

Эволюция органического мира

учитель МОУ «СОШ №19» г. Энгельса
Карташова А.А.

История

Теорий возникновения жизни на Земле создано довольно много. Основные из них можно разбить на пять групп:

1. креационизм;
2. теория стационарного состояния;
3. спонтанное зарождение;
4. панспермия;
5. биохимическая эволюция.

- ***Креационисты*** уверены, что жизнь возникла в результате какого-то сверхъестественного события в прошлом; её придерживаются последователи большинства религиозных учений (особенно христиане, мусульмане, иудеи). Никаких научных подтверждений этой точки зрения нет: в религии истина постигается через божественное откровение и веру. Процесс сотворения мира мыслится как имевший место лишь единожды и недоступный для наблюдения. Этого достаточно, чтобы вынести указанную концепцию за рамки научного исследования.

АБИОГЕНЕЗ

Происхождение живого от неживого

Древние
воззрения

Эмпедокл

Живое возникло из четырех
элементов материи:
огня, воздуха, воды и земли.

XVI-XVIII вв.

Демокрит

Сампроизвольное
зарождение живых существ
из ила, воды, огня

XIX в.

Аристотель

В благоприятных условиях
«активное начало»
приводит к появлению живого
из неживого вещества.

- ***Теория спонтанного зарождения*** возникла в древнем Китае, Вавилоне и Греции в качестве альтернативы креационизму, с которым она сосуществовала. Приверженцем этой теории был и Аристотель. Её последователи считали, что определённые вещества содержат «активное начало», которое при подходящих условиях может создать живой организм. Одним из экспериментов, якобы подтверждавшим эту теорию, был эксперимент Ван Гельмонта, в котором у этого ученого за 3 недели из грязной рубашки и горсти пшеницы в тёмном шкафу появились мыши. Открытие Левенгуком микроорганизмов добавило ей новых приверженцев. Однако тщательные и аккуратные эксперименты, поставленные Франческо Реди, Ладзаро Спалланциани и Луи Пастером, поставили крест на теории спонтанного зарождения.

БИОГЕНЕЗ

Все живое происходит только от живого

Биогенез

XVII–XIX вв.
доказательства
биогенного
происхождения
живого

Ф. Реди

Л. Пастер

XIX–XX вв.
теории
биогенного
происхождения
живого

Теория
панспермии

Жизнь на нашу планету занесена
камене, из Вселенной

Теория
стационарного
состояния

Жизнь на Земле существовала всегда,
но претерпевала катаклизмы

Теория
биохимической
эволюции

Жизнь возникла на Земле в результате
биохимических процессов в условиях
молодой планеты

