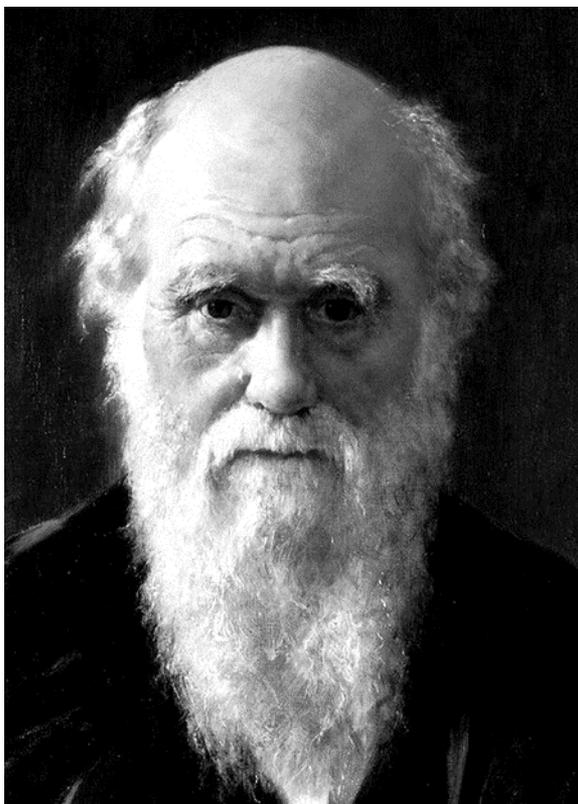
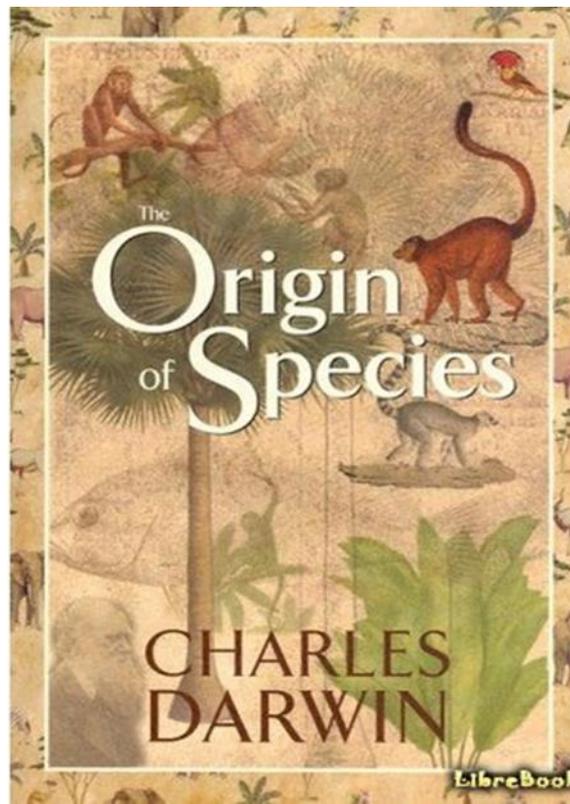


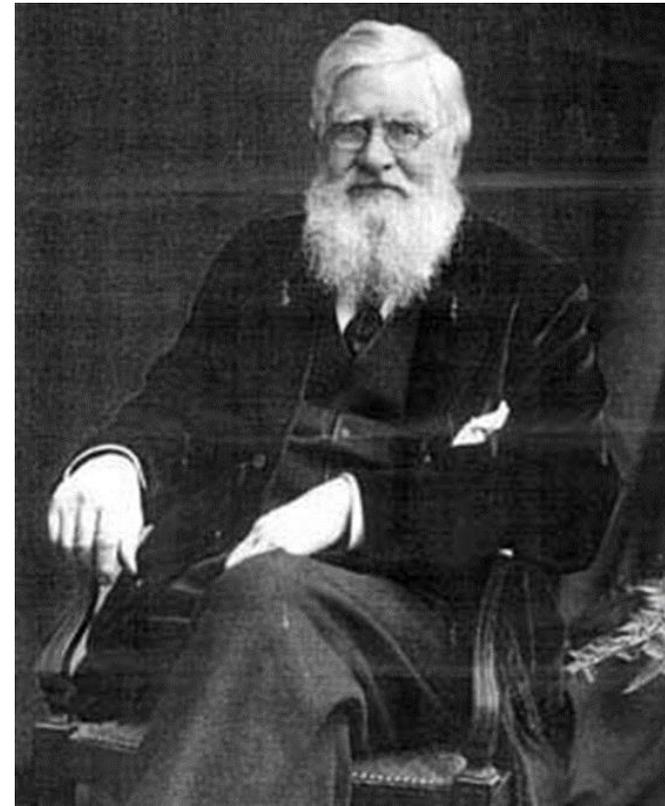
**ЕСТЕСТВЕННЫЙ ОТБОР
КАК ГЛАВНАЯ
ДВИЖУЩАЯ СИЛА
ЭВОЛЮЦИИ**



Чарльз Дарвин



«Происхождение видов»



Альфред Уоллес

Чарльз Дарвин и Альфред Уоллес независимо друг от друга сформулировали основные положения **теории эволюции**, главной движущей силой которой назвали естественный отбор. В **1858 г.** оба выступили с докладами на заседании Линнеевского общества в Лондоне, а в **1859 г.** вышла книга **«Происхождение видов»**, которая вызвала большой общественный резонанс и была названа «надругательством над наукой».

Сейчас теория эволюции является основой современной биологии.

ТИПЫ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА

Важно помнить, что ни один признак* не может быть рассмотрен вне контекста **окружающей среды**, поэтому и под **естественным отбором** подразумевается **совокупность факторов** среды, действующих на те или иные **признаки** особей в популяции.

УСЛОВИЯ СРЕДЫ

МЕНЯЮТСЯ

НАПРАВЛЕННЫЙ

ДИЗРУПТИВНЫЙ

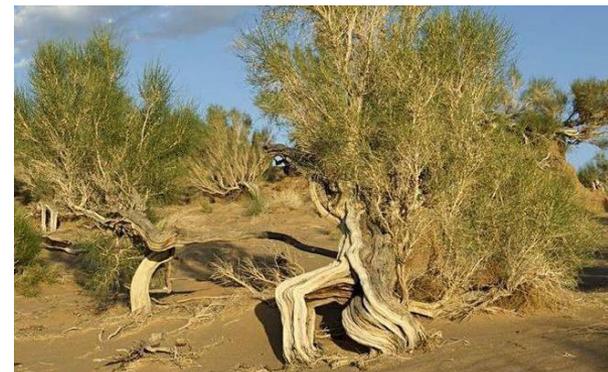
ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ

НЕ МЕНЯЮТСЯ

СТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ

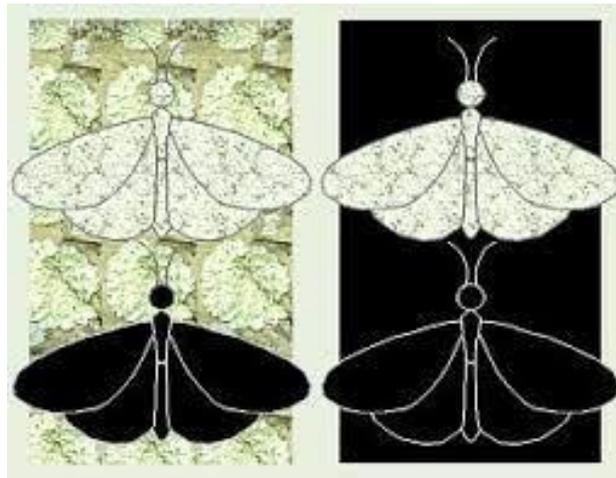
В результате **естественного отбора** выживают только те особи, которые **наиболее приспособлены** к **конкретным условиям** окружающей среды.

