

**Прекрасна жизнь,
прекрасно жить!**

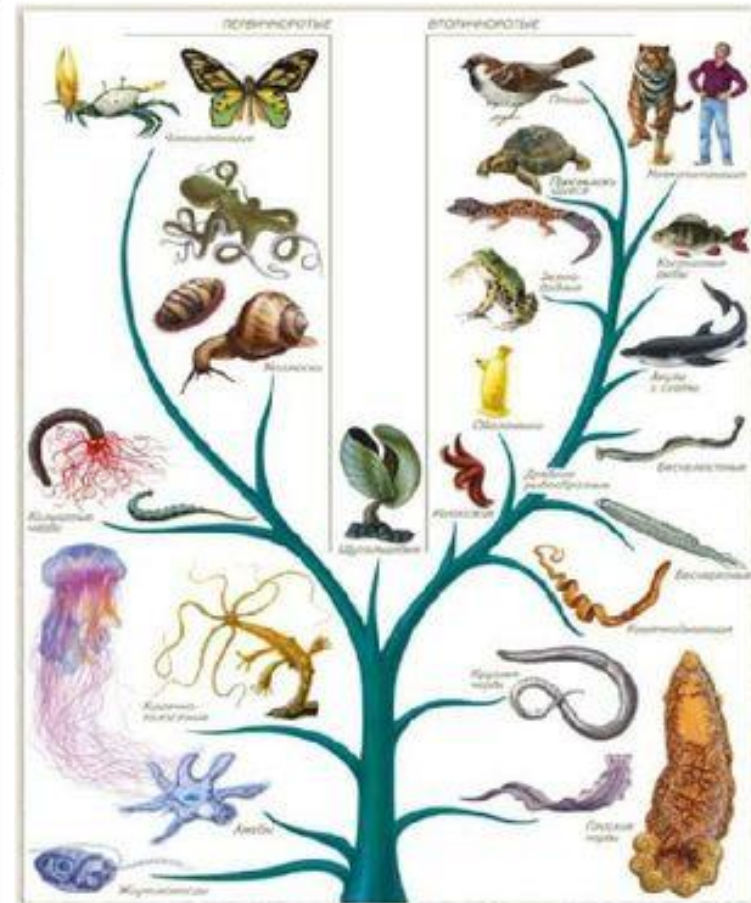
**Дышать,
смеяться
и любить!**

Макроэволюция

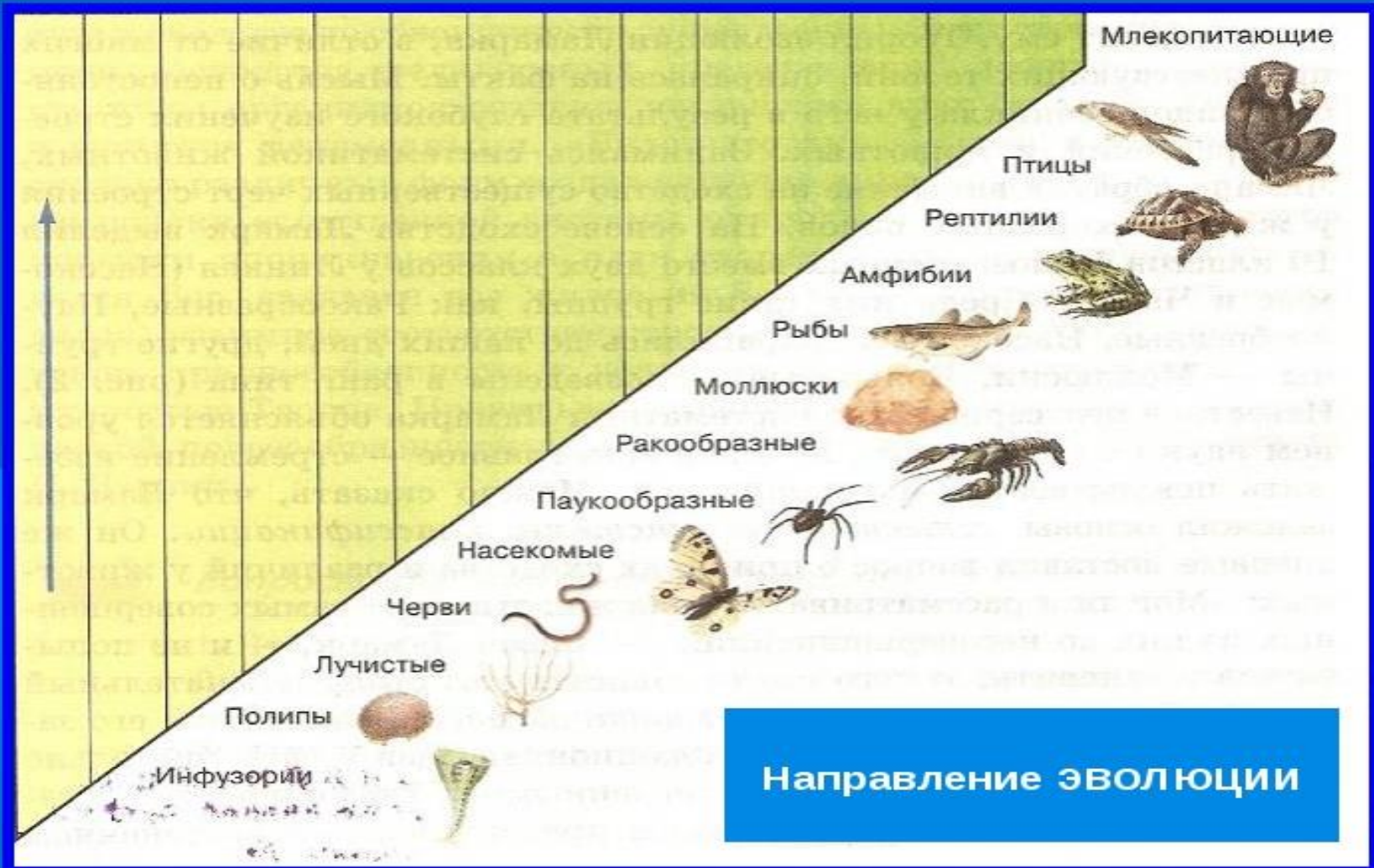
Доказательства эволюции

Лекция профессора каф. БИОЛОГИИ
д.б.н. Михайленко Антонины Кузьминичны

Макроэволюция – это процесс образования надвидовых систематических групп (родов, семейств, классов и т.д.)



Каков главный принцип макроэволюции?



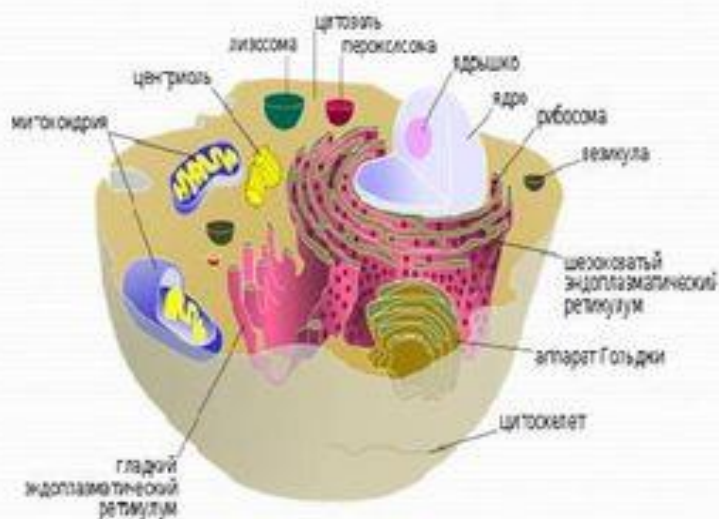
ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ:



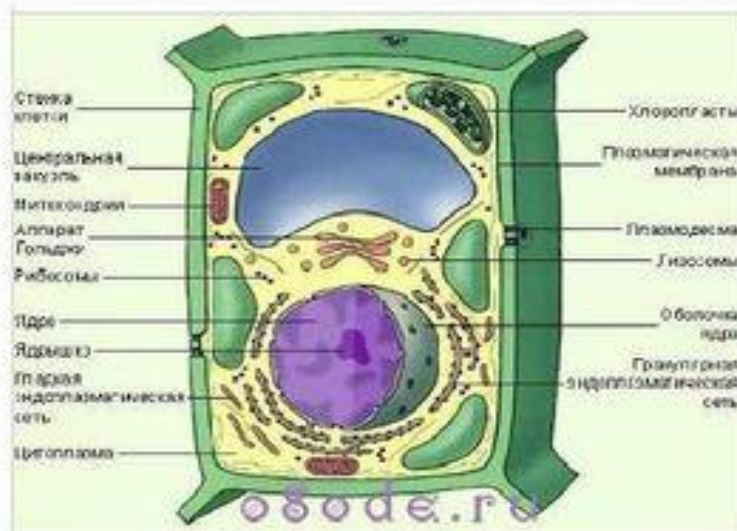
1. Цитологические
2. Молекулярно-генетические
3. Биохимические
4. Сравнительно-анатомические
5. Сравнительно эмбриологические
6. Палеонтологические
7. Биогеографические

▣ Макроэволюция

Общий план строения клеток всех живых организмов



клетка животных

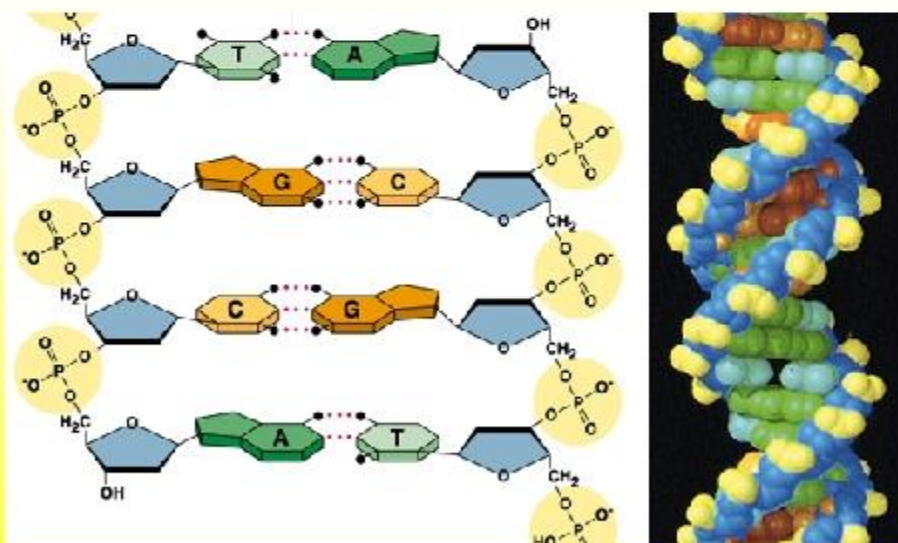


клетка растений

Данные молекулярной биологии

Универсальность генетического кода

свидетельствует о едином
происхождении всех живых
организмов Земли.



