

# Адаптации

В результате действия естественного отбора выживают и успешно размножаются организмы, адаптированные к тем условиям среды, в которых они развиваются



**Адаптация** – специальное свойство, способное обеспечить выживание и размножение организмов в конкретных условиях среды; чем лучше адаптация, тем выше эффективность размножения

**Адаптации относительны** – при изменении условий среды их приспособительные свойства

уменьшаются

**Адаптации развиваются в определенных рамках**, которые зависят от физических свойств биологических структур и от той цены, которую должен заплатить организм за данную адаптацию.

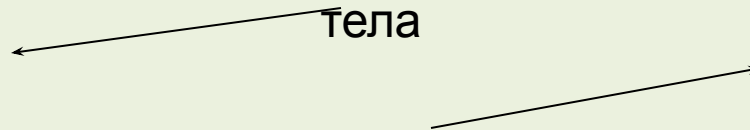
Примеры:

- светочувствительность фотосистем растений максимальна – реагируют на 1 фотон света;
- Скорость распространения нервного импульса невысокая – 10 м/с, по сравнению со скоростью тока (300 млн. м/с), но достаточна для выполнения нервной системой своих функций
- прочность тканей на разрыв варьирует в зависимости от необходимости – у паутины 260 кг/мм<sup>2</sup>, у сухожилия – только 6 кг/мм<sup>2</sup>

# Классификация адаптаций

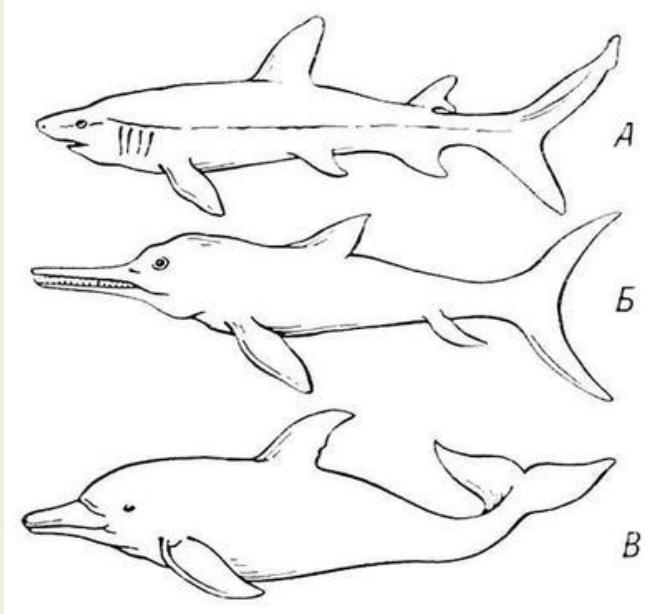
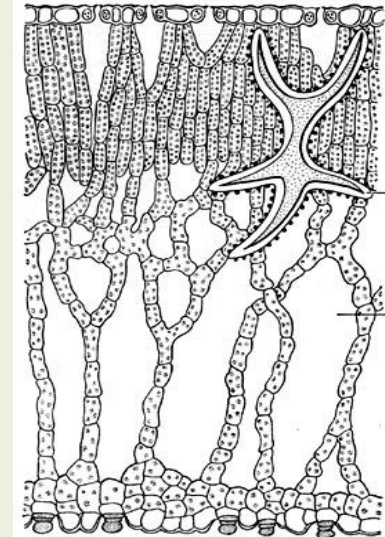
## По масштабу – общие и специализированные

Общая адаптация для всех животных, быстро передвигающихся в плотной среде – обтекаемая форма тела



Общая адаптация для листьев водных цветковых растений - паренхима с большим количеством воздуха

Специализированные адаптации крота (особые конечности и шерсть, редуцированные ушные раковины и глаза) и непентеса (ловчие кувшины с пищеварительным соком)



## Классификация адаптаций

По продолжительности – постоянные, сезонные, кратковременные



Ушные раковины используются для демонстрации угрозы и терморегуляции



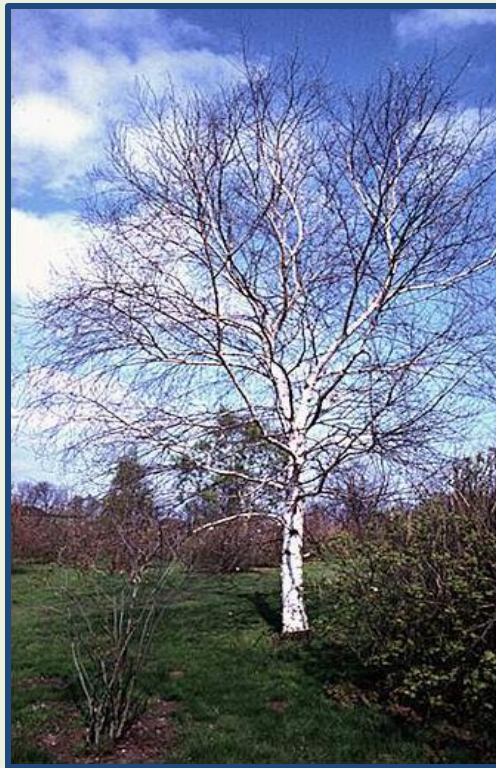
Сезонная смена шерсти – для маскировки и терморегуляции

Кратковременная поведенческая адаптация – сбор в плотную группу для защиты от холода

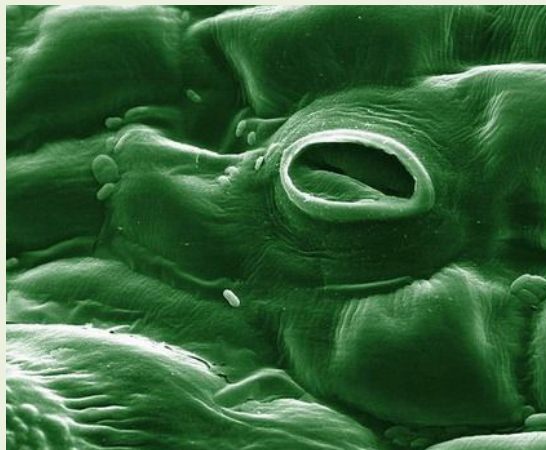




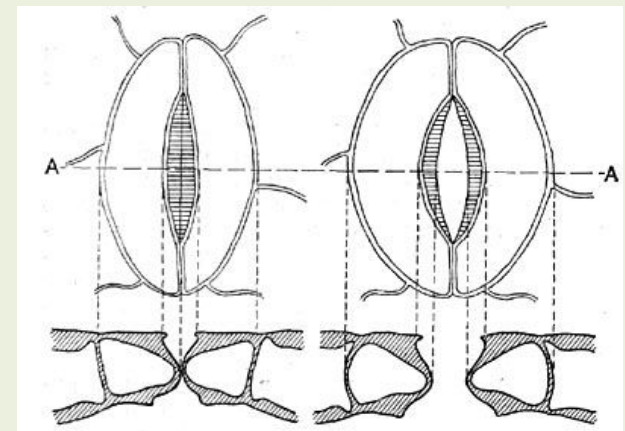
Строение пыльцевого зерна данного вида – его постоянная адаптация



