные колебания температур проникают в толщу снега лишь до 25 см, глубже температура почти не изменяется. При морозах в $-20-30^{\circ}\text{C}$ под слоем снега в 30–40 см температура лишь ненамного ниже нуля. Глубокий снежный покров защищает почки возобновления, предохраняет от вымерзания зеленые части растений; многие виды уходят под снег, не сбрасывая листья, например ожика волосистая, вероника лекарственная, копытень и др.



Почва как среда

Почва представляет собой рыхлый обитания поверхностный слой литосферы, сложную трехфазную систему, в которой твердые частицы окружены воздухом и водой. Она пронизана полостями, заполненными смесью газов и водными растворами, и поэтому в ней складываются разнообразные условия, благоприятные для жизни множества организмов. Сразу обращает на себя внимание огромное разнообразие и обилие животных в почвах. В почвенном разнообразии (исключение составляют термиты) не прослеживается широтного градиента - число видов примерно одинаково в жарком и умеренном климате. Для почвы характерна экологическая мозаичность - состав фауны в образцах может резко меняться на расстоянии метров или от друга.

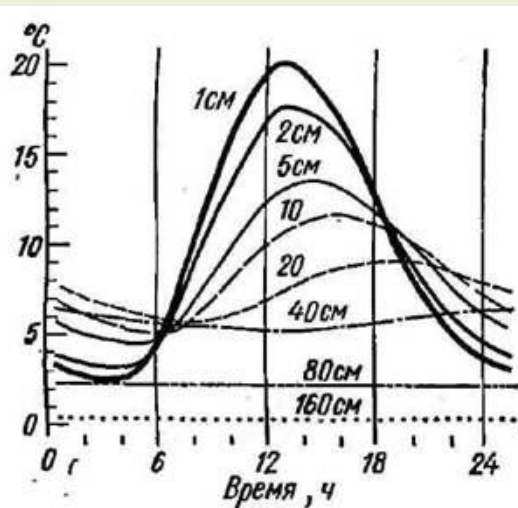


Рис. 16. Суточный ход температуры песчаной почвы на различной глубине (по Гейгеру, 1960)

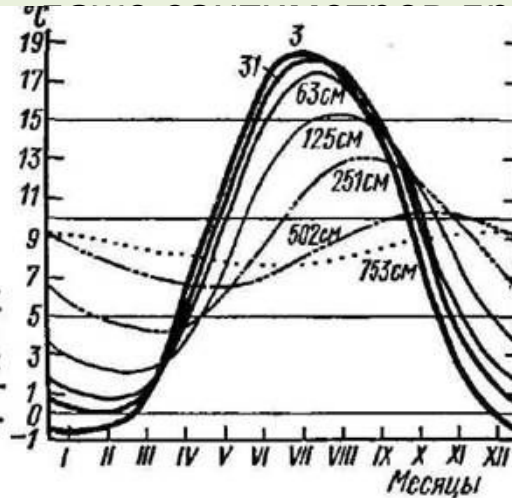
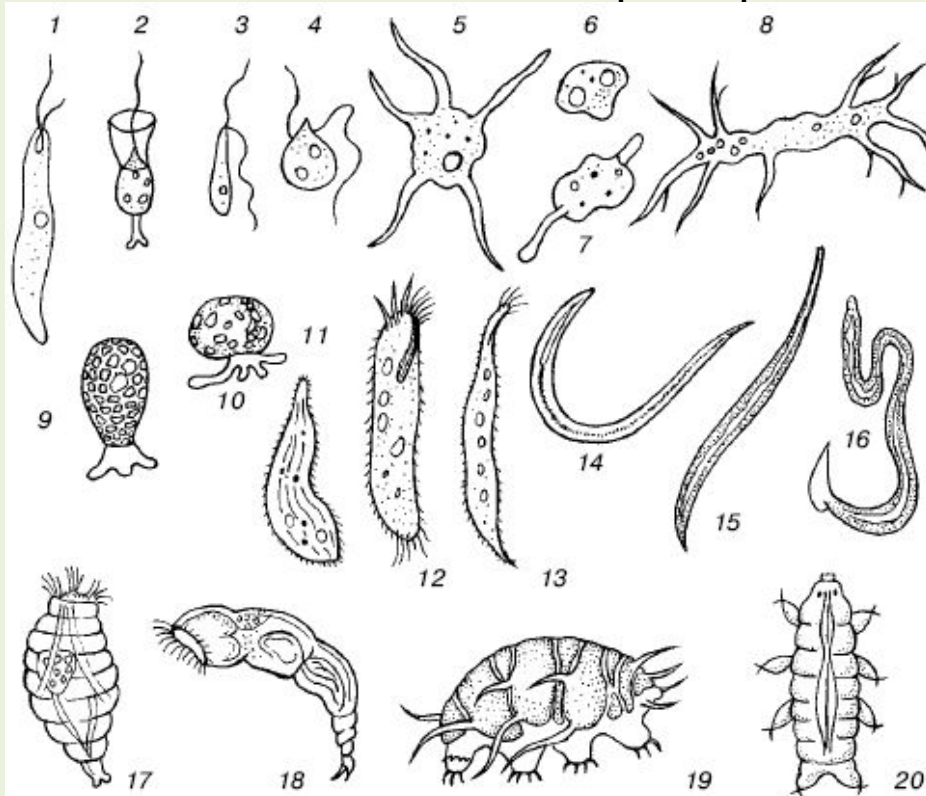


Рис. 17. Годовой ход температуры почвы на различной глубине (по Гейгеру, 1960)

В почве сглажены температурные колебания по сравнению с приземным слоем воздуха, а наличие грунтовых вод и проникновение осадков создают запасы влаги и обеспечивают режим влажности, промежуточный между водной и наземной средой.



Неоднородность почвы приводит к тому, что для организмов разных размеров она выступает как разная среда. Для микроорганизмов особое значение имеет огромная суммарная поверхность почвенных частиц, так как на них адсорбируется подавляющая часть микробного населения. Сложность почвенной среды создает большое разнообразие условий для самых разных функциональных групп: аэробов и анаэробов, потребителей органических и минеральных соединений. Для распределения микроорганизмов в почве характерна мелкая очаговость.



