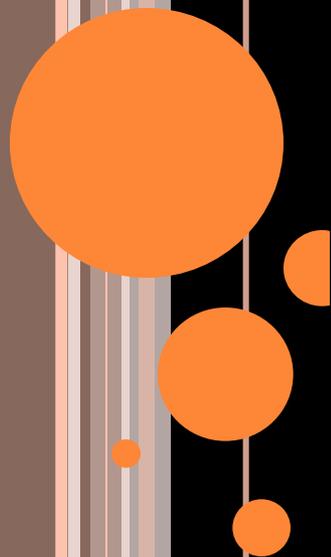




# ЭВОЛЮЦИИ

Иванчихин В.Г., учитель биологии  
МОУ «Лицей № 36» (г. Осинники)  
Кемеровской области

# ТЕОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ



# ФОРМИРОВАНИЕ ВСЕЛЕННОЙ

История формирования нашей Вселенной на основе современных теоретических представлений и наблюдательных данных со спутника COBE (NASA)



Идея эволюции – это идея развития Вселенной от простых форм к сложным



**□ Ничто в биологии не имеет смысла иначе, как в свете эволюции.**

**Феодосий Добжанский**

**• Nothing in biology makes sense except in the light of evolution**



# Теории происхождения видов

## Трансформизм

(лат. transformare – преобразовывать)



По-разному объясняют движущие силы эволюции

## Креационизм

(лат. creatio – творение)

Карл Линней

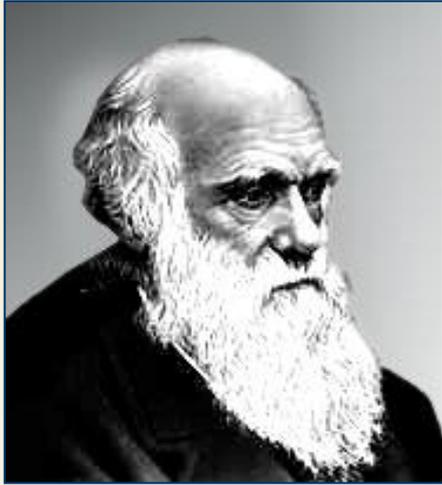
Жорж Кьвье –  
теория катастроф  
(многократное творение)

# ЭВОЛЮЦИОННАЯ ТЕОРИЯ ДОЛЖНА ОБЪЯСНЯТЬ

- Почему виды изменяются
- Их адаптацию к среде обитания



# 30-40е годы 20 века – Синтетическая Теория Эволюции



Дарвинизм

19 век,  
вторая половина



Менделевская генетика

Популяционная генетика

Начало 20 в.

**СТЭ**

Современный дарвинизм

30-40-е годы 20 в.

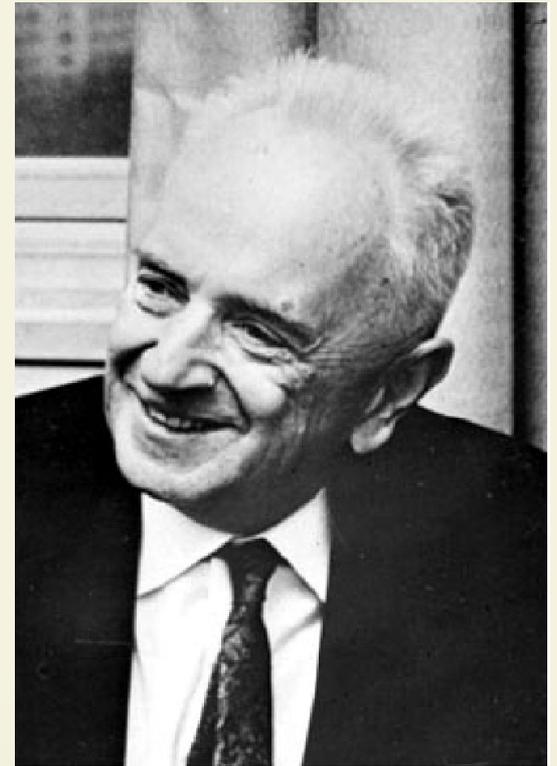
# У истоков СТЭ



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**

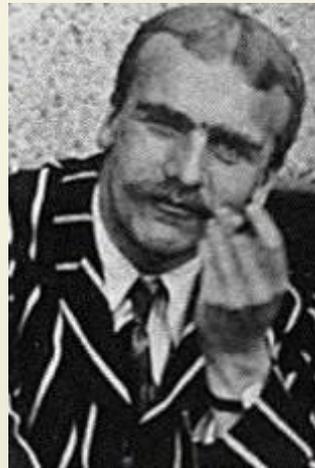
# У истоков СТЭ



Рональд Фишер  
1890-1962



Сэмюэль Райт



Джон Холдэйн



Эрнст Майр

# Карл Линней – «шведский Ломоносов» 18 век

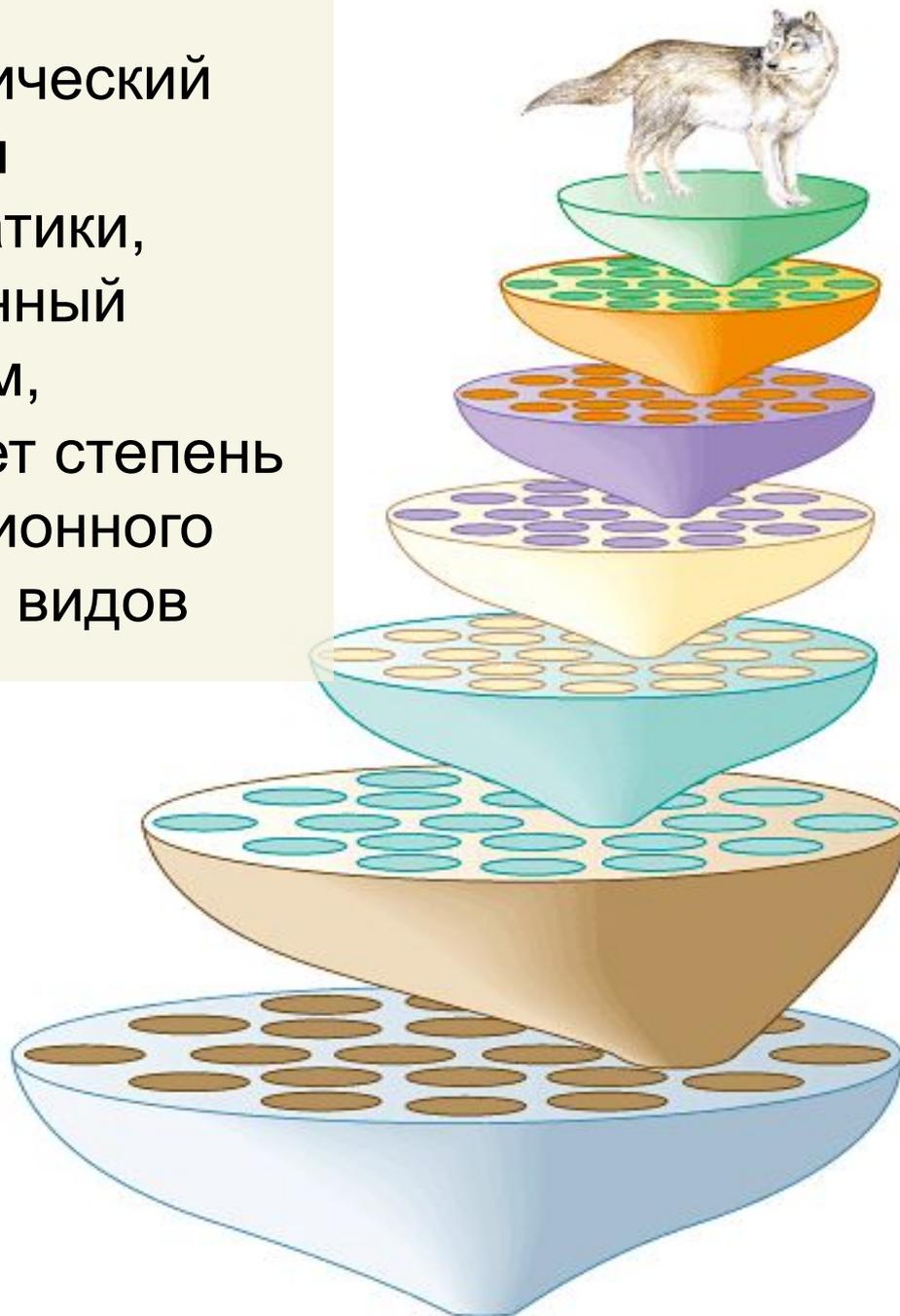
“*Deus creavit, Linnaeus disposuit*” – Бог создал, Линней расположил



Carolus Linnaeus  
1707 – 1778

- Создатель систематики и креационист
- 1735 – «Система природы»
- Иерархический принцип: виды разбиты на таксоны разного ранга
- Поместил в эту систему человека – отряд Приматы
- Ввел бинарную номенклатуру – *Род вид*

Иерархический принцип систематики, заложенный Линнеем, отражает степень эволюционного родства видов



## Волк

**Species:**  
*Canis lupus*

**Genus:**  
*Canis*

**Family:**  
Canidae

**Order:**  
Carnivora

**Class:**  
Mammalia

**Phylum:**  
Chordata

**Kingdom:**  
Animalia

## Вид

*Canis lupus*

## Род

*Canis*

## Семейство

Псовые

## Отряд

Хищные

## Класс

Млекопитающие

## Тип

Хордовые

## Царство

Животные

## Надцарство

Эукариота

# Жан Батист Ламарк, 1744-1829



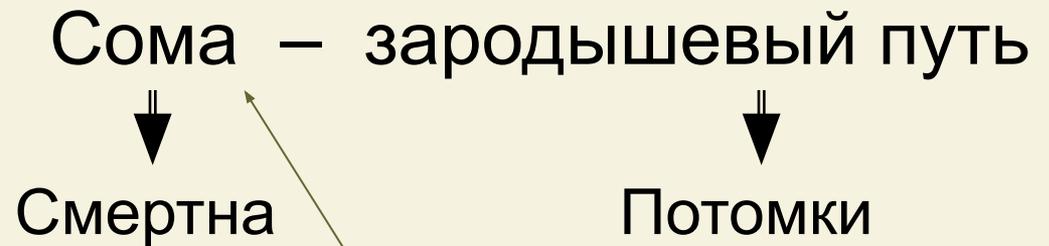
## Первый эволюционист

1809 – «Философия зоологии»

- В организмах заложено стремление к совершенству
- Признаки меняются путем «упражнения-неупражнения»
- Приобретенные признаки наследуются



## Невозможность наследования приобретенных признаков



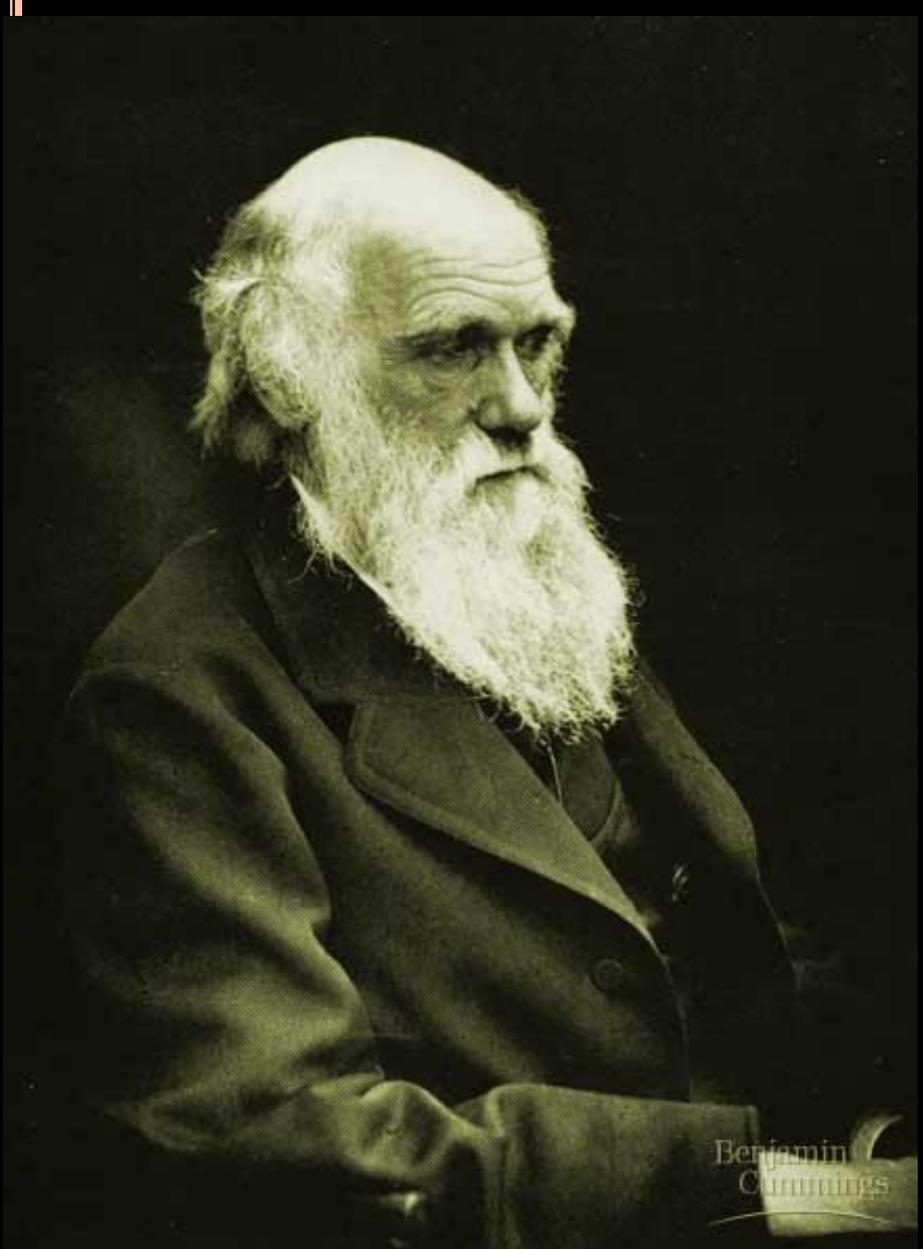
Изменения признаков по  
Ламарку происходят здесь

Август Вейсман  
(1834 -1914)

## Приобретенные признаки не наследуются



Купирование ушей и хвостов не приводит к рождению таких же щенков



**Чарлз Дарвин**  
**1809-1882**

ON  
**THE ORIGIN OF SPECIES**

BY MEANS OF NATURAL SELECTION,

OR THE  
PRESERVATION OF FAVOURED RACES IN THE STRUGGLE  
FOR LIFE.

By CHARLES DARWIN, M.A.,

FELLOW OF THE ROYAL, GEOLOGICAL, LINNEAN, ETC., SOCIETIES;  
AUTHOR OF 'JOURNAL OF RESEARCHES DURING H. M. S. BEAGLE'S VOYAGE  
ROUND THE WORLD.'

Происхождение видов  
путем естественного отбора  
1859

LONDON:  
JOHN MURRAY, ALBEMARLE STREET.  
1859.



Downe House



Альфред Уоллес

Опубликовал  
статью,  
содержащую  
идею  
естественного  
отбора  
в том же, 1859 г.