Листопад – сезонная адаптация



Слева – открытое устьице листа томата под электронным микроскопом  
Справа – схема работы устьица. То или иное его состояние – кратковременная адаптация для регуляции транспирации



# Классификация адаптаций

## По уровням организации

- 1). На уровне организма **живого** – поведенческие, морфологические, физиологические, биохимические



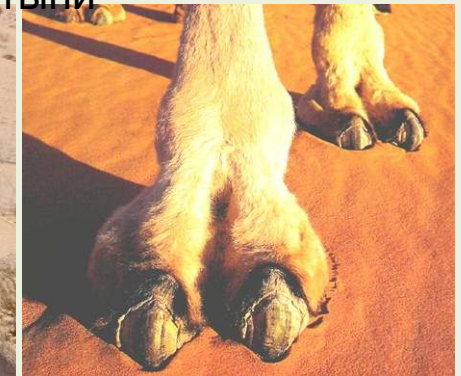
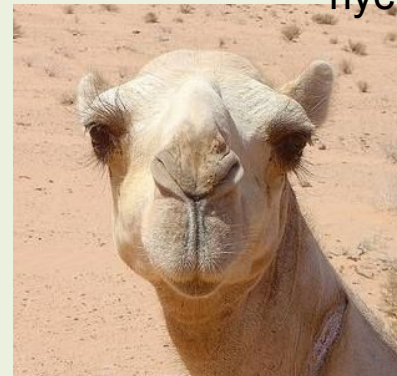
Днем ящерица проветривается, утром греется

Поведенческие адаптации бывают врожденными и приобретенными

Адаптации животных к условиям пустыни решают задачи: экономия воды, терморегуляция, передвижение



Горбы, длинные ресницы, строение ноздрей и ног – морфологические адаптации; особые эритроциты, увлажнение и осушение воздуха в дыхательных путях, гетеротермность – физиологические адаптации к условиям пустыни



## Адаптации растений (ксерофитов) к засушливым местообитаниям

Адаптации растений к условиям пустыни на уровне отдельного организма нужны для решения задач: экономия воды и иногда (у суккулентов) ее накопление в стеблях или листьях, поиск корнями и поглощение воды, терморегуляция



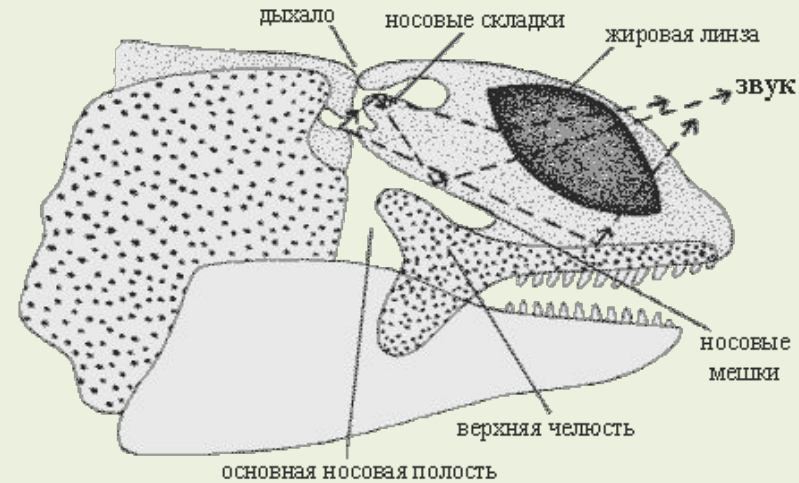
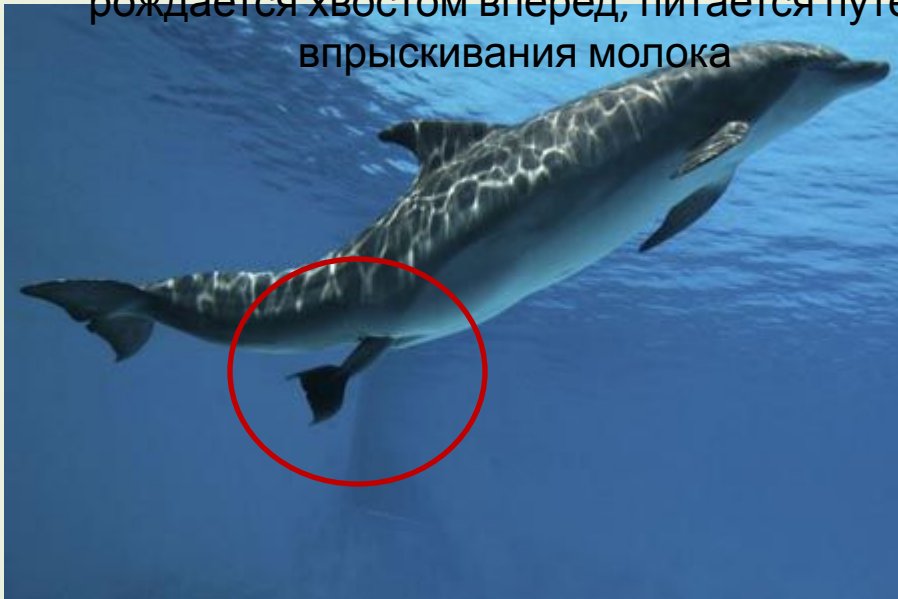
Литопс, Ю.  
Африка



Адениум, эндемик о.Сокотра,  
Йемен

## Адаптации к водной среде китообразных – вторичноводных млекопитающих

Обтекаемая форма тела с полной редукцией задних конечностей и ушных раковин; передние конечности превратились в плавники, сформировался хвостовой стебель и спинной плавник с особой сетью сосудов для терморегуляции. Шерсть редуцирована, кожа переводит турбулентный поток воды в ламинарный. Дыхательная система изолирована от пищеварительной, дыхало с клапаном находится на темени. Очень высокая кислородная емкость крови, много миоглобина в мышцах. Способны к эхолокации. Детеныш рождается хвостом вперед, питается путем впрыскивания молока