*Не считая антревольтов



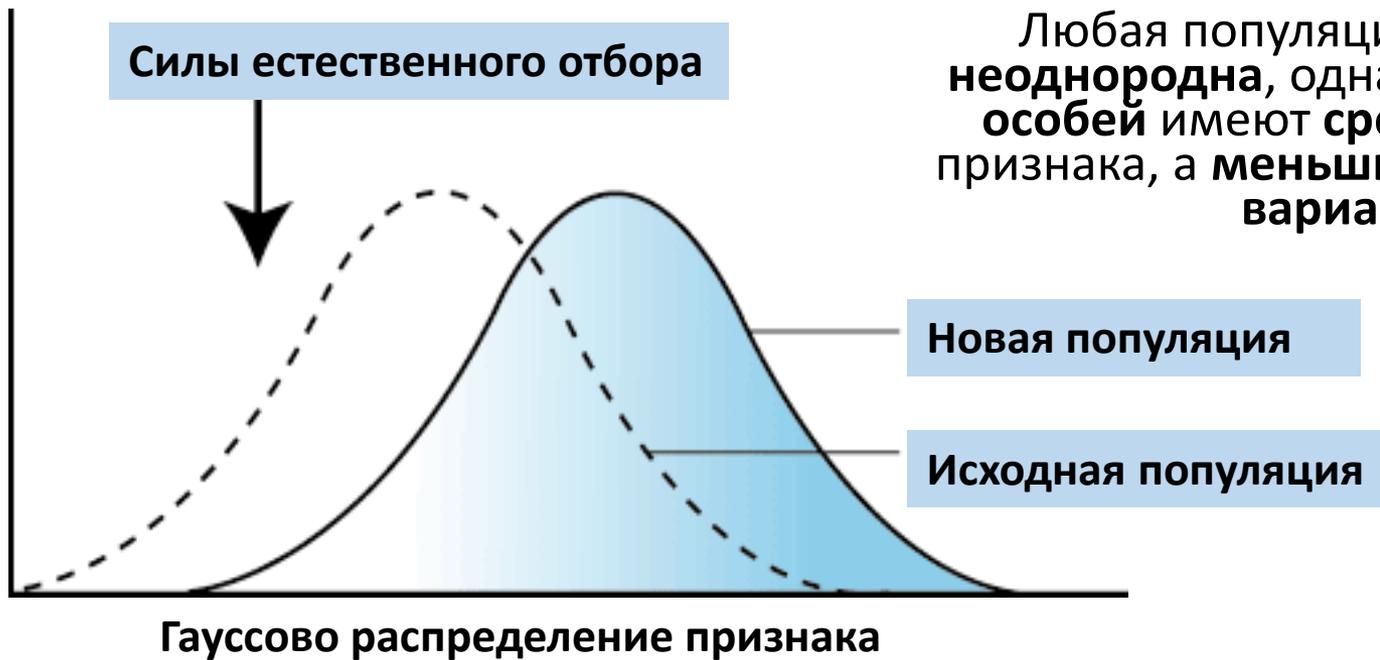
НАПРАВЛЕННЫЙ ОТБОР

Во времена **Чарльза Дарвина** в Англии было популярно коллекционировать бабочек – **берёзовых пядениц**. В основном бабочки были **светлыми**, что позволяло им легко маскироваться на фоне светлых стволов деревьев, однако регулярно появлялись более **темные** и заметные на деревьях **мутанты**, которых легко обнаруживали и уничтожали птицы. Таким образом, они не размножались и не передавали свои гены следующим поколениям.



Исходные и мутантные варианты окраски берёзовых пядениц

В период с **1780-х по 1840-е годы** в Англии произошла **промышленная революция**. Сажа заводов и фабрик покрыла стволы деревьев и стены домов, что привело к повышению выживаемости **черных бабочек** в городах (т.к. уже белые бабочки стали заметнее для птиц). А в сельской местности преобладали **белые бабочки** ввиду отсутствия там промышленных объектов.



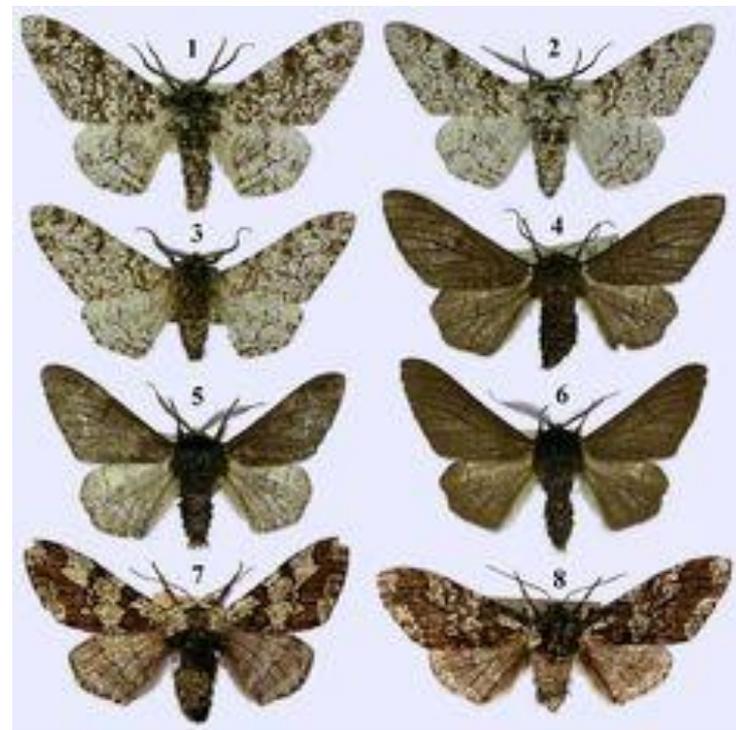
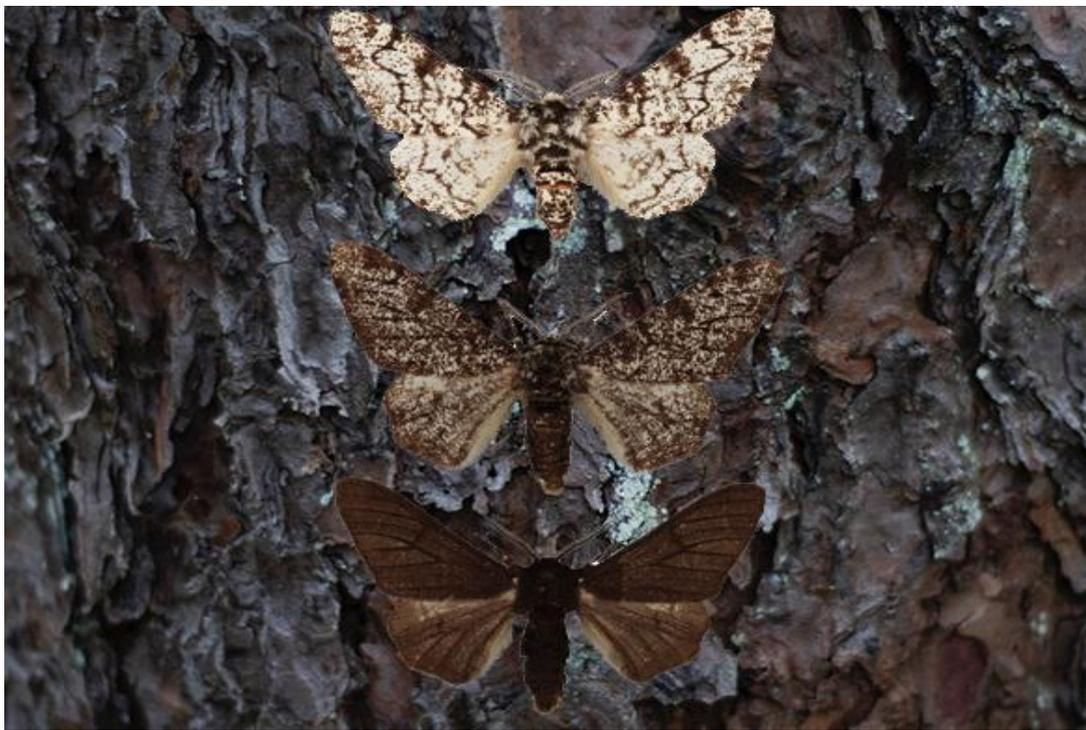
Любая популяция изначально **неоднородна**, однако **большинство особей** имеют **среднее** значение признака, а **меньшинство** – иные его варианты.