Г. Рихтер

Ю. Либих

С. Аррениус

В.И. Вернадский

Ж. Кювьэ

А.И. Опарин

Дж. Холдейн

Дж. Бернал

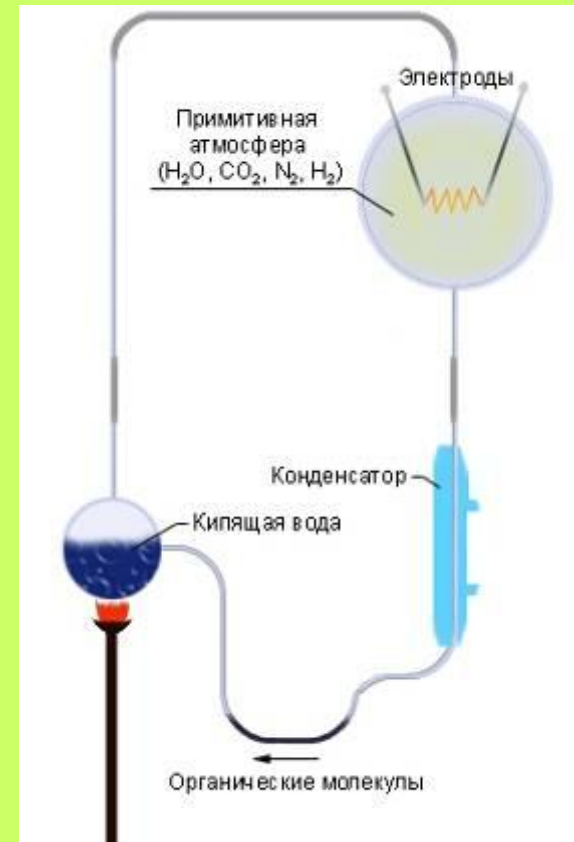
Н.Г. Холодный

С. Миллер

- Согласно **теории стационарного состояния** Земля никогда не возникала, а существовала вечно; она всегда способна поддерживать жизнь, которая, если и изменялась, то очень мало. Сторонники этой теории считают, что наличие ископаемых остатков древних животных указывает лишь на то, что в исследуемый период их численность увеличивалась, либо они жили в местах, благоприятных для сохранения остатков. В настоящее время приверженцев этой теории почти не осталось.

- Сторонники ***теории панспермии*** предполагают, что жизнь на Землю занесена извне с метеоритами, кометами или даже НЛО. Шансов обнаружить жизнь в пределах Солнечной системы (не считая Земли) ничтожно мало, однако, вполне возможно, что жизнь могла возникнуть возле какой-то другой звезды. Астрономические исследования показали, что в составе некоторых метеоритов и комет имеются органические соединения (в частности, аминокислоты), которые могли сыграть роль «семян» при падении на Землю, однако доводы панспермистов пока не считаются убедительными. Кроме того, эта теория не даёт ответа на вопрос, откуда взялась жизнь в других мирах.

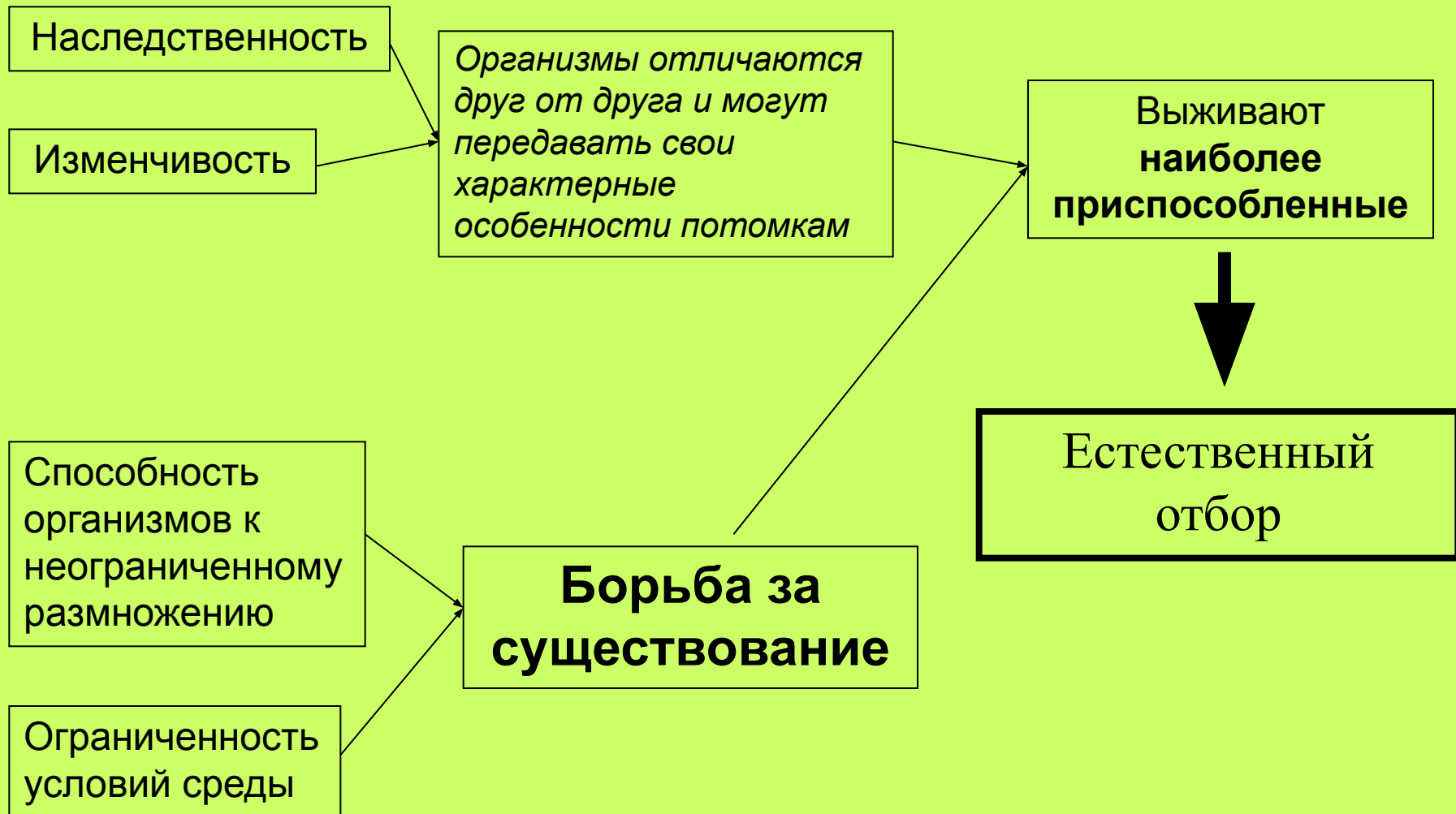
- **Теория биохимической эволюции** имеет наибольшее количество сторонников среди современных учёных. Земля возникла около пяти миллиардов лет назад; первоначально температура её поверхности была очень высокой. По мере её остывания образовались твёрдая поверхность (литосфера). Атмосфера, первоначально состоявшая из лёгких газов (водород, гелий), не могла эффективно удерживаться недостаточно плотной Землёй, и эти газы заменялись более тяжёлыми: водяным паром, углекислым газом, аммиаком и метаном. Когда температура Земли опустилась ниже 100°C , водяной пар начал конденсироваться, образуя мировой океан. В это время из первичных соединений и образовывалась сложные органические вещества; энергию для реакций синтеза доставляли грозовые разряды и интенсивная ультрафиолетовая радиация. Накоплению веществ способствовало отсутствие живых организмов – потребителей органики – и главного окислителя – кислорода.