Адаптации водно-болотных птиц к передвижению и питанию на мелководье

Длинные шея и ноги; клювы разные, т. к. разная пища и стратегия питания



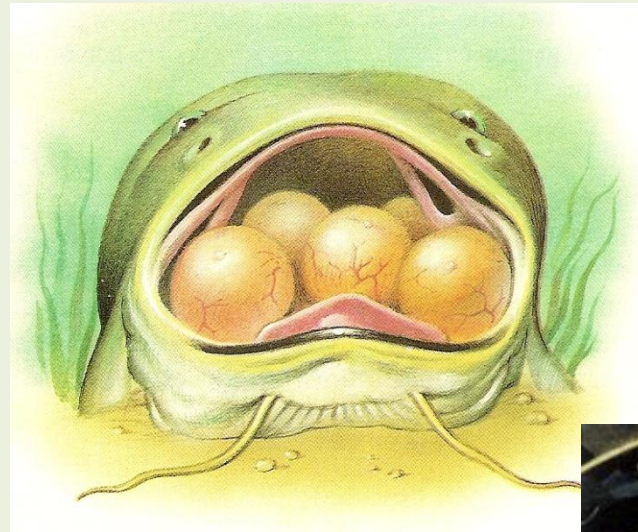
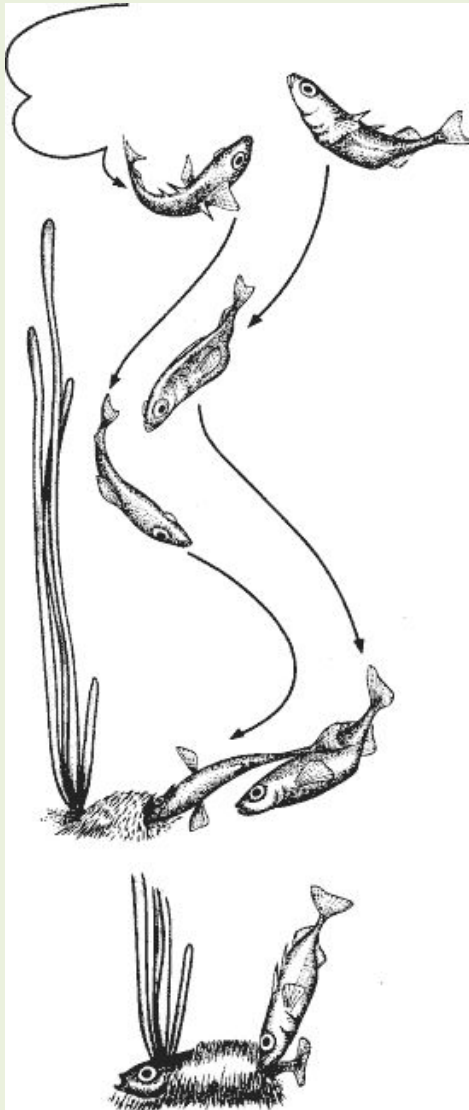
Фламинго и малая белая цапля



## 2). Адаптации на популяционно-видовом уровне

Взаимные адаптации особей внутри вида служат для успешного размножения, питания, выживания в неблагоприятных условиях

**Репродуктивные адаптации** – соответствие в строении половых органов двух полов, адекватное брачное поведение и забота о потомстве



Сом-галеихт



Ухаживание у  
трехиглой  
колюшки

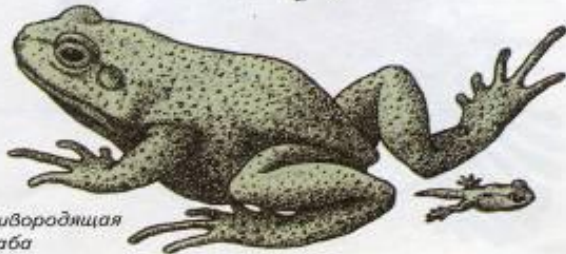
# Разнообразие способов заботы о потомстве может быть велико даже в пределах класса

## ● Живорождение.

Самка африканской живородящей жабы вынашивает головастиков в яйцеводе, австралийская заботливая лягушка — в собственном желудке.

12 ▶

*Заботливая лягушка*



*Живородящая жаба*

● Большинство земноводных не заботятся о дальнейшей судьбе оплодотворенных икринок. Но у некоторых выработались разные приемы заботы о потомстве, вплоть до живорождения.



9 ▲

Самка рыбозмея защищает икру в норе.



◀ 10

Самец листолаза переносит головастиков в воду.

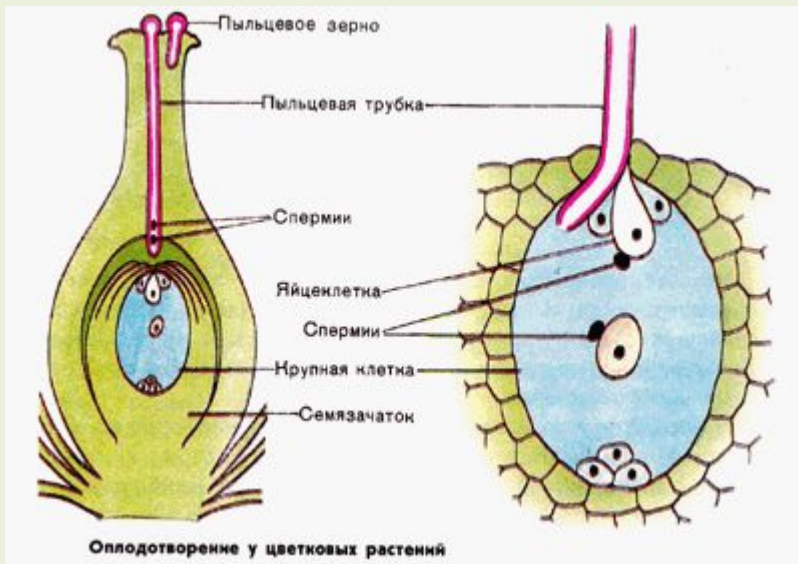
11 ▲

Квакша филломедуза строит для икры гнездо из листьев.

Суринамская пила вынашивает икру в ячейках кожи.

8 ▶





На рыльце пестика прорастают пыльцевые зерна только своего вида; у обоеполых цветков свои пыльцевые зерна обычно не прорастают



В период семенного размножения корневая система у пустынных растений выделяет вещества, угнетающие развитие проростков, чтобы потомство могло развиваться только вдали от родительского растения – это уменьшает конкуренцию внутри вида и стимулирует расселение

## Адаптации для совместного питания и выживания в неблагоприятных условиях – трофические и конституциональные



Круговая оборона овцебыков



Стаи и стада для миграций





Защита за счет объединения в стаю

Хищник, рискующий напасть на стаю рыб, часто бывает сбит с толку мельканием полос вместо голов и хвостов, особенно если эти полосы кидаются в рассыпную.

Так  
выглядит  
стая птиц  
при  
нападении  
на нее  
сокола



Кроме того, черные и белые полосы по-разному отражают поляризованный свет, и это является ключевым моментом для насекомых, которые воспринимают поляризацию света – мухи це-це и слепни очень редко садятся на полосатое тело зебр

## Как объяснить возникновение и распространение альтруизма и взаимопомощи в популяциях животных с высоким уровнем развития?

В современной эволюционной биологии **совокупную приспособленность подразделяют на два компонента: прямую (непосредственную) и расширенную приспособленность .**

**Под прямой приспособленностью особи** понимается вклад ее собственных аллелей в генофонд популяции. Чем выше жизнеспособность и плодовитость особи, чем лучше она обеспечивает выживание своих потомков, тем выше ее непосредственная приспособленность.

**Расширенная приспособленность особи** тем выше, чем больше аллелей, идентичных ее аллелям, передается следующему поколению. Особь может повысить свою совокупную приспособленность, повышая своими действиями непосредственную приспособленность своих родственников, которые содержат в своих генотипах те же аллели, что и она.