Первый нуклеотид	Второй нуклеотид				Третий нуклеотид
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	<u>Цис</u>	У
	Фен	Сер	Тир	<u>Цис</u>	Ц
	Лей	Сер	–	–	А
	Лей	Сер	–	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	<u>Арг</u>	У
	Лей	Про	Гис	<u>Арг</u>	Ц
	Лей	Про	Глн	<u>Арг</u>	А
	Лей	Про	Глн	<u>Арг</u>	Г
	Иле	Тре	Асн	<u>Сер</u>	У
	Иле	Тре	Асн	<u>Сер</u>	Ц
	Иле	Тре	Лиз	<u>Арг</u>	А
	Мет	Тре	Лиз	<u>Арг</u>	Г
А	Вал	Ала	<u>Асп</u>	<u>Гли</u>	У
	Вал	Ала	<u>Асп</u>	<u>Гли</u>	Ц
	Вал	Ала	<u>Глу</u>	<u>Гли</u>	А
	Вал	Ала	<u>Глу</u>	<u>Гли</u>	Г

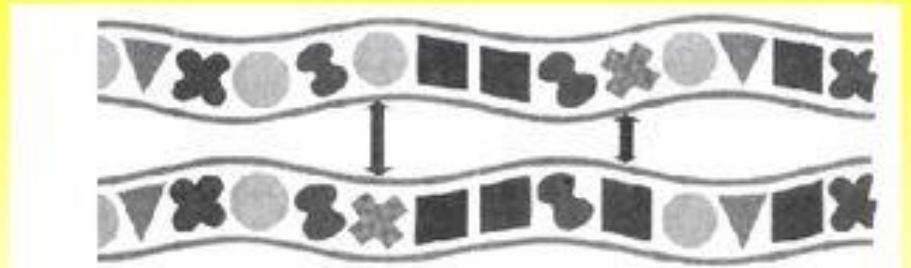
Данные молекулярной биологии

Единство аминокислотного состава белков

свидетельствует о едином происхождении всех живых организмов Земли.

Доказано, что у близкородственных групп организмов белки сходны по аминокислотному составу и сходна нуклеотидная последовательность ДНК в хромосомах.

Например, **гемоглобин человека** и шимпанзе идентичен по аминокислотному составу, а между гемоглобином человека и гориллы отличия в двух аминокислотах.



Последовательность аминокислот в гемоглобине человека и гориллы



Данные молекулярной биологии

Чем ближе родство, тем меньше отличий в строении ДНК и белков.

В настоящее время проведена гибридизация цепей нуклеотидов ДНК человека и шимпанзе.

Для этого были разделены двойные цепи ДНК человека и шимпанзе, и затем одиночные цепи ДНК человека соединили с цепями нуклеотидов шимпанзе. Между комплементарными нуклеотидами восстановились химические связи, и оказалось, что ДНК человека и шимпанзе сходны на 91 — 97,5%.



Доказательства эволюции

```
graph TD; A[Доказательства эволюции] --> B[Сравнительно-морфологические]; A --> C[Эмбриологические]; A --> D[Палеонтологические]; C --> E[Биогеографические];
```

Сравнительно-
морфологические

Эмбриологические

Палеонтологические

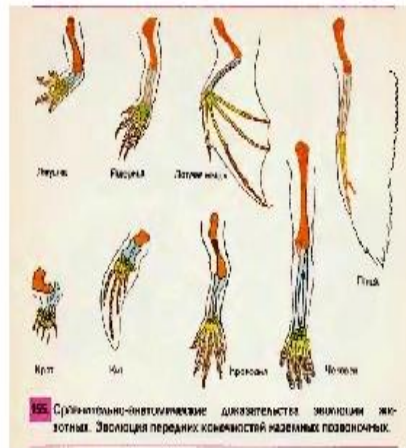
Биогеографические

ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ЭВОЛЮЦИИ ЖИВОТНОГО МИРА

Палеонтология - наука об ископаемых организмах.

Сравнительная анатомия - наука, сравнивающая строение различных современных ЖИВОТНЫХ.

Эмбриология - наука о зародышевом развитии организмов.



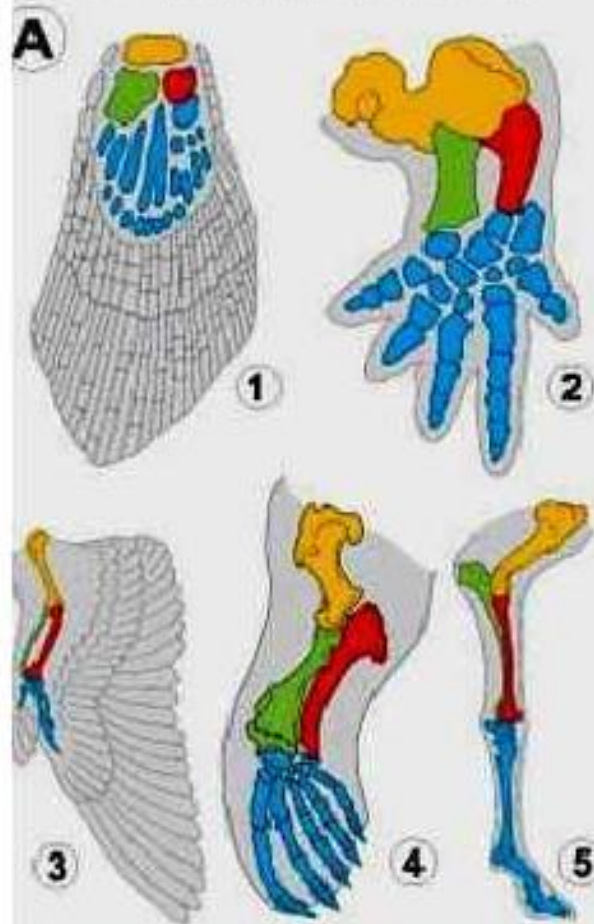
Палеонтологические
доказательства

Сравнительно-анатомические
доказательства

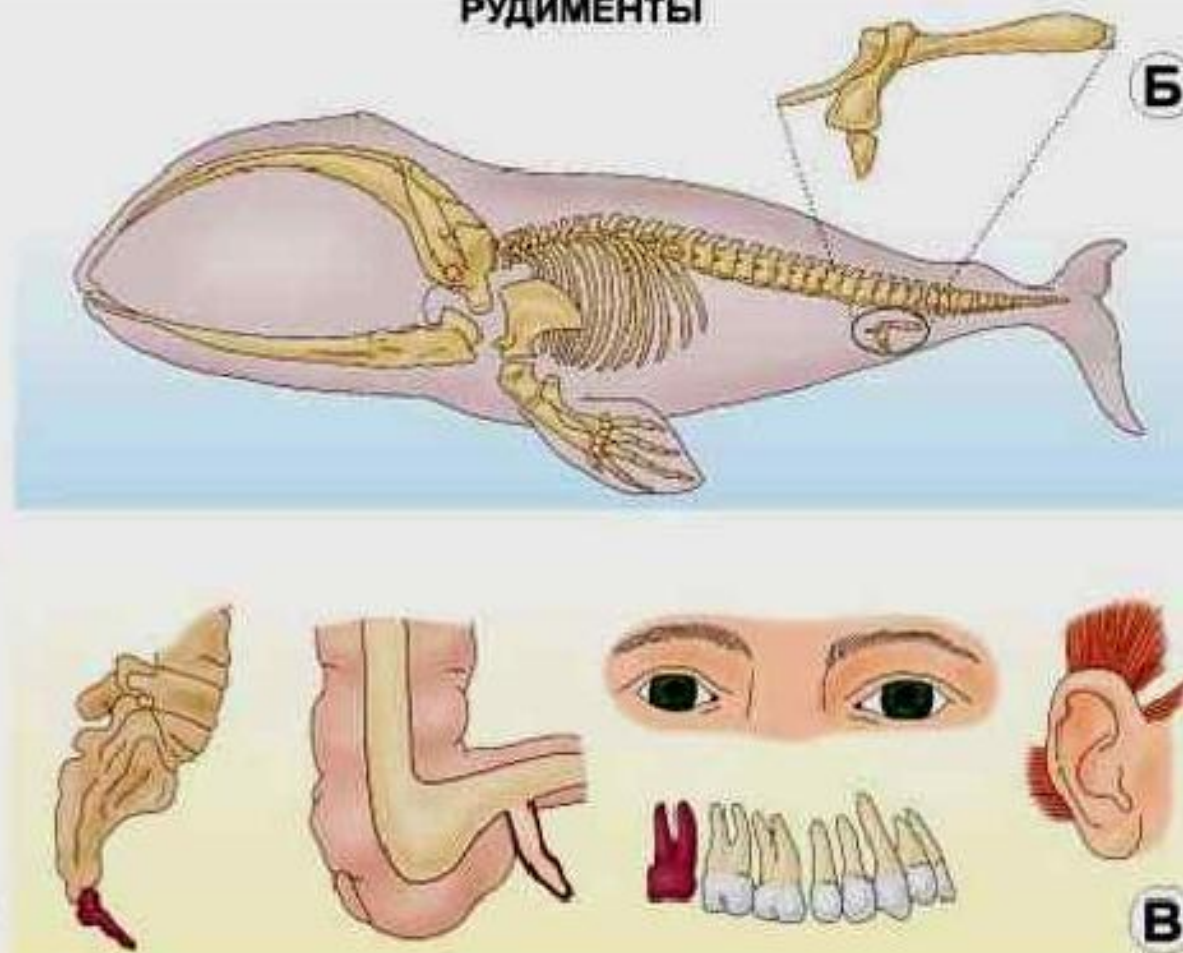
Эмбриологические
доказательства

Сравнительно-анатомические доказательства

ГОМОЛОГИЧНЫЕ ОРГАНЫ



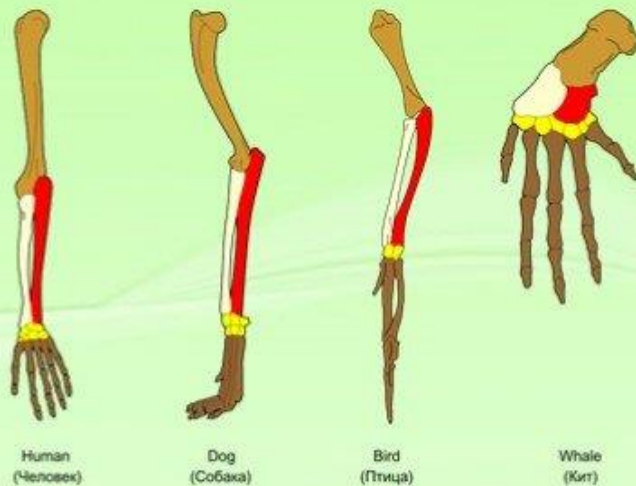
РУДИМЕНТЫ



ГОМОЛОГИЧНЫЕ ОРГАНЫ

В основе образования – **дивергенция** (расхождение) признаков

у животных



Гомологичные кости (показаны цветом) передних конечностей человека, собаки, птицы и кита

