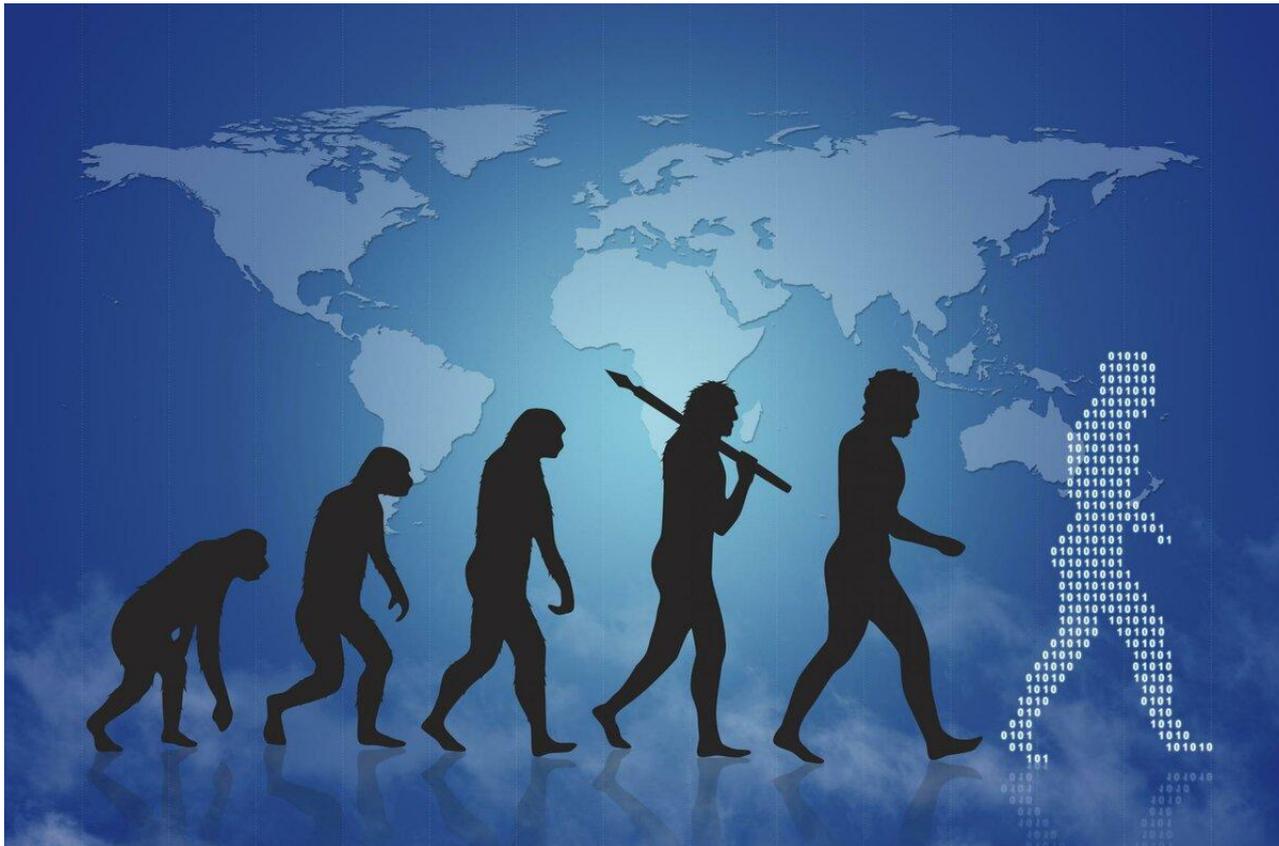


# Лекция по теме: «Эволюция»

Подготовлена: доцентом кафедры биологии  
медицинской стоматологического факультета  
Медицинской академии имени С.И. Георгиевского  
Жуковой А.А.



# Эволюция

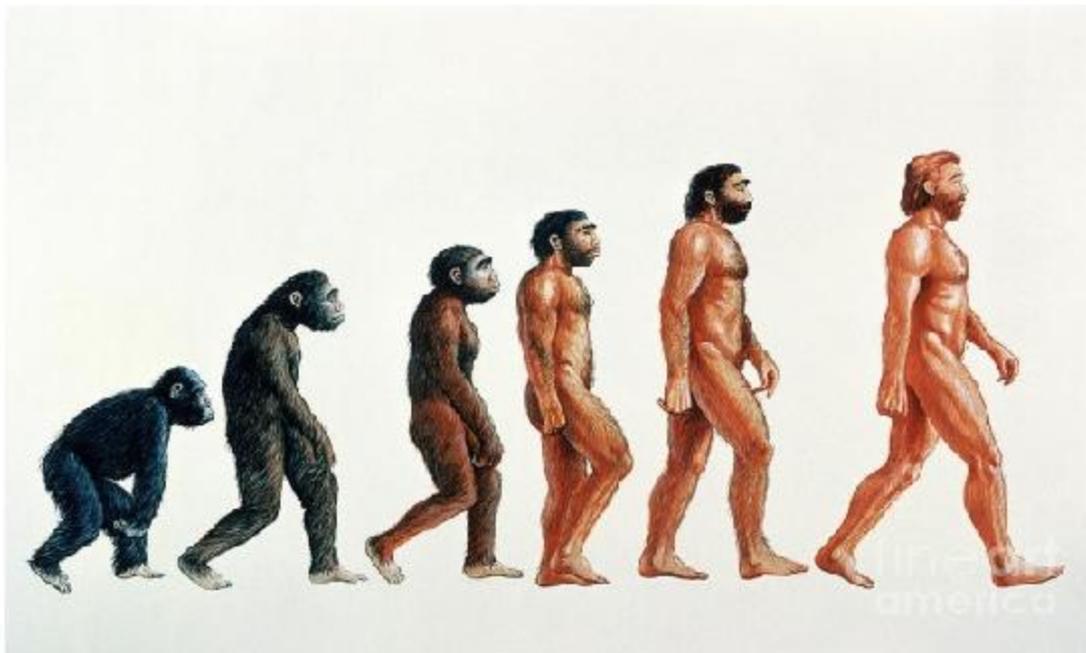


- от лат. *evolutio* – развитие, развертывание
- термин впервые использовал швейцарский натуралист **Шарль Бонне** в 1762 г. в одной из эмбриологических работ

*Шарль Бонне*

# Что такое «эволюция»?

- Эволюция – необратимый процесс исторического развития живой природы на основе изменчивости, наследственности и естественного отбора.



# *Биологическая эволюция*

- — необратимое и направленное (?) историческое развитие живой природы, сопровождающееся изменением генетического состава популяций, формированием адаптации, образованием и вымиранием видов, преобразованиями биогеоценозов и биосферы в целом.

# История эволюционных идей

- Эволюционное учение Ч. Дарвина было опубликовано в 1859 г.
- **Всю историю биологии от момента ее зарождения и до выхода в свет учения Дарвина принято называть додарвиновским периодом.**
- В истории додарвиновской биологии можно выделить несколько этапов.

В исторической хронологии развития эволюционных идей в биологии условно можно выделить четыре этапа:

**Первый этап** начинается от Древнего мира и длится до эпохи Средневековья. На этом этапе появляются предпосылки к становлению эволюционной биологии, выделению основных направлений изучения эволюции. В это время появляются такие теории, как самозарождение жизни, влияние условий среды на организмы. Основными мыслителями того времени являются Аристотель, Демокрит, Эмпедокл. Многие из теорий, выдвинутых этими философами, нашли свое продолжение в трудах ученых эпохи Возрождения и Нового времени. Некоторые же из этих теорий были опровергнуты при постановке научных опытов.

**Второй этап** относится к эпохе Средневековья. На данном этапе основной теорией происхождения и развития жизни на Земле была теологическая, божественная - креационизм. Согласно данной концепции - Бог создал Землю и все живое на ней. Все иные теории становятся недопустимыми, начинаются гонения на ученых. Развитие науки идет на спад.

**Третий этап** развития эволюционных идей относится к эпохе Возрождения и Новому времени. Данный этап характеризуется началом классификации живых организмов, где первым основным направлением становится систематика; выдвижением глобальных теорий эволюции организмов и открытием новых законов. Основными мыслителями этого времени являются: Ламарк, Кювье, Бюффон, Линней, Дарвин, Мендель. Одни из ученых продолжают придерживаться теории самозарождения, например Ламарк. Другие же открывают новые законы и выдвигают новые теории: Дарвин, Мендель.

# Таблица № 1. Эволюционные представления

№	Эволюционный период	Ученые - эволюционисты	Представления об эволюции
1	Античный период	Диоген, Эпмедокл, Демокрит, Аристотель, Ксенофан, Диодор Сицилийский.	Отдельные идеи о единстве живой и неживой материи, об изменяемости природы.
2	Средневековый период (4 - 14 века)	Альберт Великий, Иоганн Бутео, Бернар Палисси.	Господство метафизических взглядов, виды остаются неизменными.
3	Время умозрительных построений (15 - 18 века)-	К.Линней, Роберт Гук, Джон Рэй, Луи Бюффон, А.Везалий.	Накопление практических взглядов, работы К.Линнея - систематика живой природы.
4	Период трансформизма (18 - 19 века)-	Кант, Рулье, Бэр, М.В. Ломоносов, Ж.Б.Ламарк.	Первые теории об изменяемости живой природы. Работы Ж.Б.Ламарка - классификация животных.

# История эволюционных идей

Метафизические воззрения были тесно связаны с идеями:

- ◆ **КРЕАЦИОНИЗМА** – виды созданы творцом и неизменны.
- ◆ **ПРЕФОРМИЗМА** – всякое живое изначально заложено в живом (*например, полностью сформировавшийся зародыш находится в головке сперматозоида или яйцеклетке*).