**Alfred Wallace 1823-1913**

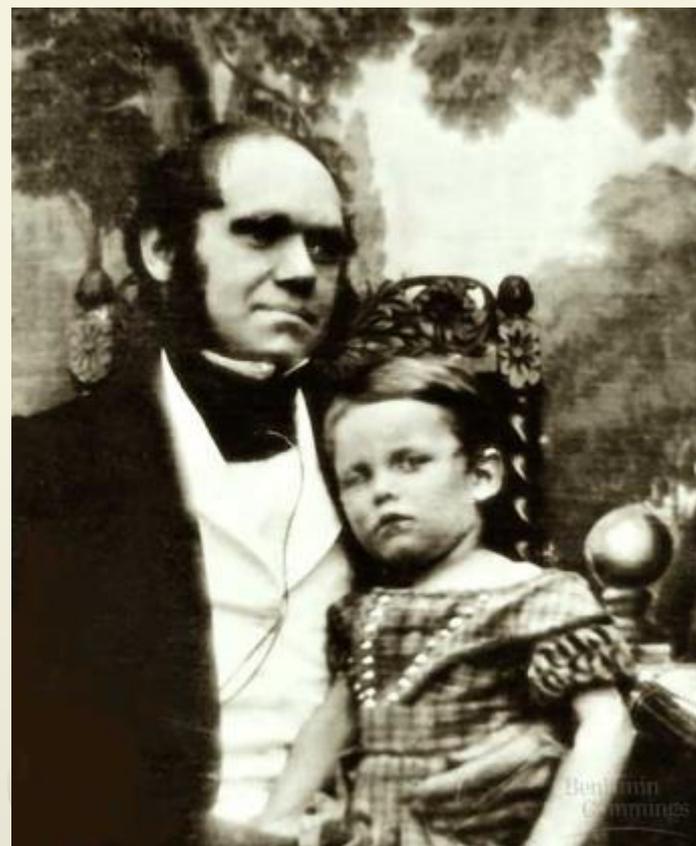


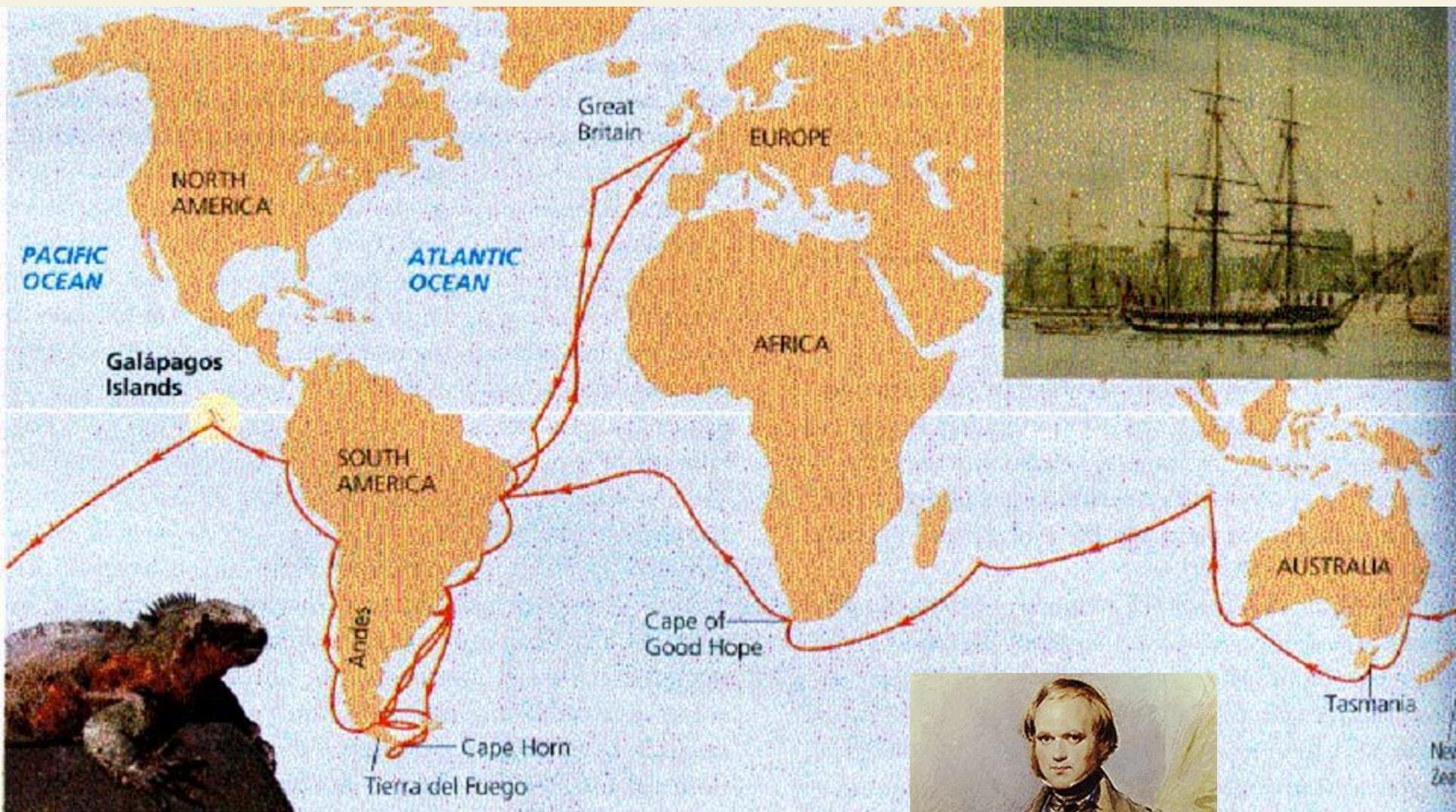
# Источники идей Дарвина

□ Путешествие на «Бигле»

□ Книга Мальтуса  
«О народонаселении»

□ Результаты селекции  
домашних животных





**В 22 года Дарвин уходит в  
пятилетнее плавание на «Бигле»  
натуралистом без жалованья**

**1831-1836**

# Мальтус «О народонаселении»



Thomas Malthus  
1766 - 1832

Английский экономист.

В 1798г. высказал идею об экспоненциальном росте численности населения, тогда как ресурсы растут лишь в арифметической прогрессии.

Дарвин применил идею Мальтуса ко всем живым организмам в природе.



# Искусственный отбор



1  
Дикий голубь



2  
турман



5  
Якобине ц

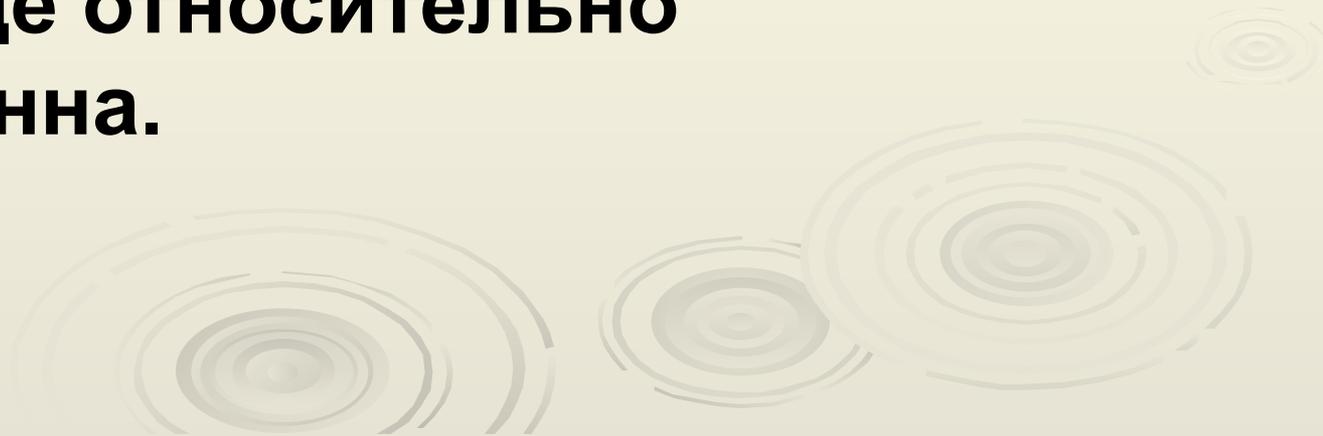


4  
Павлиний голубь

3  
Дутыш

# Наблюдения Дарвина

- **Количество производимого потомства способно обеспечить экспоненциальный рост численности.**
- **Численность популяций в природе относительно постоянна.**



# Наблюдения Дарвина

□ **Ресурсы ограничены**



□ **Выживет только малая часть потомков**

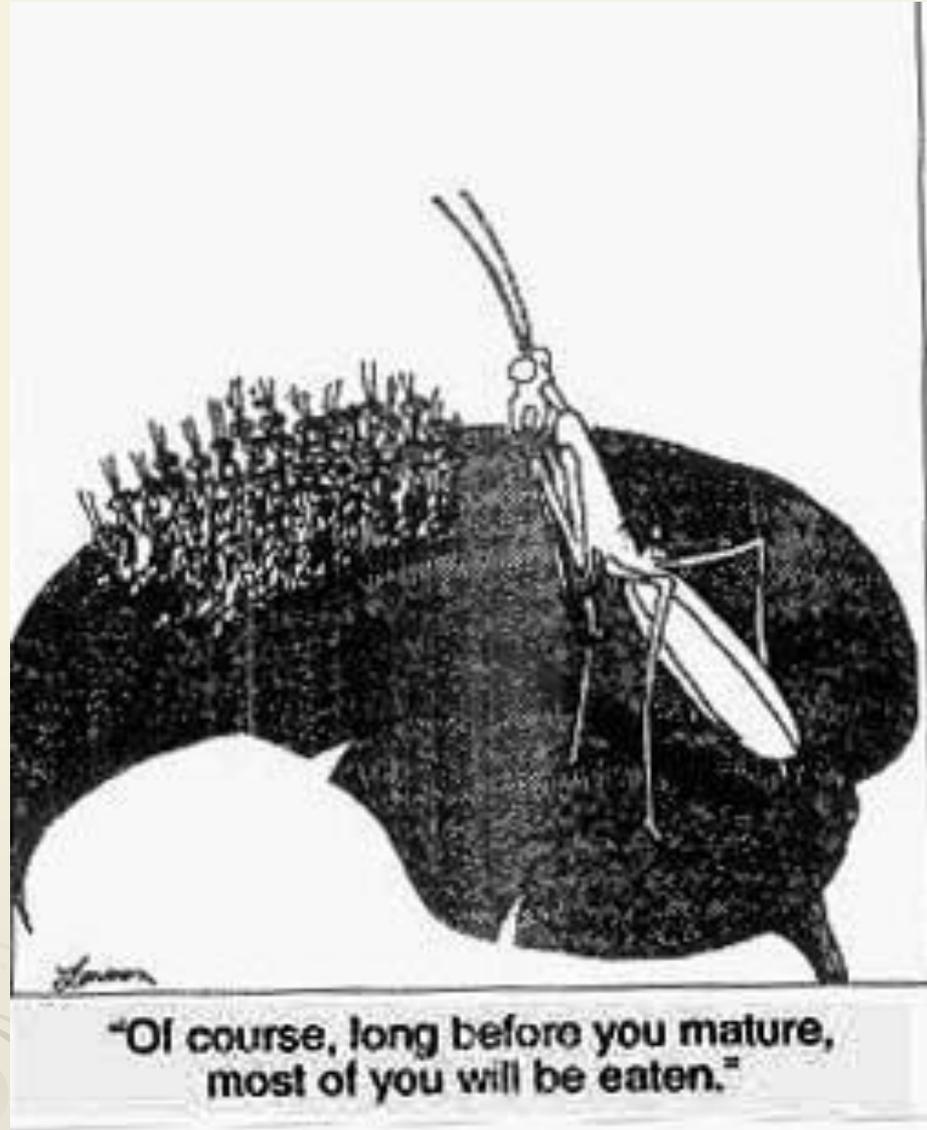
□ **Потомки с самого начала своего существования неодинаковы – существует **наследственная изменчивость****

□ **Эта изменчивость случайная (неопределенная – термин Дарвина)**

# Выводы Дарвина

- Из потомков выживут лишь немногие – борьба за существование.

«Конечно, задолго до того, как вы станете взрослыми, большинство из вас будет съедено».



# Выводы Дарвина

- Те, кто имеет полезные **наследственные** уклонения имеют больше шансов выжить, т.е. победить в этой борьбе – **естественный отбор**
  - Эти наследственные свойства они передают своим потомкам.
- ↓
- В следующем поколении частота полезного признака повысится.

# Выводы Дарвина

- Накопление малых наследственных уклонений в череде поколений приводит к изменению облика популяции – **ЭВОЛЮЦИЯ**.
- Изменение не случайно, а идет в сторону **большей приспособленности** к среде обитания
- Так, путем постепенных изменений **возникают новые виды**

**Потенциал к  
безграничному  
размножению**

**Ограниченные  
ресурсы**

**Борьба за  
существование**

**Изменчивость**

**Естественный отбор:  
наиболее приспособленные  
выживают и оставляют  
потомство**

**Часть  
изменчивости –  
наследственная**

**Эволюция:  
изменение облика популяции**

Факты

Выводы



# Принцип дивергенции от общего предка

Наследственность

Изменчивость

Отбор

Дарвиновская триада

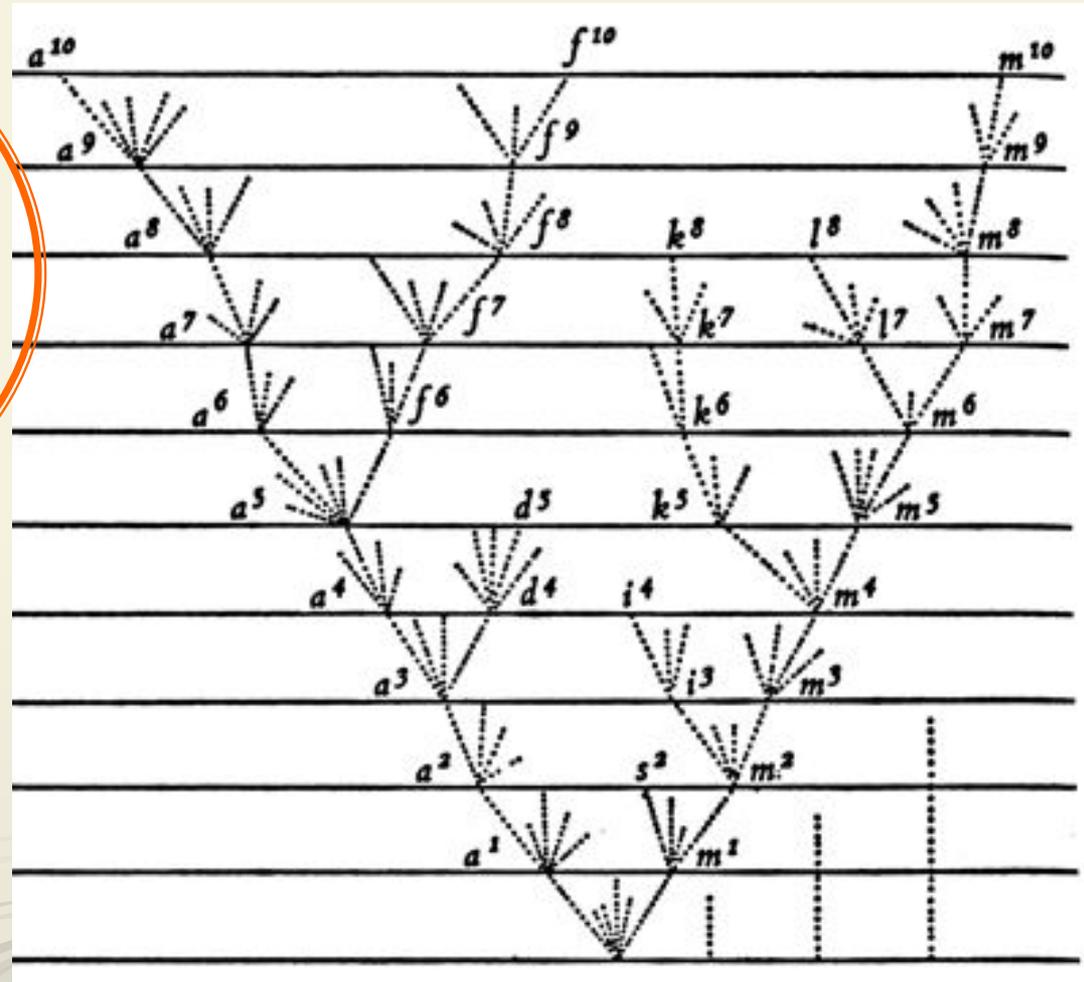


Рисунок Дарвина из  
«Происхождения видов»