Таким образом, чем больше в генофонде популяции тех аллелей, которые были у особей, способных к самопожертвованию, тем лучше для этой популяции, и тем больше альтруистов будет в последующих поколениях.

Возникновение и распространение взаимопомощи внутри популяции не противоречит естественному отбору, а является его следствием

Взаимопомощь среди родственных растений объясняется теми же причинами

### 3). Адаптации на уровне биогеоценозов

Адаптации организмов разных видов являются результатом их взаимодействий в биогеоценозах

**Конкурентные взаимоотношения** влияют на ширину нормы реакции генотипа: при прочих равных выигрывает вид с более широкой нормой реакции, т.к. ему легче сдвинуть свою экологическую нишу

**Взаимоотношения паразита и хозяина** ведут к такой сопряженной эволюции, в результате которой паразитирование становится почти неотвратимым, изощренным, но достаточно мягким, без ощутимого урона для популяции хозяина.

#### ***Обычно адаптации паразита:***

- редукция тех структур, которые не нужны при паразитировании, часто упрощение организации по сравнению с близкородственными свободноживущими видами
- очень высокая плодовитость
- сложный жизненный цикл, согласованный с циклом хозяина (или цепочки хозяев)

#### ***Обычно адаптации хозяина:***

- совершенствование защитных систем
- совершенствование способов компенсации урона, наносимого паразитом

**Взаимоотношения комменсалов** (нахлебников и квартирантов) со своими хозяевами обычно ведут к развитию адаптаций у комменсалов, задача которых – получить от хозяина максимальную пользу, не помогая взамен, но и не нанося вреда.

Поскольку балансировать на этой грани очень сложно – комменсализм как тип взаимоотношений эволюционно неустойчив, обычно сдвигается либо в сторону паразитирования, либо в сторону мутуализма. Например, кишечная палочка у человека может приносить ему и вред, и пользу, в зависимости от состояния его

иммунной системы

**Результат мутуализма** – взаимные адаптации (коадаптации) партнеров в результате сопряженной эволюции



Кактусовый крапивник прячет свои гнезда среди колючек кактусов и шипов кустарников в пустынях Северной Америки. Когда нет возможности отыскать насекомых, эти птицы переходят на питание плодами кактусов.



Амфиприон среди щупалец актинии



## Адаптации растений могут заключаться в умении обманывать своих партнеров – недобросовестный «мутуализм»



Орхидеи - пчёлки (офрисы) обладают губой, которая причудливой раскраской имитирует самку того насекомого, которого она желает завлечь. Причём разводы и рисунок, отличающие один вид офрисов от другого, характерны именно для того вида насекомого, который подходит данному виду офриса: пчелы, мухи, осы, оводы. Сама губа, повторяющая форму тела самки, бархатистая и покрытая волосками, тоже вводит самца в заблуждение.

Отбор у перепончатокрылых направлен на то, чтобы изменить пахучие вещества (феромоны) самки, привлекающие самцов, и помешать обману со стороны орхидей

Ятрышник мотыльковый, опыляемый разными насекомыми, сам нектара не вырабатывает, но поселяется в местах произрастания растений из семейств Мотыльковых и Губоцветных, на которые он похож внешне, цветёт одновременно с ними и пользуется их опылителями.



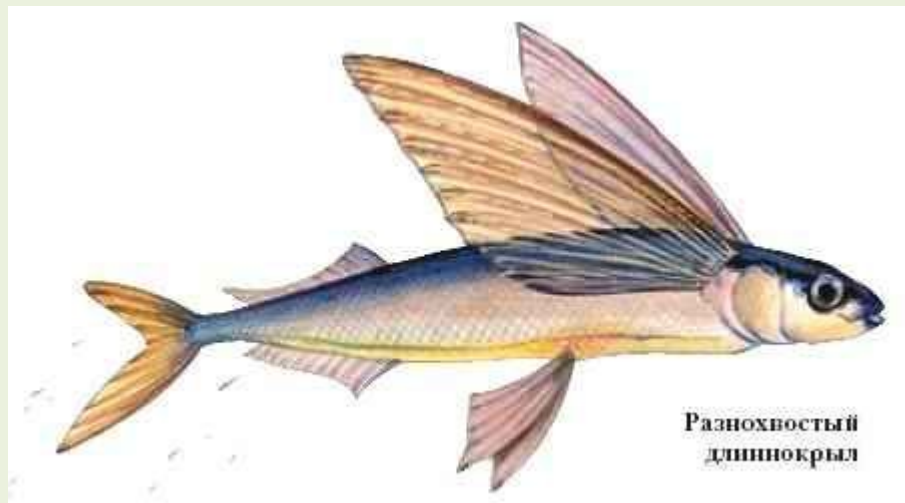
Photo Zarncheyskaya Natalia

Взаимоотношения хищника и жертвы ведут к совершенствованию всех систем, необходимых хищнику для нападения, а жертве для защиты – идет их сопряженная эволюция