Гераклит V в. до н.э.	Идея всеобщей изменяемости мира и превращения одних существ в другие
Демокрит (около 460-370 гг. до н.э.)	Живое возникает из неживого: живые организмы возникли путем самозарождения из ила
Эмпедокл (490-430 гг. до н.э.)	Идея выживания наиболее приспособленных в борьбе за жизнь. Живые организмы возникли путем самозарождения из тины.
Аристотель (384 - 322 гг. до н.э. )	Развитие живой природы из неживой: все в природе взаимосвязано.
К.Линней (1707 - 1778 )	Виды созданы Богом, постоянны и неизменны. Создал классификацию растений и животных. Поместил человека в один отряд с обезьяной.
Ж.Б. Ламарк (1744 -1829 )	Видов в природе нет. Создал классификацию животных. Сформулировал первую теорию эволюции. Факторами эволюции являются упражнения и неупражнения органов, стремление к самосовершенствованию.
Ч.Дарвин (1809 -1882 )	Сформулировал научную теорию эволюции. Факторы эволюции - наследственная изменчивость, борьба за существование и естественный отбор.

**Основные этапы развития взглядов учёных на вопрос Эволюции**

## История эволюционных идей

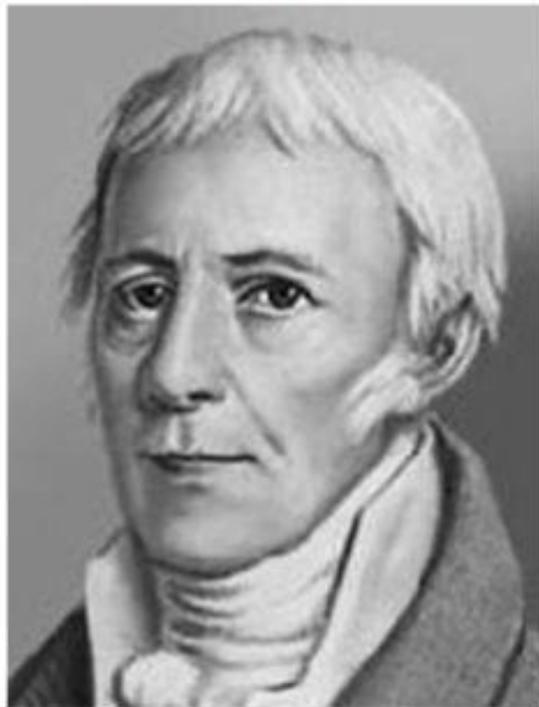
Креационисты (К.Линней, Ж. Кювье) доказывали, что виды живой природы реальны и неизменны со времени своего появления

# История эволюционных идей

- Появившиеся сомнения в неизменности видов привели к возникновению **ТРАНСФОРМИЗМА** – системы взглядов об изменяемости и превращении форм растений и животных под влиянием естественных причин.
- Трансформисты были далеки от понимания развития природы как исторического процесса, но способствовали зарождению эволюционных идей.

# Первое эволюционное учение

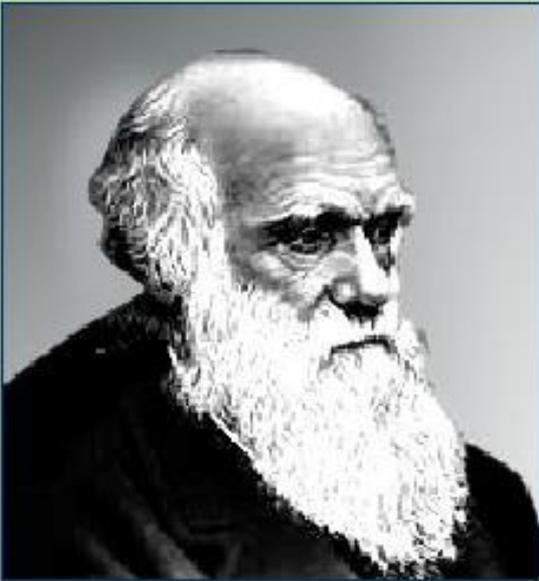
В 1809 году французский ученый *Ж.-Б. Ламарк* изложил свои взгляды на сущность и причины эволюции в труде «Философия зоологии».



Ж.-Б. Ламарк (1744 - 1829)

- ✓ Ламарк впервые признал изменчивость видов.
- ✓ Он предложил своеобразную систему животного мира – от простых к более сложным в виде «лестницы».
- ✓ Главной причиной эволюции считал заложенное в организмах стремление к прогрессу и упражнение органов.
- ✓ Считал, что изменение органов в процессе упражнений (т.е. модификации) передается по наследству.
- ✓ Однако, Ламарк не сумел объяснить причину и движущие силы эволюции.

# Чарльз Роберт Дарвин (1809 – 1882)



Английский  
естествоиспытатель  
Роберт Чарльз  
Дарвин

**1831-1836** – путешествие на корабле «Бигль»

**1859** – «Происхождение видов путём естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых рас в борьбе за жизнь»

**1886** - «Изменение домашних животных и культурных растений»

**1871** – «Происхождение человека и половой отбор»

# История эволюционных идей

- Эволюционное учение Ч. Дарвина было опубликовано в 1859 г.
- **Всю историю биологии от момента ее зарождения и до выхода в свет учения Дарвина принято называть додарвиновским периодом.**
- В истории додарвиновской биологии можно выделить несколько этапов.

# Основные положения теории Дарвина

- 1. Каждый вид способен к **неограниченному размножению**
- 2. Организмы одного вида **отличаются** друг от друга совокупностью признаков.
- 3. Ограниченность ресурсов - большая часть особей гибнет в **борьбе за существование** и не оставляет потомства.
- 4. Преимущественно **выживают** и оставляют потомство те особи, которые имеют наиболее удачное для данных условий сочетание признаков, т. е. **лучше приспособлены** к условиям среды.

## Основные положения учения Дарвина

- 1. Благодаря **наследственной изменчивости**, организмы одного вида отличаются друг от друга по многим наследственным признакам.
- 2. Организмы размножаются в геометрической прогрессии. Жизненные ресурсы ограничены. Это приводит **к борьбе за существование**.
- 3. Результатом борьбы за существование является **естественный обор**. При естественном отборе выживают особи, наиболее приспособленные к меняющимся условиям среды и устраняются особи с неадекватными изменениями.
- 4. Выжившие особи дают начало новому поколению, таким образом «удачные» изменения наследуются. При длительном действии естественного отбора, через много поколений особи могут значительно отличаться от исходных форм, образуется **новый вид**.

Для объяснения процесса эволюции органического мира Ч. Дарвин исследовал четыре основных взаимосвязанных фактора:

- 1 изменчивость;
- 2 наследственность;
- 3 борьбу за существование;
- 4 естественный отбор

# XX век – синтетическая теория ЭВОЛЮЦИИ

- Дарвин не понимал механизмов наследственности.
- Грегор Мендель жил в одно время с Дарвином, но о его работах мир узнал только в 1900 году.
- Вот тогда и начался синтез генетики и дарвинизма, который дал **синтетическую теорию эволюции (СТЭ)**.

# Синтетическая теория эволюции

- Дж. Хаксли
- «Эволюция: современный синтез»
- 1942 год



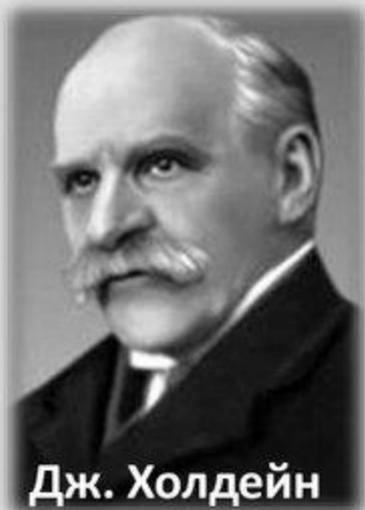
# СИНТЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ (СТЭ)

- Термин «СТЭ» берет свое название от книги английского эволюциониста Джулиана Хаксли *«Evolution: The Modern synthesis»* – «Эволюция: современный синтез» (1942 г.)
- СТЭ возникла в начале 40-х годов XX века и представляет собой учение о происхождении органического мира, разработанное на основе данных современных генетики, экологии и классического дарвинизма.

**Авторы:** С.С. Четвериков, Дж.Холдейн, Р.Фишер

## Основные положения:

- Элементарной **единицей** эволюции является популяция
- Элементарные явления: мутации, рекомбинации генов, репродуктивное обособление (дивергенция)
- **Материалом** для эволюции служит наследственная изменчивость
- Элементарным движущим **фактором** эволюции является естественный отбор, мутационный процесс, популяционные волны, изоляция
- Процессы изменчивости носят случайный и ненаправленный характер.
- Эволюция носит постепенный и длительный характер. Видообразование как этап эволюционного процесса представляет собой последовательную смену одной временной популяции чередой последующих временных популяций.
- Эволюция имеет ненаправленный характер