В результате **постепенного направленного изменения** окружающей среды происходит **смещение признака**.

Например, в популяции, где есть особи с **длинной, средней и короткой шерстью**, при наступлении холодов первыми погибнут особи с **короткой шерстью**, а преимущество получат особи с максимально длинной шерстью.

Выживают и оставляют потомство только те особи, чей **вариант признака** максимально подходит **изменившимся условиям среды** и формируется **новая средняя норма** вместо существующей, переставшей соответствовать новым условиям. Однако в результате **мутаций**, утраченный признак может снова **проявиться в следующих поколениях**.





Фенотипическое разнообразие берёзовых пядениц

Изменения окружающей среды невозможно **предугадать**, как и невозможно к ним **заранее приспособиться**. Однако, чем **гетерогеннее** (разнороднее) **популяция**, тем больше шансов, что в изменившихся условиях **выживет** хотя бы какая-то ее часть. Поэтому **мутации** возникают **случайно** и **ненаправленно** (т.е. не служат формированию **специального признака**, подходящего под специальные условия), могут проявиться или не проявиться в **фенотипе**, и только в случае **проявления** на них начинают действовать силы **естественного отбора**.

Мутация затрагивает **гены**, а отбор действует на уровне **признака**, т.е. **мутация** может передаваться из поколение в поколение, не подвергаясь действию **отбора**.

АНТРЕВОЛЬТЫ И ПРИЗНАКИ С РАВНОЙ СЕЛЕКТИВНОЙ ЦЕННОСТЬЮ

Мутации не всегда приводят к понижению или повышению выживаемости их носителя. Многие мутации формируют признаки с **равной*** селективной или адаптивной ценностью (примерами являются цвет глаз, цвет волос, окраска цветков и т.д.).

***Со временем** или при смене среды такой вариант может стать как **позитивным**, так и **негативным** (в Средние века рыжеволосых женщин обвиняли в пособничестве дьяволу и сжигали на кострах).



Варианты цвета глаз



Сжигание ведьмы



Опылитель-пчела с равной вероятностью опылит оба типа роз

КАК ИЗМЕРИТЬ АДАПТИВНУЮ ЦЕННОСТЬ?

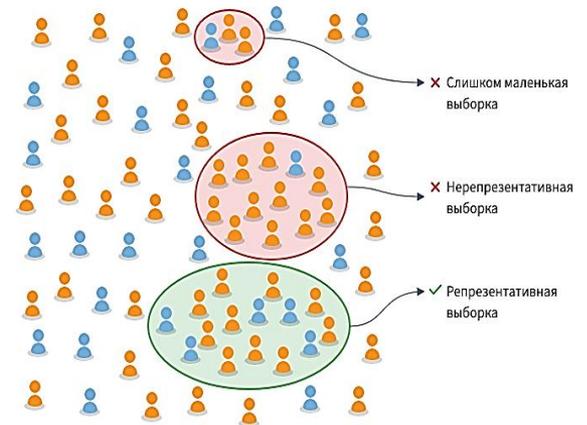
Адаптивная ценность признака выражается в количестве и качестве потомков, которое может оставить особь, имеющая определенный вариант признака. Если в популяции особи, отличающиеся только по одному признаку, оставляют примерно **одинаковое количество потомков**, то эти варианты имеют равную **адаптивную ценность**.



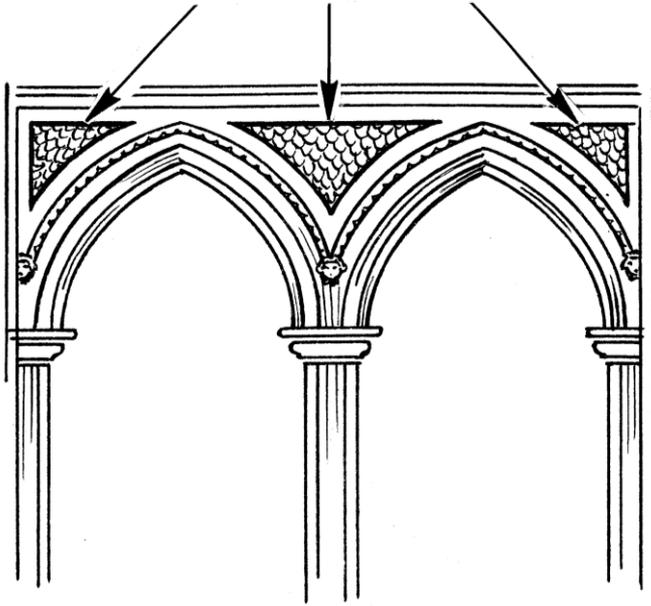
Альбиносы в Африке

Например, в Африке у альбиносов шансов умереть от **меланомы** куда больше, чем у людей с темным цветом кожи, следовательно, и меньше шансов оставить **жизнеспособное потомство**. Значит, окраска кожи **адаптивную ценность** имеет. А вот окраска глаз никак не влияет на **репродуктивный потенциал** особи, поэтому является **нейтральным** показателем.