# Синтетическая теория эволюции

- **Элементарный эволюционный материал – мутации**
- **Элементарная эволюционирующая единица – популяция**
- **Элементарное эволюционное явление – изменение генофонда популяции.**
- **Движущий фактор эволюции – естественный отбор**
- **Основа видообразования – дивергенция**
- **У эволюции нет конечной цели (ненаправленный характер)**

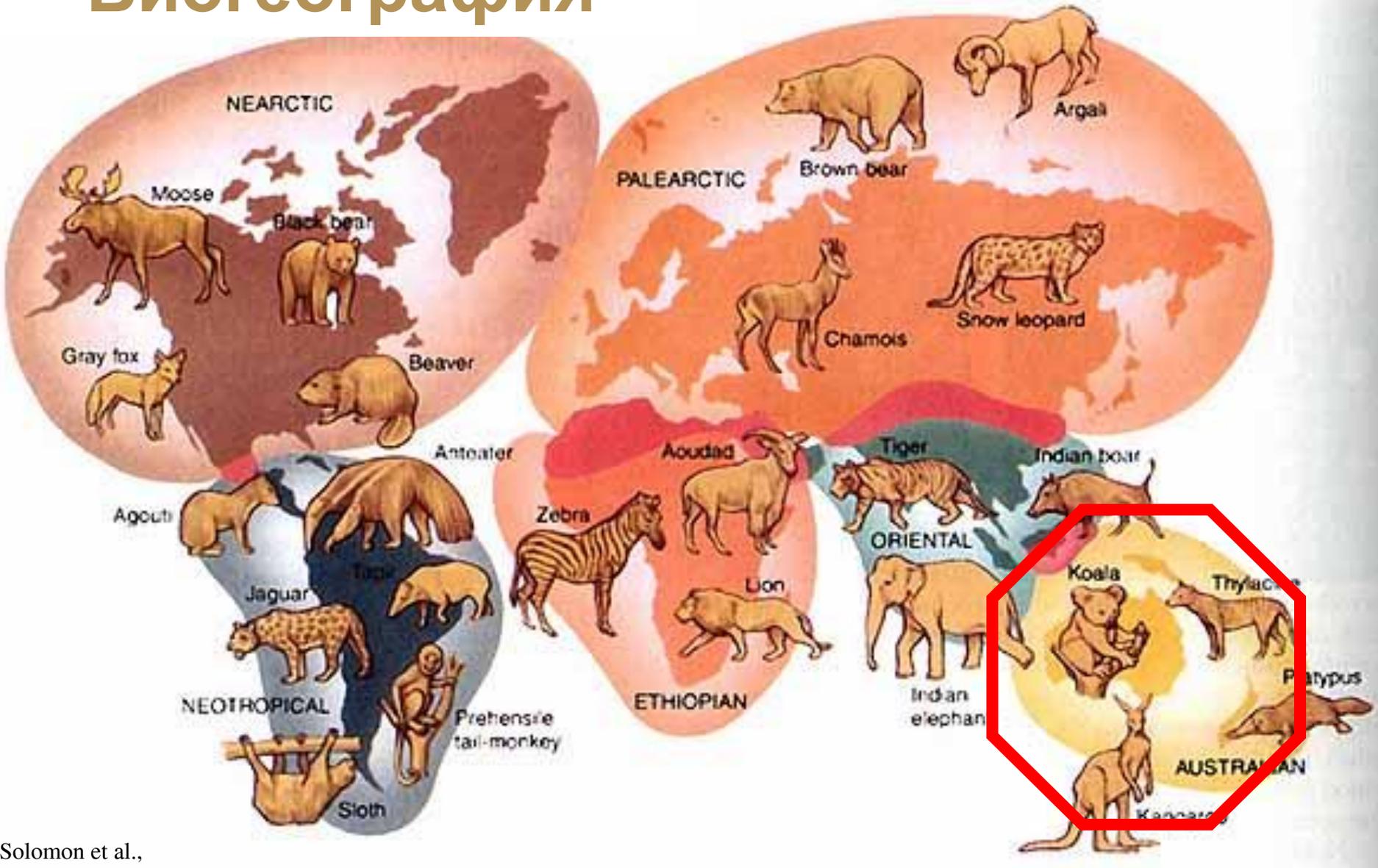
# Доказательства эволюции

- Биogeография
- Палеонтология
- Сравнительная анатомия
- Эмбриология
- Молекулярная и клеточная биология



# Биогеография

= Карта распространения видов

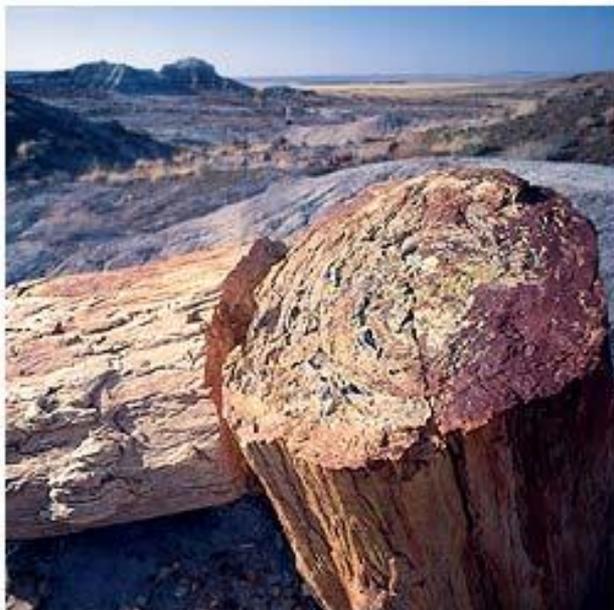


Solomon et al.,

1997

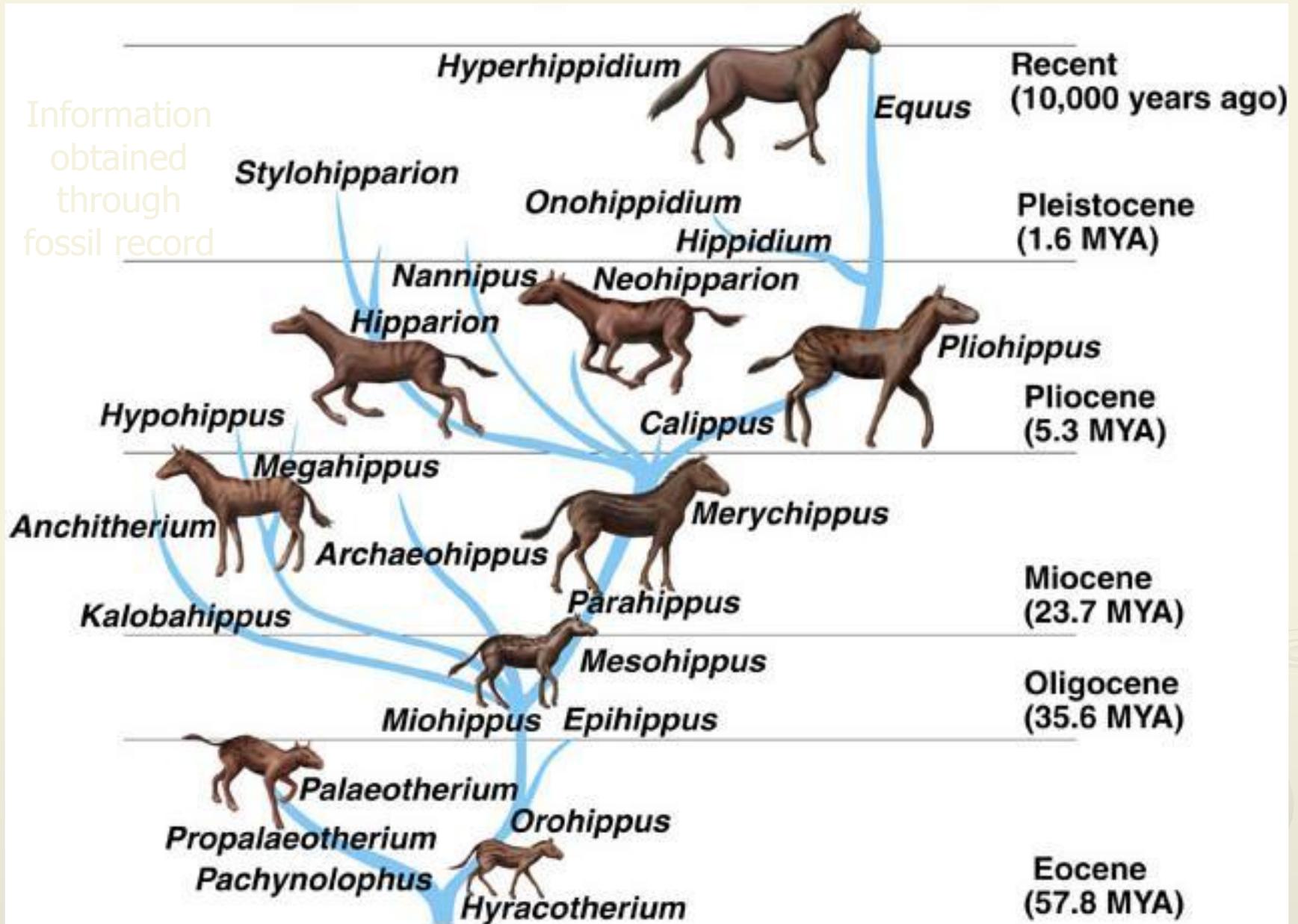
**Виды, обитающие на одном континенте, имеют больше сходства, чем виды из географически удаленных областей.**

# Ископаемые.



Manin Curtings

# Реконструкция по ископаемым



# Переходные формы

(a)



*Archaeopteryx*  
fossil

(b)