## Способы защиты потенциальной жертвы



## Способ защиты - бегство



Летучие рыбы планируют  
на расстояние 50 - 200 м



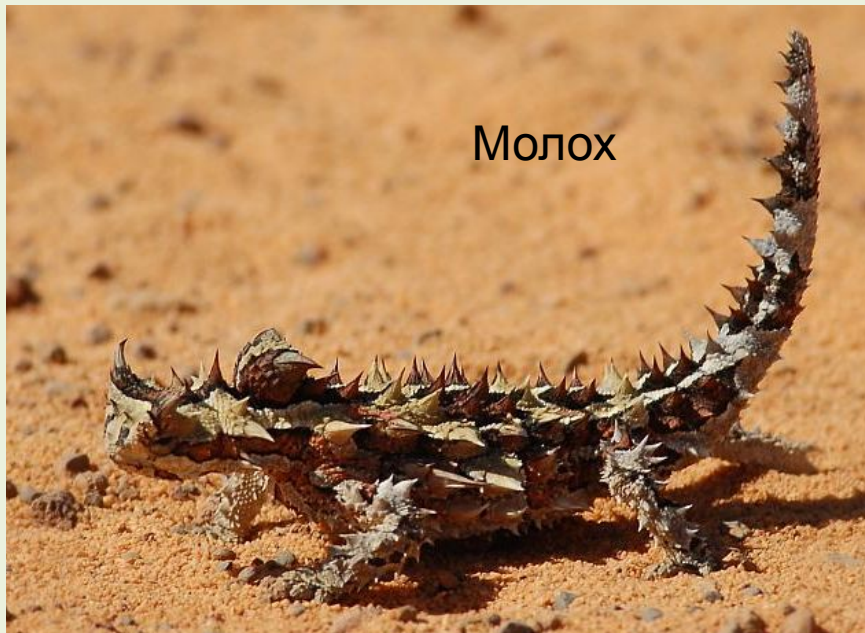


Адениум

## Механическая защита



Броненосец



Молох

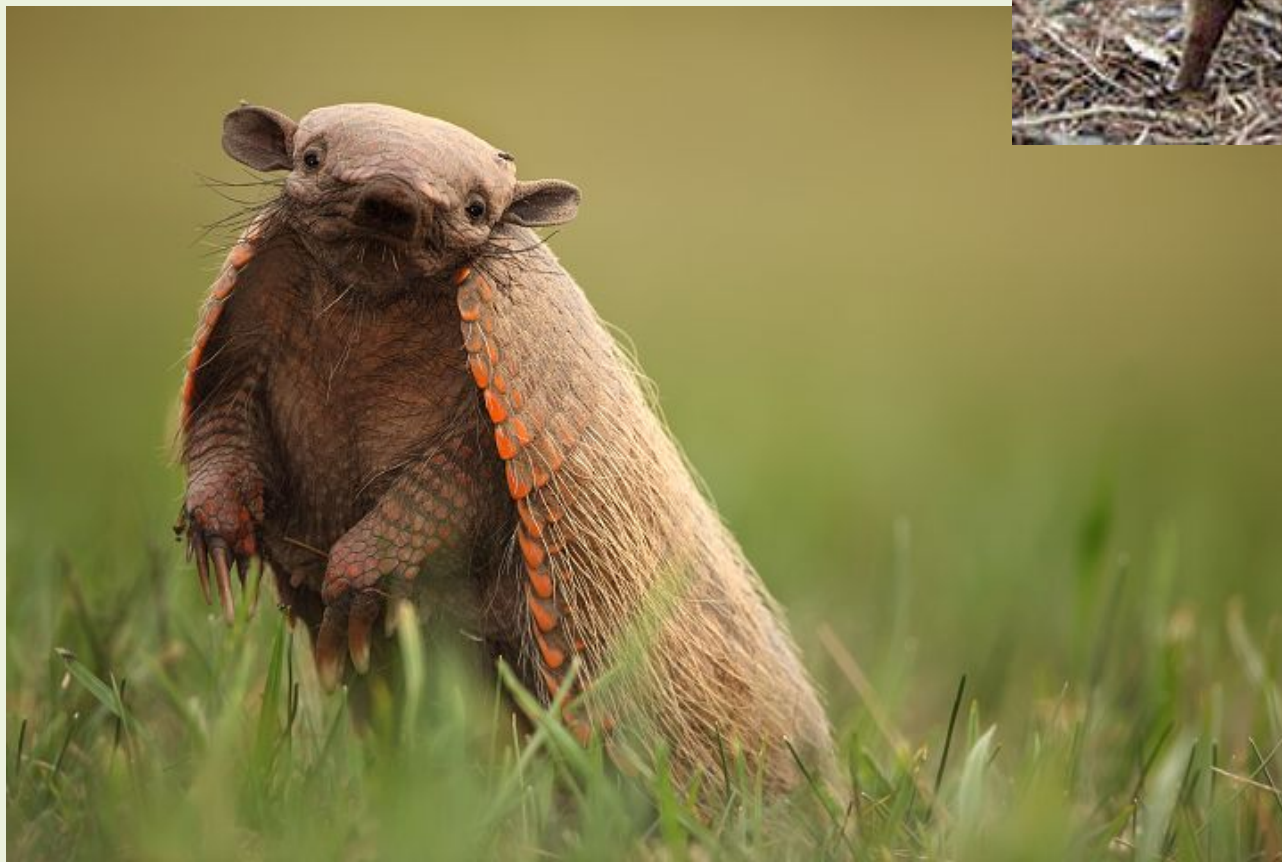


Дикобраз





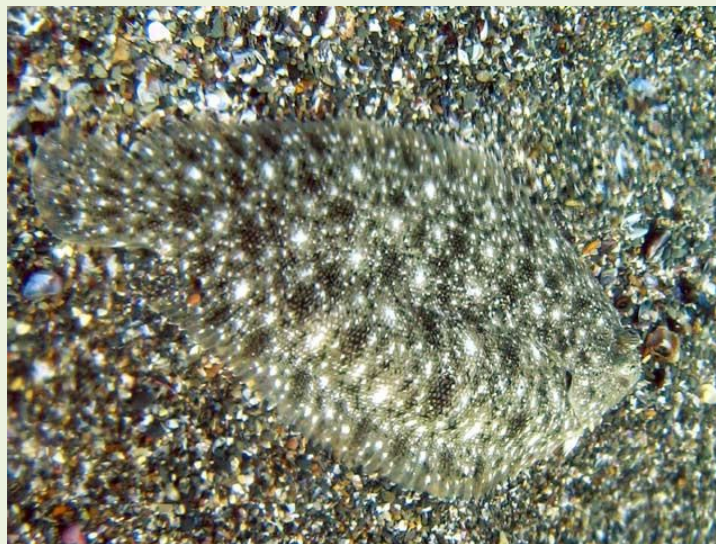
Ушастый  
еж



Волосатый броненосец

# Маскировка

Криптизм-  
покровительственная  
окраска, форма,  
поведение



Камбала  
меняет окраску  
и присыпает  
себя грунтом

Богомол  
замирает





© Olivier Paris  
www.oiseaux.net

Лесной козодой  
ПОТТО



© Barcroft Media

Кружевная скорпена

## Главное – маскировка потомства



Гнездо утки на злаковой кочке



Белек и птенцы кулика-сороки имеют покровительственную окраску, в отличие от своих родителей





Мотылек хохлатка



бабочка *Kallima inachus*

**Миметизм** – такой вариант маскировки, при котором животное копирует часть растения или неживой объект

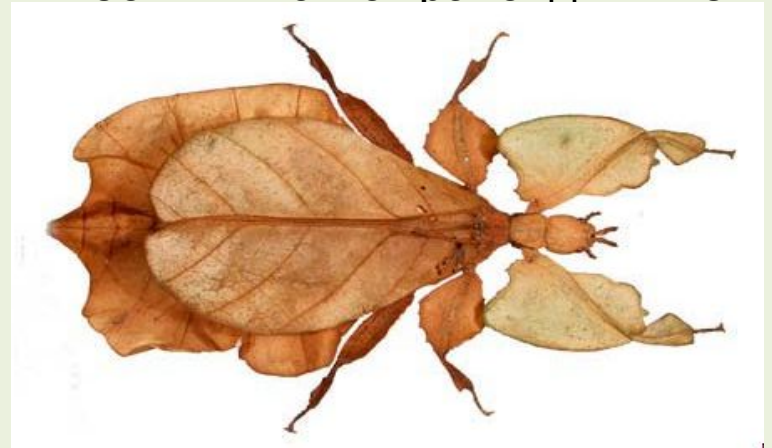
Если бабочка похожа на опавший лист – она может сесть даже на такой фон, где будет заметна, поэтому сходство с сучками и старыми листьями бывает чаще – оно вызывает меньше подозрений и неаппетитно



Стеблевой сверчок



Палочник копирует одревесневший стебель, листовидка – опавший лист, т.е. они копируют такие части растений, на которые большинство травоядных не



В пустыне, где животные готовы съесть практически все, содержащее воду и органические вещества, приходится спасаться путем обмана уже и растениям – они копируют камни



**Разрывающая окраска**  
маскирует как на  
разноцветном фоне,  
например среди  
коралловых рифов, так и  
на однотонном фоне –  
dezориентирует  
нападающего



## Дезориентирующая окраска и форма



Четырехглазый щетинозуб



Тупоголовый сцинк



Glasswing -  
“стеклокрылка”.