у растений

Колючки кактуса



Колючки барбариса



Усики гороха



Видоизмененные листья различных растений

АНАЛОГИЧНЫЕ ОРГАНЫ

В основе образования – **конвергенция** (схождение) признаков

у животных



а)

а) крыло птицы и насекомого



б)

б) роющие конечности млекопитающего (крота) и насекомого (медведки)

у растений



а)

а) усики гороха (листья) и усики винограда (побег)



б)

б) колючки барбариса (листья) и колючки терна (побег)

Аналогичные органы

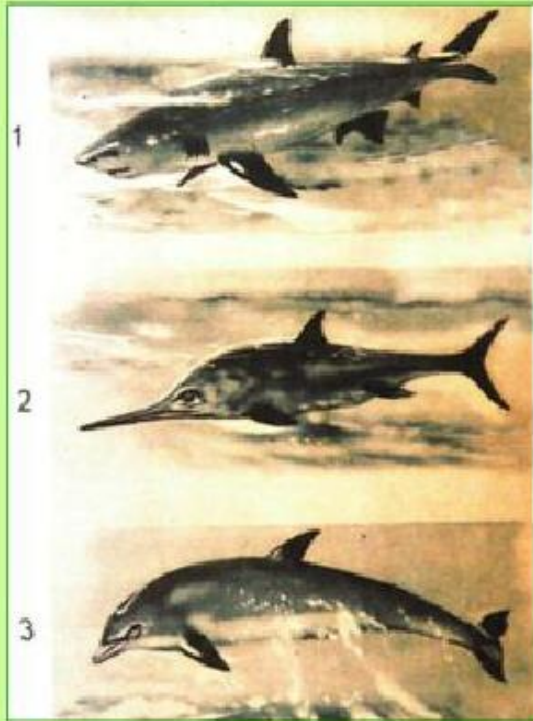


крылья птицы, летучий мыши и насекомого



лапки медведки и крота

КОНВЕРГЕНЦИЯ – развитие сходных признаков у неродственных групп организмов



Конвергенция формы тела и плавников у:

- 1 – акулы;
- 2 – ихтиозавра;
- 3 – дельфина.



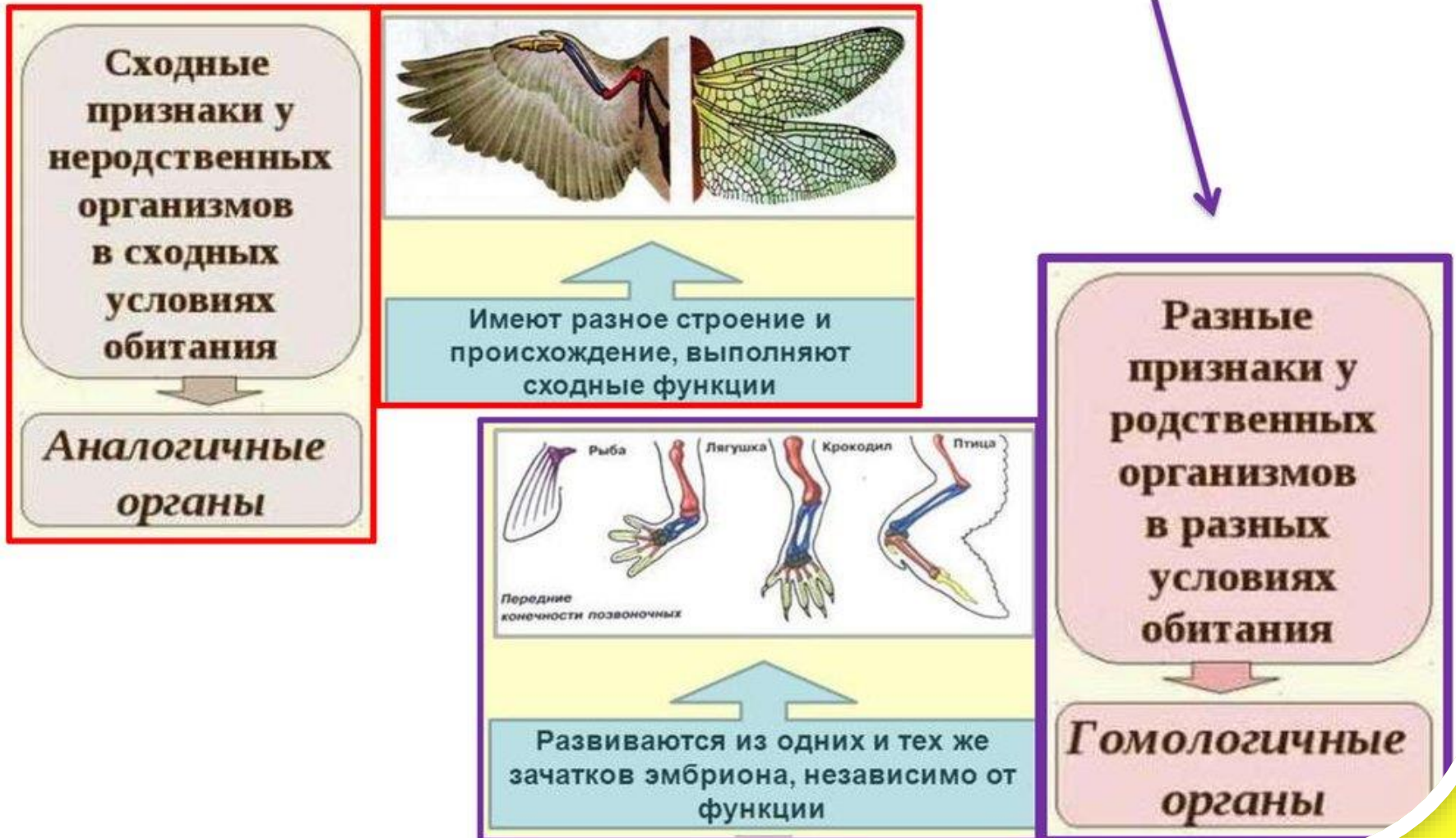
Конвергенция крыльев у:

- 1 – бабочки;
- 2 – птицы.