Для мелких почвенных животных, которых объединяют под названием **микробиоценоз** (простейшие, коловратки, тихоходки, нематоды и др.), почва – это система микроводоемов. Почвенные формы намного мельче пресноводных и отличаются способностью долго находиться в инцистированном состоянии.

- 1–4 – жгутиконосцы;
- 5–8 – голые амебы;
- 9–10 – раковинные амебы;
- 11–13 – инфузории;
- 14–16 – круглые черви;
- 17–18 – коловратки;
- 19–20 – тихоходки



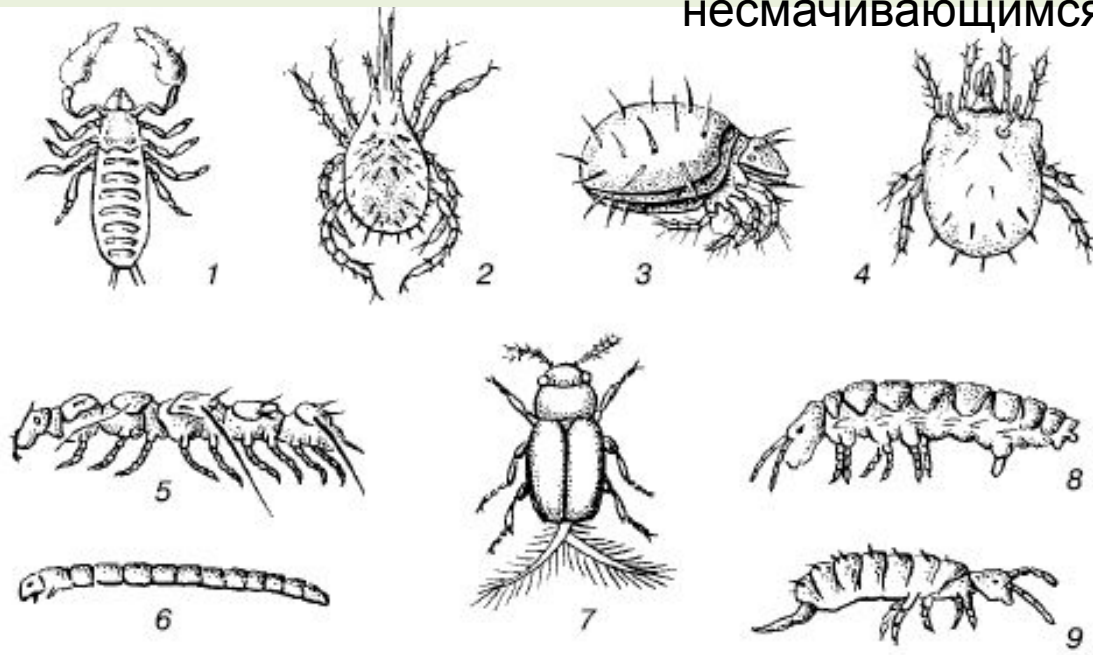
Для дышащих воздухом несколько более крупных животных почва предстает как система мелких пещер. Таких животных объединяют под названием **мезофауна**. Размеры представителей мезофауны почв – от десятых долей до 2–3 мм. К этой

группе относятся в основном членистоногие. У них нет специальных приспособлений к рытью. Они ползают по стенкам почвенных полостей при помощи конечностей или червеобразно извиваясь. Насыщенный водяными парами почвенный воздух позволяет дышать через покровы. Многие виды не имеют трахейной системы. Такие животные очень чувствительны к высыханию.

Основным средством спасения от колебания влажности воздуха для них является передвижение вглубь почвы. Периоды затопления почвы водой представители мезофауны переживают в пузырьках воздуха, который задерживается вокруг тела животных благодаря их

несмачивающимся

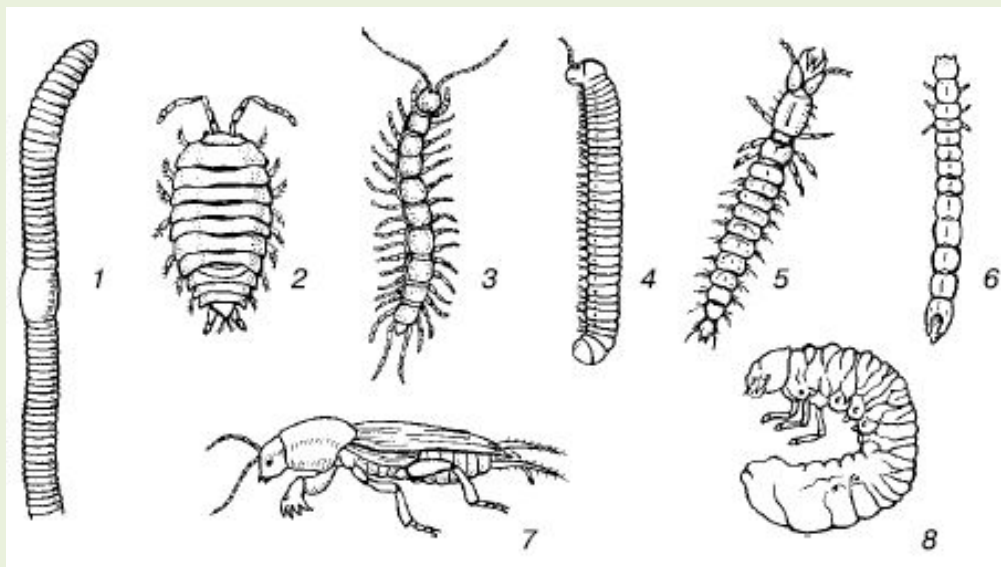
покровам.