Т.к. **исключения** всегда присутствуют, исследуемая выборка должна быть **репрезентативной**, т.е. являться частью **генеральной совокупности** (всей популяции), и основные параметры выборки не должны отличаться от основных параметров генеральной совокупности.



Антревольт



Череп человека



Череп кошки

В архитектуре антревольтom называется части плоскости стены между дугой арки и расположенным над ней карнизом. Антревольтами в биологии называют особенности организма, которые **не имеют** приспособительного значения и являются **следствием** появления **других признаков**. Например, **подбородок** не несет никаких функций, а является следствием изменения строения черепа.



Кирк и Майкл Дугласы

Антрэволюты могут со временем приобрести **адаптивную ценность** для организма. Например, указывать на **родство** отца и сына, что было крайне важным для правящих династий.

Организм старается либо избавиться от **бесполезных признаков**, либо найти им **применение**. Это помогает сохранить ресурсы и энергию для выполнения главной биологической функции – оставления копий генов.



Представители династии Габсбургов

Габсбургская династия – одна из наиболее могущественных европейских династий, правящая с 930 г. по 1745 г. С конца 15 в. отличительной особенностью Габсбургов считалась сильно выступающая вперед нижняя челюсть и вывернутая нижняя губа.



Лингвист **Ноам Хомский** высказал предположение*, что язык в современном его виде также является **антревольт**, т.к. для **коммуникации** не требуется сложных **языковых конструкций**, а всю необходимую информацию можно получить и передать, используя всего несколько простейших звуковых сигналов и жестов. Однако сейчас язык широко используется людьми для осуществления **ритуальной агрессии**, повышения **социального статуса** и **узнавания «своих»**.

СОВРЕМЕННЫЙ ЯЗЫК

ОБМАН

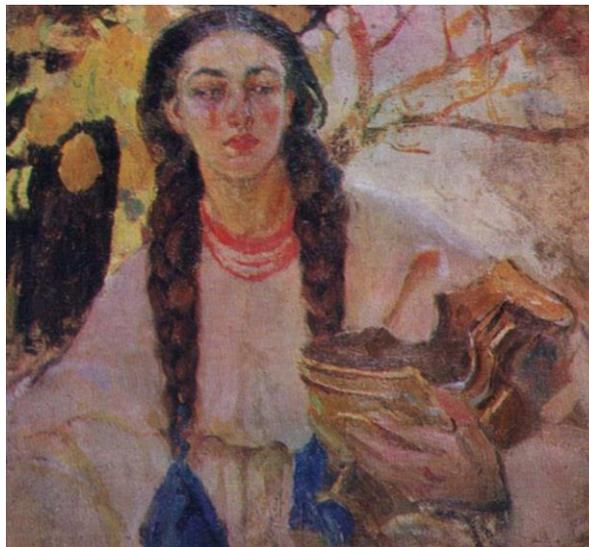
СПЛЕТНИ

НАСМЕШКИ

Мутация гортани сначала позволила говорить на выдохе (**антревольт**), потом стала **адаптацией** (более точный обмен информацией) и **преадаптацией** (ритуальная агрессия).

РУДИМЕНТЫ И ИХ АДАПТИВНОЕ ЗНАЧЕНИЕ

У человека волосы изначально являлись **рудиментом**, т.е. структурой, утратившей в процессе эволюции свое **первоначальное значение** (защита от переохлаждения). Однако на протяжении многих тысяч лет волосы выполняют функцию **индикатора здоровья** – густые и блестящие волосы у женщин или борода у мужчин свидетельствуют об **избытке ресурсов и энергии** у организма.



Во многих культурах незамужние девушки не носили головной убор именно для демонстрации густых и длинных волос

Молодые девушки должны были доказать, что способны обеспечить не только свои **базовые нужды**, но и выносить и **выкормить ребенка**, поэтому с детства ухаживали за волосами. Даже сейчас товары для волос составляет большую часть всей косметической продукции.



Замужние же женщины традиционно прятали волосы под головным убором именно потому, что у них уже не было необходимости **демонстрировать** свое здоровье потенциальному жениху.



АДАПТАЦИИ И ПРЕАДАПТАЦИИ

Многие приспособления организмов были предназначены для выполнения **одних функций**, но в процессе эволюции стали выполнять другие, более **важные функции**, в связи с чем первоначальные функции утратились.



Попугай кеа

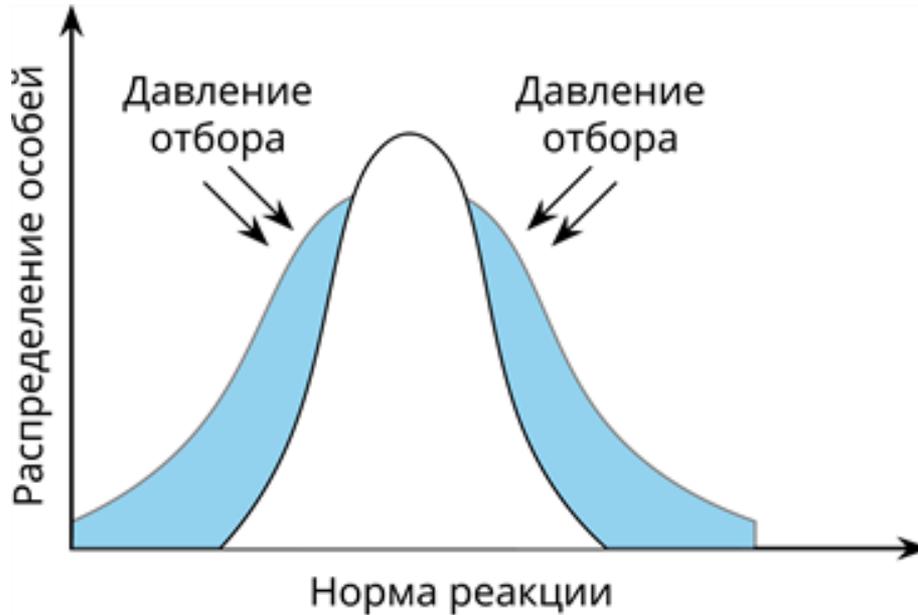


Кеа ест овцу

Изначально клюв и когти **попугая кеа** являлись **адаптацией** для лазания по деревьям, но после того как европейские переселенцы завезли в Новую Зеландию овец, попугаи обнаружили, что с помощью **острых клювов** возможно расклевать на их спинах большие раны, после которых овцы гибнут, а **кеа** питаются их мясом. Несмотря на то, что кеа считаются всеядными птицами, многие особи в популяции перешли исключительно на мясную диету. Т.е. клюв стал выполнять **совершенно** другую задачу.

СТАБИЛИЗИРУЮЩИЙ ОТБОР

При относительно неизменных условиях среды отбором поддерживается **постоянство среднего значения признака**, тогда как **крайние значения** преимущества не получают и **погибают**. Такой вид отбора сохраняет приспособленность вида, устраняя резкие отклонения от **средней нормы**, тем самым стабилизируя популяцию и называется **стабилизирующим отбором**.