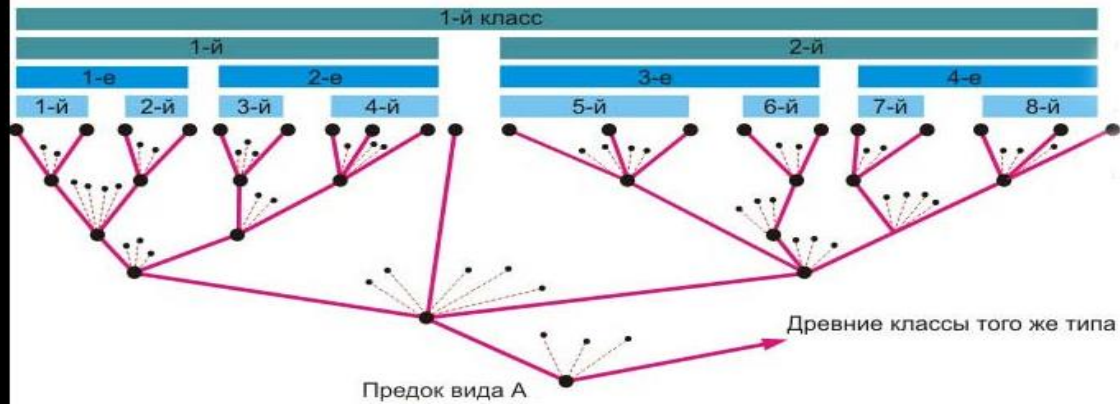


Механизмы эволюционного процесса

↓ **КОНВЕРГЕНЦИЯ** И **ДИВЕРГЕНЦИЯ**



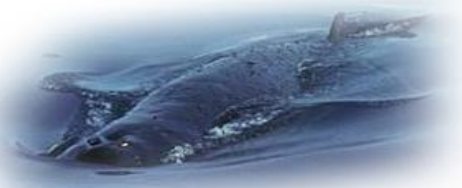
1. Дивергенция



2. Конвергенция



3. Параллелизм



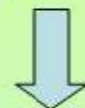
Закономерности эволюции



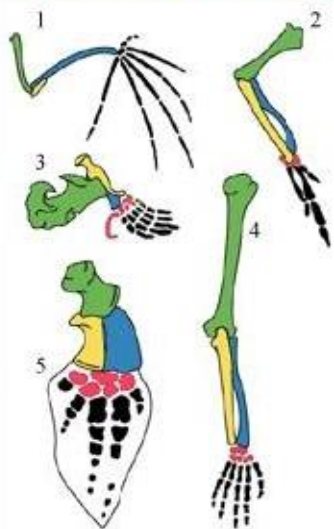
Дивергенция

Параллелизм

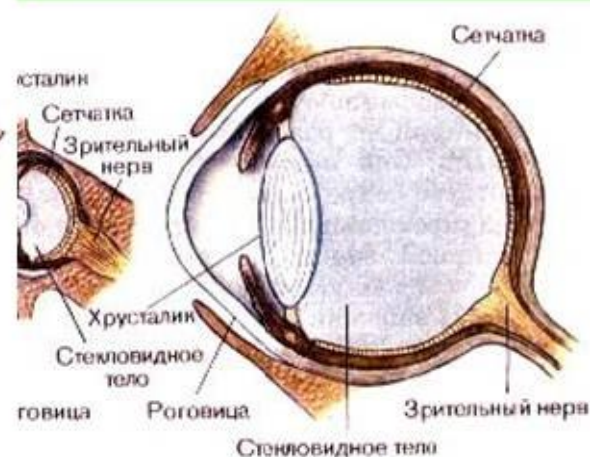
Конвергенция



Гомологи



Аналоги



Передние
Конечности
позвоночных

Тюлень, котик,
морж

Строение глаз
моллюска,
млекопитающего

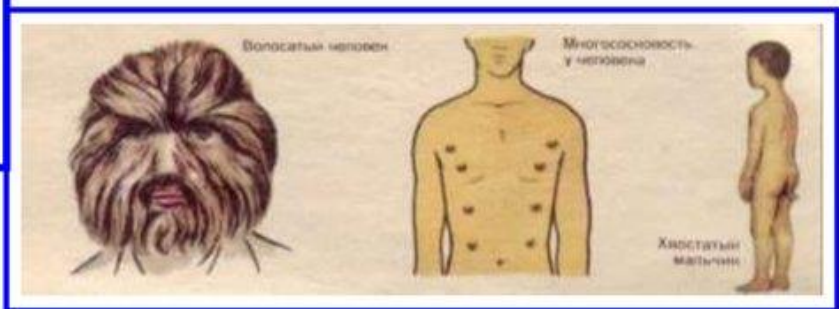
Рудименты и атавизмы

↓

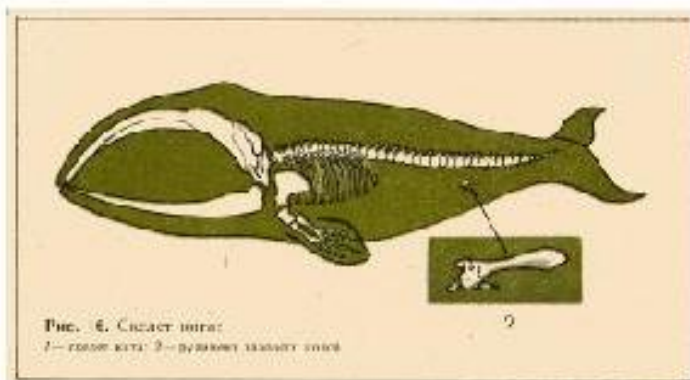
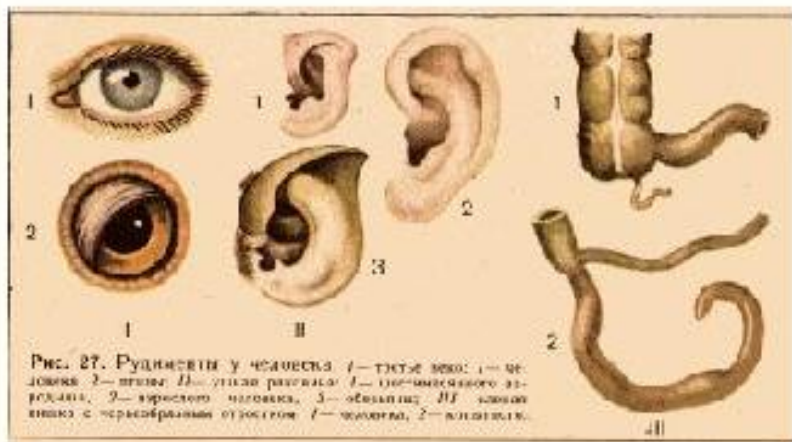
Органы или части
организма, утратившие
в процессе эволюции
свои первоначальные
функции

↓

Черты далеких предков,
проявляющиеся иногда
у некоторых людей
(онтогенетический сбой)



Сравнительно-анатомические (морфологические) доказательства эволюции

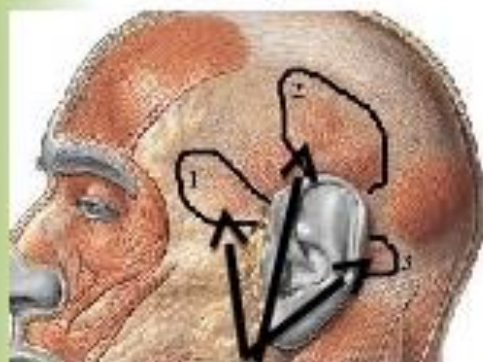


**Рудимент
задних
конечностей
питона**



Рудименты

Органы, которые функционировали когда-то у предков. Потом эти органы утратили первоначальное значение и в жизнедеятельности человека участия не принимают или почти не принимают.



ушные мышцы



копчик

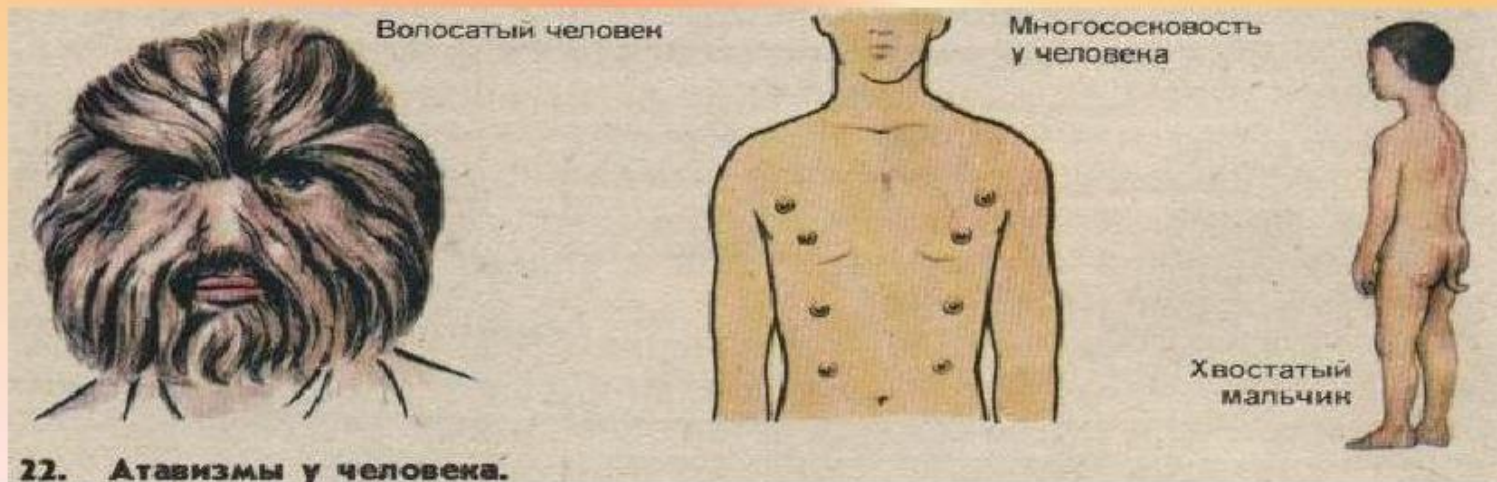


аппендикс



третье веко

О родстве человека с животными также свидетельствует наличие атавизмов и рудиментов.





Атавизмы

Появление у отдельных людей признаков, которые были свойственны нашим далеким предкам, но утрачены в ходе эволюции.





Карл Эрнест фон Бэр

(1792 – 1876)



Основателем современной эмбриологии считается академик Российской Академии Карл Бэр.

В 1828 году он опубликовал сочинение «История развития животных», в котором доказывал, что человек развивается по единому плану со всеми позвоночными животными.

Эмбриональное развитие зародыша человека



Эмбриологические доказательства

Закон зародышевого сходства

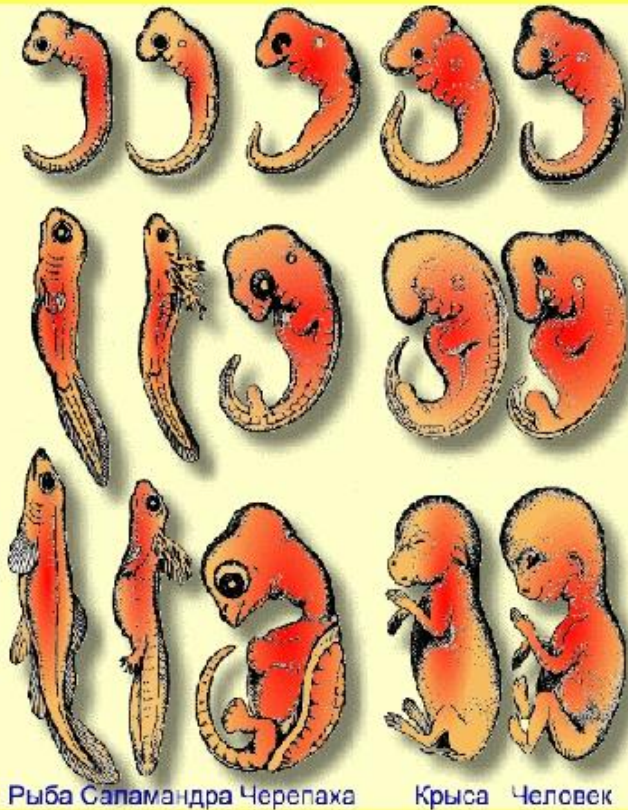


Сравнение зародышей позвоночных на разных стадиях развития

Данные эмбриологии

Сравнительная эмбриология приводит убедительные доказательства в пользу эволюции. Еще Ч.Дарвин обратил внимание на связь между индивидуальным развитием — **онтогенезом** и историческим развитием вида — **филогенезом**.

Немецкие ученые **Ф.Мюллер** и **Э.Геккель** и сформулировали **биогенетический закон, закон рекапитуляции**: «Онтогенез — есть краткое и быстрое повторение **филогенеза**». Рекапитуляция признаков объясняется тем, что на разных стадиях включаются сохранившиеся гены далеких предков — рыбы, земноводного, пресмыкающегося, обезьяны.