- 1– лжескорпион;
- 2 – гамазовый клещ;
- 3–4 панцирные клещи;
- 5 – многоножка;
- 6 – личинка комара-хирономиды;
- 7 – жук из сем. Ptiliidae;
- 8–9 коллемболы

Более крупных почвенных животных, с размерами тела от 2 до 20 мм, называют представителями **макрофауны** (рис. 55). Это личинки насекомых, многоножки, энхитреиды, дождевые черви и др. Для них почва – плотная среда, оказывающая значительное механическое сопротивление при движении. Эти относительно крупные формы передвигаются в почве либо расширяя естественные скважины путем раздвигания почвенных частиц, либо роя новые ходы. Оба способа передвижения накладывают отпечаток на внешнее строение

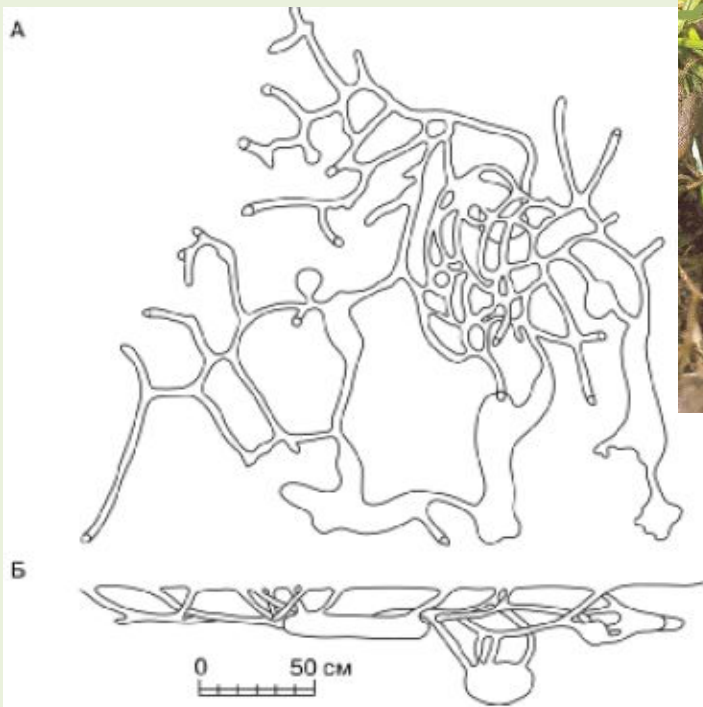
животных. Роющие животные могут уходить из слоев, где возникает неблагоприятная обстановка. В засуху и к зиме они концентрируются в более глубоких слоях, обычно в нескольких десятках сантиметров от поверхности.



- 1 – дождевой червь;
- 2 – мокрица;
- 3 – губоногая многоножка;
- 4 – двупарноногая многоножка;
- 5 – личинка жужелицы;
- 6 – личинка шелкоуна;
- 7 – медведка;
- 8 – личинка хруща

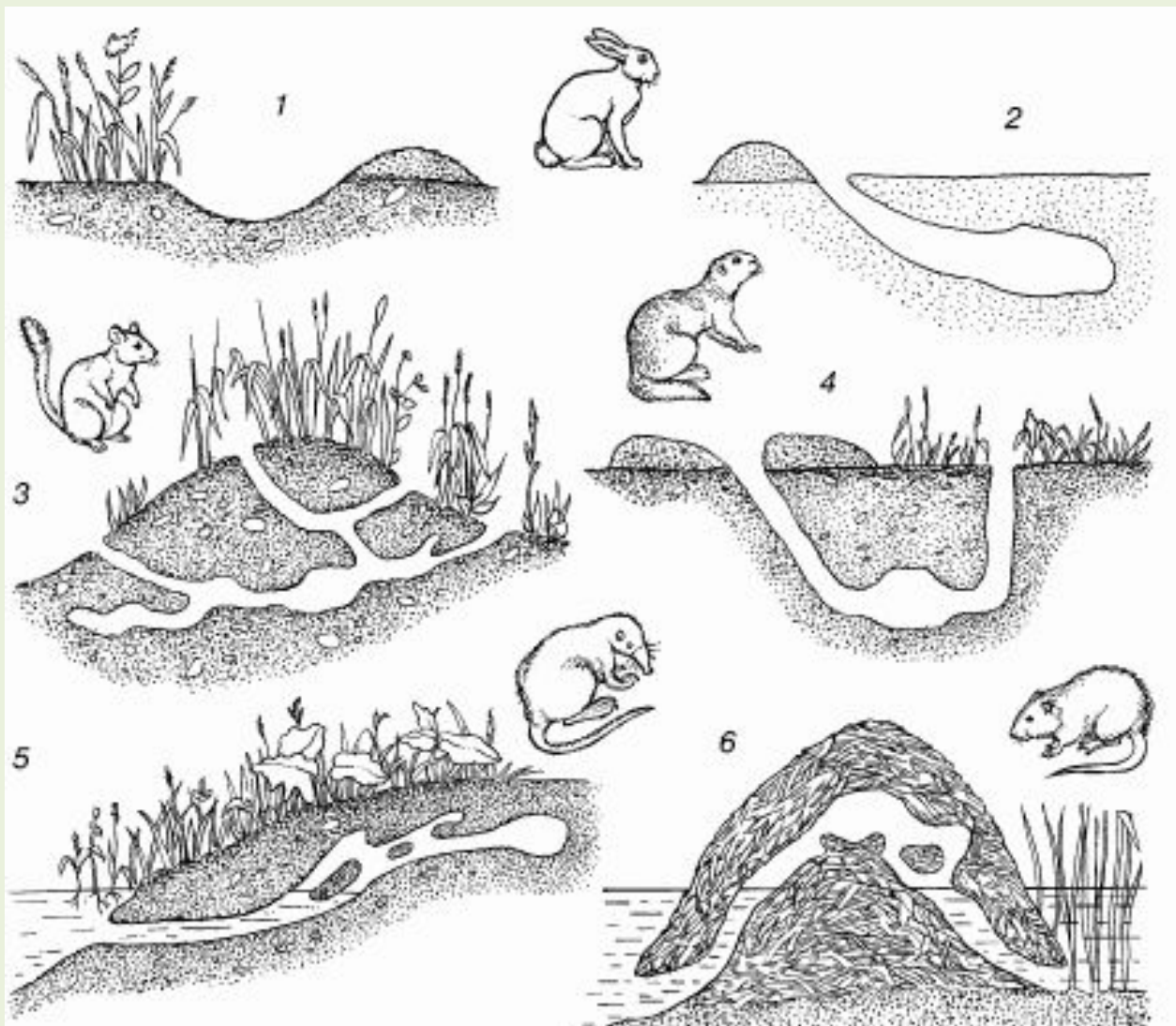


Мегафауна почв – это крупные землерои, в основном из числа млекопитающих. Ряд видов проводит в почве всю жизнь (слепыши, слепушонки, цокоры, кроты и другие). Они прокладывают в почве целые системы ходов и нор. Внешний облик и анатомические особенности этих животных отражают их приспособленность к роющему подземному образу жизни. У большинства недоразвиты глаза, компактное тело с короткой шеей, короткий густой мех, сильные и крепкими когтями.