Пятна на крыльях бабочки калиго дезориентируют и отпугивают - имитируют глаза сычика-эльфа.



Пассивная защита (предупреждающая либо покровительственная окраска)

при необходимости переходит в более активную (поза угрозы либо

отпугивание)



Рыба-еж



Птеракликс пугает врага, распахивая плавники

У гусеницы гарпии сочетается покровительственная, а при необходимости - отпугивающая и предохраняющая окраска



Так же ведет себя иглобрюх





Синезычный сцинк

**Отпугивающая либо отвлекающая окраска** часто у тех, кто не имеет реальной защиты



Язык сцинка и ложные глаза у бабочек используются для отпугивания только при необходимости. Если нет опасности – крылья у бабочки сложены



Бабочка-фонарница имитирует крыльями огромную пару объемных глаз – отпугивает и дезориентирует



У сцинка плестиодона отвлекающая окраска хвоста сочетается со способностью к регенерации



Флагоносный клоп привлекает внимание своими ногами – их не так страшно потерять, как лишиться туловища



**Предостерегающая окраска**  
предупреждает нападающего о том, что  
жертва защищена

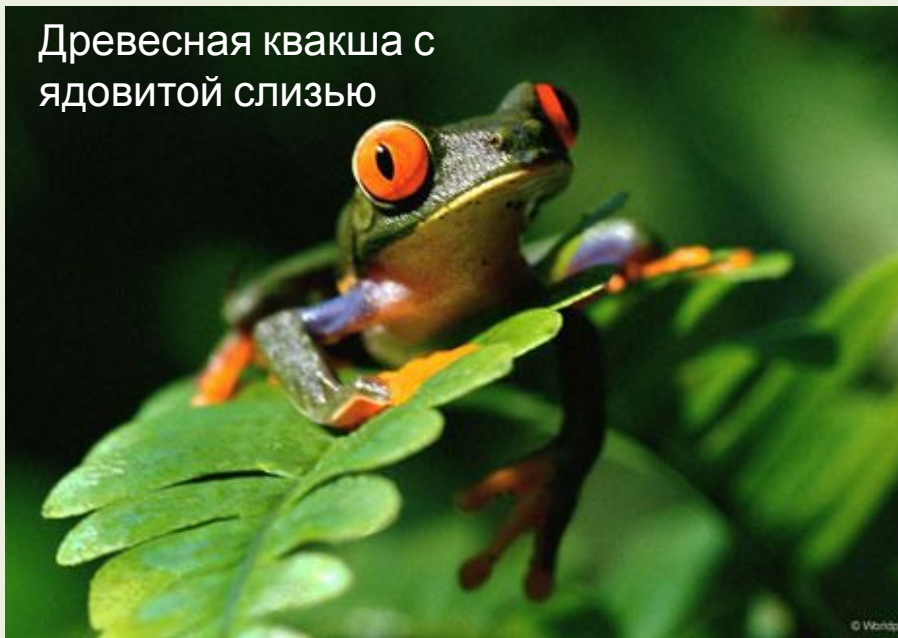


Скунс



Мохнатая гусеница

Древесная квакша с  
ядовитой слизью



Птериос предупреждает о том, что  
защищен ядом в иглах плавников



Муха-журчалка слева, осы справа

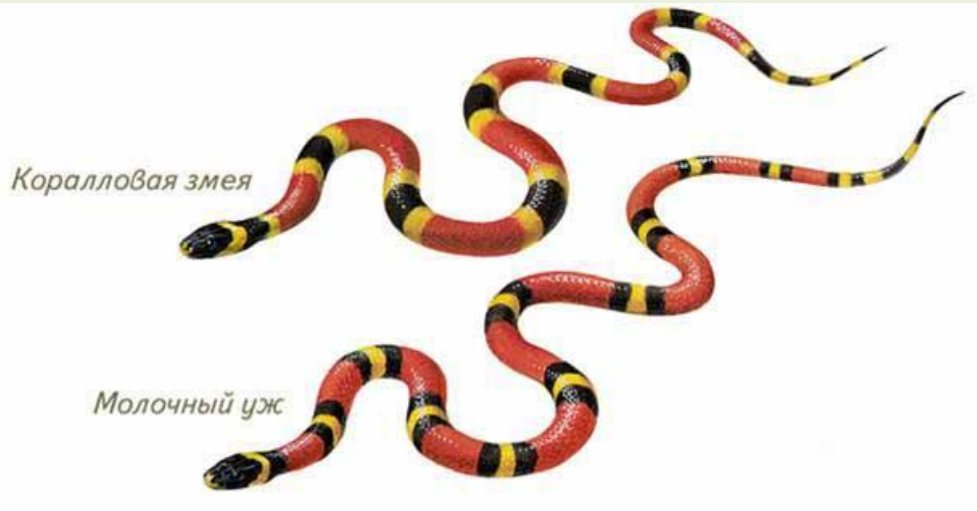
## Мимикрия

**Мимикрия** – внешнее сходство вида, который не имеет реальных средств защиты, с тем видом, который их имеет

Накопление мелких удачных мутаций у съедобных видов, в условиях совместного обитания с несъедобными привело к возникновению их внешнего



Губан – чистильщик защищен тем, что полезен



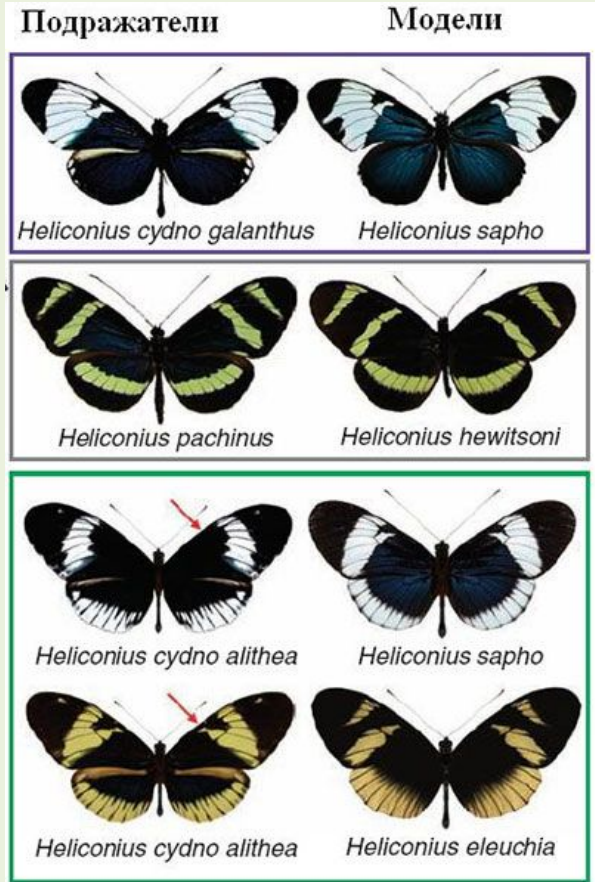
Рыба-собачка – мимикрия под губана





Особый вид мимикрии (мюллеровская), при которой за счет внешнего сходства двух или более защищенных видов хищники быстрее учатся не нападать на них; тогда и мимикрирующий под них незащищенный вид может быть более успешным и многочисленным