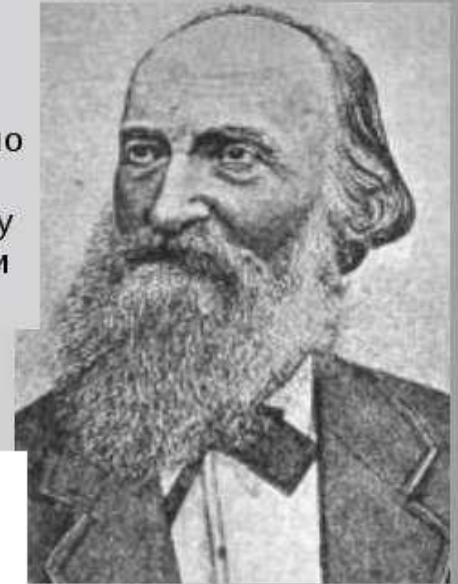
Закон зародышевого сходства (К. Бэр)

Биогенетический закон Геккеля-Мюллера :
каждое живое существо в своем индивидуальном развитии
(онтогенез) повторяет в известной степени формы, пройденные
его предками или его видом



Эрнст Геккель
(1834-1919)

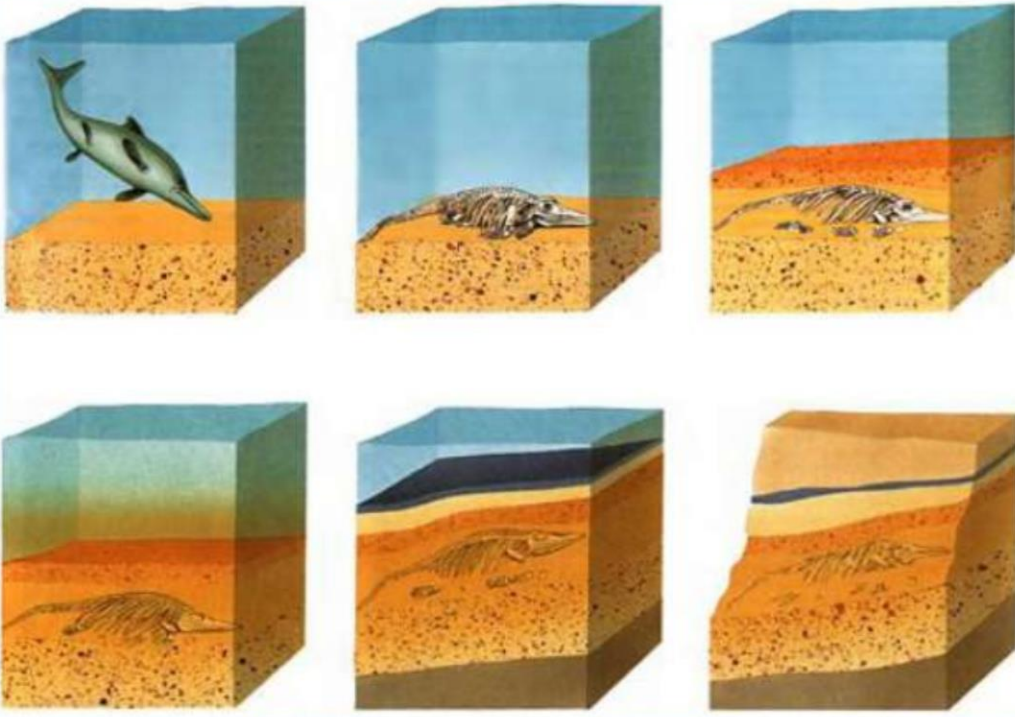
Яркий пример выполнения биогенетического закона — развитие лягушки
У головастика, как и у низших рыб и рыбьих мальков, основой скелета служит хорда. Череп у головастика хрящевой, и к нему примыкают хорошо развитые хрящевые дуги; дыхание жаберное. Кровеносная система также построена по рыбьему типу: предсердие ещё не разделилось на правую и левую половины.



Фриц Мюллер
(1822 — 1897)



Палеонтология



Паук в янтаре.



Данные сравнительной палеонтологии

Классические доказательства предоставляет **сравнительная палеонтология**, изучающая ископаемые организмы, жившие в прошлые эпохи. История развития живых организмов на Земле сохранилась в виде ископаемых остатков.

Прямым доказательством эволюции является **ярусность расположения остатков живых организмов**: чем более древний слой изучается, тем более примитивные формы жизни в нем находятся, в верхних слоях находят остатки более поздних форм жизни.



Палеонтологические доказательства эволюции.
Окаменевшие остатки животных доказывают, что животный мир древнего времени отличался от современного.



Аммониты - вымерший подкласс головоногих моллюсков.

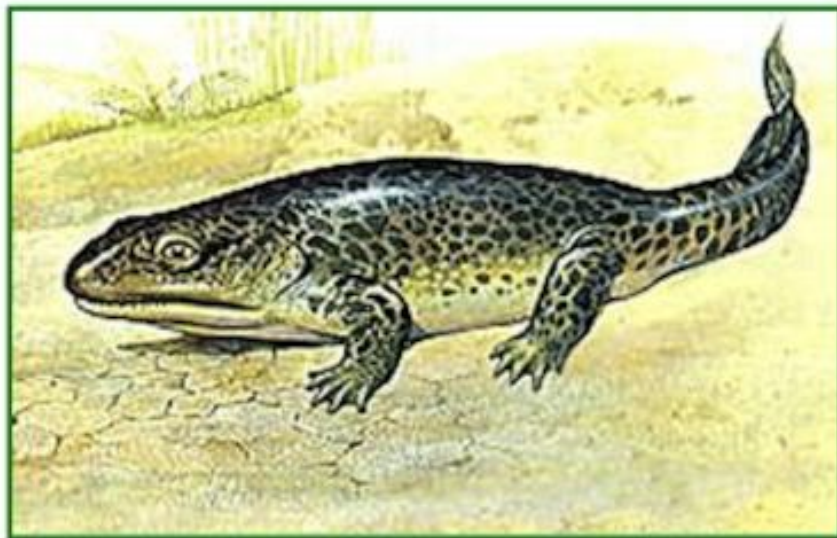


Окаменелости самой древней живородящей рыбы.

Палеонтологические доказательства ЭВОЛЮЦИИ

Ископаемые переходные формы

(формы организмов, сочетающие признаки более древних и молодых групп)



Ихтиостега – ископаемая форма, которая позволяет связать рыб с наземными позвоночными.



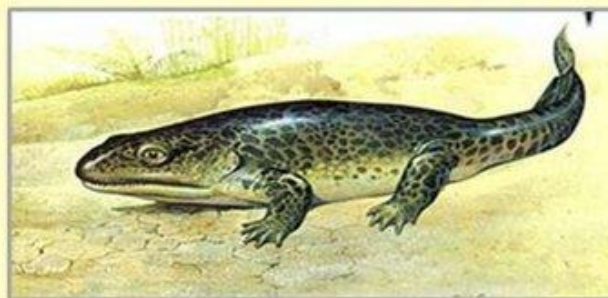
Археоптерикс – переходная форма от рептилий к птицам.

Переходные формы

Ископаемые переходные формы — это формы организмов, сочетающие признаки более древних и молодых групп организмов.

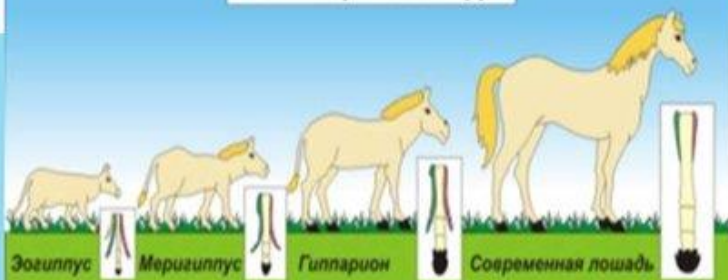


Палеонтологические Археоптерикс



Стегоцефал-
древняя амфибия
– связующее звено
между рыбами и
земноводными

ЭВОЛЮЦИЯ ЛОШАДИ



Зверозубый
ящер-
связующее звено
между
рептилиями и
млекопитающими

Вымершие переходные формы:



Двоякодышащая кистепёрая рыба –
целакант



Археоптерикс



Зверозубый ящер



Псилофиты

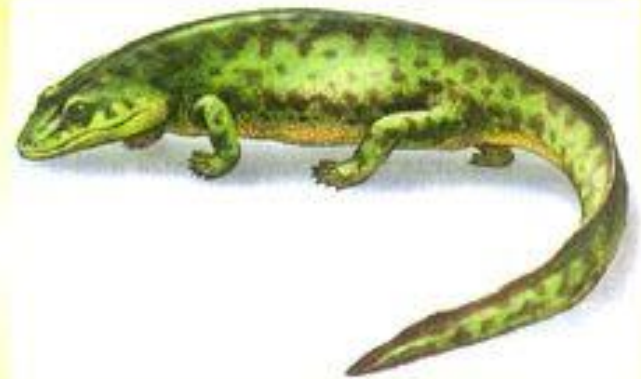


ЛАТИМЕРИЯ



Данные сравнительной палеонтологии

Ископаемые *ихтиостеги* и *стегоцефалы* имеют признаки рыб и земноводных, *котилозавры* — признаки земноводных и пресмыкающихся; *зверозубый ящер* — признаки пресмыкающихся и млекопитающих.