Крот,
голый
землекоп,
звездоры
л

Подземные ходы полевки
Брандта:
А – вид сверху; Б – вид сбоку



Особенности строения нор и расположения гнезд разных видов млекопитающих:

- 1– логово зайца-русака в песчаных дюнах; 2 – снежная нора зайца-русака;
3 – летняя нора полуденной песчанки; 4 – нора малого суслика; 5 – нора выхухоли;



Кроме постоянных обитателей почвы, среди крупных животных можно выделить большую экологическую группу **обитателей нор** (**суслики**, сурки, тушканчики, кролики, барсуки и т. п.). Они кормятся на поверхности, но размножаются, зимуют, отдыхают, спасаются от опасности в почве. Целый ряд других животных использует их норы, находя в них благоприятный микроклимат и укрытие от врагов. Норники обладают чертами строения, характерными для наземных животных, но имеют ряд приспособлений, связанных с роющим образом жизни. Например, у **барсуков** длинные когти и сильная мускулатура на передних конечностях, узкая голова, небольшие ушные раковины. У **кроликов** по сравнению с зайцами, не роющими нор, заметно укорочены уши и задние ноги, более прочный череп, сильнее развиты кости и мускулатура предплечий



Живые организмы как среда обитания

Многие виды организмов (симбионты и паразиты) в течение всей жизни или части жизненного цикла обитают на поверхности или внутри других живых существ, тела которых служат для них средой, существенно отличающейся по

свойствам от внешней. Сожителей больше всего среди микроорганизмов и относительно примитивных многоклеточных, а подверженность заражению паразитами наиболее высока у позвоночных животных и цветковых растений – в их телах наиболее стабильные и комфортные условия.

Основные достоинства организмов как среды обитания для их сожителей - практически неограниченные пищевые ресурсы и защищенность от непосредственного воздействия факторов внешней среды



Разрезанный галл на листе бука с личинкой мушки-галлицы

Основные трудности, с которыми сталкиваются внутренние сожители живых организмов, – это ограниченность жизненного пространства для тканевых и особенно внутриклеточных обитателей, сложности снабжения кислородом, трудность распространения от одной особи хозяев к другим, а также защитные реакции организма хозяина против паразитов. Сопротивление паразитам получило название *активного иммунитета*. Растения образуют ядовитые для животных вещества, выделяют смолу, формируют

галлы

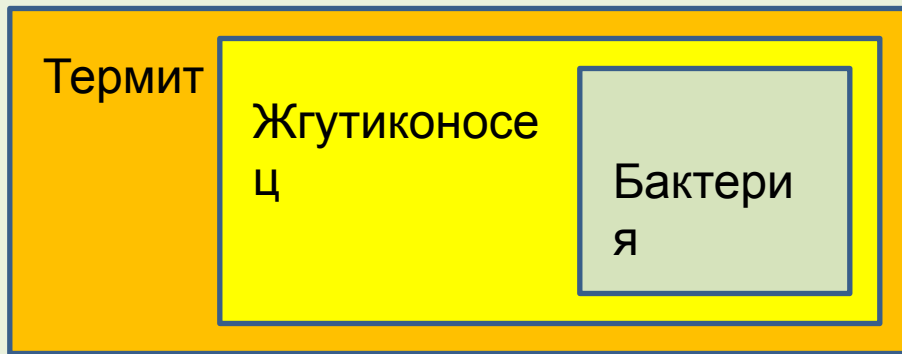
Ограниченность жизненного пространства особенно сказывается на **размерах и форме** внутриклеточных паразитов и симбионтов. Так, грегарины, живущие в полости кишечника, – это крупные споровики со сложно расчлененной клеткой, тогда как кокцидии или малярийные плазмодии, являющиеся внутриклеточными паразитами, отличаются очень мелкими размерами и упрощенным внешним строением. Многие внутренние паразиты и симбионты характеризуются вторичным упрощением внутреннего строения, вплоть до потери целых систем органов. Типичные эктопаразиты обычно характеризуются наличием мощных органов прикрепления – присосок, крючьев, коготков и т. п., которые независимыми путями развиваются у самых разных по происхождению видов.

Для эндопаразитов характерна повышенная способность к размножению, выработка сложных жизненных циклов, использование переносчиков и промежуточных хозяев.

Человеческая аскарида продуцирует в среднем 250 тыс. яиц за сутки, а за всю жизнь – свыше 50 млн. Масса яиц, отложенных одной самкой аскариды за год, в 1700 раз превышает ее собственную массу.

Приспособления к умножению потомства проявляются у ряда паразитов также в виде *партеногенеза, полиэмбрионии* (клетки одного делящегося яйца дают начало множеству зародышей), *бесполого размножения* (почкование у пузырчатых стадий ленточных червей). Это приводит к чередованию поколений – полового и партеногенетического, или полового и бесполого.