Альбинизм, как крайнее значение признака отбор поддерживать не будет, т.ч. рано или поздно останутся только окрашенные особи.

Отбор действует на крайние варианты

В популяциях животных регулярно появляются **альбиносы**, но в дикой природе они погибают, т.к. являют собой **нетипичный** для данных условий **вариант признака**. Поэтому альбинос-жираф может выжить только в условиях зоопарка или в отсутствии **естественных хищников**.

Неизменяемость видов в течение долгого времени свидетельствует о формировании **идеальной адаптации** к конкретным условиям среды, а не об отсутствии **эволюционного процесса** (**мутации** продолжают появляться, но отбор их не поддерживает).

гибель во время сильной бури **птиц**, имеющих слишком **короткие** и слишком **длинные** крылья

более частая гибель при рождении **новорожденных млекопитающих** с очень **низким** и очень **высоким** весом

сохранение в популяциях **зайцев** особей с оптимальной длиной **конечностей**

сохранение у **растений**, опыляющихся **насекомыми**, определённого строения **цветка**, соответствующего размерам насекомых

И наоборот – **постоянная изменчивость** говорит об изменении **окружающей среды** и недостатке **идеальной адаптации** (например, человек и его изменения).

существование **реликтовых видов** организмов, сохранившихся в **неизменном виде** на протяжении **миллионов лет**.



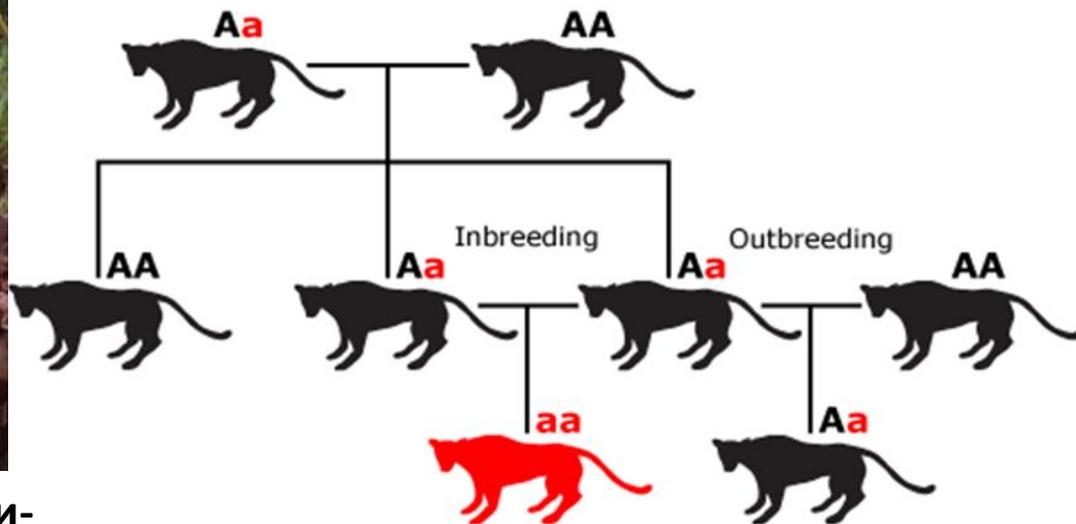
Реликтовые виды: латимерия, щитень и гаттерия

ПОЛЬЗА ИНБРИДИНГА

Ошибочно считается, что инбридинг или близкородственное скрещивание приводит к появлению **новых мутаций**. На самом деле инбридинг приводит к фенотипическому **проявлению** существующих в гетерозиготных организмах (Aa) **рецессивных аллелей** в следующем поколении.



A = Dominant allele **a** = Recessive deleterious allele



Племена пигмеев как пример стабилизирующего отбора и инбридинга

Проявление рецессивных аллелей

Инбридинг с одной стороны позволяет удалить из генофонда популяции всех больных или неприспособленных к жизни в конкретных условиях среды особей, а с другой гарантирует появление потомства, максимально схожего с родительскими вариантами (т.к. близкие родственники, как правило, имеют схожие генотипы).



Гималайские горы



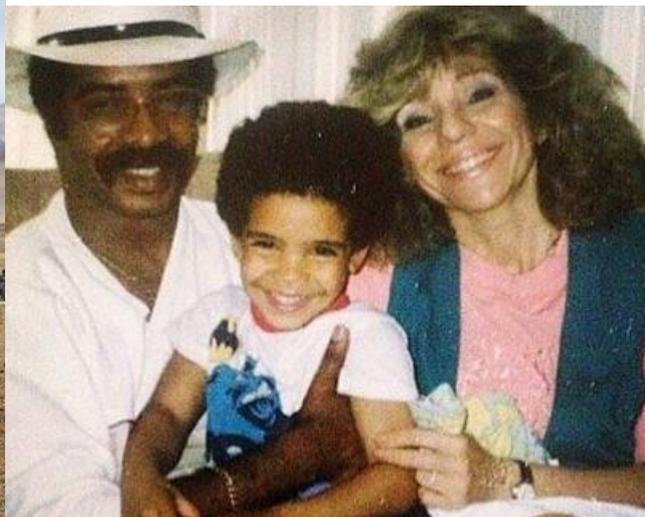
Полиандрический матриархат

В Гималайских горах, где очень суровый климат, выжить можно только при условии наличия в семье нескольких мужчин. Классическая моногамия или патриархат невозможны, поэтому в популяции жителей Тибета и Непала сложился особый тип отношений – полиандрический матриархат. Однако женщина не просто имеет нескольких мужей, но все они являются близкими родственниками друг друга. Следовательно, даже если самец не уверен в отцовстве, он точно знает, что ребенок унаследовал его гены (например, полученные от родного брата).

Инбридинг позволяет не только размножить нужные аллели признака, но и **снизить конкуренцию** между особями!

ПОЛЬЗА АУТБРИДИНГА

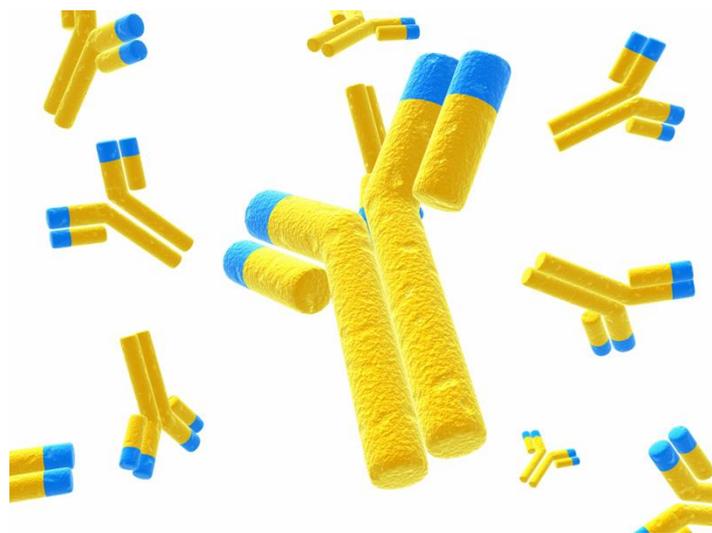
Несмотря на то, что казахи и узбеки являются тюрками и исторически проживали на одной территории, их подход к браку был кардинально разный: если узбекам позволялось жениться на двоюродных сестрах, то казахи не должны были скрещиваться до седьмого колена. Такая разница обусловлена образом жизни этих народов: узбеки жили оседло, тогда как казахи – кочевали с места на место.