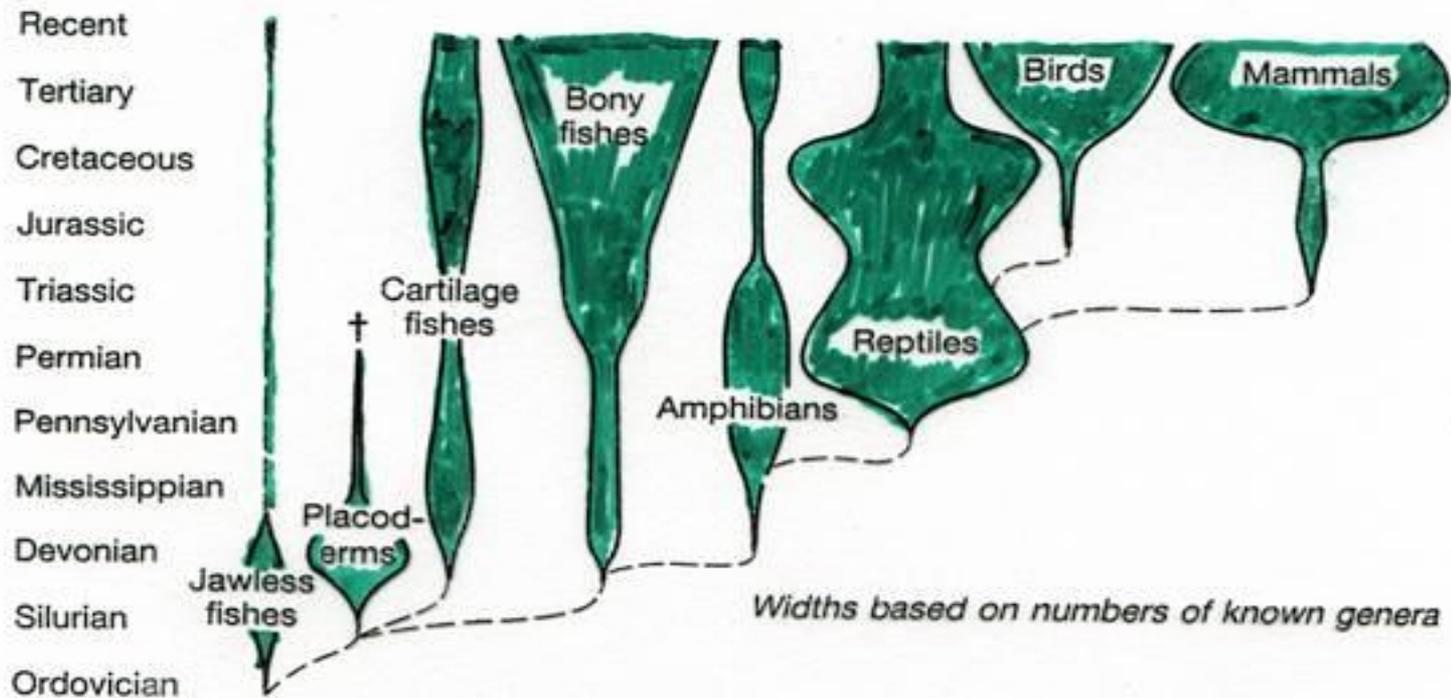
Strickberger, 1996

# Последовательность появления видов в палеонтологической летописи

mya

1.8  
65  
145  
208  
245  
290  
363  
409  
439  
510

(b) Order of main vertebrate groups in fossil records



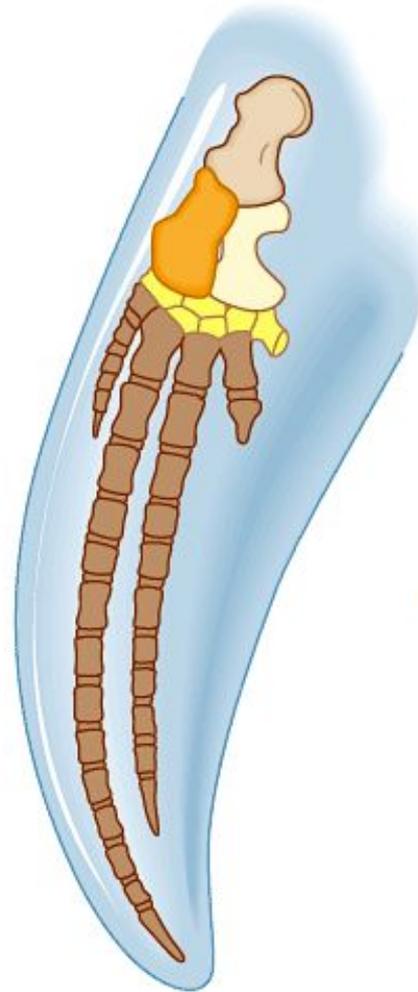
# Сравнительная анатомия



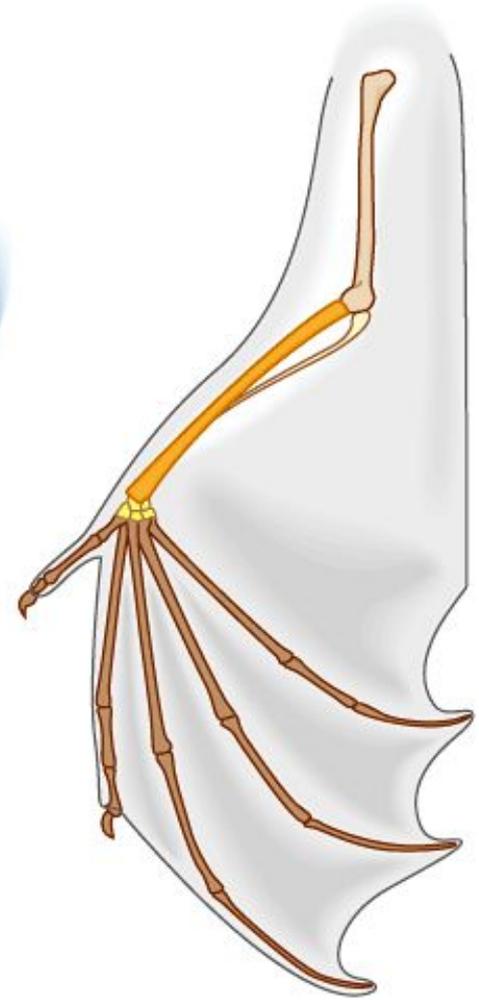
**Human**



**Cat**



**Whale**



**Bat**

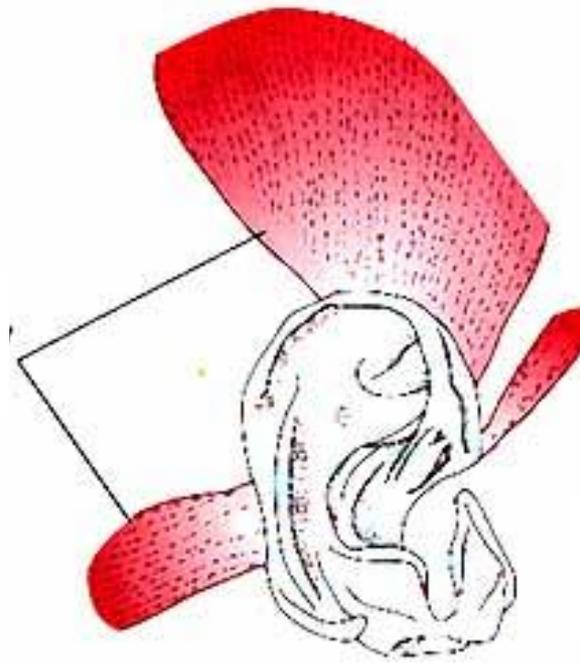
# Сравнительная анатомия



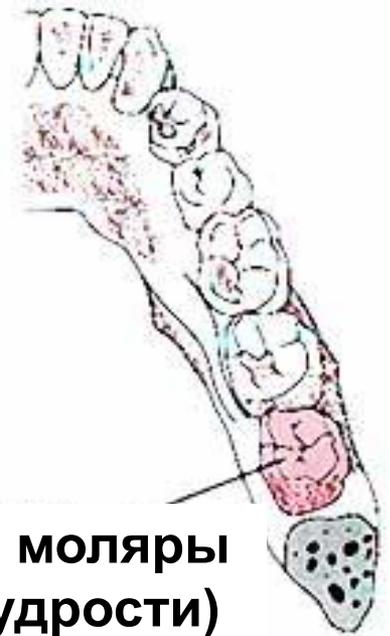
рудиментарные органы



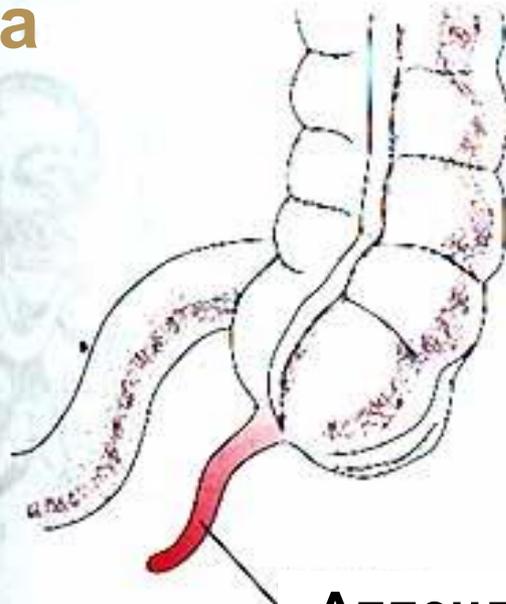
**Ушные  
мышцы**



**Третьи моляры  
(зуб мудрости)**



**рудиментарные  
органы  
человека**



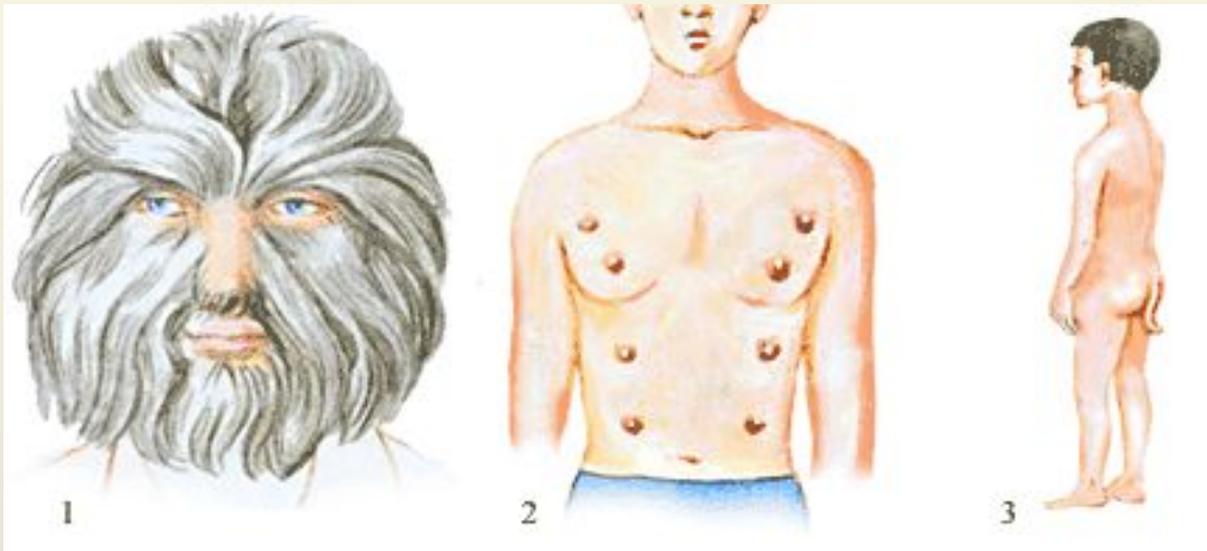
**Аппендикс**



**Хвостовые позвонки**

# Атавизмы

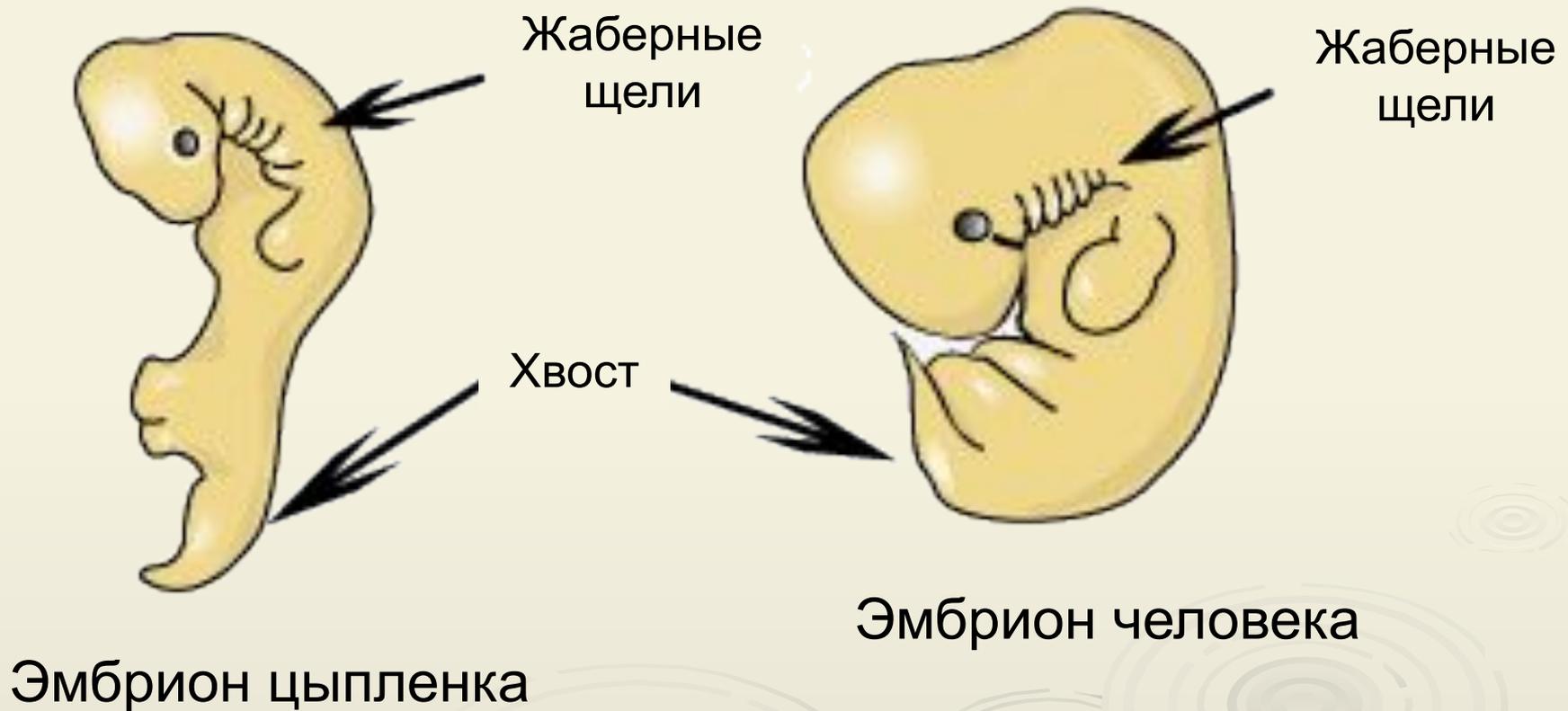
- органы и признаки, существовавшие у отдалённых предков, но затем утраченные в процессе эволюции.
- Их появление у отдельных представителей говорит о том, что старые программы развития сохраняются в геноме в заблокированном виде



но могут  
«проснуться» в  
результате  
мутаций.

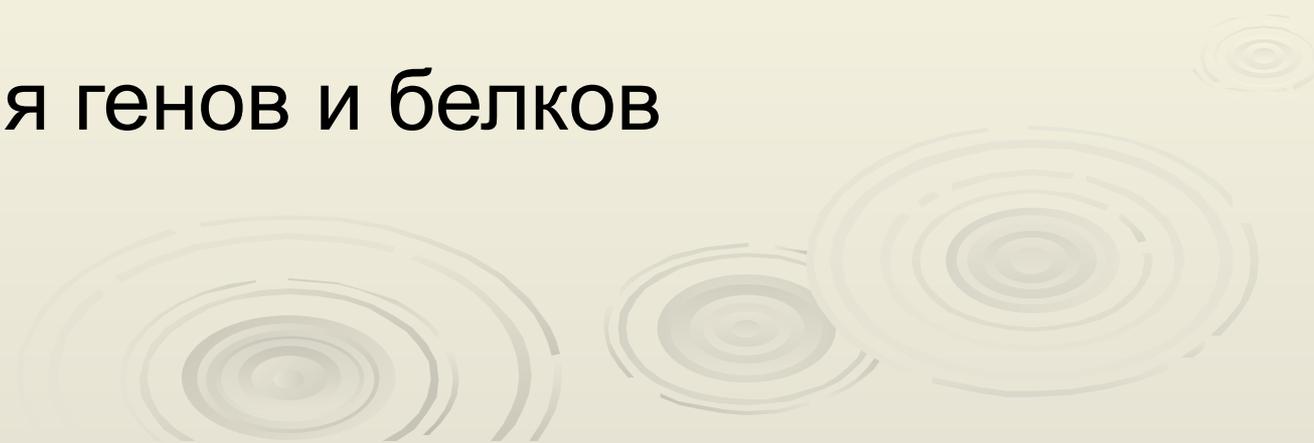
# Эмбриологические доказательства ЭВОЛЮЦИИ

Биогенетический закон Мёллера-Геккеля



# Доказательства эволюции: молекулярная и клеточная биология

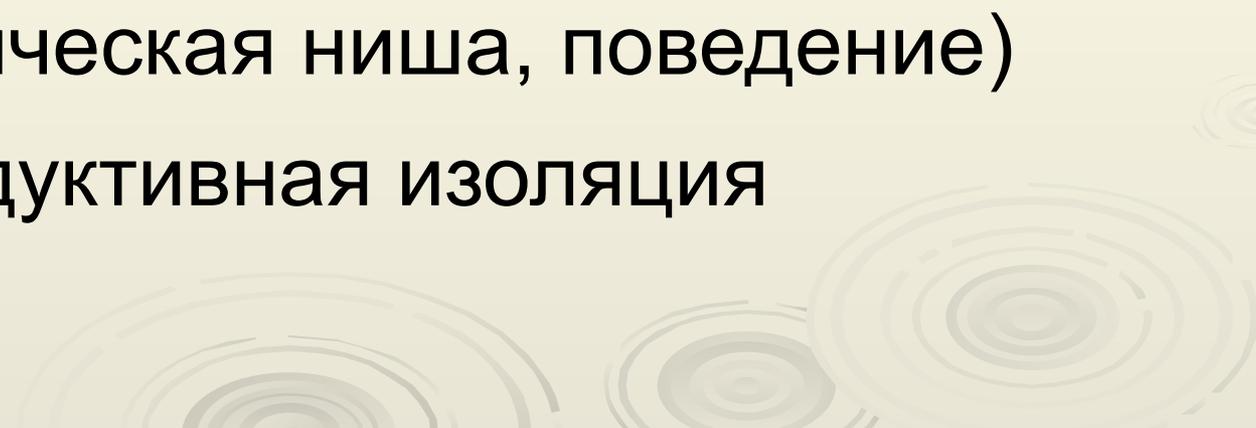
Общность фундаментальных биологических процессов:

- Клеточного строения
  - Деления клеток
  - Строения и функционирования генов
  - Генетического кода
  - Гомология генов и белков
- 

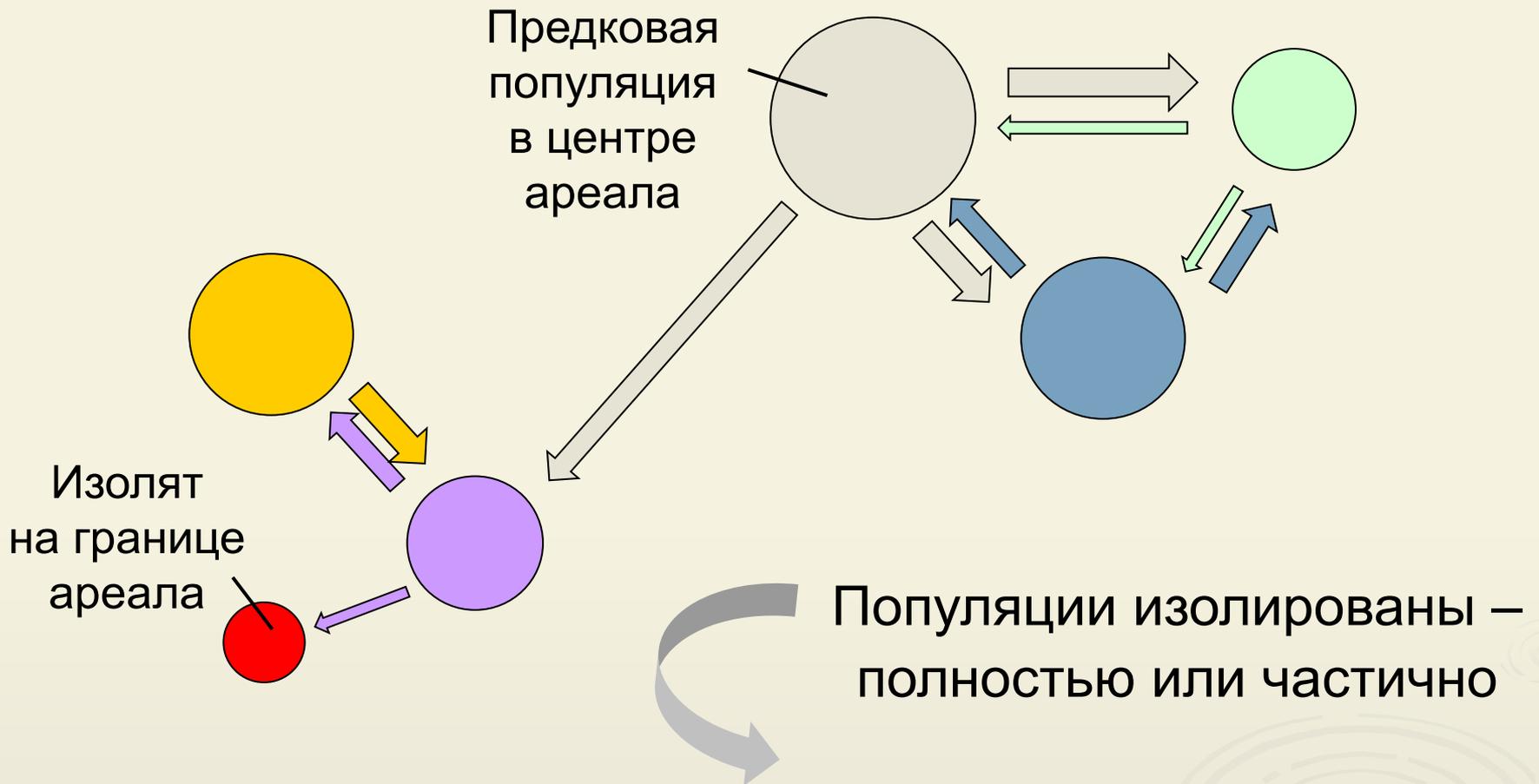
# Концепция вида

- Проблема реальности вида

## Критерии вида

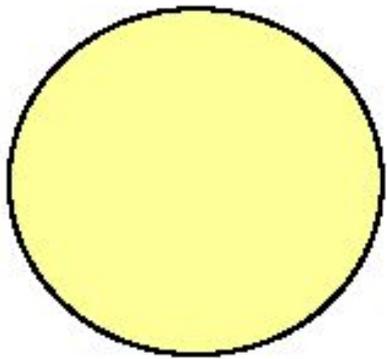
- Морфологический
  - Генетический (кариотипы, геномы)
  - Эколого-географический (ареал, экологическая ниша, поведение)
  - Репродуктивная изоляция
- 