Дж. Холдейн



Р. Фишер



С.С. Четвериков

# У истоков СТЭ



Николай Иванович  
**Вавилов**  
1887-1943



Сергей Сергеевич  
**Четвериков**  
1880-1959



Феодосий Григорьевич  
**Добжанский**  
1900-1975

**1926 – «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики» С.С. Четвериков**

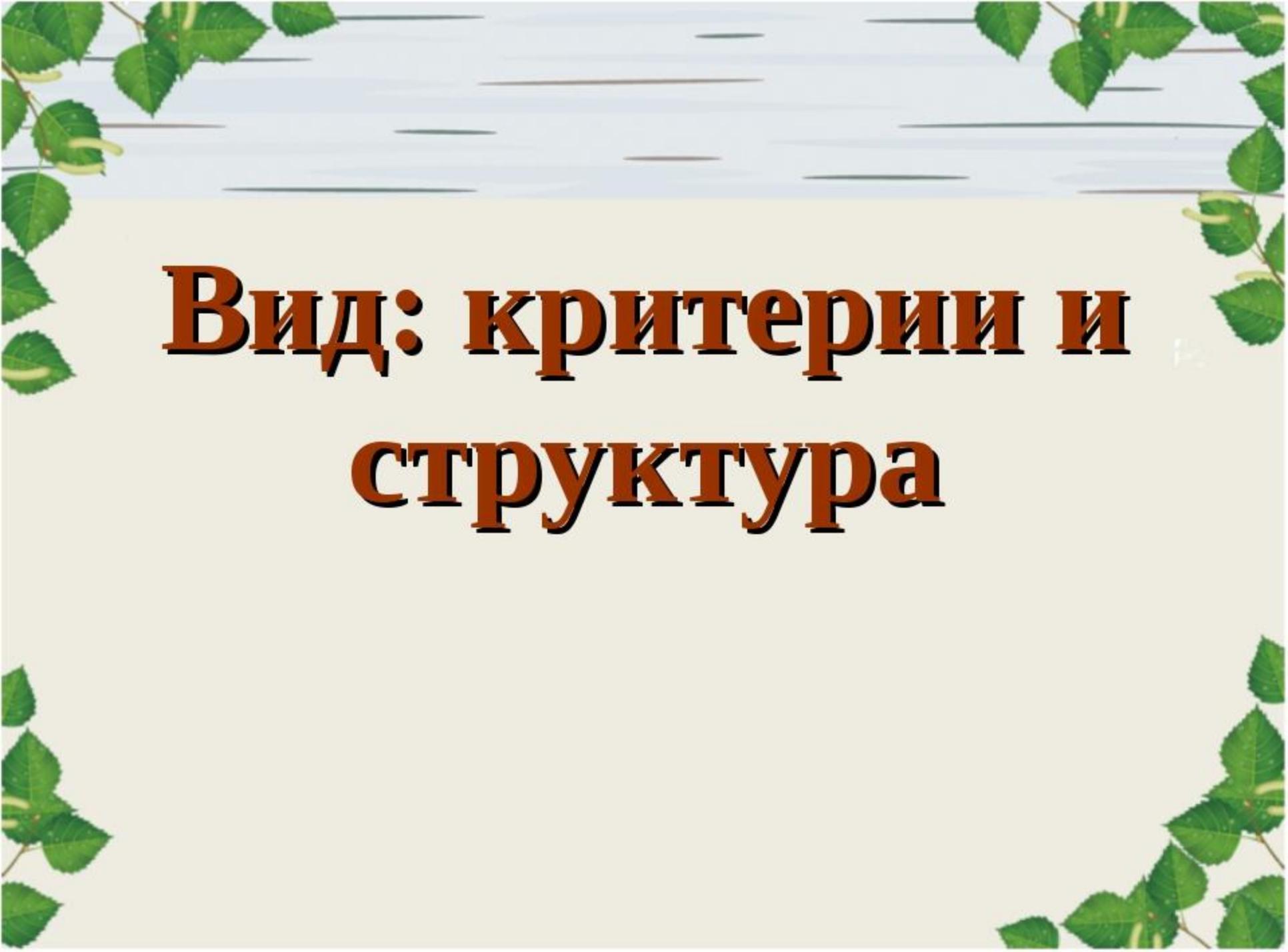
# Основоположники современной (синтетической) теории ЭВОЛЮЦИИ



- **ИВАН ИВАНОВИЧ ШМАЛЬГАУЗЕН**  
(1884 – 1963),  
АКАДЕМИК, ОДИН  
ИЗ КРУПНЕЙШИХ  
ТЕОРЕТИКОВ  
ЭВОЛЮЦИОННОГО  
УЧЕНИЯ

# Основные положения синтетической теории эволюции

1. Элементарным эволюционным материалом являются *мутации*, при этом они носят ненаправленный и случайный характер.
2. Основная движущая сила эволюции — *естественный отбор*, который является следствием борьбы за существование и главным направляющим творческим фактором эволюции.
3. Наименьшая единица эволюции — *популяция*.
4. Эволюция имеет *дивергентные свойства*, т.е. отдельно взятый таксон (например, вид) может являться предком нескольких таксонов, при этом каждый рассматриваемый таксон будет иметь лишь один предковый вид.
5. Эволюция происходит *постепенно и длительно*.
6. Элементарным эволюционным процессом является *изменение генофонда популяции*, при этом элементарными эволюционными факторами (предпосылками) могут быть мутации, естественный отбор, дрейф генов, популяционные волны, изоляции и миграции — все они способствуют постепенному изменению генофонда.
7. Для живой природы характерны *микроэволюции* (изменение в рамках популяции, вида) и *макроэволюции* (появление новых и изменение старых систематических групп).



# **Вид: критерии и структура**

# Критерии вида

- **Вид** – совокупность особей, способных скрещиваться между собой с образованием плодovитого потомства, похожего на родителей, населяющих определенный ареал, морфологически, физиологически, биохимически схожих и отделенных от других видов практически полным отсутствием гибридных форм.
- Понятие «вид» и «род» было введено английским биологом **Джоном Реем** (1627-1705), описавшим свыше 18 600 видов растений. **Линней** в своей классификации использовал вид как основную систематическую единицу.

# Критерии вида

- Критерии вида – характерные признаки и свойства, по которым одни виды отличаются от других.
- Различают критерии:
  - Морфологический;
  - Географический;
  - Экологический;
  - Этологический;
  - Физиологический;
  - Биохимический;
  - Исторический;
  - Генетический.

# Критерии вида

- **1. Морфологический** критерий, наиболее заметный. Это совокупность внешних признаков организма. Долгое время этот критерий был главным и даже единственным.
- Однако, есть и **виды-двойники**, иногда внешне почти неразличимые, но в природе жестко изолированные и не скрещивающиеся между собой.
- Выяснено, например, что под названием «малярийный комар» скрываются на самом деле до 15 внешне неразличимых видов-двойников. А под названием «черная крыса» известны 2 вида-двойника, один из которых имеет 38 хромосом, а другой 42.



# Критерии вида



Муха – осовидка



Муха - журчалка



Бабочка-стеклянница



Прототип - шершень

- **Мимикрия** - сходство безобидных животных с ядовитыми – также затрудняет определение видов.
- Следовательно, морфологический критерий не может быть универсальным.

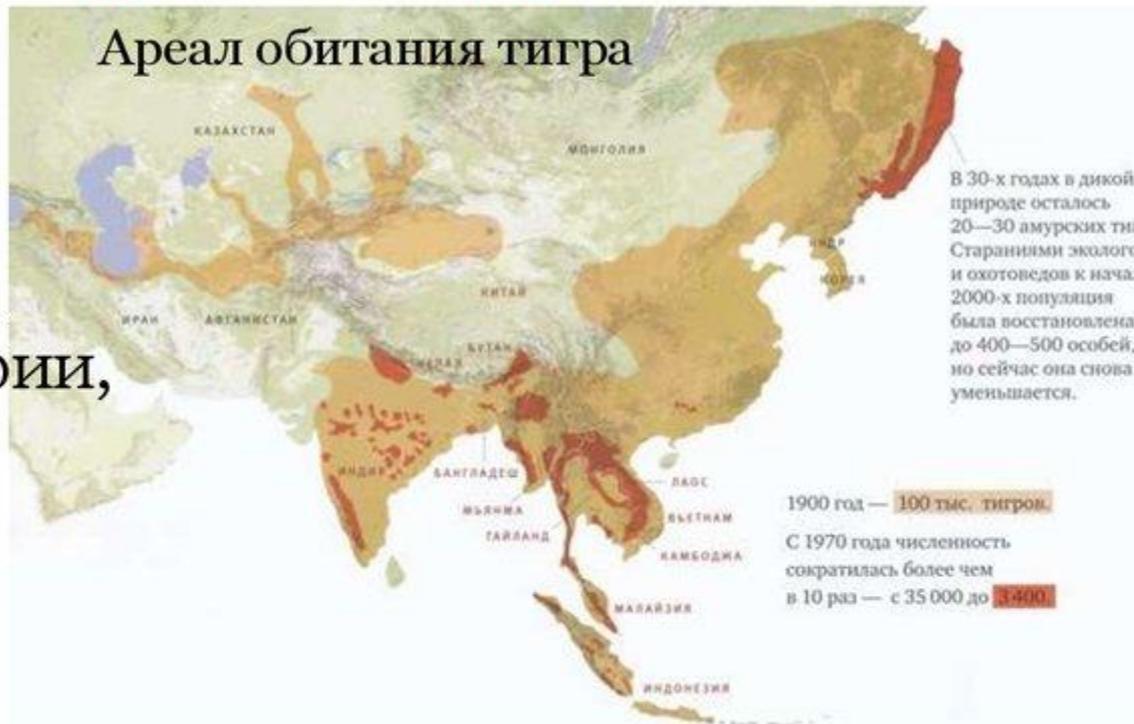
# Критерии вида

## 2. Географический критерий.

Каждый вид обитает на определенной территории, которая называется **ареалом**.



Виды могут быть широко распространенными. Это **КОСМОПОЛИТЫ** – серая крыса, комнатная муха, подорожник, водные болотные виды – рдесты, ряска, рогоз, элодея.



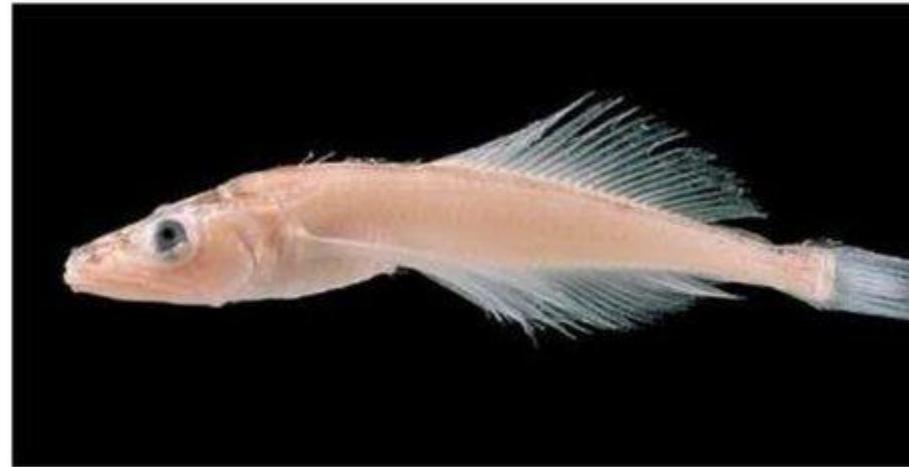
# Критерии вида

## 2. Географический критерий.

Виды с ограниченным ареалом называются **эндемики**.