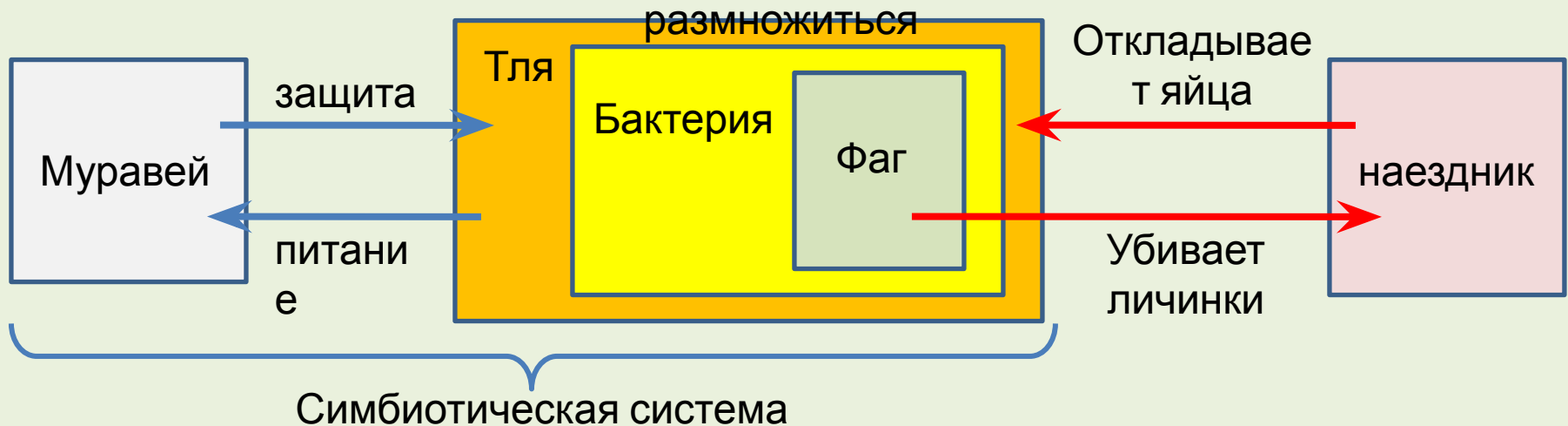
Явление гиперпаразитизма. Двух– или даже трех– и четырехступенчатый паразитизм не так редок в природе. Например, многоядерные опалины, живущие в амфибиях, сами бывают иногда на 100 % заражены амебами, размножающимися внутри их клеток. В свою очередь, амебы, паразитирующие на опалинах, могут быть поражены грибом из рода *Sphaerita*



Симбиоз по «принципу матрешки»

Жгутиконосцы в кишечнике термита фагоцитируют древесину, а расщепляют ее симбиотические бактерии с помощью целлюлазы, и они же фиксируют азот для себя и своих партнеров

Еще один очень плодотворный симбиотический союз, который включает разные уровни интеграции как минимум четырех видов, и объединяет исконных врагов (бактерий и фагов) для решения общей задачи – выжить и





Адаптивные биологические

РИТМЫ

Одно из фундаментальных свойств живой природы – **цикличность** большинства происходящих в ней процессов. Вся жизнь на Земле, от клетки до биосферы, подчинена определенным ритмам. Природные ритмы для любого организма можно разделить на внутренние (связанные с его собственной жизнедеятельностью) и внешние (циклические изменения в окружающей среде).

Внутренние (эндогенные) циклы – это прежде всего **физиологические ритмы организма**: деление клеток, сокращение мышц, работа желез внутренней секреции, биение сердца, дыхание, возбудимость нервной системы

Основные **внешние (экзогенные) ритмы** имеют геофизическую природу: световой режим, температура, давление и влажность воздуха, атмосферное электромагнитное поле, океанические приливы и отливы – все они влияют на жизнедеятельность организмов. **Кроме циклического воздействия**

абиотических факторов, внешними ритмами для любого организма являются также закономерные изменения активности и поведения других

Целый ряд изменений в жизнедеятельности **живых существ** организмов совпадает по периоду с

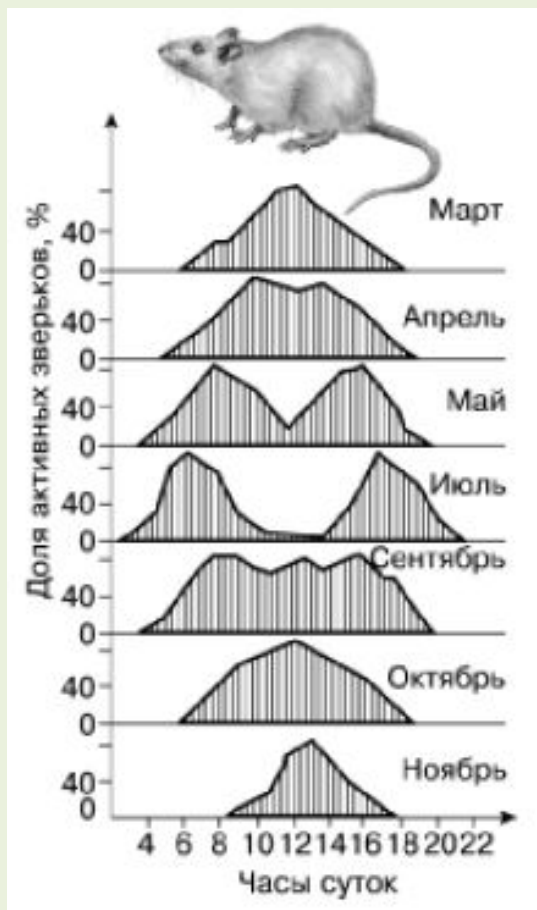
внешними, геофизическими циклами. Это так называемые **адаптивные биологические ритмы** – *суточные, приливно-отливные, равные лунному месяцу, годовые*. Благодаря им самые важные биологические функции организма, такие, как питание, рост, размножение, совпадают с наиболее благоприятным для этого временем суток или года.



Эндогенные суточные ритмы (их называют циркадными) у разных особей и разных видов обычно имеют периодичность, не точно равную 24 часам, т.е. закрепление этого ритма в процессе эволюции не прочное. Это позволяет многим видам иметь потенциально обширный ареал, не мешает перемещаться в области с иной ритмикой дня и ночи –

показано на примере серой крысы в сравнении с ^{черной} У человека циркадные ритмы изучались в различных ситуациях: в пещерах, герметических камерах, подводных плаваниях и т. п. Обнаружилось, что в отклонениях от суточного цикла у человека большую роль играют типологические особенности нервной

Суточные ритмы ^{системы} лежат в основе «биологических часов», т.е. способности организма чувствовать время



Сезонные изменения суточной активности больших песчанок



Приливно-отливные

РИТМЫ

В течение лунных суток (24 ч 50 мин) наблюдаются 2 прилива и 2 отлива, фазы которых смещаются ежедневно примерно на 50 мин. Сила приливов, кроме того, закономерно меняется в течение синодического, или лунного, месяца (29,5 солнечных суток). Дважды в месяц, когда векторы притяжения к Луне и Солнцу однонаправлены (новолуние и полнолуние), они достигают максимальной величины (так называемые *сизигийные приливы*).