Ядовитая лягушка *Eripedobates bilinguis* (вверху), еще более ядовитая *E. parvulus* (в центре) и маскирующаяся под них неядовитая лягушка *Allobates zaparo* (внизу)



Мимикрия у ядовитых бабочек рода *Heliconius*: редкие формы маскируются под более массовых, чтобы хищники быстрее учились не нападать на НИХ



Еще один вариант мимикрии: вверху три разных вида ядовитых лягушек, внизу три соответствующие им разные популяции одного вида-имитатора.

Выигрыш имитатора очевиден – общая численность этого вида может быть достаточно высокой

Этот пример иллюстрирует действие дизруптивной формы естественного отбора



Самка

у самок рода *Photuris* наблюдается **явление световой мимикрии**, при которой самки испускают сигналы характерные для видов рода *Photinus*. Самцы *Photinus*, привлеченные подобными сигналами, являются пищей для хищных самок рода *Photuris*

В реакции свечения участвуют несколько химических соединений— люциферин, фермент люцифераза, АТФ. Продукт реакции окисления люциферина – оксилуциферин, его образование сопровождается свечением, его оттенок зависит от рН и температуры, КПД – 87-98% (в лампе накаливания – 5%)



Самец

Смысл разных сигналов у светляков – поиск партнера, призыв, отказ, согласие

**Танатоз (акинез)** — мнимая смерть, защитная реакция у некоторых насекомых (жуки Byrrhidae), сенокосцев, ужей, птиц и некоторых млекопитающих. Танатоз отличается от каталепсии, при которой животное просто на время замирает.



Нередко встречается поведение, когда животные притворяются мёртвыми, чтобы избежать нападения хищника. Наиболее известный пример — опоссум, который при опасности падает на бок, открыв глаза и рот, и впадает в каталептическое состояние, ещё и выделяя из анального отверстия зловонные вещества.



гремучник



Позы угрозы



Ушастая круглоголовка



Ядовитый желтобрюхий тритон

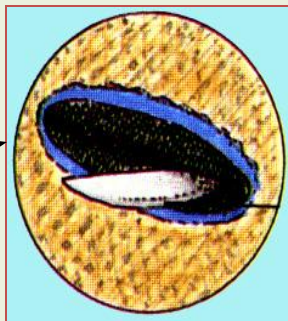
Позы угрозы. Если враг не отступит, после них может быть либо нападение на врага, либо бегство



Плащеносная ящерица



# Активная защита



У рыб-хирургов в основании хвоста (по обе стороны) есть по одному лезвию (у некоторых хирургов - целый ряд), которые они выбрасывают, как лезвия перочинного ножа, в минуту опасности.



**Электрические органы** могут использоваться рыбами для ориентации, защиты и нападения

Электрический угорь - пресноводная рыба Ю. Америки.  
Разряды до 650В



Электрический сом – всеядная африканская пресноводная рыба.  
Разряды до 360 В



Электрические скаты – 69 видов в 4 семействах; разряд от 8 до 250 ВОЛЬТ

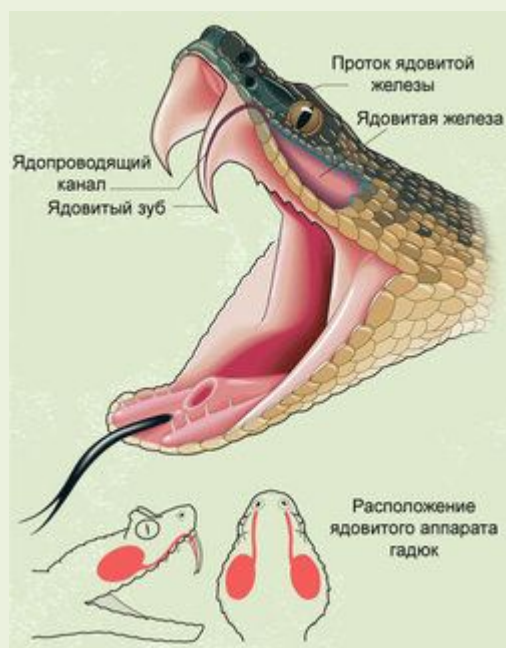
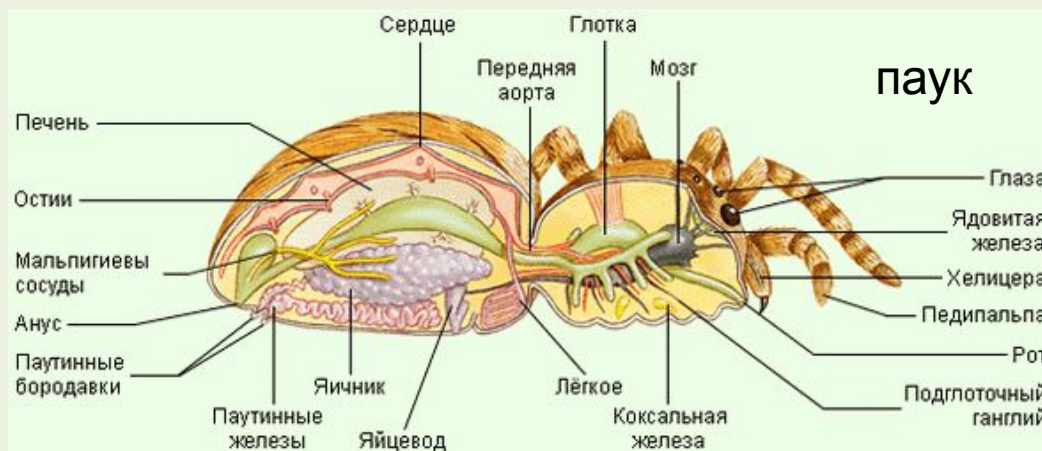


Морской ерш – яд в иглах плавников



Огненная саламандра – ядовита слизь и яд в железах над глазами

Яд вырабатывают очень многие виды организмов, используют его чаще для защиты, иногда и для нападения тоже



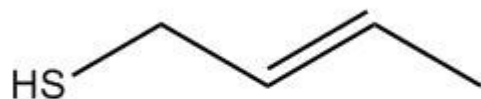
Стрекательные клетки гидры

Змеи используют яд при укусе, для защиты могут его выпрыскивать (плюющаяся кобра)

Жуки-бомбардиры защищаются от хищников, выстреливая нагретую до температуры кипения смесь токсичных веществ из специальных желез в их задней части. Как минимум у одного вида эта смесь извергается в виде пульсирующей струи. Вещества - гидрохиноны, перекись водорода, каталазы и пероксидазы.