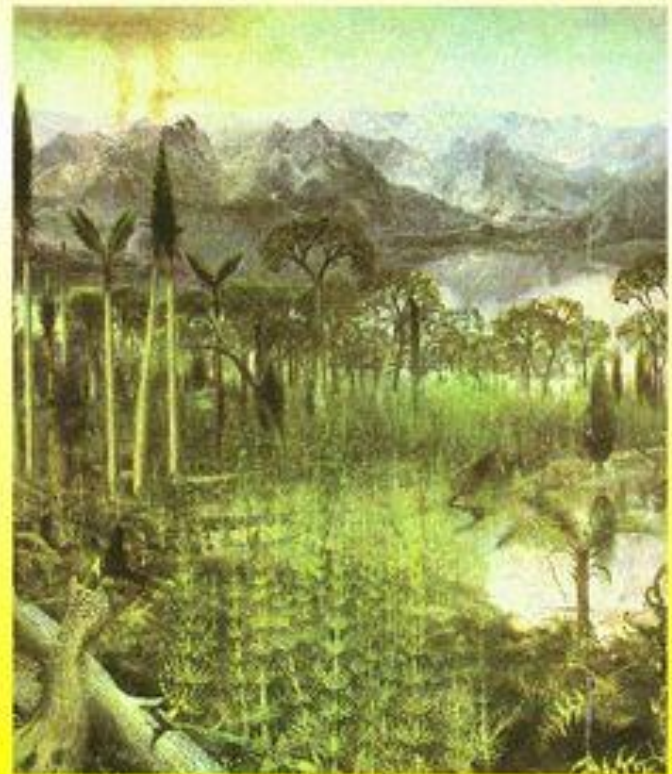
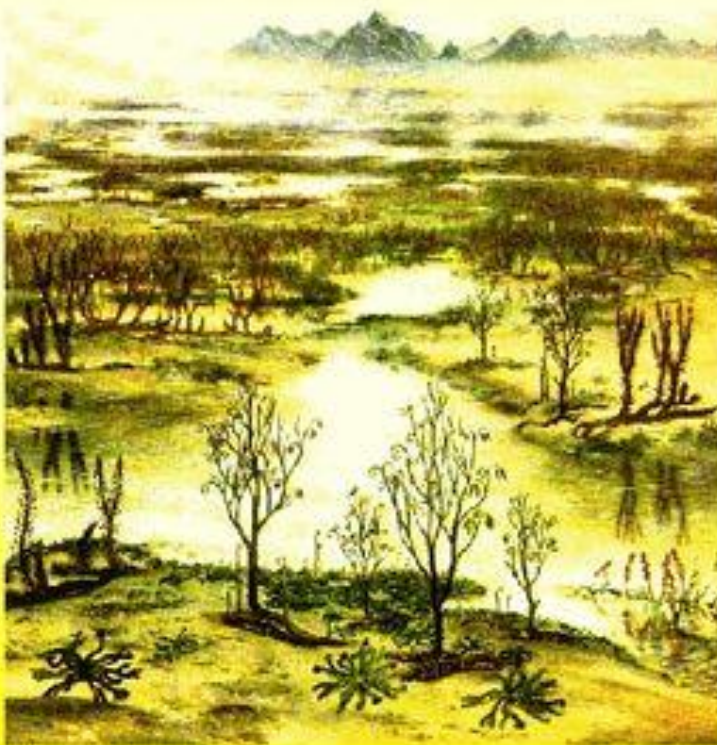


Данные сравнительной палеонтологии

Обнаружены **ископаемые переходные формы**, позволяющие с уверенностью говорить о происхождении той или иной группы организмов.

Например, **псилофиты** — переходная форма от водорослей к высшим наземным растениям;

семенные папоротники доказывают образование голосеменных растений от папоротникообразных.



Данные сравнительной палеонтологии

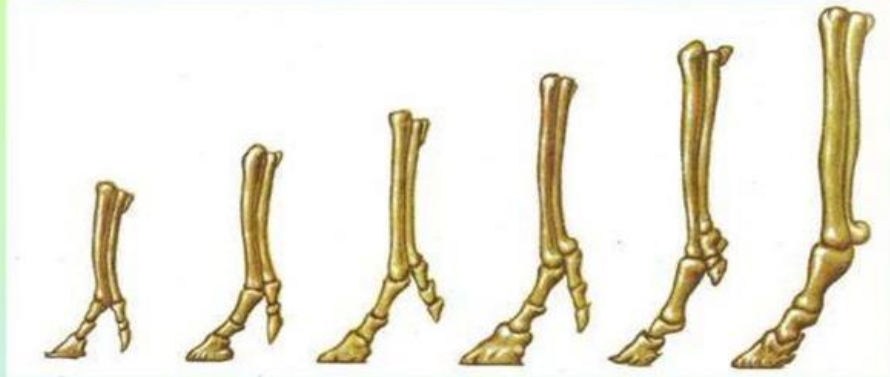


Предок современной лошади появился 50 млн. лет назад в Северной Америке, держался в лесах, размером с лисицу.

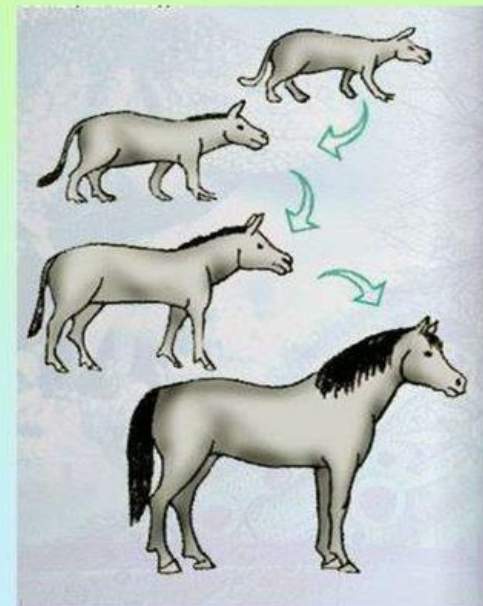
Передние ноги имели 4 пальца, задние – 3. В связи с остепнением появились лошади.

Гиракотерий – орогиппус – мезогиппус – меригиппус – современная лошадь.

ФИЛОГЕНЕТИЧЕСКИЙ РЯД ЛОШАДИ



В результате перехода к жизни на открытых пространствах и изменения характера питания из-за остепнения произошло **увеличение размера тела, удлинение конечности и уменьшение количества пальцев**



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ

БИОЛОГИЧЕСКИЙ
РЕГРЕСС

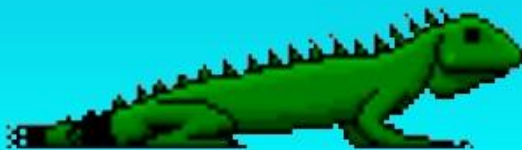
БИОЛОГИЧЕСКАЯ
СТАБИЛИЗАЦИЯ

БИОЛОГИЧЕСКИЙ
ПРОГРЕСС

АРОМОРФОЗ

ИДИОАДАПТАЦИЯ

ДЕГЕНЕРАЦИЯ



Ароморфоз

– крупное преобразование организмов, повышающее уровень организации, дающее возможность использования новых ресурсов среды – **морфофизиологический прогресс**.



Возникновение:

- 📄 клетки
- 📄 ядра
- 📄 многоклеточности
- 📄 хорды
- 📄 фотосинтеза и др.

Основные направления эволюции

Ароморфоз

В эволюции живых организмов можно выделить несколько важнейших ароморфозов:

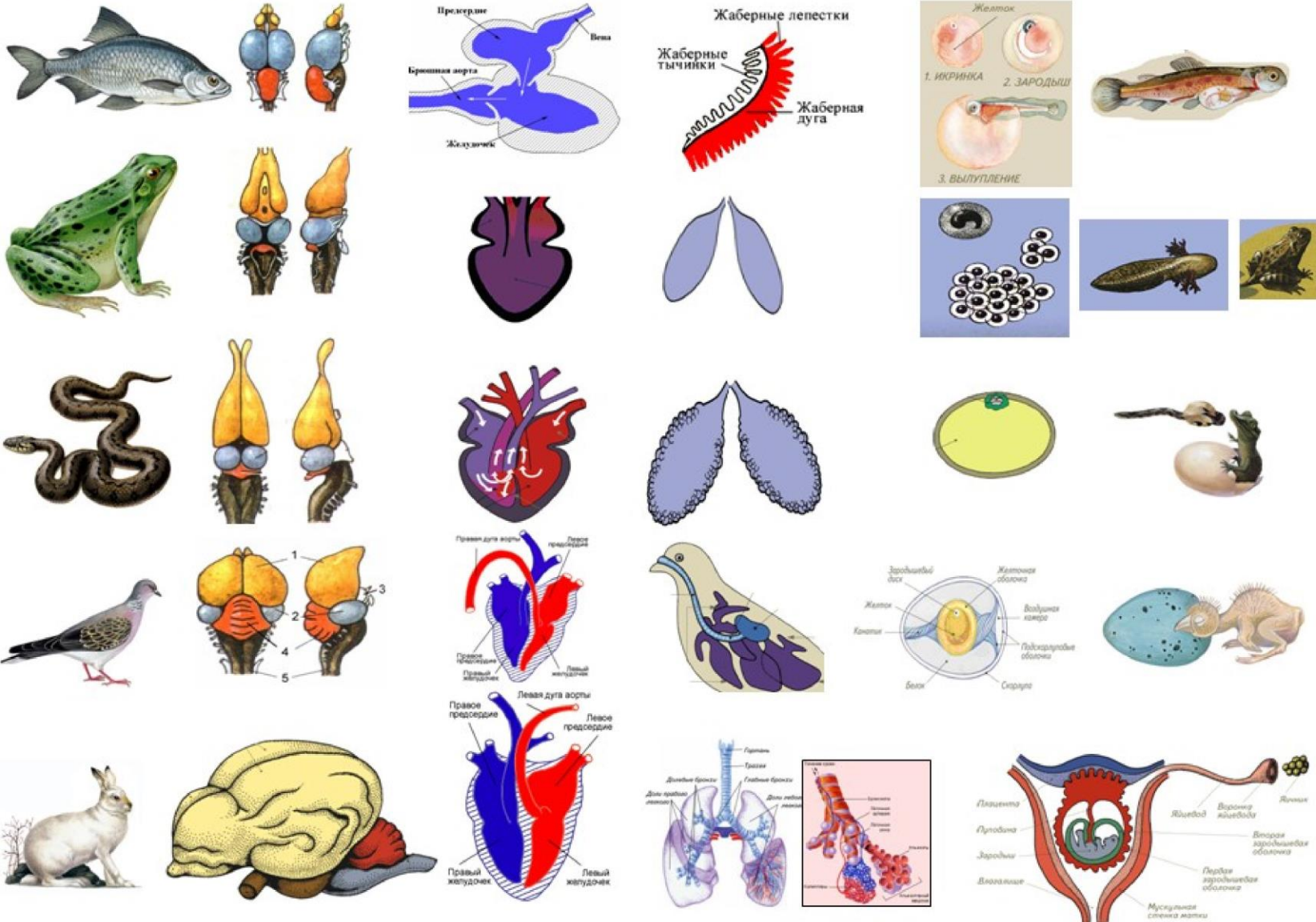
Растения	Животные
Появление многоклеточности; половое размножение	
<ol style="list-style-type: none">1. Появление фотосинтеза2. Возникновение покровной, механической, проводящих тканей, что позволило им заселить сушу;3. Развитие корней и листьев;4. Семенное размножение;5. Образование цветков и плодов.	<ol style="list-style-type: none">1. развитие челюстей;2. появление конечностей;3. теплокровность;4. живорождение;5. прогрессивное развитие кровеносной и дыхательной систем;6. прогрессивное развитие головного мозга.

Ароморфоз

Означает усложнение организации, поднятие ее на более высокий уровень.