Дрейк с родителями. Пример аутбридинга

Следовательно, в неизменных условиях среды узбекам нужно было стабилизировать имеющиеся варианты, а казахам все время придумывать новые, т.к. в новых местах всегда присутствуют новые патогены, к которым нужно выработать новые антитела – главные молекулы иммунной системы.

Тяжелые и легкие цепи антител кодируются не генами, а набором генных фрагментов или экзонов, которые разделены между собой интронами. В ходе созревания В-лимфоцитов эти сегменты случайным образом перестраиваются и создают огромное количество разнообразных вариантов антител.



Антитело



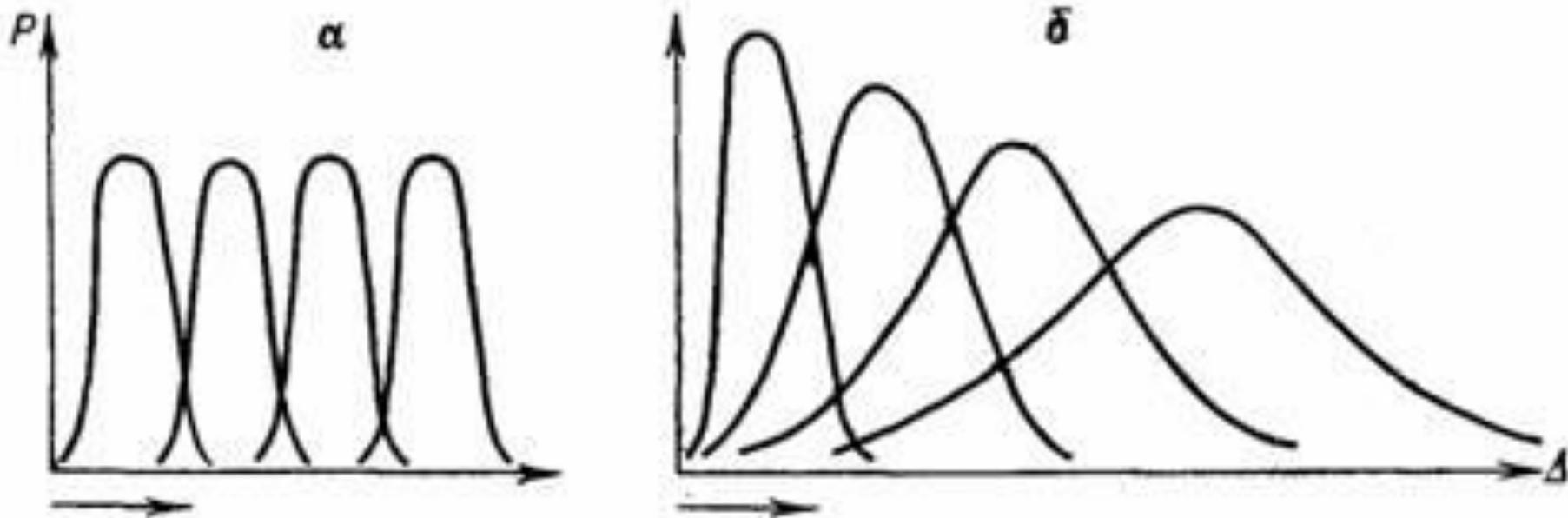
На картинке показан процесс альтернативного сплайсинга и созревания мРНК. За счет соматической рекомбинации данных фрагментов, В-лимфоциты способны производить более 25 миллионов (!) типов антител. А с учетом мутаций, их количество возрастает. Следовательно, чем больше мутаций в генах родителей (на каждое поколение в среднем приходится 60 новых мутаций) и чем они разнообразнее, тем больше вариантов антител изначально будет у их потомства.

Наличие же в популяции **множества фенотипов** говорит о том, что либо условия **среды неоднородны**, поэтому и некоего **идеального варианта** быть не может (например, озёрные лягушки, живущие в водоемах с разной степенью освещенности и разным количеством растительности, демонстрируют различные виды окраски), либо ни один из **имеющихся вариантов** никак не влияет на выживание и **не подвергается** действию отбора (признаки с равной селективной ценностью и антревольты). Это – **дестабилизирующий отбор**.



Ярчайшим примером дестабилизирующего отбора является **человек разумный**, у которого множество признаков предствленно сразу **несколькими вариантами** (цвет и разрез глаз, цвет и тип волос, рост и размер, цвет кожи и т.д.).

Хотя, как правило, **мутации возникают спонтанно**, а их количество новых незначительно, **резкое и ненаправленное изменение условий окружающей среды** (например, сброс в водоем, в котором живут лягушки, формальдегида или радиоактивных отходов) значительно повышает скорость мутагенеза.



Сравнение направленного и дестабилизирующего отбора

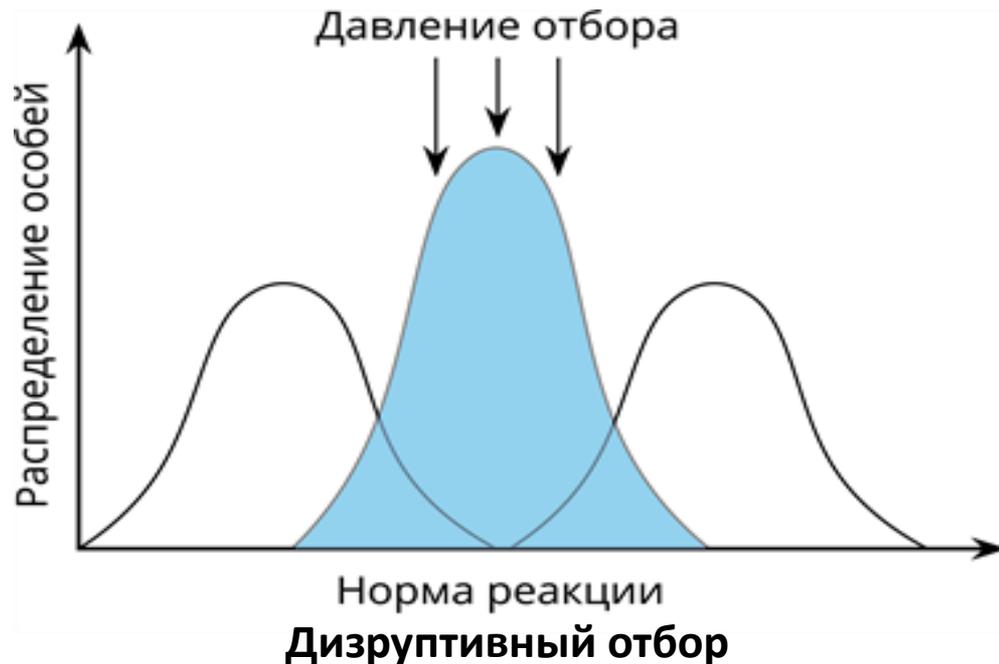
В **исходной популяции** резко возрастает и число мутантных особей, и вероятность того, что тот или иной **новый вариант признака** окажется **жизнеспособным** в изменившихся условиях среды. Тогда **стабилизирующий отбор** быстро сохраняет эти отклонения, действуя не на крайние значения признака, а на любые, отклоняющиеся от **новой средней нормы**. Поэтому после катастрофы в изначально гетерогенной популяции может наблюдаться гомогенность.