# Популяционная структура вида

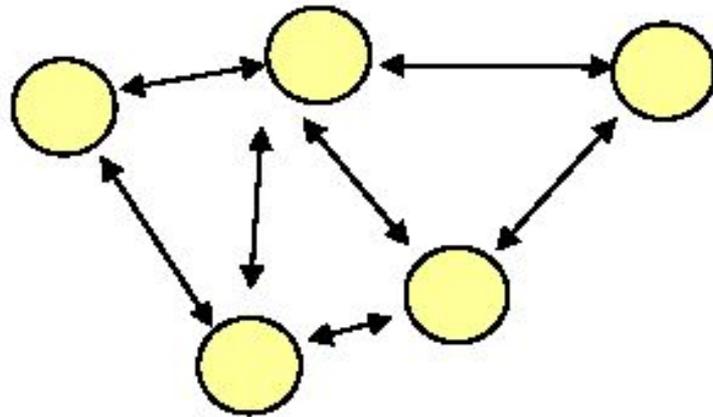


- Эволюционирует не особь, и не вид в целом, а **популяция**

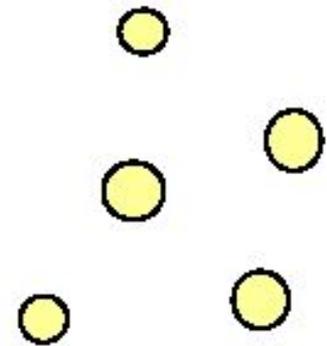
# Разные виды имеют разную популяционную структуру



Одна популяция



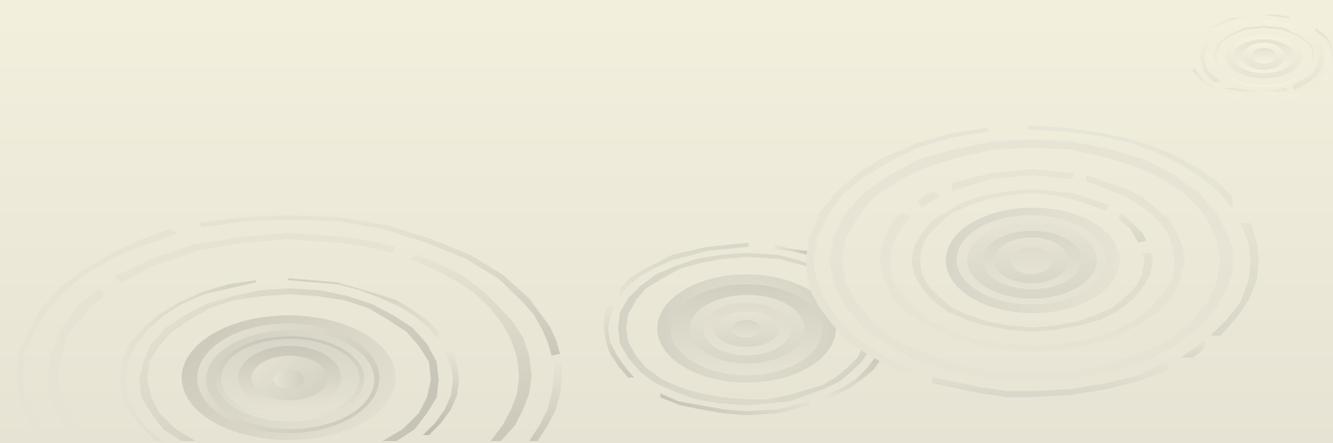
Несколько, сообщающихся между собой



Несколько изолятов

# Биологический вид

- совокупность **популяций**, обладающих общими морфологическими и молекулярными признаками, способных скрещиваться между собой в природных условиях и **репродуктивно изолированных** от других видов.

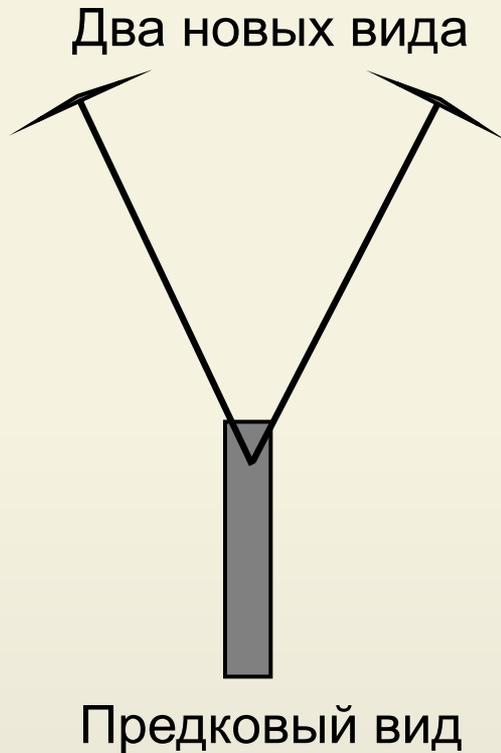


- Если **популяция** – элементарная эволюционирующая единица, то
- **вид** – качественная ступень эволюции
- На уровне вида достигается **генетический гомеостаз** – согласованная работа всех генов → устойчивый онтогенез.

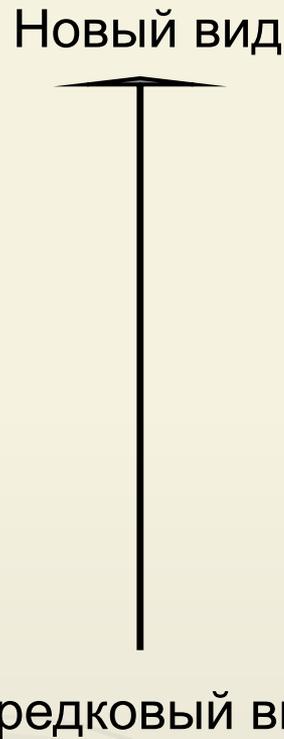


# Типы видообразования (Эрнст Майр)

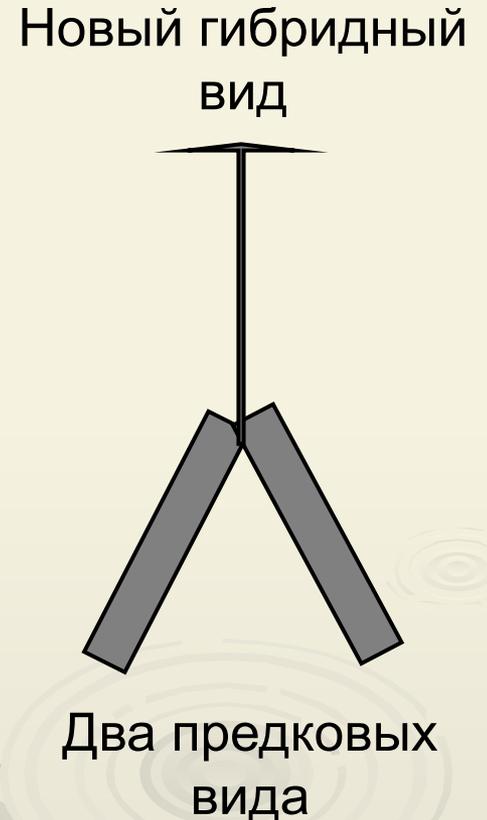
Дивергенция



Филетическое



Гибридное



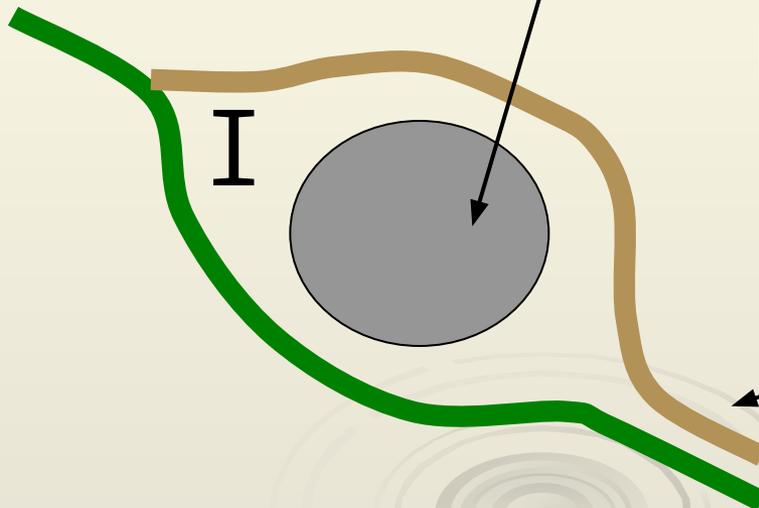
# Изоляция

– необходимое условие видообразования

## Первичная

**ДО** образования нового вида

Внешние причины  
разделяют вид на  
две популяции



## Вторичная

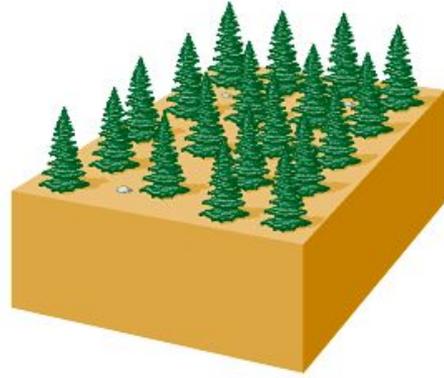
**ПОСЛЕ** видообразования

Невозможность  
скрещивания  
Возникает, когда  
различия уже дошли  
до уровня видовых

Встретившись  
снова на одной  
территории,  
виды не  
скрещиваются

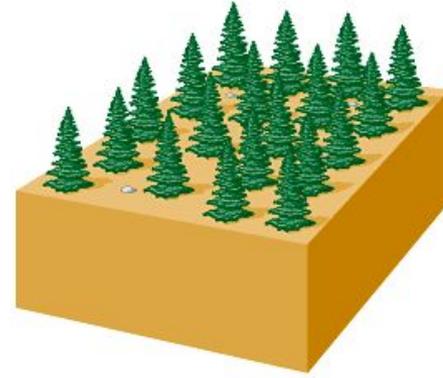
I I

# По механизму первичной изоляции – два типа видообразования



Другая  
родина

**Аллопатрическое** –  
разделение ареала



Одна  
родина

**Симпатрическое** –  
на одной территории

Изоляция экологическая или генетическая

# Аллопатрическое видообразование



Черное брюшко  
и лапки



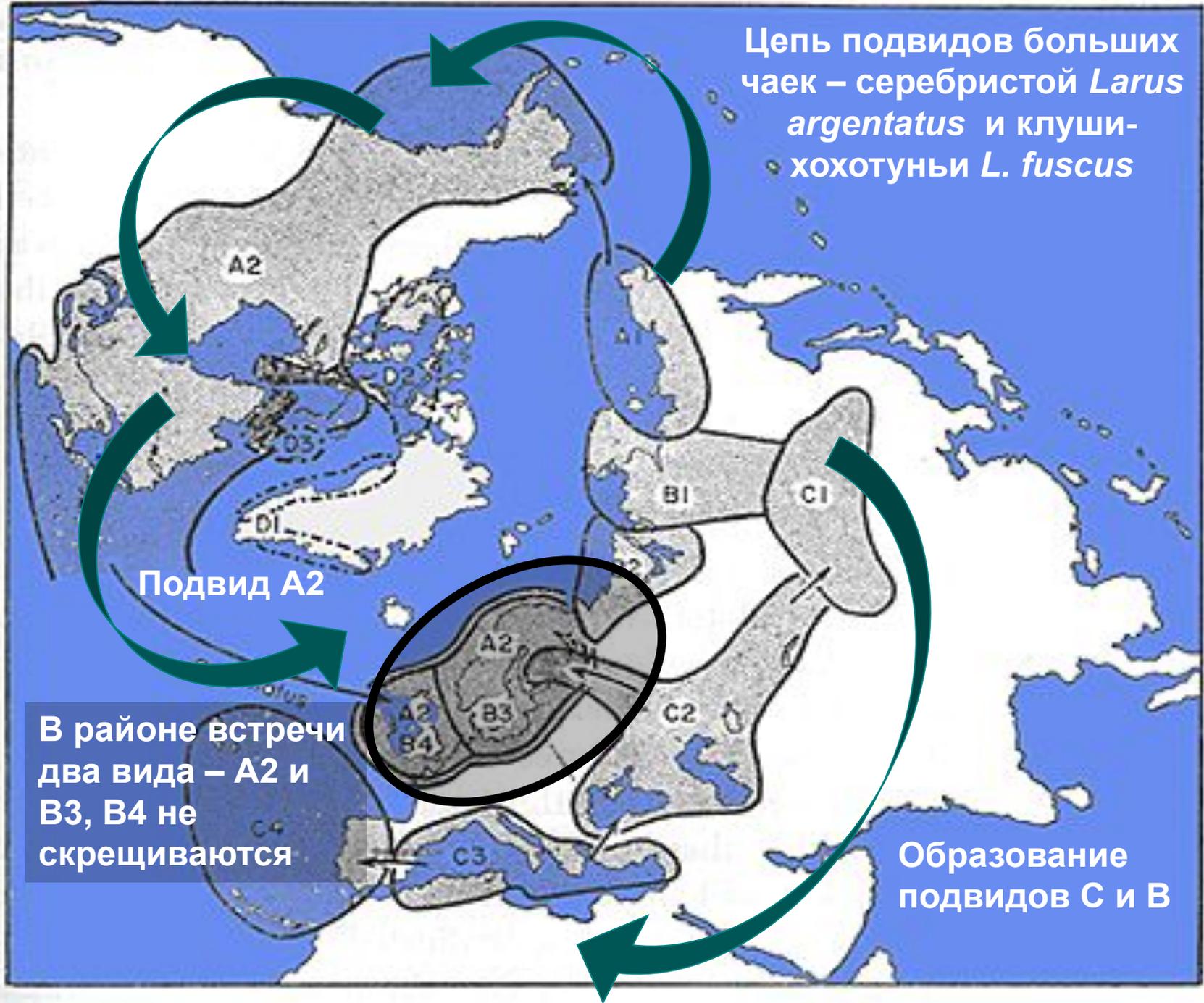
***Sciurus aberti aberti***



***Sciurus aberti kaibabensis***

Большой Каньон разделил две популяции белок ~ 10 000 лет назад  
На сегодня различия достигли уровня подвидов.