Фауна и флора озера Байкал, например, на 75% состоит из эндемиков, т.к. уже около 20 млн. лет озеро изолировано от других водных бассейнов горными хребтами.

Живородящая рыба голомянка, байкальская нерпа больше нигде в мире не встречаются.



# Критерии вида

**3. Экологический**  
критерий – совокупность  
факторов внешней  
среды. Это конкретные  
места обитания,  
кормежки, способ  
питания, жилища и т.д.



# Критерии вида

- **4. Этологический** критерий, поведенческий.
- Различия в поведении между особями близких видов наблюдается прежде всего в период спаривания.



Рис. 105. Разные типы брачного поведения двух близких видов чаек

# Критерии вида

- **5. Физиологический критерий** - различия во времени готовности к репродукции (неодновременное созревание половых продуктов).
- **6. Биохимический критерий.** Особи одного вида имеют единую структуру ДНК, что обуславливает синтез одинаковых белков, в том числе гормонов и ферментов.
- Вместе с тем, у некоторых видов бактерий, грибов и даже высших растений состав ДНК оказался очень близким. То есть имеются виды-двойники и в биохимическом смысле.

# Критерии вида

- **Физиолого-биохимические различия** между близкими видами обычно меньше, чем между видами, филогенетически более далекими
- *строение ряда пигментов крови*
- *инсулин обнаружен только у хордовых*
- **не может служить надежным критерием**

# Критерии вида

## 7. Исторический критерий

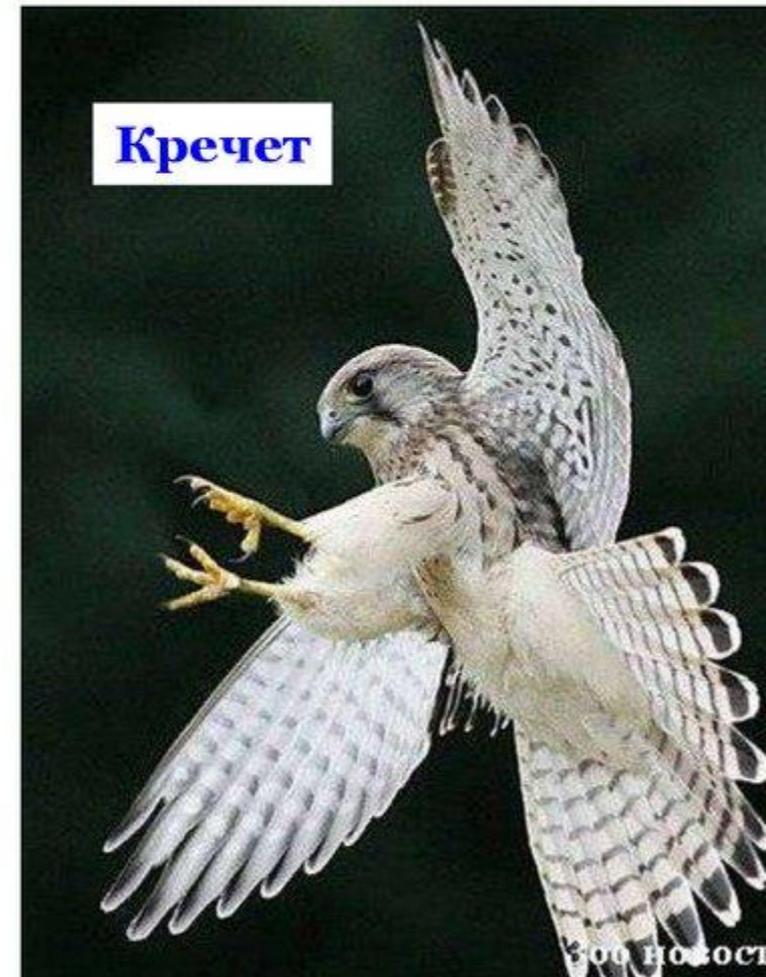
подразумевает наличие родства, общих предков между группами организмов.



**Крылан**



**Полярная сова**



**Кречет**

# Критерии вида

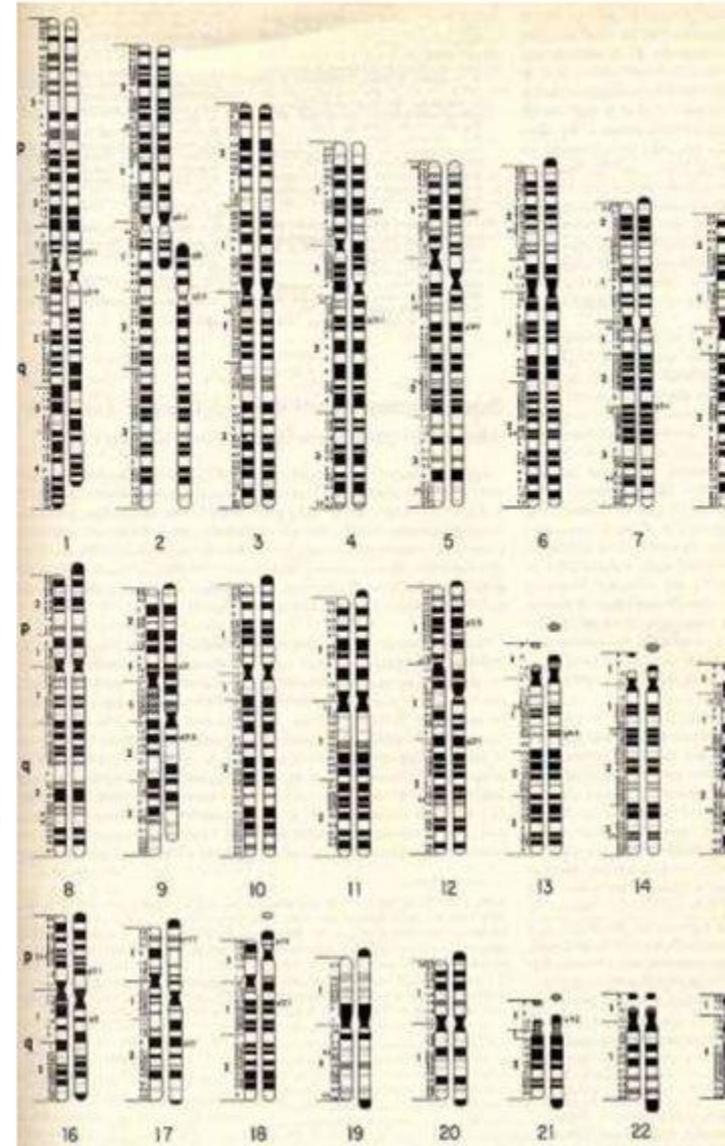
## 8. Генетический (репродуктивный).

Главное свойство вида – его генетическая обособленность.

Разные виды имеют различия в числе, размере, форме хромосом, что затрудняет или делает невозможным нормальное протекание мейоза.

Если же межвидовые скрещивания все же удаются, то образуются неполноценные зиготы, эмбрионы и потомки, большей частью нежизнеспособные. В тех редких случаях, когда потомство вырастает здоровым, оно оказывается неплодовитым.

Генетический критерий является главным, однако, и он не может быть универсальным, так как межвидовые гибриды в природе все же встречаются.



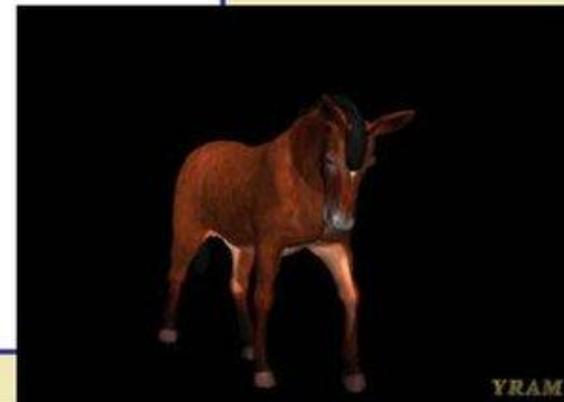
# Генетическая критерий -

*Из-за различия в хромосомном наборе между особями разных видов имеется репродуктивная изоляция:*

- разные сроки размножения;
- по разному устроены половые аппараты;
- сперматозоиды не могут проникнуть в яйцеклетку;
- если оплодотворение произошло, то погибает зародыш или молодой организм рождается нежизнеспособным.
- если гибрид жизнеспособен, то он неплодовит например: лошак, мул, хонорик (хорек и норка)



хонорик



## **ВЫВОДЫ:**

- 1. Ни один из критериев вида не является абсолютным**
- 2. Для определения принадлежности особи к какому-либо виду необходимо учитывать совокупность всех или большинства критериев**

# Популяция – элементарная единица эволюции

Население вида распадается на популяции.

**Популяция** – это группа особей одного вида, длительное время обитающая на определенной территории, воспроизводящая себя в течение большого числа поколений, и изолированная от других популяций того же вида.

# Синтетическая теория ЭВОЛЮЦИИ

**Элементарная единица эволюции - популяция.**

- Популяции - особи одного вида, живущие относительно обособленно от особей другого вида. Смешиванию популяций препятствуют различные барьеры – как географические (горы, крупные водные преграды и т.д.) и биологические.
- Главный объединяющий фактор популяции – это свободное скрещивание особей друг с другом. В популяции возникают и распространяются наследственные изменения, происходит наиболее острая борьба за существование, осуществляется естественный отбор.
- Мелкие индивидуальные изменения могут накапливаться и привести к расхождению признаков и формирования различий между отдельными группами особей.