Иллюстрация приливно-отливного действия Луны и Солнца в океанах и морях. Видно, что амплитуда солнечного прилива намного меньше лунного, а максимальных значений суммарная величина достигает при **сизигийных приливах**.

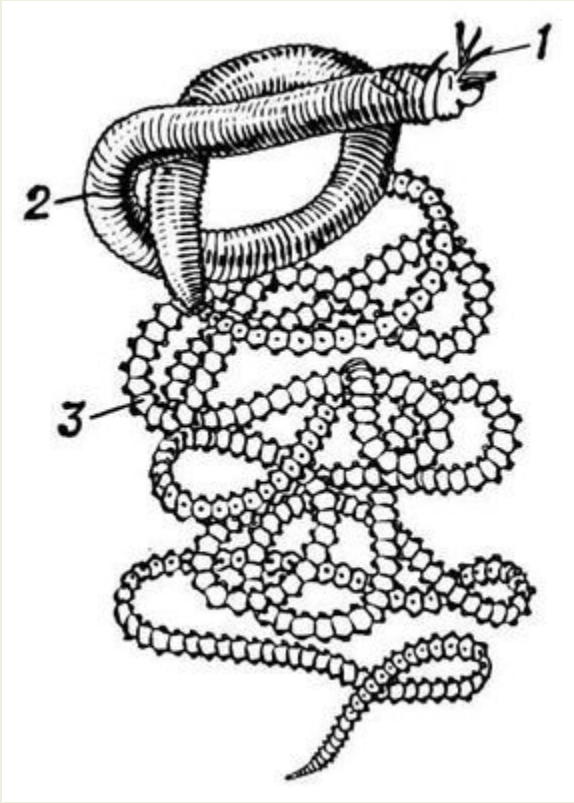


Манящий краб на литорали во время отлива



Синодические (равные лунному месяцу) ритмы

Синодические ритмы проявляются в том, что к определенным фазам Луны приурочено нерестование многощетинковых червей палоло, размножение японских морских лилий, роение ряда комаров-хируномид и поденок. В этих случаях достигается синхронизация активности, связанная с необходимостью оплодотворения.



Палоло: 1 — головной сегмент;
2 — передний (бесполой) отдел
тела;



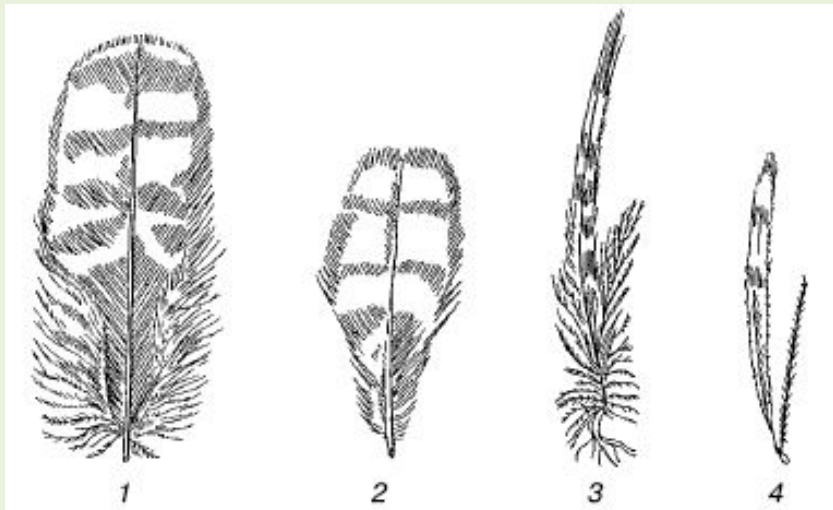
отдел тела.
Коралловые
полипы
выпускают
гаметы в воду
для наружного
оплодотворения



Роение поденок



Сезонные ритмы



Сезонная изменчивость пера у глухаря:
1, 2 – зимнее; 3, 4 – летнее

Наиболее важные сезонные ритмы связаны с размножением, ростом, миграциями и переживанием неблагоприятных периодов года. У видов с коротким жизненным циклом годовой ритм закономерно проявляется в ряду поколений (например, цикломорфоз у дафний и коловраток). Чем резче сезонные изменения внешней среды, тем сильнее выражена годовая периодичность жизнедеятельности организмов.

Годичные ритмы у многих видов эндогенны. Такие ритмы называются **циркадными**. С устойчивостью сроков размножения в годовом цикле приходится считаться при интродукции и акклиматизации видов: австралийские страусы в заповеднике Аскания-Нова откладывали яйца зимой прямо на снег; собака динго в Северном полушарии приносит щенков в декабре, когда в Австралии конец весны.

Одним из наиболее точно и регулярно изменяющихся факторов среды является длина светового дня, ритм чередования темного и светлого периодов суток. Именно этот фактор служит большинству живых организмов для ориентации во времени года

Фотопериодизм

Реакция организмов на сезонные изменения длины дня получила название **фотопериодизма**. Его проявление зависит от ритма чередования темного и светлого периодов суток.

Способность реагировать на изменение длины дня обеспечивает заблаговременную физиологическую перестройку для подготовки к переживанию неблагоприятных условий или, наоборот, к наиболее интенсивной

жизнедеятельности. Различают два типа фотопериодической реакции: **короткодневный** и **длиннодневный**. Известно, что длина светового дня, кроме времени года, зависит от географического положения местности. Короткодневные виды живут и произрастают в основном в низких широтах, а длиннодневные – в умеренных и

длиннодневных растений и животных **высоких** увеличивающиеся весенний и раннелетний дни стимулируют ростовые процессы и подготовку к размножению. Укорачивающиеся дни второй половины лета и осени вызывают торможение роста и подготовку к зиме

Короткодневные растения особенно чувствительны к фотопериоду, так как длина дня на их родине меняется в течение года мало, а сезонные климатические изменения могут быть очень значительными. Тропические виды фотопериодическая реакция подготавливает к сухому и дождливому сезонам.