Цепь подвидов больших чаек – серебристой *Larus argentatus* и клуши-хохотуны *L. fuscus*



Подвид A2

В районе встречи  
два вида – A2 и  
B3, B4 не  
скрещиваются

Образование  
подвидов С и В

# Симпатрическое видообразование

- Изоляция на одной территории, без разделения ареала.
- Механизмы:
  1. Разделение **экологических ниш** (временное, пространственное)
  2. **Генетический** – полиплоидия (мгновенное видообразование)

# Процесс симпатрического видообразования путем пищевой специализации у мухи *Rhagoletis pomonella*



Старое  
растение-  
хозяин

Боярышник



Новый хозяин  
(с 1860)

Яблоня



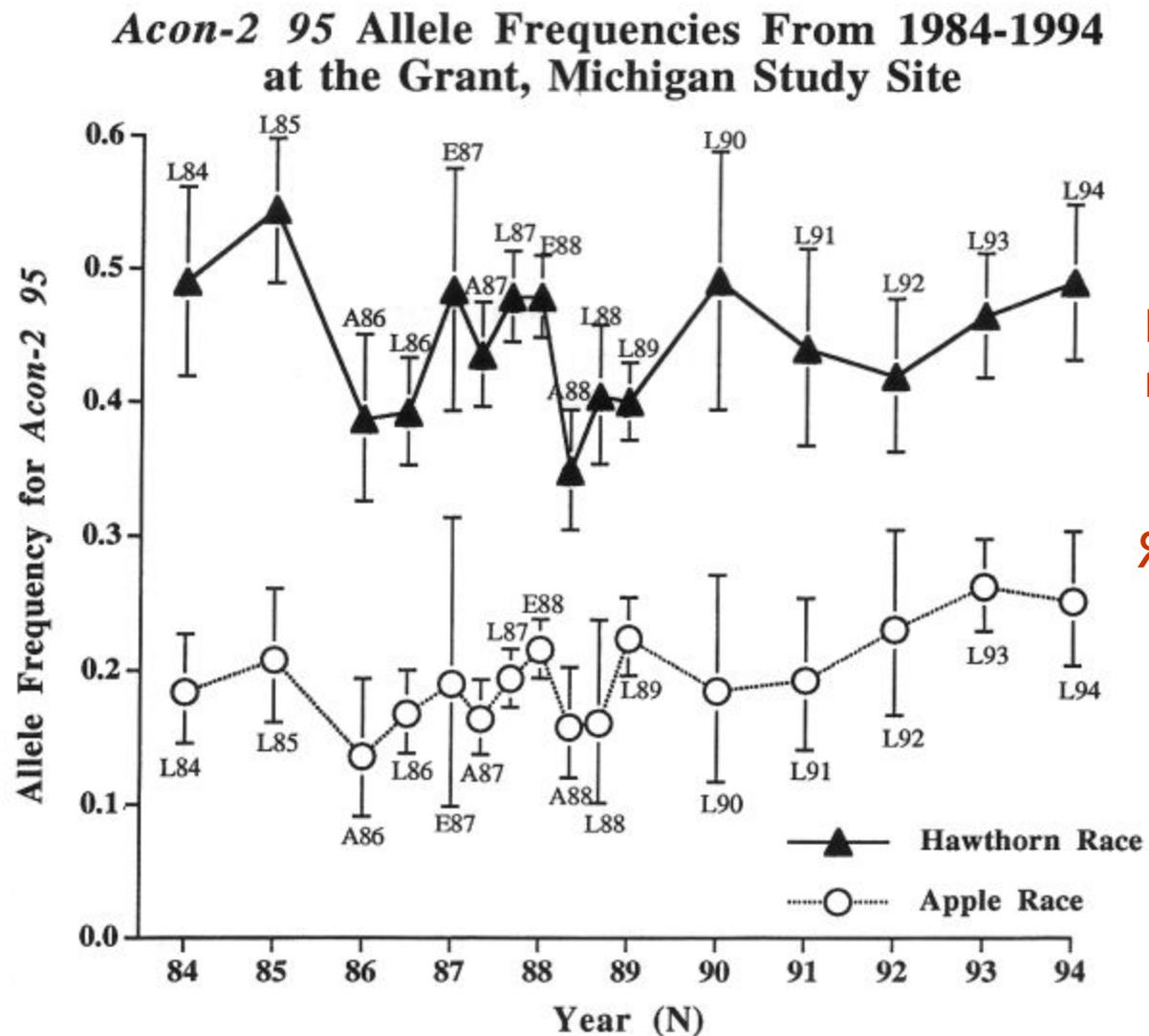
Скрещивание мух этого вида  
происходит на растении-хозяине,  
поэтому расы не скрещиваются  
между собой.

Экологическая изоляция, возникшая как пищевая и по месту обитания, постепенно стала и временной – в связи с разными сроками плодоношения у растений-хозяев.

Срок вылупления  
имаго из куколок



Прямое  
доказательство  
изоляции –  
различие  
аллельных  
частот у двух  
рас



Бояры  
шник

Яблони

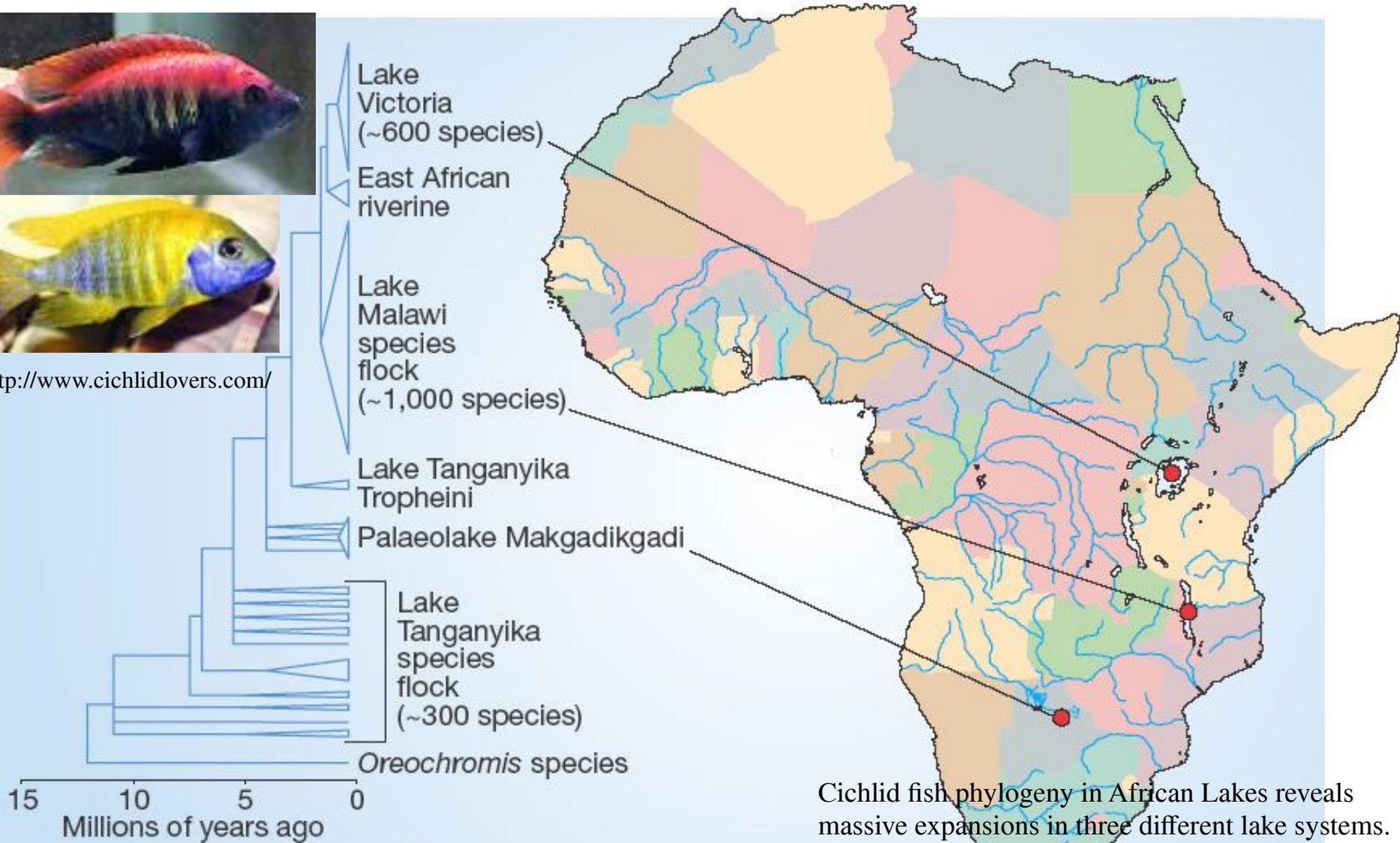
Figure 16.3 Allele frequencies for Acon-2 95 over an 11 year period (1984–1994) for different life-history stages of apple and hawthorn flies at the Grant, Michigan site. L = larvae dissected from host fruits. E = newly eclosing adults captured in field traps (nets) constructed beneath host trees. A = adults captured off of host trees. Upper and lower 95% confidence intervals for allele frequencies are indicated by bars. (For data for other loci see Feder et al. 1988, 1990a, 1990b, 1993, submitted).

# Симпатрическое видообразование – не редкость

Эндемичные виды цихлид в озерах Африки.



<http://www.cichlidlovers.com/>

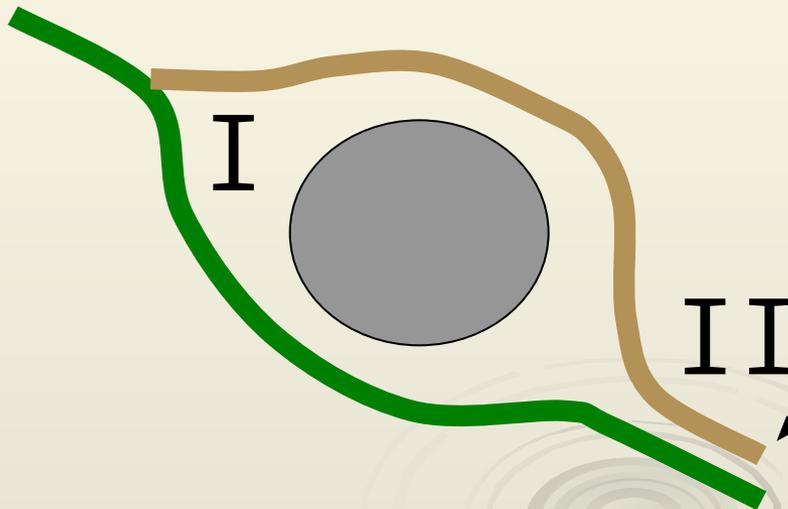


Cichlid fish phylogeny in African Lakes reveals massive expansions in three different lake systems. Nature 435, 29, 5 May 2005.

# Вторичная изоляция

= репродуктивный барьер

- Главный критерий сформировавшегося вида
- Вид – **генетически замкнутая система**.
- И **равновесная** – изоляция выгодна, потому что межвидовое скрещивание разрушает генетический гомеостаз.



Встретившись  
снова на одной  
территории,  
виды не  
скрещиваются

Если скрещиваются – то это  
не виды, а подвиды или  
популяции одного вида

# Механизмы вторичной изоляции

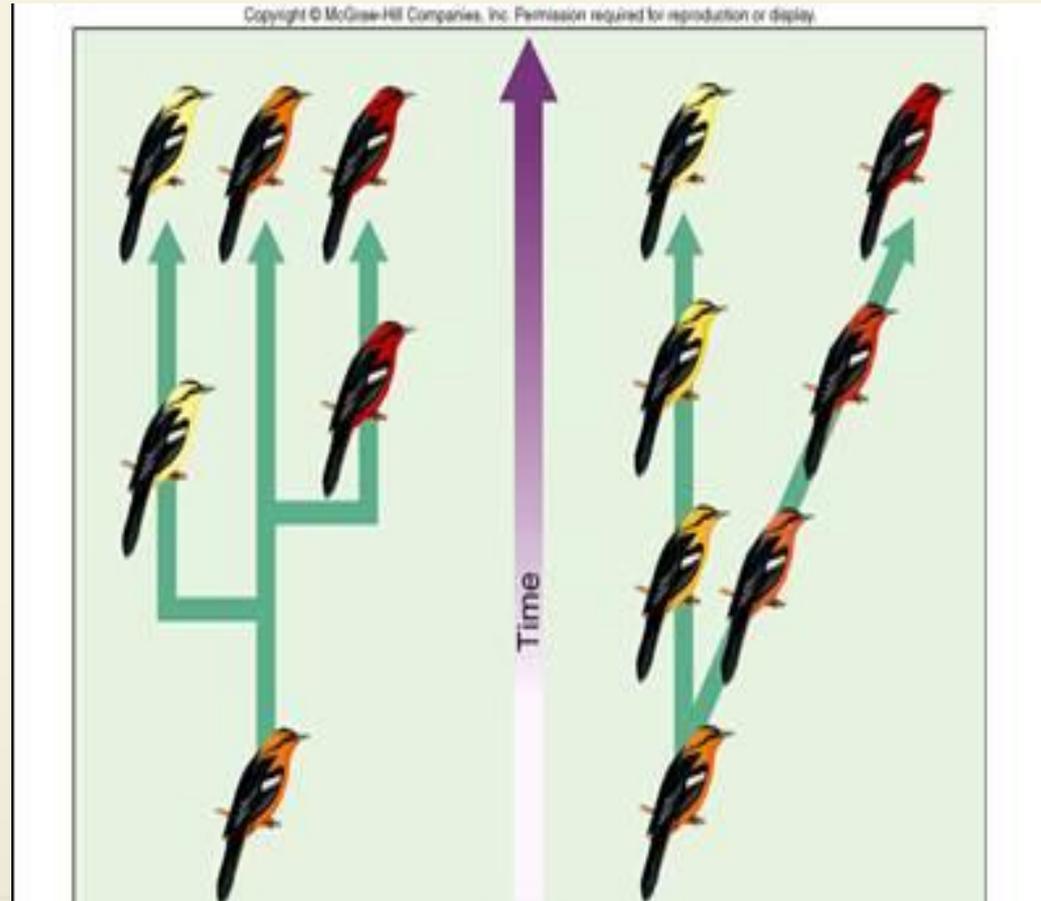


# Новый вид: постепенно или быстро?

## Градуализм (Дарвин)

- Постепенное накопление отличий (частот и состава аллелей, хромосомных перестроек)