# Популяция как элементарная эволюционная единица

- **1.** Вид в природе существует в форме популяций.
- **2.** Условия существования разных популяций несколько отличаются.
- **3.** Особи популяции обладают генетическим сходством между собой и в то же время генетически обособлены от особей других популяций (т.е. обычно не скрещиваются).
- **4.** Внутри разных популяций происходит накопление мутаций, обеспечивающих различные (в соответствии с условиями) приспособительные признаки. Происходит дивергенция признаков.
- **5.** В результате дивергенции на основе разных популяций изначально одного вида формируются несколько разных видов.

Выделяют следующие  
характеристики популяции:

**Морфологические**

**Генетические**

**Экологические**

# **Морфологические**- внешние (морфологические особенности между особями разных популяций)

**Например, большие морфофизиологические особенности и поведенческие отличия наблюдаются у особей популяций бурого медведя.**



**европейской**



**кавказской**



**камчатской**

**Внешние различия между особями разных популяций отражают их приспособленность к условиям среды: климат, растительность, характеру пищи и т.д.**

**Наиболее ярко межпопуляционные различия проявляются у видов с обширными ареалами, например у лисицы обыкновенной.**



# Генетическая структура популяций

- Каждая популяция обладает собственной генетической структурой. Генетическая структура популяций определяется исходным соотношением аллелей, естественным отбором и элементарными эволюционными факторами (мутационный процесс и давление мутаций, изоляция, популяционные волны, генетико-автоматические процессы, эффект основателя, миграции и др.). Для описания генетической структуры популяций используются понятия «аллелофонд» и «генофонд».

# Основные генетические характеристики популяций

---

- Любая популяция представляет сложную генетическую систему. Ей свойственны, с одной стороны, - **генетическая гетерогенность**, а с другой, - **генетическое единство**.
- **Гетерогенность популяций.**
- В природных условиях - это их главная особенность.
- В связи с тем, что у всех живых организмов постоянно происходят спонтанные мутации, любая группа особей на протяжении ряда поколений будет неизбежно гетерогенна по генетическому составу.
- Гомогенными бывают лишь недавно возникшие чистые линии.

## генетические характеристики популяции

- **Генофонд** (аллелофонд) – совокупность всех аллелей всех особей популяции. Его можно описать как
- **ассортимент аллелей**, т.е., какие варианты генов есть в популяции - генетическая гетерогенность популяции
- **частоту встречаемости** аллелей, т.е., как часто встречаются аллели - генетический полиморфизм

# закон Харди—Вайнберга (закон популяционного равновесия)

утверждает, что в теоретической идеальной популяции распределение генотипов будет оставаться постоянным из поколения в поколение и соответствовать уравнению:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1, \text{ где}$$

$p^2$  — доля гомозигот по одному из аллелей;

$p$  — частота этого аллеля;

$q^2$  — доля гомозигот по альтернативному аллелю;

$q$  — частота соответствующего аллеля;

$2pq$  — доля гетерозигот.

# Закон Харди-Вайнберга

- частоты доминантного и рецессивного аллелей в данной популяции будут оставаться постоянными из поколения в поколение при наличии определенных условий:
  - 1) размеры популяции велики;
  - 2) спаривание происходит случайным образом;
  - 3) новых мутаций не возникает;
  - 4) все генотипы одинаково плодовиты, т.е. отбора не происходит;
  - 5) поколения не перекрываются;
  - 6) не происходит ни эмиграции, ни иммиграции, т.е. отсутствует обмен генами с другими популяциями.
-

# Основные характеристики популяции

## ❖ Экологическая структура популяции

1. Популяционный ареал (зависит от естественных преград, радиуса индивидуальной активности, наличия корма, партнера для спаривания и т.д.)
2. Численность особей в популяции (зависит от плодовитости, продолжительности жизненного цикла, времени достижения репродуктивного периода)
3. Динамика популяции («популяционные волны»)
4. Возрастной состав популяции (наличие в популяции особей различных возрастных групп)

# Основные экологические характеристики популяции

- *величина* (по занимаемому пространству и численности особей)
- *возрастная структура*
- *половая структура*
- *популяционная динамика*

# Эволюционные факторы

Направляющие  
эволюционный процесс

Естественный отбор (на  
фоне борьбы за  
существование)

Ненаправляющие  
эволюционный процесс

- Наследственная  
изменчивость.
- Дрейф генов.
- Волны жизни.
- Изоляция.

Действует в популяции, изменяя ее генофонд

Возможный результат: возникновение новых популяций, подвидов,  
видов (видообразование)

Факторы	Роль факторов
Мутационный процесс	Приводит к изменению генофонда популяции.
Изоляция	Препятствует обмену генетической информацией между популяциями.
Дрейф генов	Приводит к изменению частот аллелей в популяции.
Популяционные волны	Приводит к изменению частот аллелей в популяции.
Естественный отбор	Способствует сохранению особей с генотипами, соответствующими среде обитания.

Элементарные факторы эволюции.

# Естественный отбор – главный направляющий фактор эволюции

- **Естественный отбор** – это выживание наиболее приспособленных особей и оставление ими потомства.
- Отбор организмов идет по фенотипам, но при этом отбираются генотипы.
- Творческая роль естественного отбора состоит в создании адаптаций, эволюционном преобразовании отдельных организмов и популяций и приводит к видообразованию.
- В человеческих популяциях отбор утратил функцию видообразования в результате смены биологических факторов исторического развития социальными. За ним сохранились функции стабилизации генофонда и поддержания наследственного разнообразия.

# Формы естественного отбора

- Выделяют более **30** различных форм естественного отбора. Основных форм отбора в популяциях только три:



**Другие формы естественного отбора:** частотно-зависимый отбор;  $r$ -отбор;  $K$ -отбор; дестабилизирующий отбор; отбор местообитания; половой отбор и др.

# Стабилизирующая форма естественного отбора



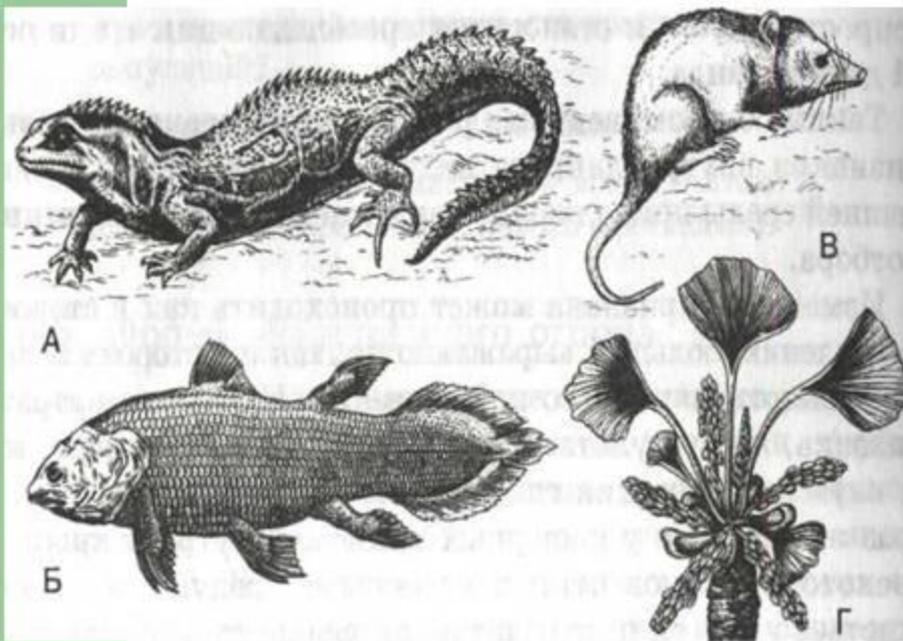
- Направлена на сохранение установившегося в популяции среднего значения признаков *при неизменных условиях среды*.
- Результатом действий стабилизирующего отбора является большое сходство всех особей растений или животных, наблюдаемое в любой популяции.
- *Эта форма естественного отбора предохраняет сложившийся генотип от разрушающего действия мутационного процесса.*

## Пример стабилизирующего отбора

Примером стабилизирующего отбора можно считать связь между весом новорожденных младенцев и их выживаемостью: чем сильнее отклонение в любую сторону от среднего значения, тем реже такие дети выживают.

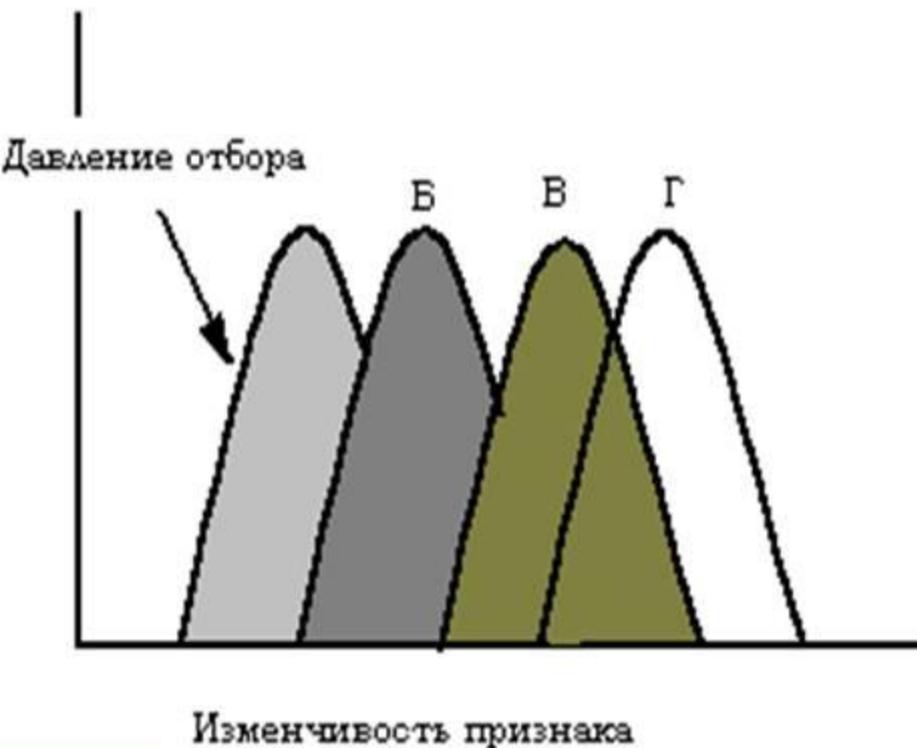


# Стабилизирующая форма естественного отбора



- Благодаря стабилизирующему отбору до наших дней сохранились «живые ископаемые»: кистеперая рыба латимерия, предки которой были широко распространены в палеозойскую эру; представитель древних рептилий гаттерия, внешне похожая на крупную ящерицу, но не утратившая черты строения пресмыкающихся мезозойской эры; голосеменное растение гинкго, дающее представление о древних формах, вымерших в юрском периоде мезозойской эры. Изображенный на этом же рисунке североамериканский опоссум сохраняет облик, характерный для животных, живших десятки миллионов лет назад.