Длина светлого периода суток, обеспечивающая переход в очередную фазу развития, получила название **критической длины дня** для этой фазы. По мере повышения географической широты критическая длина дня возрастает.

Например, переход в диапаузу яблоневого листовёртки на широте 32° происходит при продолжительности светлого периода суток, равной 14 ч, 44° – 16 ч, 52° – 18 ч. **Критическая длина дня часто служит препятствием для широтного передвижения растений и животных, для их интродукции.**

Для практических целей длину светового дня изменяют при выращивании культур в закрытом грунте, управляя продолжительностью освещения, увеличивают яйценоскость кур, регулируют размножение пушных зверей.

Средние многолетние сроки развития организмов определяются прежде всего климатом местности, именно к ним и приспособлены реакции фотопериодизма.

Например, в Подмосковье береза зацветает в среднем 8 мая при накоплении суммы эффективных температур 75 °С. Однако в годовых отклонениях сроки ее зацветания изменяются от 19 апреля до 28 мая. Гомойотермные животные отвечают на особенности погоды изменением поведения, сроков гнездования, миграций.

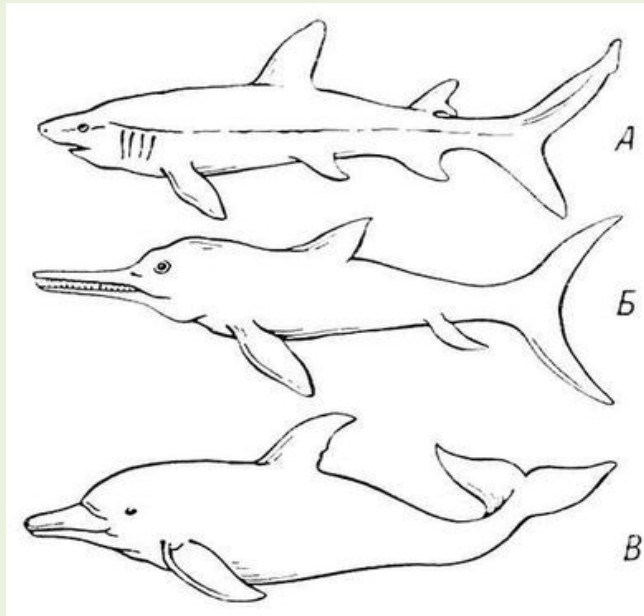
Изучением закономерностей сезонного развития природы занимается особая прикладная отрасль экологии – **фенология** (перевод с греческого – наука о явлениях).

Адаптивная морфология организмов.

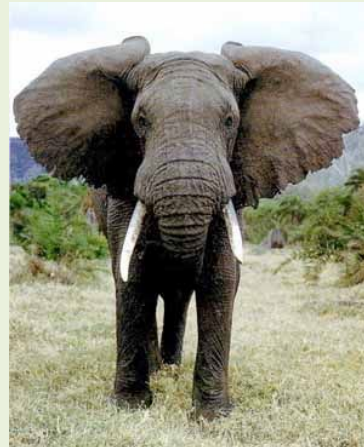
Морфологические адаптации - такие особенности внешнего строения, которые способствуют выживанию и успешной жизнедеятельности организмов в обычных для них условиях

Формообразующая роль факторов среды - влияние их на морфологию

Одинаковые принципы освоения среды ведут к **конвергенции**, т.е. к выработке сходных морфологических адаптаций у разных видов. Конвергенция признаков в наибольшей мере затрагивает те органы, которые находятся в непосредственном соприкосновении с внешней средой

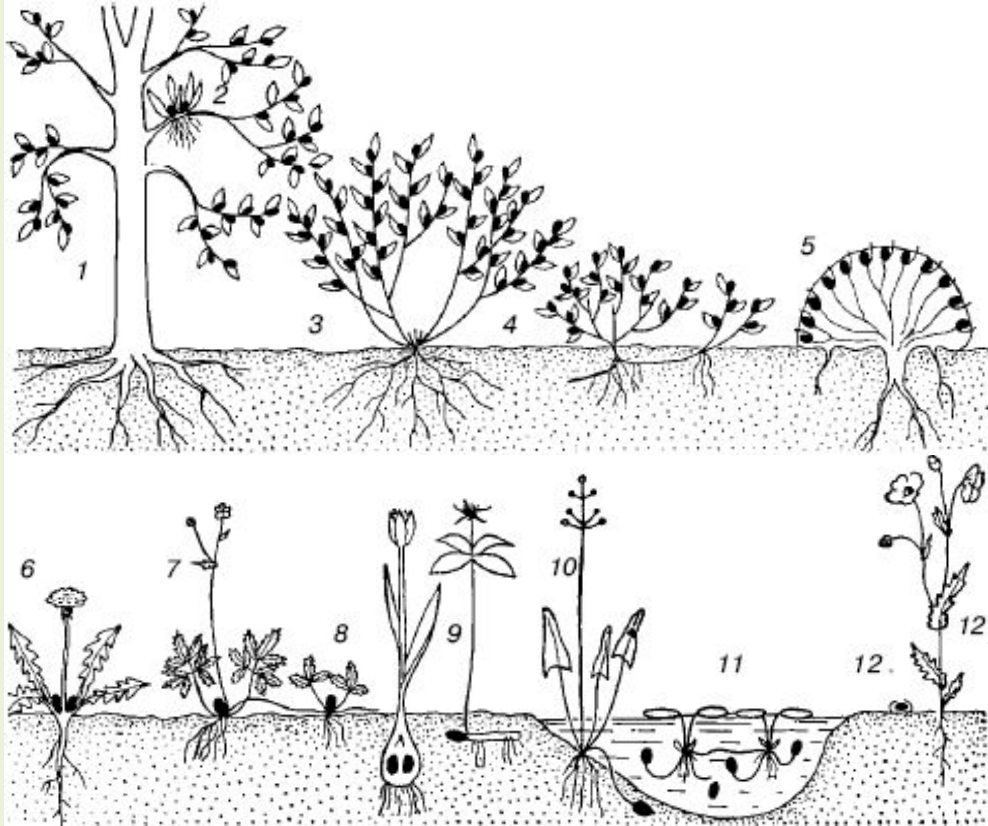


Морфологический тип приспособления животного или растения к основным факторам местообитания и определенному образу жизни **жизненной формой организма.**