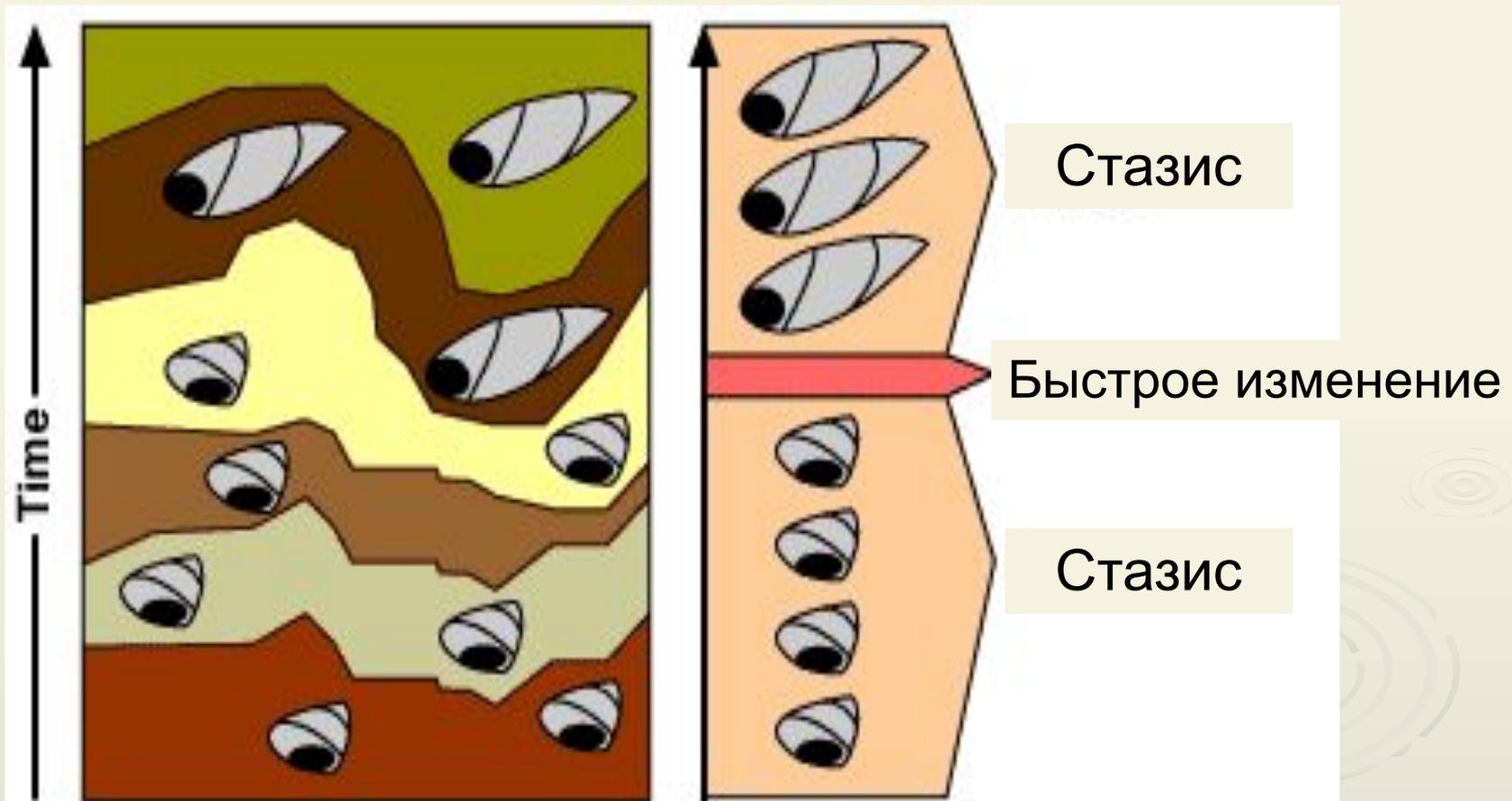
Примеры градуализма – видообразование у белок и чаек, описанное выше.



Прерывистое  
равновесие

Градуализм

- Палеонтологическая летопись говорит о том, что виды могут долгое время существовать неизменными, а потом быстро исчезать или превращаться в другие.
- «Быстро» в геологическом масштабе времени означает сотни-тысячи поколений – тем не менее, этот период намного короче, чем средний срок существования вида.



- Вид может долго оставаться неизменным, если **стабильны условия** среды существования.
- Если же **среда резко меняется** – начинает действовать интенсивный движущий или дизруптивный отбор.
- Прежде максимально приспособленная видовая норма оказывается в проигрыше – а отбираются **крайние фенотипы**.
- Гены, отвечающие за эти фенотипы, не сбалансированы с остальными – они вызывают резкие отклонения в нормальном онтогенезе и его **дестабилизацию**.
- Вид входит в **генетически неравновесное** состояние, которое очень опасно – в большей части случаев заканчивается вымиранием.

Если же разбалансированность генов удастся преодолеть, через ряд поколений наступает состояние **нового равновесия** – и образуется **новый биологический вид**.

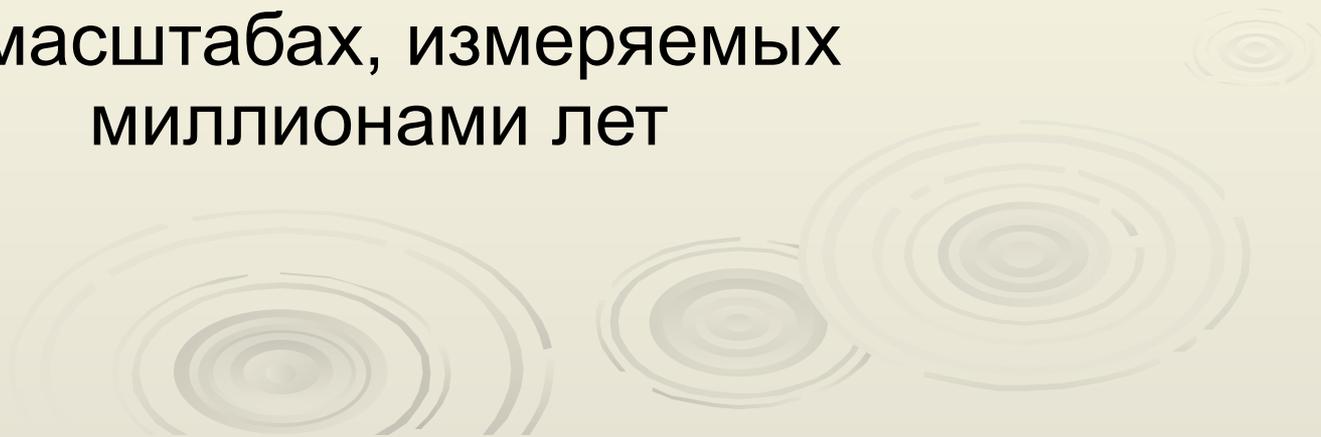


Эту теорию видообразования предложил в 1970-х гг. американский эволюционист **Стефан Гоулд** –

**Теория прерывистого равновесия**

# Макроэволюция

Закономерности выявляемые на  
уровне выше видового,  
в масштабах, измеряемых  
миллионами лет

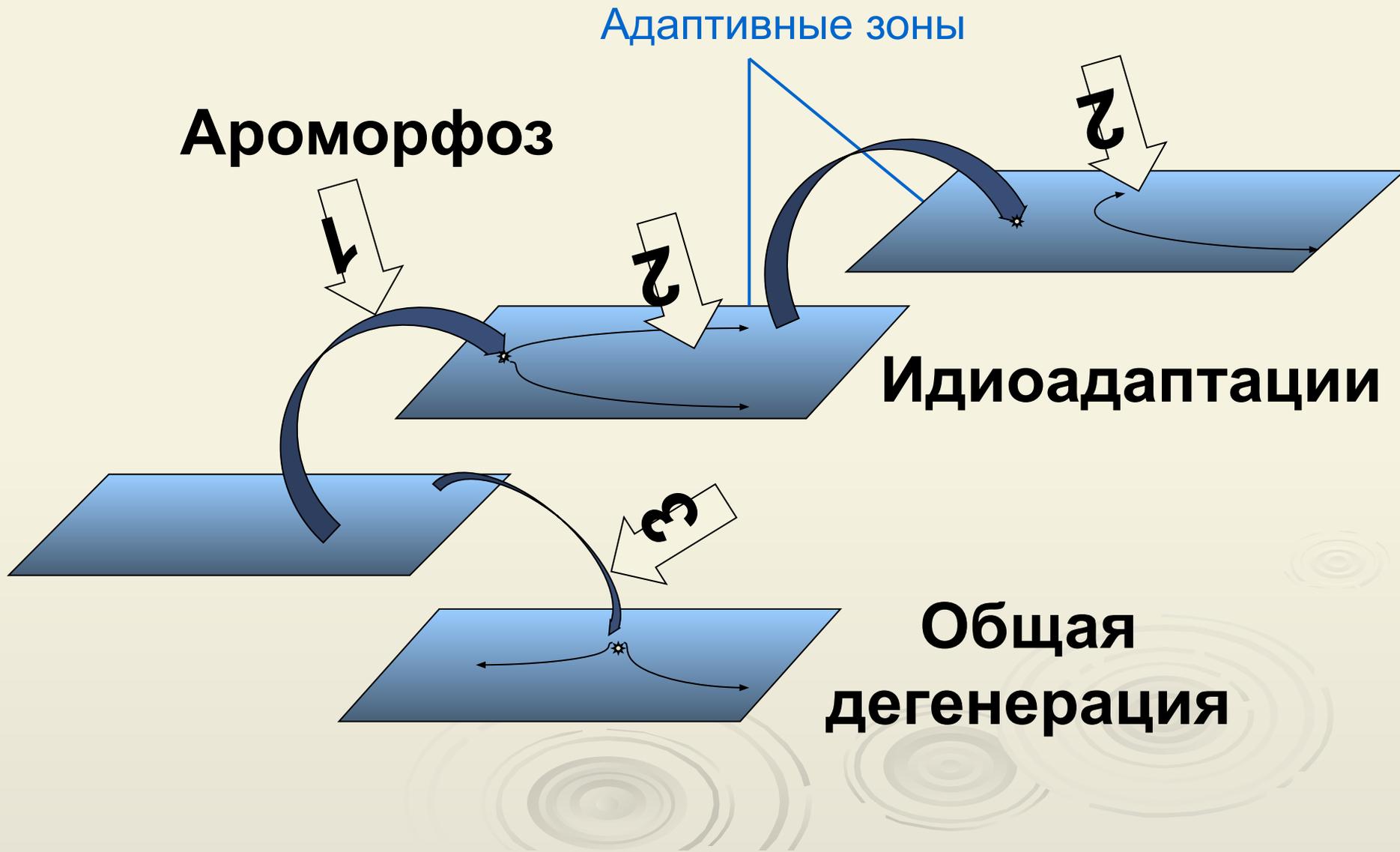




# Закономерности макроэволюции

- **Биологический прогресс** вида – это повышение его приспособленности к среде и → увеличение численности и ареала.
- Для крупных таксонов (классов, типов) – это увеличение числа видов и их общей численности.
- **Биологический регресс** – уменьшение численности и ареала, вплоть до вымирания.

# Направления эволюции (биологического прогресса)



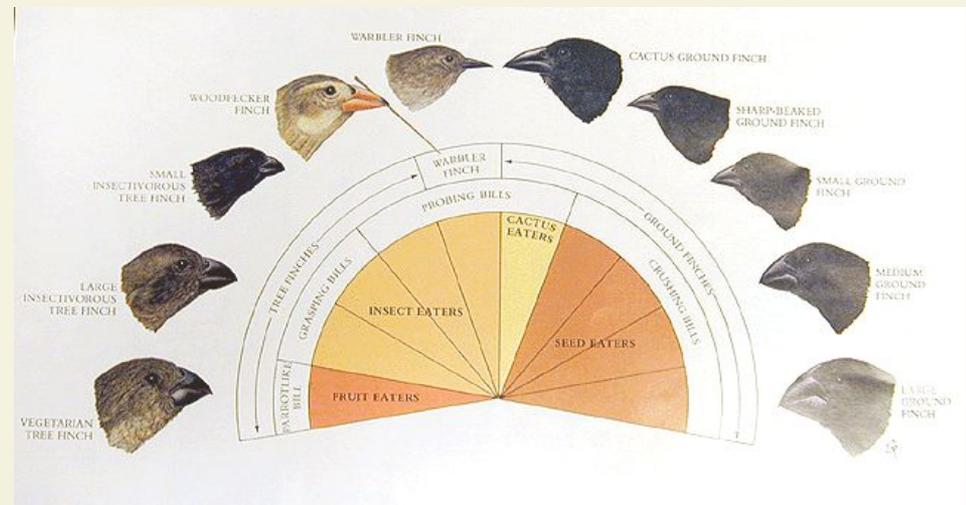
# Ароморфозы

- Крупные изменения организации, позволяющие виду занять новую адаптивную зону (границы условий, в которых данная группа организмов может существовать).
- К ароморфозам относят все новшества, давшие начало крупным таксонам – царствам, типам и классам.
- Ароморфозы возникают вначале как идиоадаптации – и станет ли это ароморфозом, зависит от наличия адаптивных зон.

# Адаптивная радиация - быстрая дивергенция предкового вида на много новых

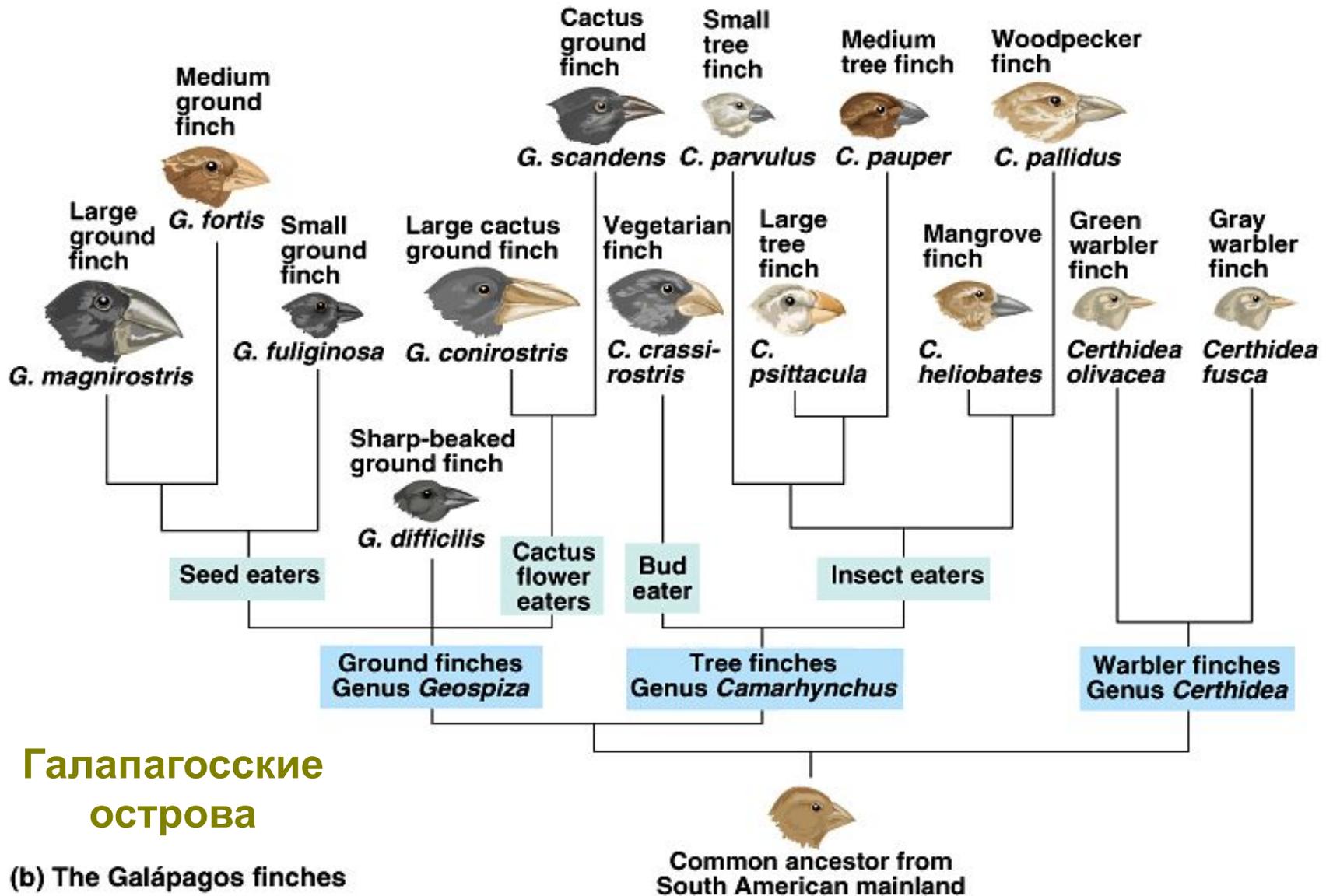
□ Возникает, когда вид попадает на новую территорию, где много экологических ниш, которые он может занять.