ДИЗРУПТИВНЫЙ ОТБОР

В результате **изменений условий окружающей среды** (в т.ч. и миграций) **преимущество получают особи с крайними значениями признака**, что приводит к появлению нескольких новых форм из одной исходной популяции. **Дизруптивный отбор** способствует возникновению и поддержанию разнообразия популяций.

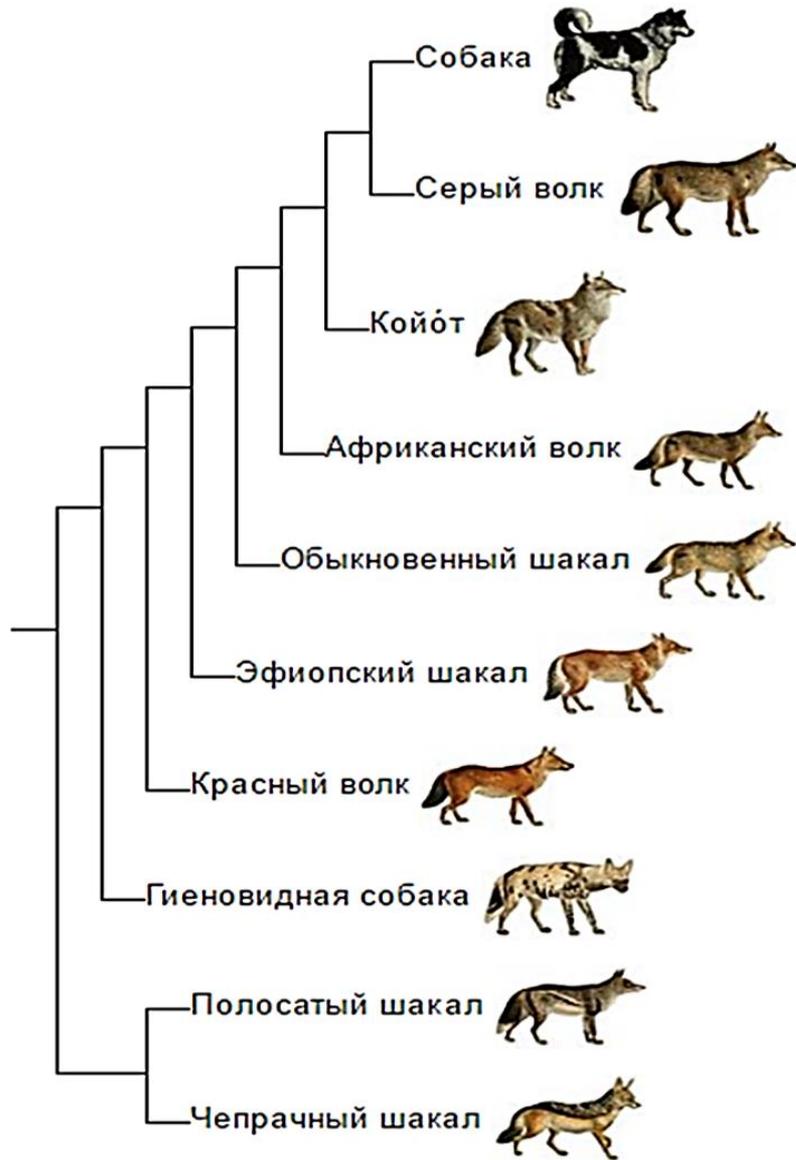


Погремок луговой



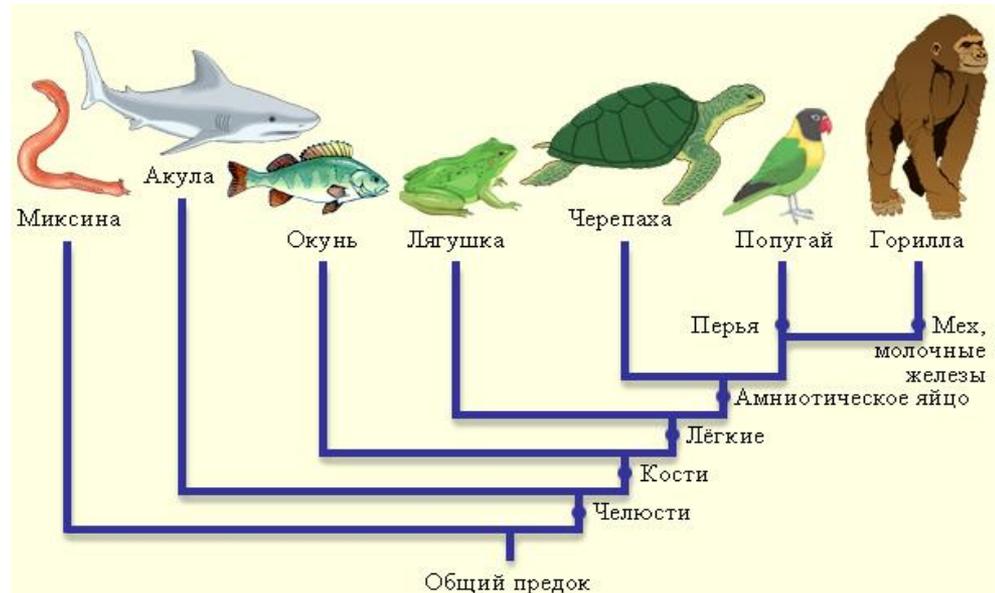
Примером **дизруптивного отбора** является формирование двух рас у сорного растения **погремка**. Изначально погремок цвел в июле, в самое благоприятное время, но попадались растения, цветущие или раньше или позже срока. Т.к. покос проводят тоже в июле, то **среднецветущие формы** погибли, а **раннецветущие** и **позднецветущие** формы остались.

ДИВЕРГЕНТНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ



Один предок и многообразие потомков

Спустя какое-то время расы по-ремков могут обособиться в разные подвиды, а потом и виды, т.е. пойти по пути **дивергенции**. Необходимым условием являются **неоднородные условия среды**, способствующие отбору определенных вариантов признаков у разных групп исходно родственных особей. Именно дивергенция лежит в основе **большого разнообразия видов**.



КОНВЕРГЕНТНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Находясь в **сходных условиях среды** разные виды способны формировать сходные признаки (например, **покровная окраска** пустынных животных, **тяжелые наружные скелеты** у донных животных – губок, коралловых полипов, крабов, оболочников). В результате **конвергентной эволюции** органы, имеющие разное происхождение, но выполняющие одинаковую функцию, приобретают сходное строение и становятся **аналогичными**.