Ароморфозы позвоночных животных



Идиоадаптация

— частные приспособления к конкретным условиям среды без повышения уровня организации



Появление:

- ☞ покровительственной окраски
- ☞ маскировки
- ☞ мимикрии
- ☞ видоизменений побегов и др.

Ротовой аппарат насекомых – пример идиоадаптации

Грызущий	Грызуще-лижущий	Колюще-сосущий	Лижущий	Сосущий
				
Саранча, таракан, жуки, кузнечики, муравьи, гусеницы бабочек	Шмели, пчелы, осы	Комары, вши, блохи, клопы, тли, цикады,	Комнатная муха	Бабочки


Дегенерация

– упрощение организации, исчезновение органов активной жизни – морфофизиологический регресс.



Редукция:

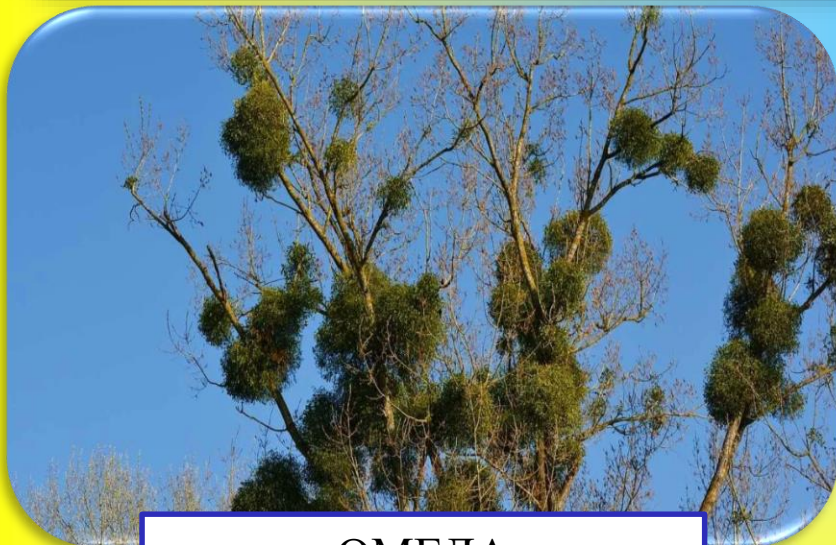
- 📄 пищеварительной системы
- 📄 крыльев
- 📄 глаз
- 📄 корней
- 📄 хлоропласт и др.



Отсутствие пищеварительной системы у ленточных червей – пример общей дегенерации



ПОВИЛИКА

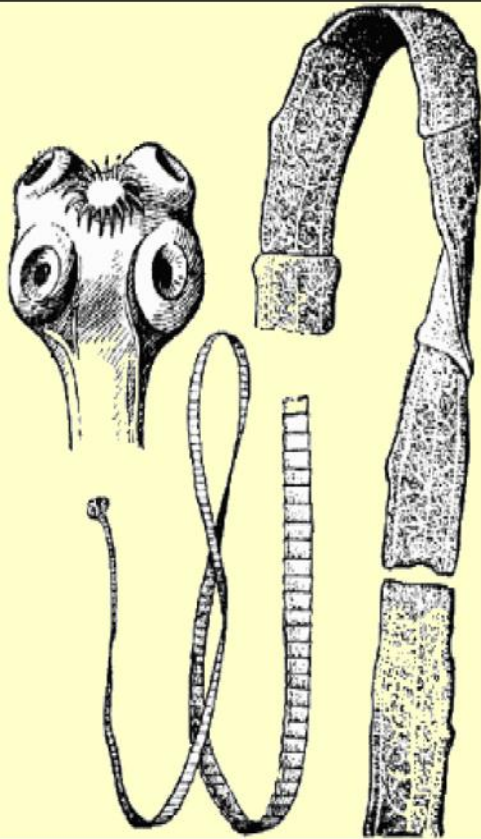


ОМЕЛА



ЗАРАЗИХА

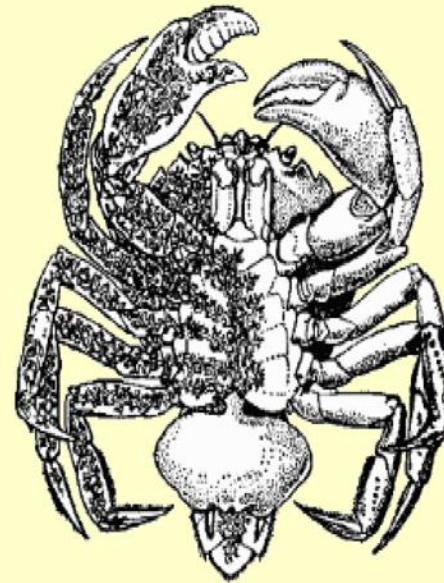
Общая дегенерация



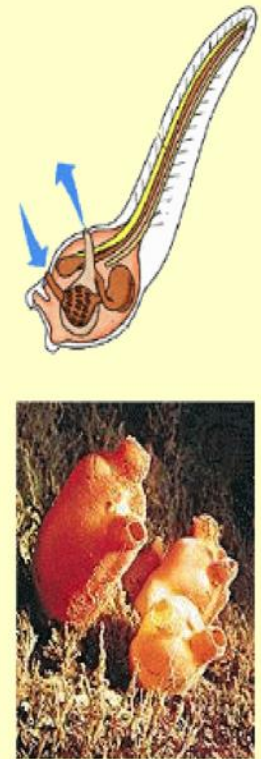
свиной цепень



повилика



саккулина



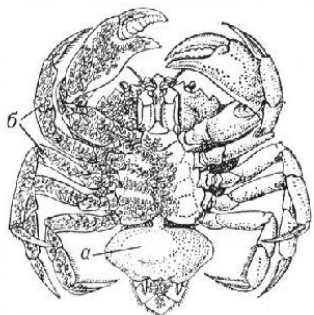
асцидия

Общая дегенерация



Саккулина – корнеголовый рак (паразит краба). Имеет вид мешка, набитого половыми продуктами, и обладающая как бы корневой системой, пронизывающей тело хозяина.

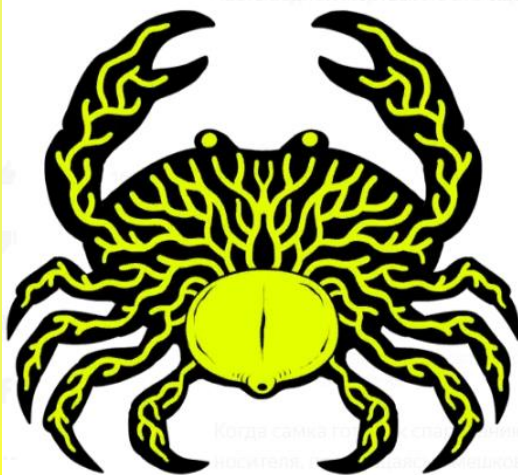
- а) – саккулина, прикрепленная к нижней стороне краба;
- б) – её корневидные отростки внутри тела краба.



Саккулина



Саккулина – один из самых изобретательных паразитов списка. Она попадает в тело краба через мягкую кутикулу в суставе клешни. Затем распространяется по всему организму, создавая себе гнездо внутри тела краба. После на брюшке краба образуется нарост, похожий на большое яйцо, из которого потом появятся новые личинки, которых саккулина заставит краба отнести к воде и выпустить в нее. Если крабом-хозяином оказывается самка, то до конца созревания она оберегает личинки саккулины, как свои собственные.



Основные направления эволюции

А.Н.Северцев, И.И. Шмальгаузен

Биологический
прогресс

- Прцветание вида
- Увеличение численности вида
- Расширение ареала
- Увеличение кол-ва популяций, видов, родов, семейств и др. таксонов

Биологический
регресс

- Низкая выживаемость
- Уменьшение численности вида
- Сужение ареала
- Уменьшение кол-ва популяций, видов, родов, семейств и др. таксонов
- Вымирание