Скунс в боевой  
позе



(E)-2-butene-1-thiol

## Адаптации хищника для успешной охоты

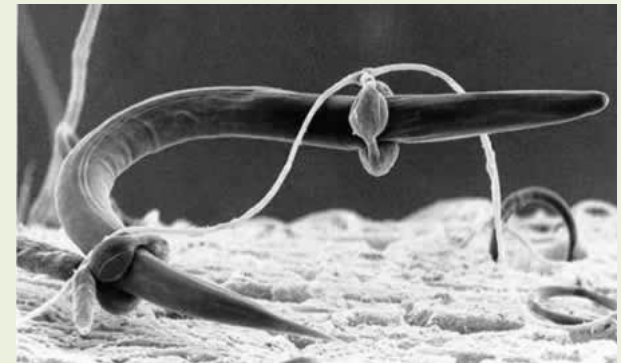
Охота в угон – способны к долгому преследованию добычи волки, гиены, гиеновые собаки (рейдеры)



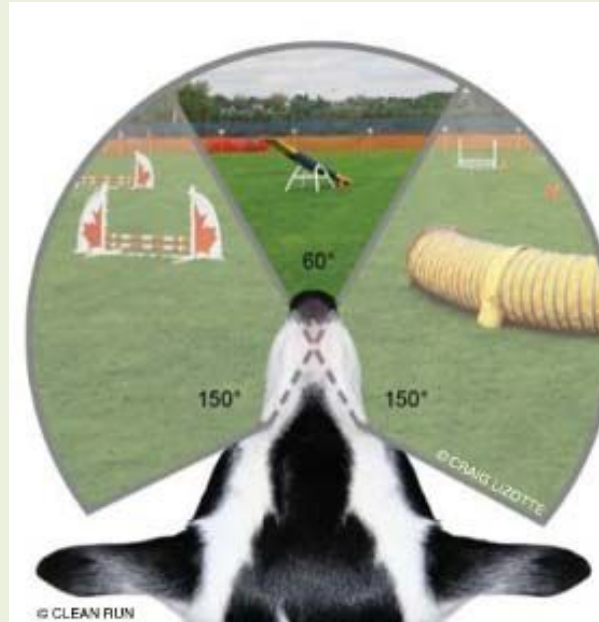
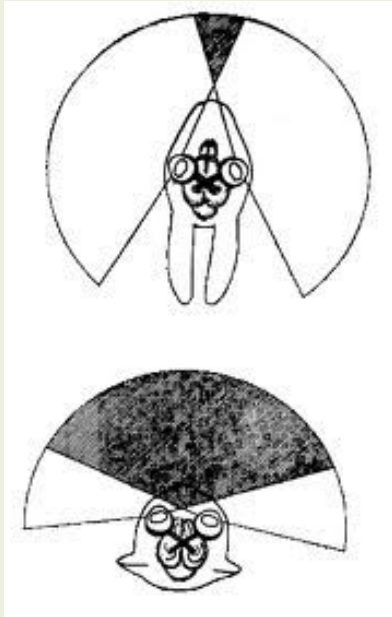
Кроме приманок, некоторые виды **используют ловушки** – так поступают и растения, и грибы



Охота из засады – кошачьи, хамелеон, щука, богомол (засадники); для них особенно характерна **покровительственная окраска**, могут использовать **приманки** (удильщик, грифовая черепаха), имитировать труп (цихлида *Naplochromis*



## Особенности органов чувств у хищника и жертвы



У потенциальной жертвы практически всегда преобладает монокулярное зрение, у хищника чаще бинокулярное. Интересно, что у засадников, которые должны точно рассчитать расстояние до жертвы, область бинокулярного зрения больше, чем у рейдеров (сравните область зрения кошки и собаки)





Охотники, живущие в водной среде, дополняют зрение либо эхолокацией, либо электромагнитным излучением. Это позволяет «видеть» в мутной воде и под слоем грунта. Эхолокация развита и у рукокрылых – ночных охотников



Пойкилотермные (холоднокровные) ночные хищники пользуются органами термического чувства для поиска теплокровных



Растения адаптируются к жизни друг с другом с помощью взаимоотношений разного типа

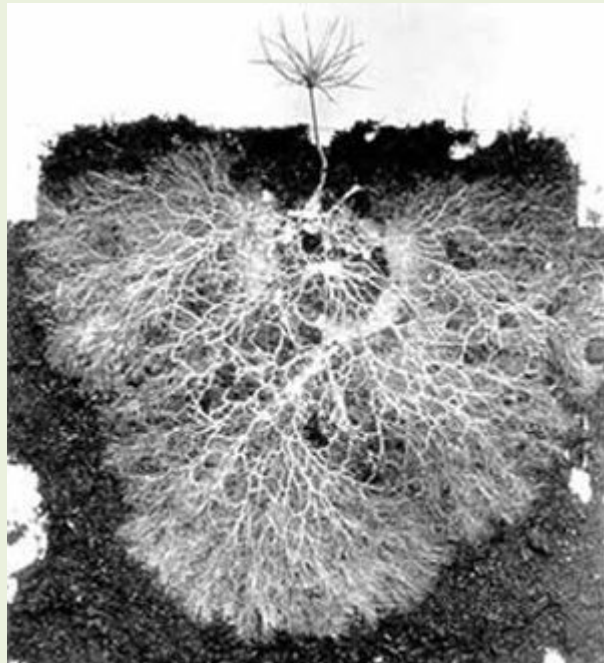




**Растения имеют множество адаптаций для привлечения как союзников, так и**

**жертв**

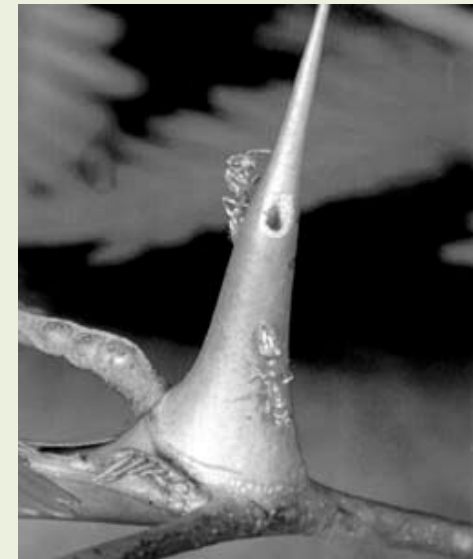
Травоядных растения жалят, травят, если не помогло – прекрасно регенерируют и вегетативно размножаются



Микориза у проростка сосны



Симбиоз с бактериями, фиксирующими азот



Акация бычорогая создает камеры для муравьев-симбионтов



# В процессе эволюции совершенствуется и защита, и способ ее преодоления.

Как охорода бы Кресна Керелера, это убегает всех сил, чтобы остаться на  
М