Губка



Коралловый полип

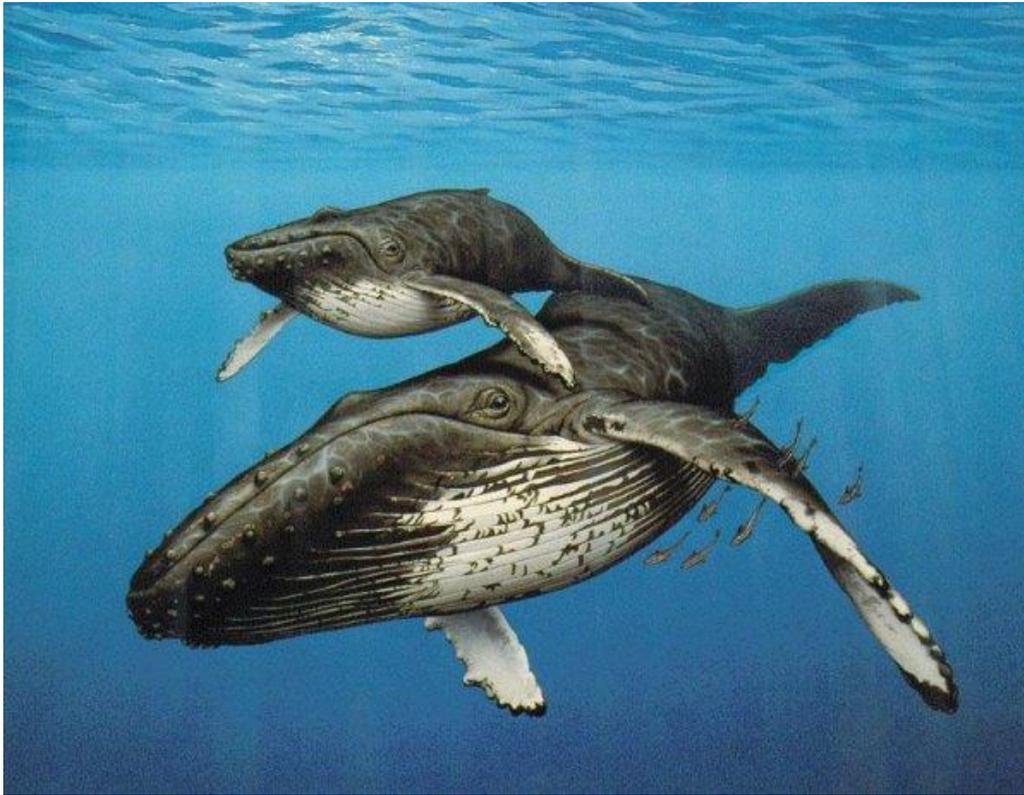


Оболочник

Зная условия **среды обитания**, можно предположить, какие **признаки** будут развиваться у совершенно разных видов, и наоборот – зная варианты **признаков**, можно сделать вывод об **условиях среды** (ласты – вода, крылья – воздух, ночной образ жизни – ночное зрение, подземный образ жизни – вибриссы).

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

Параллельная эволюция – это процесс эволюционного развития в **сходном направлении** двух или нескольких первоначально родственных видов. Например, несмотря на наличие общего предка, ласты у китообразных и ластоногих развились **независимо друг от друга**, а саблезубость развилась как у кошек, так и у других млекопитающих.



Водная среда способствует развитию ласт у вторичноводных млекопитающих



Разница между **дивергентной эволюцией** заключается в условиях среды – в случае **дивергентности** они разные, в случае **параллелизма** они схожие. А т.к. предок один, то признаки развиваются тоже **схожим образом**.

А ЧТО НАСЧЕТ НЕВЫЖИВШИХ?

В отличие от **Дарвина**, полагавшего, что особи в популяции находятся в **постоянной борьбе** за ресурсы, **Уоллес** считал, что животные в дикой природе **конкуренции** всячески избегают, т.к. в войне отсутствует сторона-победитель, а выигрыш зачастую не превышает проигрыш.

Есть и еще более надежные способы **уменьшить конкуренцию** – состариться, заболеть или умереть. Родители, произведя достаточное количество потомков, становятся **помехой** для этих потомков, конкурируя с ними за пищу. **Естественный отбор** выбраковывает родителей и во многих случаях даёт **преимущества** тем расам, представители которых **умирают почти сразу** же после того, как произвели потомство.

Поэтому **больные и слабые особи**, не прошедшие отбор, **стабилизируют популяцию**, позволяя ей жить и развиваться, а вредные **мутации** продолжают **поддерживаться** отбором именно для сохранения данного баланса.

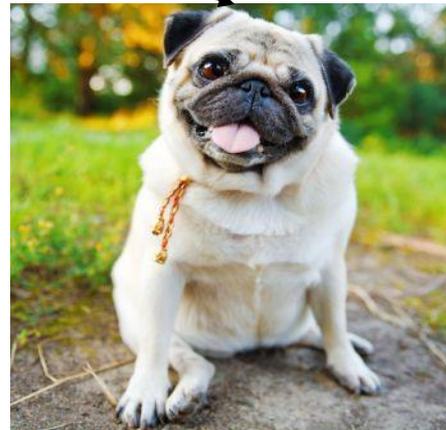
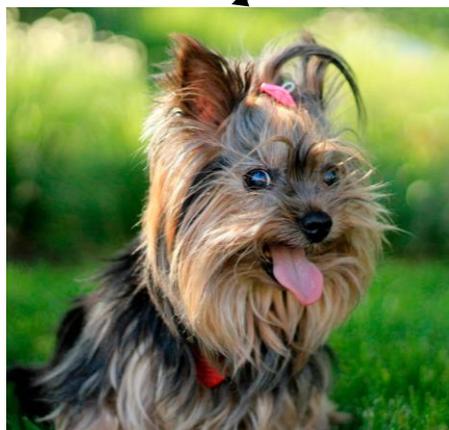


Нерест лосося

КОНКУРЕНЦИЯ – ЭТО ВСЕГДА ПОТЕРИ!

ИСКУССТВЕННЫЙ ОТБОР

Искусственный отбор обычно противопоставляется отбору естественному и считается чем-то вредным и даже опасным. Противники **искусственного отбора** приводят в пример породы животных и сорта растений, которые практически полностью утратили сходство с общим предком и **не способны выжить** без участия человека.



Породы собак, максимально непохожие на общего предка



Руконожка ай-ай



Голый землекоп



Рыба-капля

У эволюции нет задачи создать **идеальные формы**, поэтому и в живой природе встречаются виды, далекие от человеческих представлений о красоте. Отсутствие у видов, созданных человеком, **приспособлений** к жизни **вне привычной среды** обитания тоже не говорит о негативном влиянии искусственного отбора – любой организм **приспособлен к конкретным условиям**, а не ко всем существующим.

Искусственный отбор может быть не только сознательным, но и бессознательным. В этом случае человек не создает **новые формы**, а отбирает имеющиеся, способствуя их размножению. Единственное отличие – сохранение не вредных, а полезных **для себя признаков**.