Биологический прогресс



Биологический регресс

Увеличивается

Численность

Уменьшается

Расширяется

Ареал

Уменьшается

Увеличивается

Дифференцировка

Уменьшается

Уменьшается

Смертность

Увеличивается

Увеличивается

Рождаемость

Уменьшается

Процветание вида

Результат

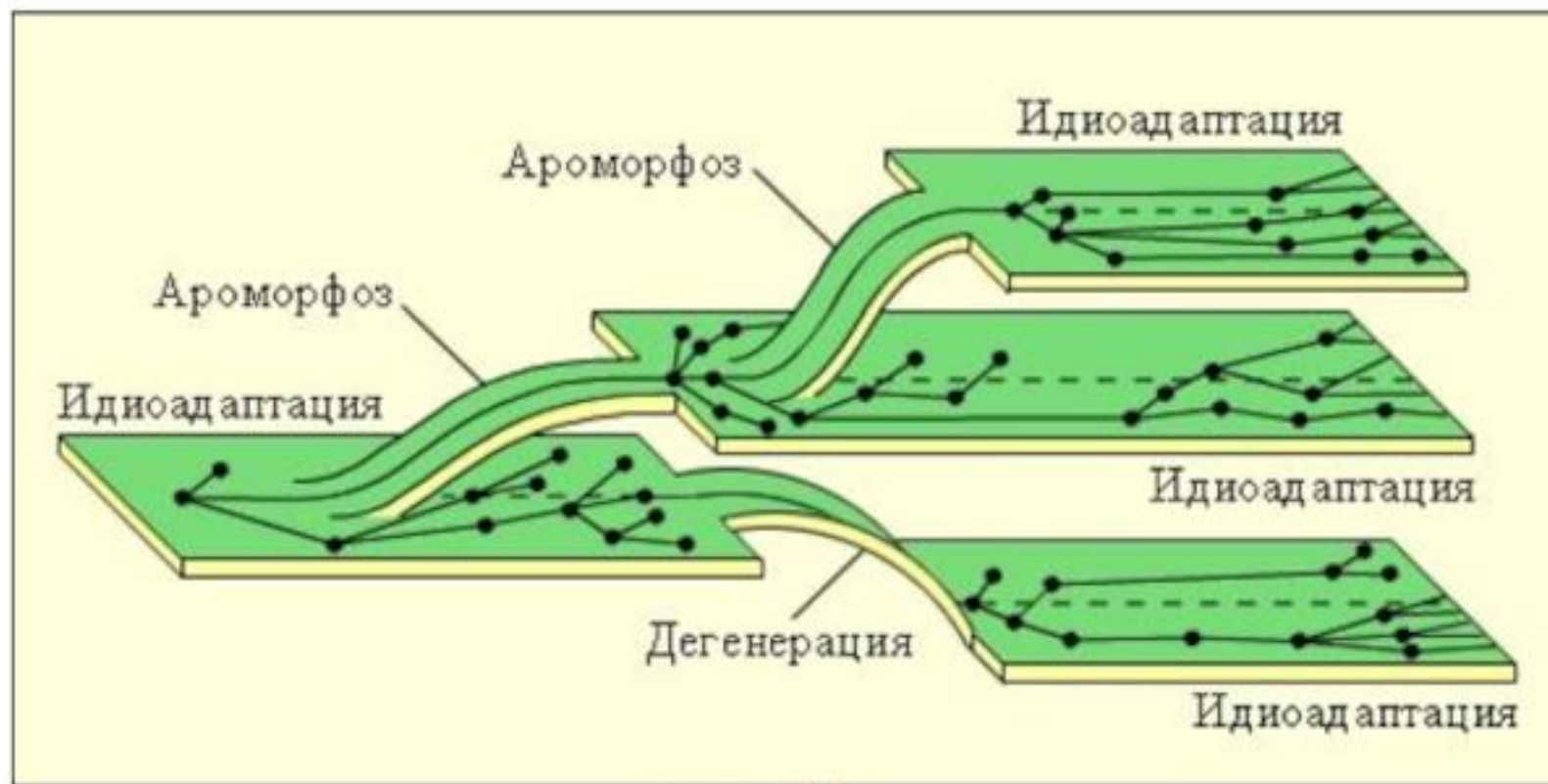
Вымирание



Виды, эволюционирующие медленно, подвергаются биологическому регрессу и вымирают



Соотношение путей эволюции



к биологическому прогрессу приводят следующие пути эволюции:
ароморфозы, идиоадаптации и дегенерации

Пути достижения биологического прогресса



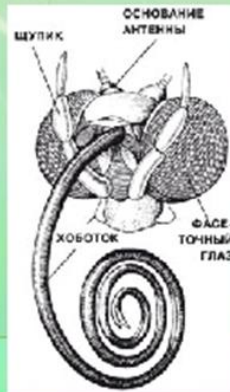
АРОМОРФОЗ



ИДИОАДАПТАЦИЯ



ОБЩАЯ ДЕГЕНЕРАЦИЯ



ароморфоз

усложнение структурно-функциональной организации, поднятие ее на более высокий уровень

дегенерация

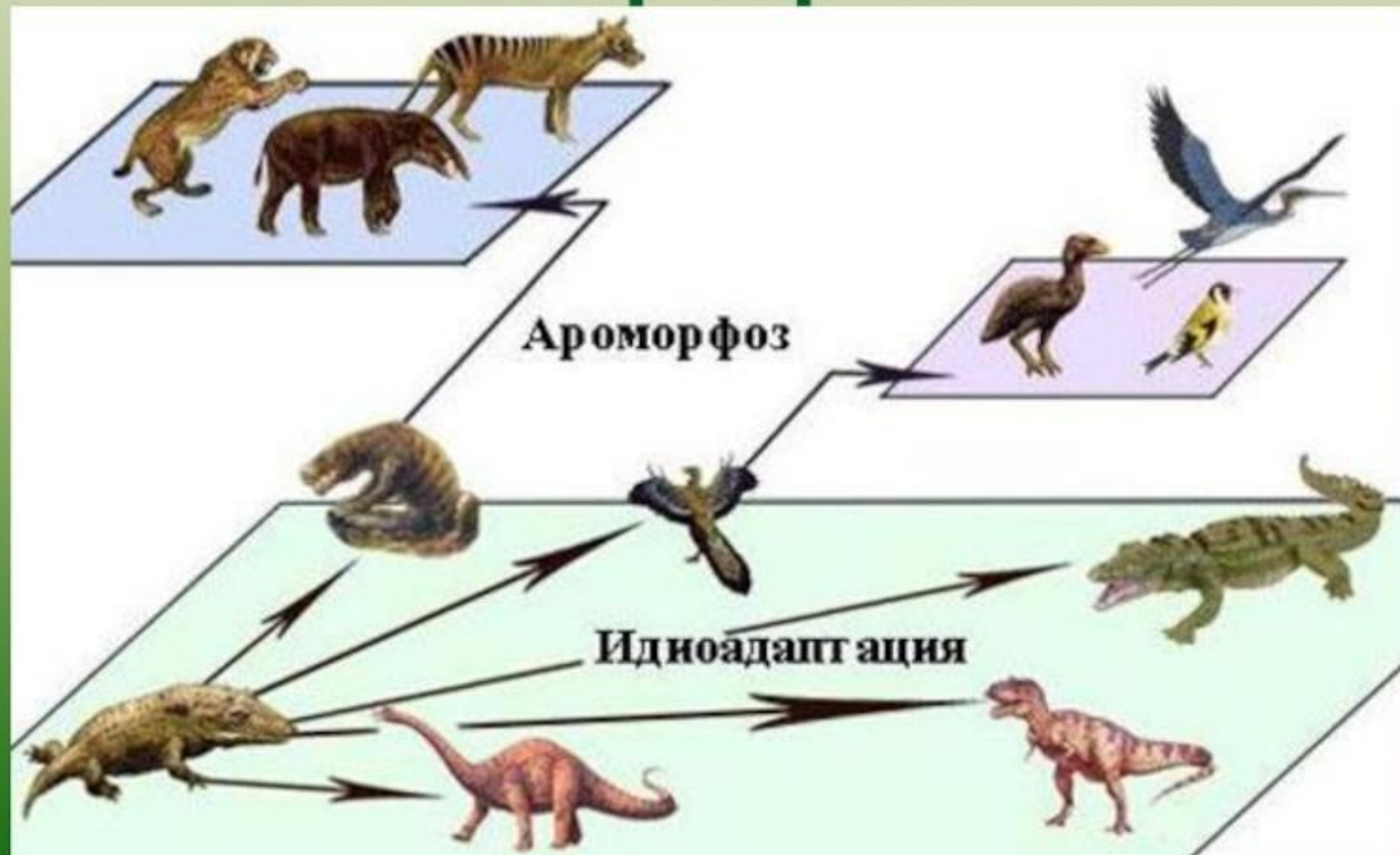
приспособление к специальным условиям среды, полезное в борьбе за существование, но не меняющее уровня организации организма

идиоадаптация

упрощение организации, ведущее к исчезновению органов активной жизни



Биологический прогресс



ПУТИ И НАПРАВЛЕНИЯ ЭВОЛЮЦИИ

2 пути

ПРОГРЕСС

БИОЛОГИЧЕСКИЙ:

процесс, который характеризуется

- увеличением численности популяций,
- расширением границ ареала,
- появлением новых популяций, подвидов и процветанием вида.

РЕГРЕСС

БИОЛОГИЧЕСКИЙ:

процесс, который характеризуется

- уменьшением численности популяций,
- сужением границ ареала,
- вплоть до исчезновения вида.

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ:

изменения структуры и функции, повышающие уровень организации

упрощение уровня организации, характеризующееся редукцией ряда органов

3 направления:

АРОМОРФОЗЫ – крупные морфо-функциональные изменения, резко повышающие уровень организации.

ИДИОАДАПТАЦИИ – частные морфо-функциональные изменения, способствующие приспособлению организмов к среде обитания, не затрагивающие изменений уровня организации.

ДЕГЕНЕРАЦИИ – морфо-функциональные изменения, приводящие к упрощению уровня организации живых существ.

ФОРМЫ И ТИПЫ ЭВОЛЮЦИИ

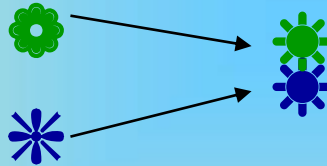
4 формы:

2 типа:

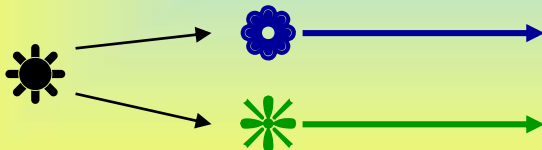
- ① **ФИЛИТИЧЕСКАЯ:** последовательная смена видов в процессе филогенеза.



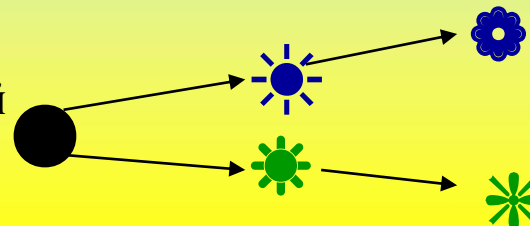
- ② **КОНВЕРГЕНТНАЯ:** схождение разных ветвей филогенетического дерева в сходных условиях существования.



- ③ **ПАРАЛЛЕЛИЗМ:** два таксона, происходящие от одной предковой формы в результате дивергенции, изменяющиеся в дальнейшем в сходном направлении.



- ④ **ДИВЕРГЕНТНАЯ:** расхождение ветвей филогенетического дерева.



◆ **АЛЛОГЕНЕЗ** – развитие группы в пределах одной адаптивной зоны по принципу идиоадаптаций ◆

◆ **АРОГЕНЕЗ** – выход группы в другую адаптивную зону за счет приобретения принципиально новых приспособлений, которые соответствуют ароморфозам ◆

ПРАВИЛА ЭВОЛЮЦИИ

**ПРАВИЛО НЕОБРАТИМОСТИ
ЭВОЛЮЦИИ**
1893, Л. ДОЛЛО

Возврат любой группой организмов в состояние, пройденное прежде, **не возможен.**

Группа организмов, начавшая эволюционировать в определенном направлении, в дальнейшем **углубляет свою специализацию** в наметившемся направлении.

**ПРАВИЛО ПРОГРЕССИВНОЙ
СПЕЦИАЛИЗАЦИИ**
1876, Ш. ДЕПЕРЕ

**ПРАВИЛО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
НОВЫХ ГРУПП**
1904, Э. КОП

Новые группы организмов происходят от **неспециализированных предков**, у которых возникают иные приспособления, в том числе и принципиально новые.

Основные результаты макроэволюции.

Результат эволюции.

Приспособленность
организмов к
различным условиям
обитания.

Многообразие
видов

Постепенное
усложнение и
повышение организации
вида.