# Движущая форма естественного отбора



Движущая форма естественного отбора способствует сдвигу среднего значения признака или свойства и приводит к появлению новой средней нормы вместо старой. Отбор действует в пользу особей с уклоняющимися от ранее установившегося в популяции значением признака *при изменяющихся условиях среды*; приводит к закреплению новой нормы реакции организма, которая соответствует изменившимся условиям. По сути это отбор новых комбинаций генов, присущих данному организму.

# ДВИЖУЩИЙ ОТБОР



- × Движущая форма естественного отбора способствует сдвигу среднего значения признака или свойства и приводит к появлению новой средней нормы вместо старой.
- × Например, в природных экосистемах преимущественно выживает светлая форма березовой пяденицы, незаметная на стволах деревьев. Однако, в районах с интенсивным промышленным загрязнением преимущество получает темноокрашенная форма, хорошо маскирующаяся на загрязненных копотью стволах берез.



# Дизруптивный (разрывающий) отбор

Эта форма отбора действует в условиях резкого изменения среды, благоприятствует крайним значениям признаков и направлена против средних форм, что ведет к установлению полиморфизма в пределах популяций. Популяция как бы «разрывается» по данному признаку на несколько фенотипических групп.

Заштрихованные области на популяционной кривой – фенотипы, элиминируемые отбором;  $F_1-F_3$  – поколения; стрелки – давление отбора.

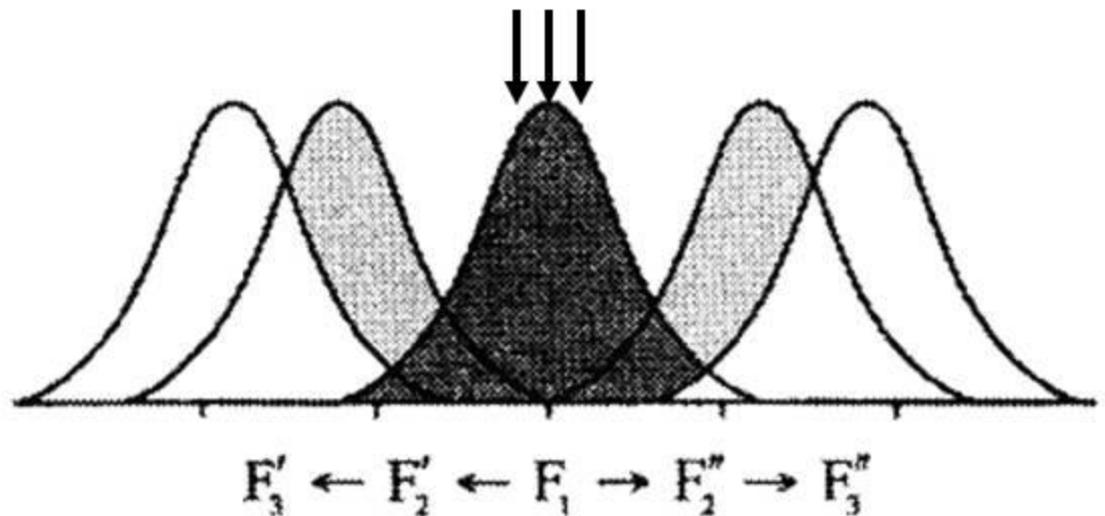


Схема действия дизруптивного отбора (по Н.В. Тимофееву-Ресовскому и др., 1977)

# Дизруптивный отбор



Пестрокрыльница  
изменчивая



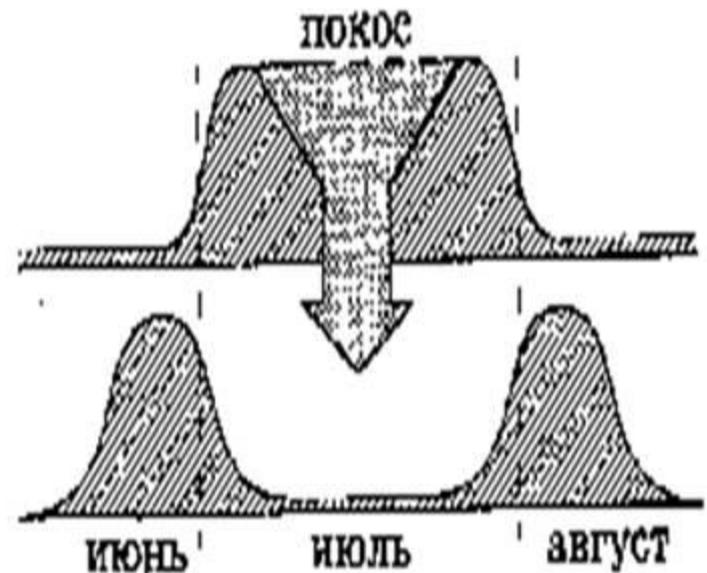
Божья коровка  
двухточечная



Лесная (дубовая)  
улитка

# Разрывающая (дизруптивная) форма естественного отбора

- Действием дизруптивного отбора объясняют образование сезонных рас у некоторых сорных растений. Было показано, что у таких растений сроки цветения и созревания семян растянуты почти на все лето, причем большая часть растений цветет и плодоносит в середине лета. На сенокосных лугах получают преимущества те растения, которые успевают отцвести и дать семена до покоса, и те, которые дают семена в конце лета, после покоса.



# Дизруптивный отбор

- Примером этого может служить половой диморфизм: так, самки и самцы с хорошо дифференцированными вторичными половыми признаками спариваются и размножаются более успешно, чем различные промежуточные типы (интерсексы, гомосексуалы и т.д.).



**Яркая расцветка птиц  
возникает в эволюции  
благодаря половому отбору.**

(из [evolution2.narod.ru](http://evolution2.narod.ru))

**Факторы эволюции.**

**Ненаправленные**

# Факторы эволюции

## Ненаправленные

- Мутационный процесс
- Комбинативная изменчивость
- Поток генов
- Генетический дрейф
- Популяц. волны
- Изоляция

## направленные

- Естественный отбор (ЕО)

# Факторы эволюции: мутации

- Частоты мутаций гена –  $10^{-4}$  -  $10^{-8}$  на поколение
- В каждом поколении хотя бы одну мутацию имеют от нескольких процентов до нескольких десятков процентов особей
- Большинство мутаций – рецессивны
- Более 90% мутаций снижают выживаемость гомозигот или летальны
- некоторые мутации повышают выживаемость гомозигот или гетерозигот *в определённых условиях*: устойчивые к антибиотикам микроорганизмы, устойчивые к инсектицидам насекомые при обычных обстоятельствах уступают обычным особям

# ЭВОЛЮЦИОННАЯ РОЛЬ МУТАЦИЙ

- Мутационный процесс – **источник резерва наследственной изменчивости** популяций
- Поддерживая высокую степень генетического разнообразия популяций, он **создает основу для действия естественного отбора.**
- В разных популяциях одного вида частота мутантных генов неодинакова. **Нет популяций с совершенно одинаковой частотой встречаемости мутантных признаков.** Эти различия могут быть обусловлены тем, что популяции обитают в неодинаковых условиях внешней среды.
- **Направленное изменение частоты генов в популяциях обусловлено действием естественного**



## Дрейф генов – элементарный эволюционный фактор.

Под дрейфом генов понимают случайные изменения генных частот, вызванные малой численностью популяции.

При малом числе особей перестают выполняться законы Менделя.

# Дрейф генов –

случайные ненаправленные изменения в частоте генов, происходящие в каждом поколении.

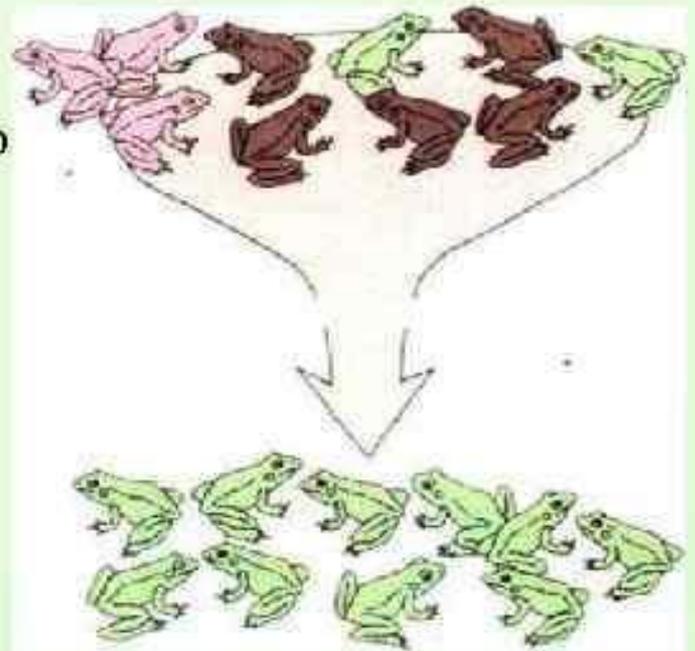
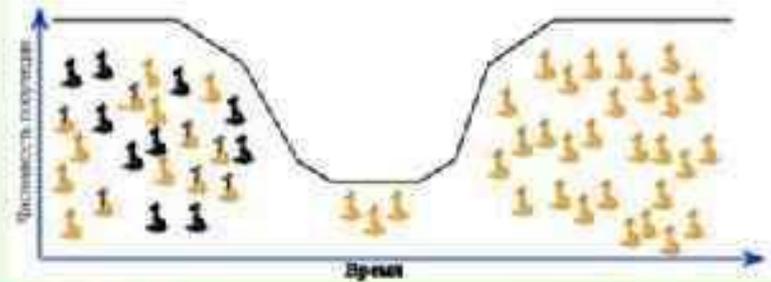
- Наблюдается при резких изменениях численности популяций (популяционные волны).
- При этом, ранее присутствующие в малых концентрациях мутантные гены могут исчезнуть из популяции, а концентрация других мутаций может случайно резко повыситься.
- Дрейф генов особенно заметен в изолятах.