□ Часто наблюдается на островах.



Дарвиновские вьюрки на Галапагосах

# Дарвиновские вьюрки



Галапагосские острова

(b) The Galápagos finches

# Закономерности эволюции

## Гомологи:

Одно происхождение

Разные функции



Дивергенция

## Аналоги:

Разное происхождение

Одна функция



Конвергенция

## Гомологи + аналоги

Одна функция

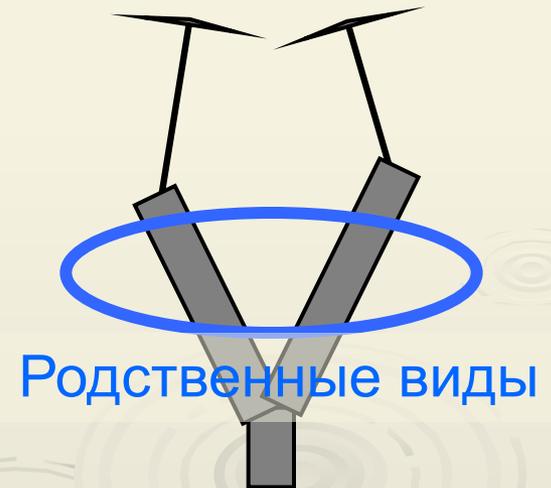
развивается

независимо из

гомологичных (общих по происхождению)

структур у

родственных видов



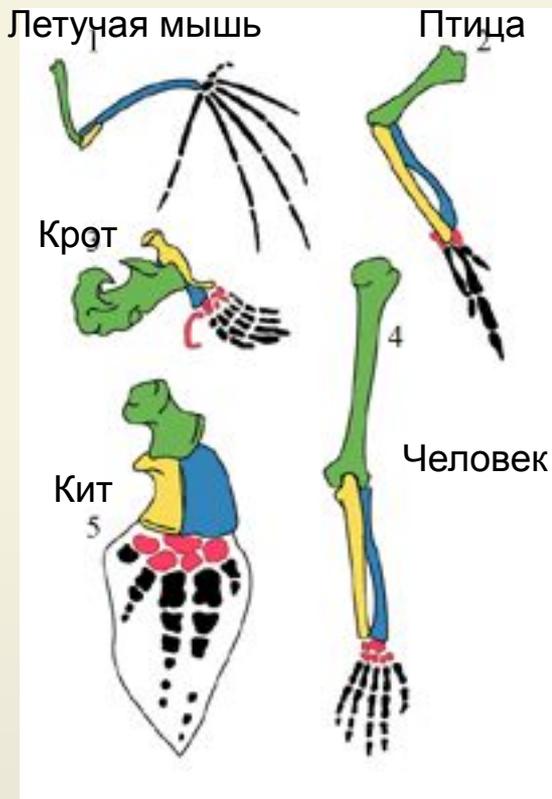
Параллелизм

# Закономерности эволюции

Дивергенция



Гомологи



Глаз моллюска и млекопитающего

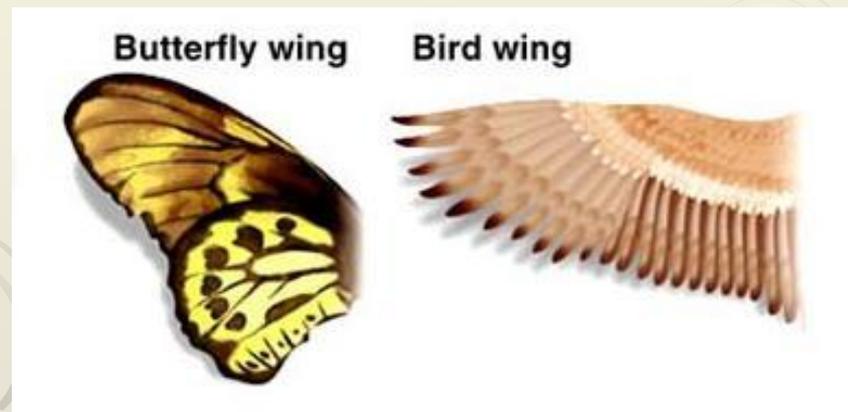
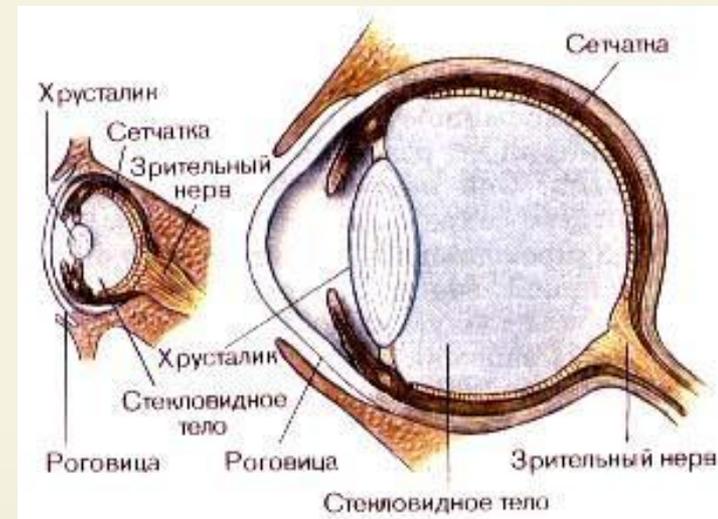
Крыло бабочки и птицы

Передние конечности позвоночных

Конвергенция



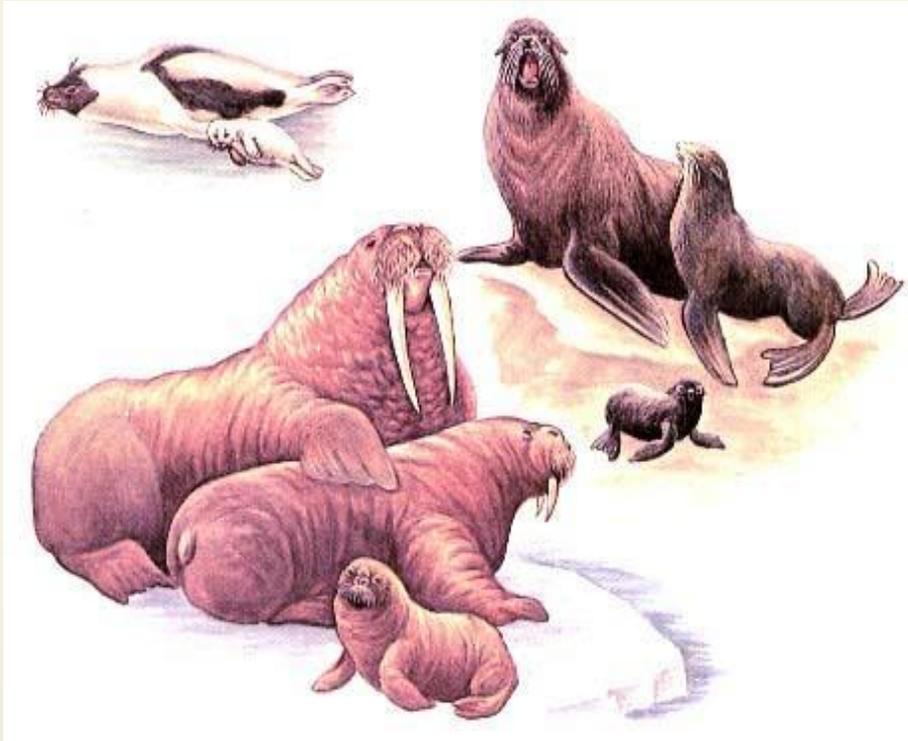
Аналоги



Конвергенция на основе гомологичных органов и генов



## Параллелизм



Форма тела тюленя,  
котика, моржа

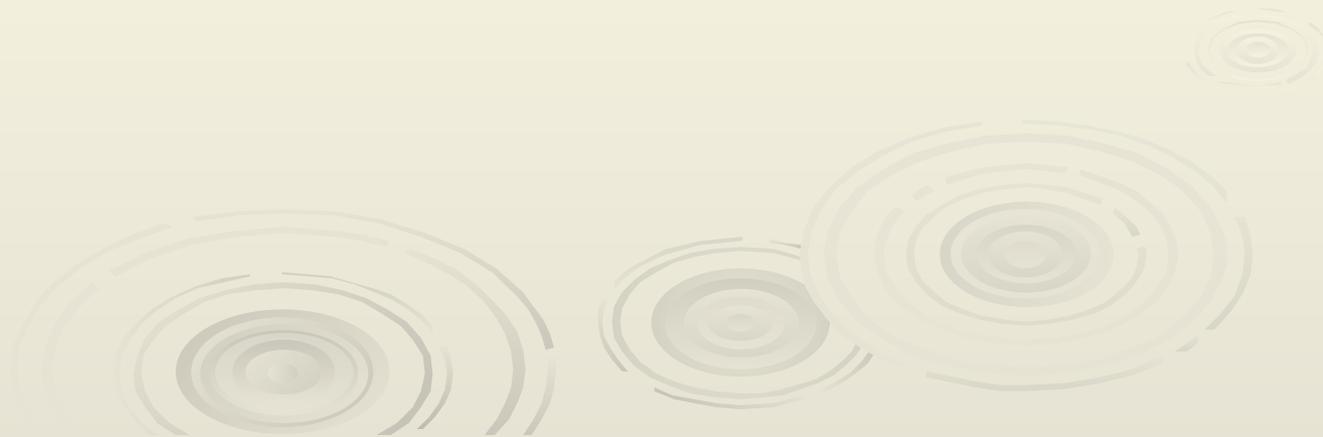


Параллелизм форм  
сумчатых и плацентарных  
млекопитающих

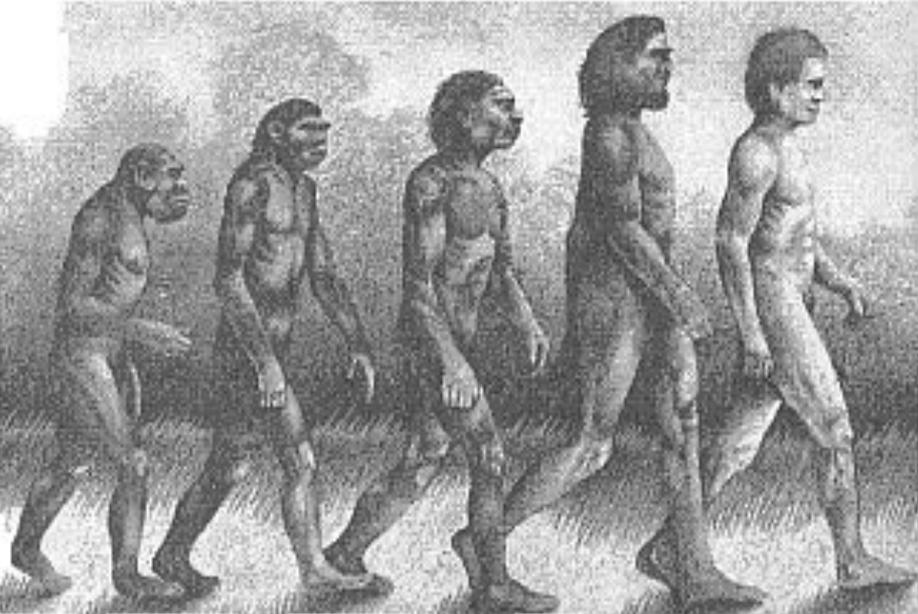
## Необратимость эволюции

- вымерший вид никогда не возникнет заново.

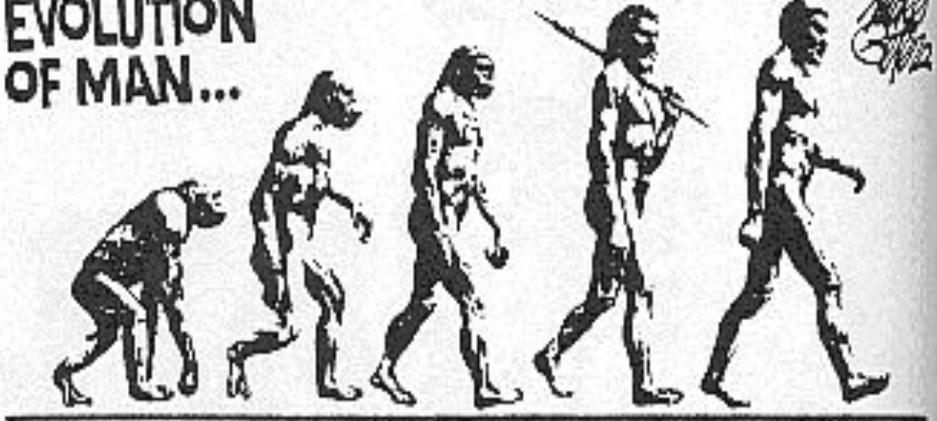
У эволюции нет конечной цели –  
нельзя предсказать, какие виды  
появятся в будущем.



Gould (1989) "Wonderful Life"



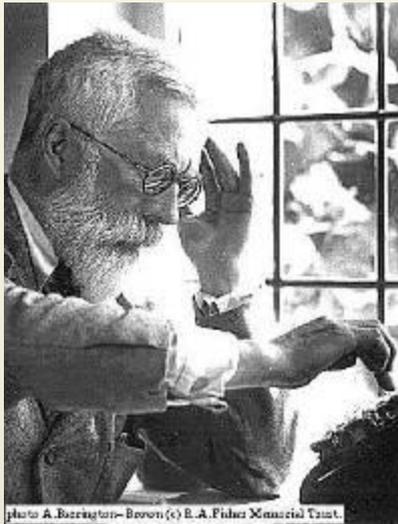
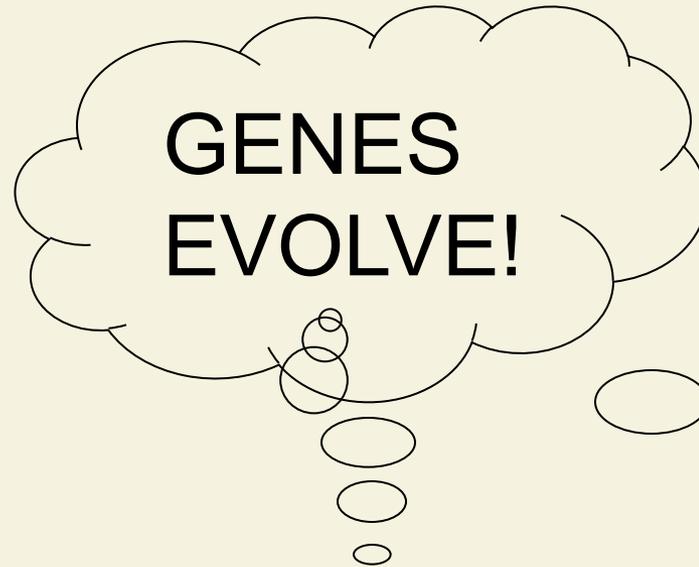
EVOLUTION OF MAN...



and woman.



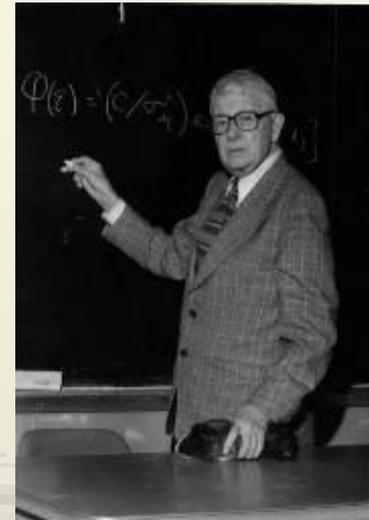
# The Modern Synthesis of Biology



**R. A. Fisher**



**J. B. S. Haldane**



**Sewall Wright**