Жизненные формы растений

(категории морфологические и



Жизненные формы растений (по К. Раункиеру, 1907):

1–3– фанерофиты; 4–5 – хамефиты (почки под снегом); 6–7 – гемикриптофиты (почки у поверхности почвы); 8–11 – криптофиты; 12 – терофиты; 12а – семя с зародышем

Теофраст более чем за 300 лет до н.э. – **деревья, кустарники, травы;**

А. Гумбольдт в начале 19 в. выделил исходя из внешнего сходства сначала 16, а затем 19 «основных форм»: **пальмы, бананы, мальвовые и баобабовые, вересковые, кактусовые, орхидеи, казуариновые, ароидные, лианы, алоэ, злаки, папоротники, лилейные, ивовые, мимозовые, меластомовые, хвойные, мимозовые, лотосовые.**

Датский ботаник **К. Раункиер** рассматривал жизненные формы как результат приспособления растений к переживанию неблагоприятного времени года. Эта приспособленность отражена в **размещении почек возобновления по отношению к поверхности почвы**

Система И. Г. Серебрякова



Наиболее разработанной классификацией жизненных форм является система И. Г. Серебрякова (1962, 1964). Она иерархична, в ней использована совокупность большого числа признаков в соподчиненной системе и приняты следующие единицы: отделы, типы, классы, подклассы, группы, подгруппы, иногда секции и собственно жизненные формы.

Под **жизненной формой** как единицей экологической классификации И. Г. Серебряков понимает совокупность взрослых генеративных особей данного вида в определенных условиях произрастания, обладающих своеобразным обликом, включая надземные и подземные органы. Им выделены 4 отдела жизненных форм:

1. Отдел А. **Древесные растения.** Включает 3 типа: деревья, кустарники, кустарнички.
 2. Отдел Б. **Полудревесные растения.** Включает 2 типа – полукустарники и полукустарнички.
 3. Отдел В. **Наземные травы.** Включает 2 типа: поликарпические и монокарпические травы.
 4. Отдел Г. **Водные травы.** Включает 2 типа: земноводные травы, плавающие и подводные травы.
- Выделение отделов основано на степени одревеснения надземных осей (древесные, полудревесные и травянистые растения), выделение типов – на относительной длительности жизни надземных осей или растений в целом. Классы в пределах типов выделяются на основании структуры побегов (лиановидные, ползучие, суккулентные и проч.), на основе специфики питания (сапрофиты и паразиты) или образа жизни (эпифиты). При характеристике собственно жизненной формы растений учитывается характер надземных побегов (удлиненные, укороченные, сильно ветвящиеся и образующие подушки, ползучие и т. п.), тип корневой системы (стержнекорневые, кистекорневые, корнеотпрысковые растения и т. п.), подземные побеги (короткие и длинные корневища, клубни, луковицы, столоны, каудексы и т. п.). Учитывается также общая длительность жизни и способность к повторному цветению (монокарпики и поликарпики) и др.

Рассмотрим положение конкретных растений в системе жизненных форм И. Г. Серебрякова.

Липа сердцевидная относится к отделу древесных растений, классу кронаобразующих с полностью одревесневшими удлиненными побегами, подклассу наземных, группе с подземными корнями, подгруппе прямостоячих, секции одноствольных (лесного типа), к листопадным деревьям.

Земляника лесная относится к отделу наземных трав, типу поликарпиков, классу травянистых поликарпиков с ассимилирующими побегами несуккулентного типа, подклассу столонообразующих и ползучих, группе столонообразующих, подгруппе наземностолонных. Собственную жизненную форму земляники лесной можно характеризовать как короткокорневищное кистекорневое растение с

Упрощенный вариант классификации растений на экологические группы:

- По степени одревеснения, количеству стволов и высоте – деревья, кустарники, полукустарники, кустарнички, полукустарнички, травы;
- По продолжительности жизни – 1-летние, 2-летние, многолетние
- По количеству цветений и плодоношений – монокарпики и поликарпики
- По типу сброса листвы: листопадные, вечнозеленые, зимнезеленые

Кроме того, по стратегии почвенного и воздушного питания:

- в лесах выделяют группы растений разных ярусов, внеярусные – лианы, эпифиты, эпифиллы,
- на открытых местообитаниях – стланики, подушковидные растения
- в воде – фитопланктон и фитобентос



О классификации на группы по отношению к свету, воде, температуре – рассказано



Жизненные формы

ЖИВОТНЫХ

Классификации жизненных форм животных, как и растений, весьма разнообразны и зависят от принципов, которые кладут в их основу.

Животных можно разделять на экологические группы исходя из:

- их **перемещений** – сидячие и подвижные: оседлые, кочующие, мигрирующие; в воде - зоопланктон (в т.ч. плейстон – физалия, янтина, и нейстон – личинки комара), нектон, зообентос; литоральные, абиссальные и пелагические; реофилы и лимнофилы
- по **характеру передвижения** – бегающие, прыгающие, ползающие, роющие, летающие (полет парящий, машущий, планирующий), плавающие
- по **типу местообитаний**: рыбы – морские, пресноводные, проходные, полупроходные; звери – водные, полуводные, подземные (землерои), древесные, лесные, открытых пространств; птицы – лесные, открытых пространств, водно-болотные, морские;
- по **времени активности**: с сумеречной, ночной, дневной активностью
- по **типу пищи и способу ее добычи**: фито-, зоо-, некро-, копро-, детритофаги; фильтраторы, плотоядные засадчики либо рейдеры