## • Дрейф генов

Явления с запоминающимся названием **эффект бутылочного горлышка**.

Если под воздействием сил, не связанных с естественным отбором (например, в случае необычной засухи или непродолжительного увеличения численности хищников) - то результатом будет случайное устранение большого числа индивидуумов.

Как и в случае **эффекта основателя**, к тому времени, когда популяция вновь будет переживать расцвет, в ней будут **гены, характерные для случайно выживших индивидуумов, а вовсе не для исходной популяции.**



Явление, при котором популяция проходит через период малой численности, носит название **эффект «бутылочного горлышка»**.

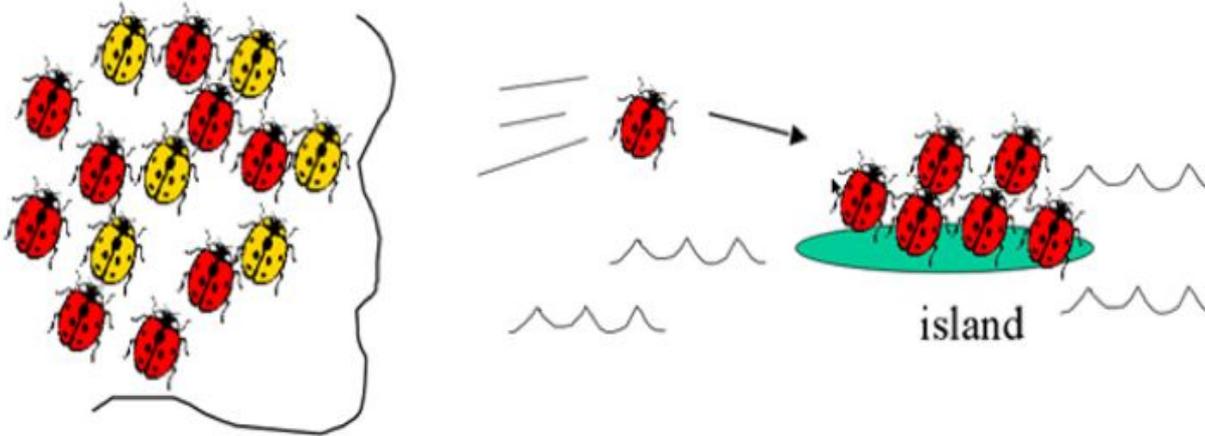


Результат эффекта «бутылочного горлышка»

Слева показана первоначальная родительская популяция. Затем она значительно уменьшена тем или иным окружающим событием. Генофонд популяции оказался сокращенным. Генотипическая структура будет отражением генотипов тех особей, которые прошли через «бутылочное горлышко».

Иногда несколько организмов оказываются изолированными от основной популяции и образуют отдельную группу размножения, становятся основателями новой популяции. Если в ней слишком мало членов, то соотношение их генов может не соответствовать генофонду основной популяции. В таком случае от основателей получается новая популяция с особым генофондом. По мере естественного отбора происходит дивергенция от основного вида и в данном регионе развивается новая группа организмов.

- **founder effect**: a few individuals from a population start a new population with a different allele frequency than the original population



# Эффект основателя («родоначальника»)

Предельный случай дрейфа генов: возникновение новой популяции, происходящей всего от нескольких особей.

Секта амишей-меннонитов (Amish Mennonite, штат Пенсильвания, США)

- Популяционный изолят в середине 60-х насчитывал 8000 чел.
- Почти все произошли от трех супружеских пар, прибывших в США до 1770 г.
- Характерна высокая частота гена, вызывающего особую форму карликовости с полидактилией (в изоляте меннонитов - 55 случаев данной аномалии, в остальной мед. литературе - не более 50 случаев;
- В группах меннонитов, живущих в других районах США и ведущих начало от других предков, эта аномалия не обнаружена



# Популяционные волны

- **Популяционные волны** («волны жизни») – это периодические и непериодические изменения численности особей популяции, возникающие в результате влияния факторов среды (С.С. Четвериков, 1905). Популяционные волны присущи всем видам живых организмов.
- Популяционные волны сами по себе не вызывают наследственную изменчивость, а только способствуют изменению частот аллелей и генотипов.

## **2. Популяционные волны как элементарный эволюционный фактор**

- Колебания численности популяции — волн жизни (популяционные волны).
- Популяционные волны - самостоятельный фактор эволюции.
- Действие волн жизни - неизбежное, случайное уничтожение особей,
- редкий перед колебанием численности генотип (аллель) может сделаться обычным
- распространиться при естественном отборе.

### **3.Изоляция как элементарный эволюционный фактор**

*Изоляция — возникновение любых барьеров, ограничивающих панмиксию.*

Значение изоляции - нарушение свободного скрещивания

Это ведет к увеличению и закреплению различий между популяциями

Без такого закрепления эволюционных различий невозможно формообразование.

# Изоляция как фактор эволюции

Изоляция - полное прекращение панмиксии особей отдельных популяций в пределах биологического вида

Изоляция

Географическая

Расширение ареала

Фрагментация ареала

Биологическая

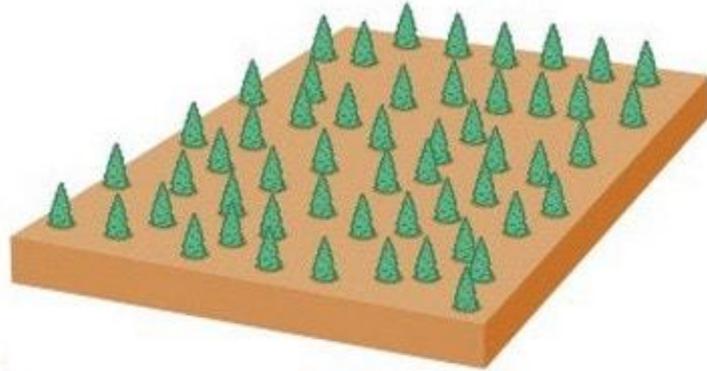
- Экологическая
- Этологическая
- Хронологическая
- Физиологическая

# Изоляция

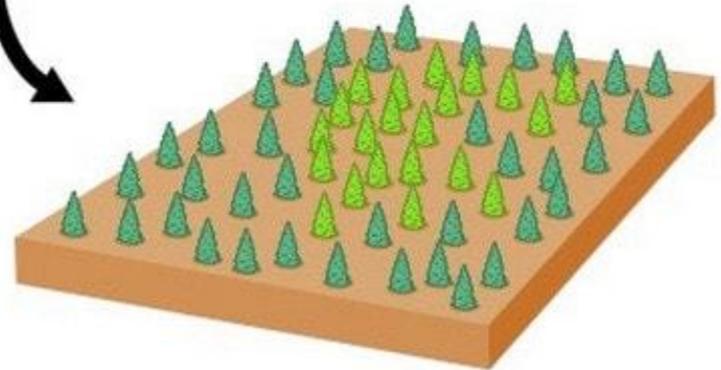
Географическая – разрыв единого ареала на не сообщаемые между собой части (образование гор, рек, проливов...).

Экологическая – разные места обитания организмов и скрещивание в строго определенное время года.

Биологическая – существование механизмов, препятствующих скрещиванию (различия в поведении, разные сроки скрещивания...)

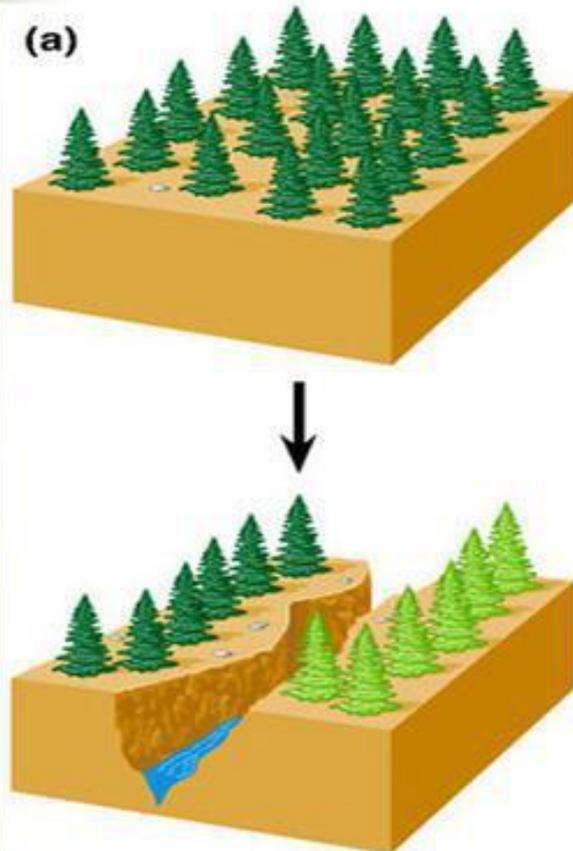


**Географическая изоляция**



**Экологическая изоляция**

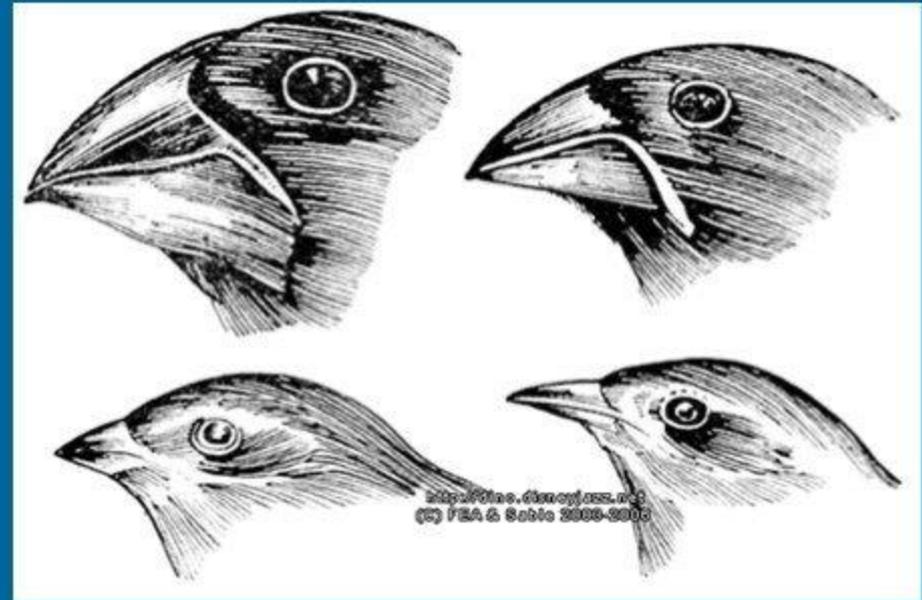
## Географическая или пространственная изоляция



- Сопровождается разрывом ареала.
- Популяции обособливаются.
- В каждой популяции случайно образуются мутации.
- Вследствие дрейфа генов и естественного отбора популяции эволюционируют независимо.

# Пример географической изоляции

■ На Галапагосских островах имеется большое количество эндемических птиц. Например знаменитые вьюрки, образующие отдельное подсемейство (*Geospizinae*), которое включает 12 видов, относящихся к нескольким родам. Эти птицы развились на Галапагосских Островах из какого-то южноамериканского вида, приспособиваясь к различным видам пищи, что наложило свою печать на формировании клюва у разных видов.

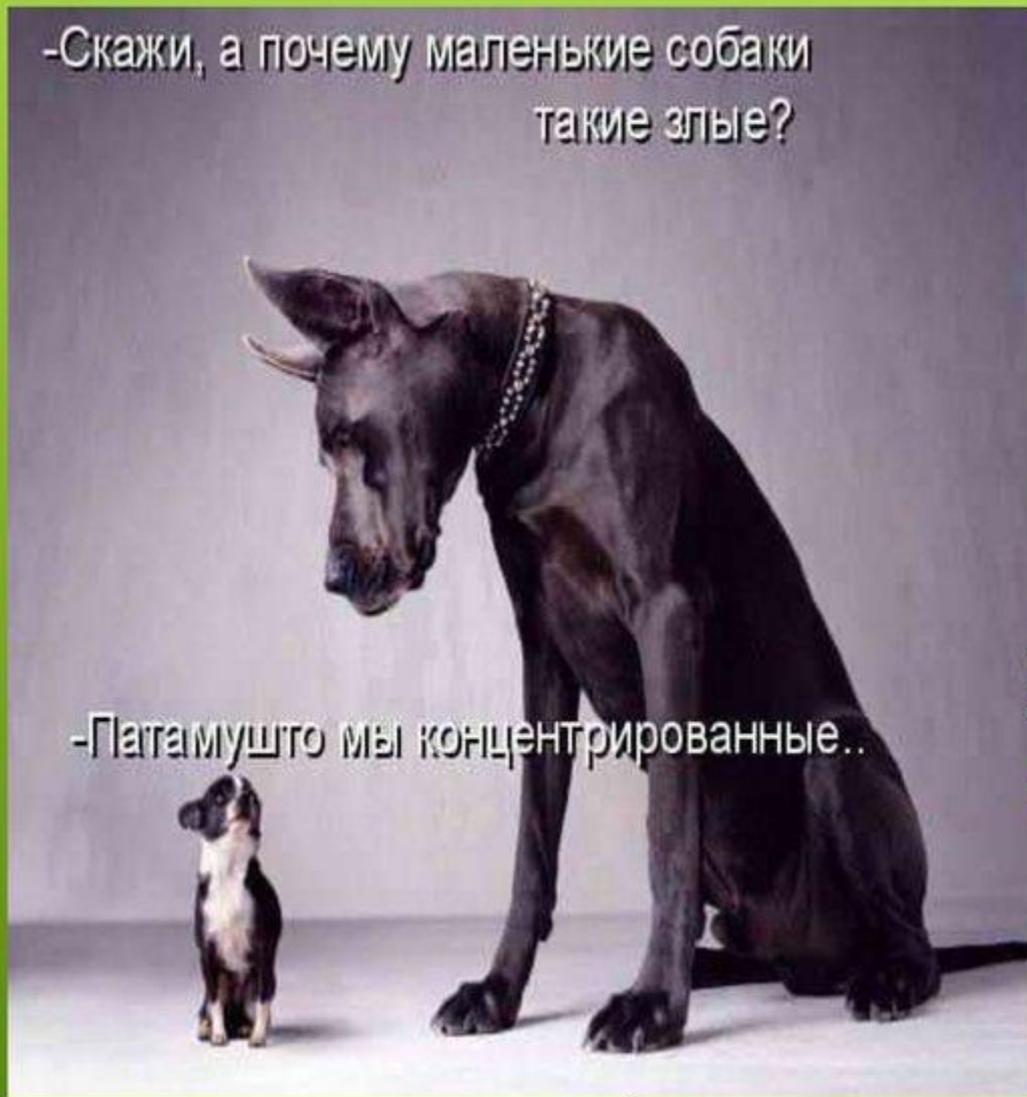


# БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

**Ограничивает  
или устраняет  
скрещивание  
особей,  
проживающих  
на одной  
территории.**

-Скажи, а почему маленькие собаки  
такие злые?

-Патамушто мы концентрированные..



# Биологическая изоляция

- ◆ Различие в поведении животных.
- ◆ Несходство в брачных песнях, ритуалах ухаживания.
- ◆ Различное строение половых органов.
- ◆ Гибель зигот по генетическим причинам.
- ◆ Бесплодие гибридов.

# Биологическая изоляция

## 1. Экологическая

Популяции занимают одну и ту же территорию, но различные местообитания и не встречаются друг с другом

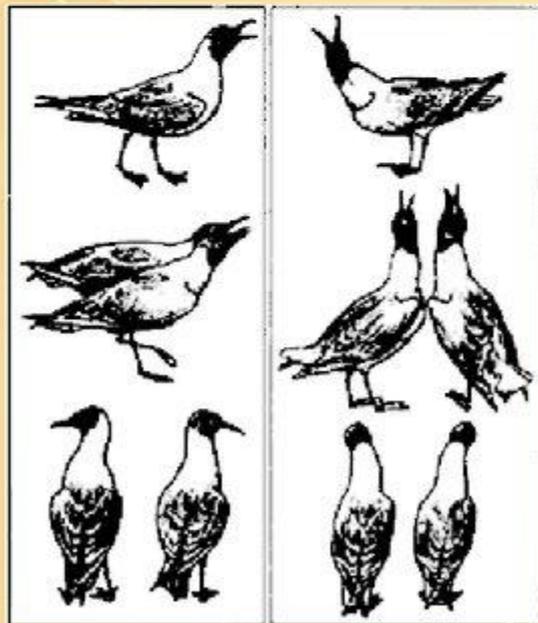
Два вида фруктовых мушек, питаются соком, но один вид живет в кроне деревьев, а другой в лесной подстилке отыскивает лужицы накапавшего сока



Иногда в пределах единого ареала отдельные популяции (1-5) различаются условиями обитания. Из-за этого изменяется фенология особей, а в дальнейшем и их морфология. Такое видообразование называется экологическим, или

# 3. Этологическая (поведенческая) изоляция

- Разное поведение в период размножения, что приводит к отсутствию взаимной привлекательности



- Пример: у светлячков – траектория и тип световых сигналов.

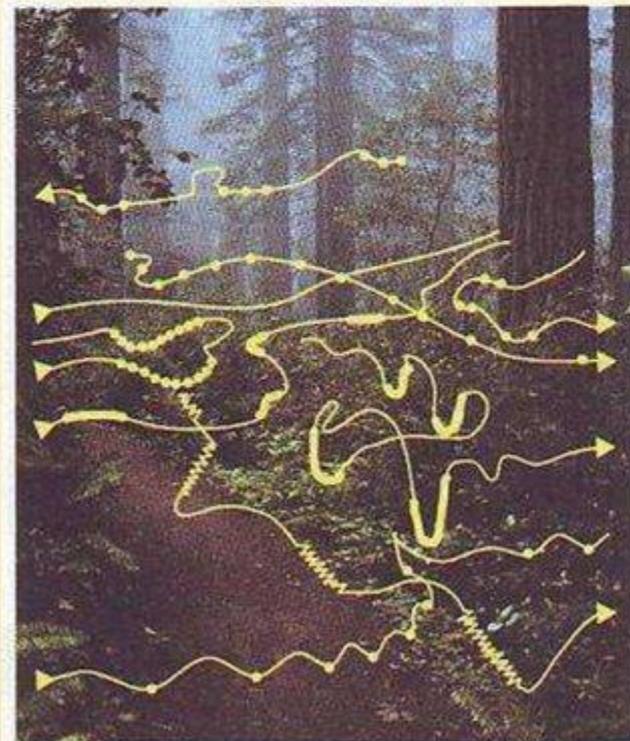


Рис. 79. Различные типы световых сигналов у разных видов светлячков