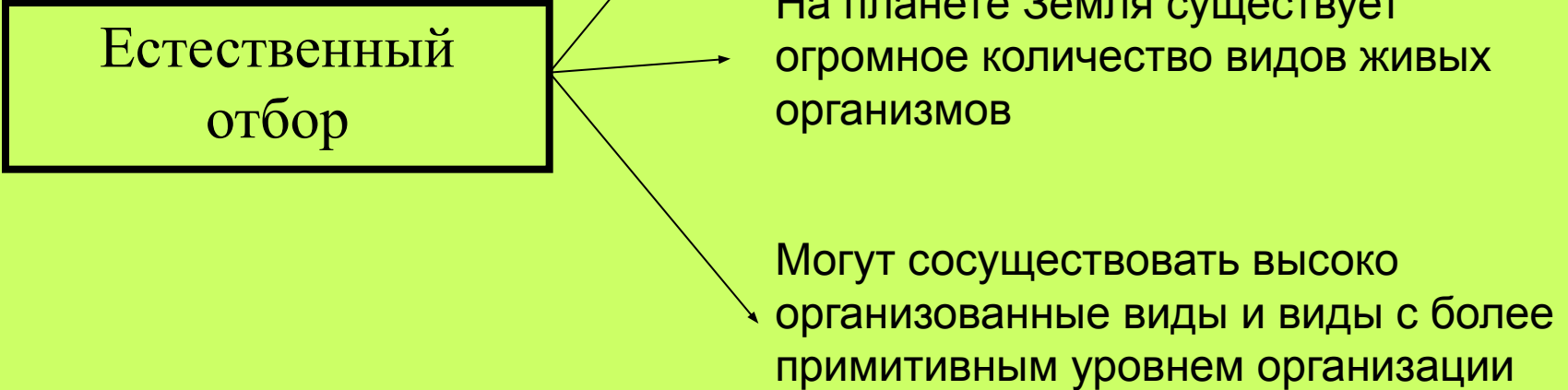
В опытах Миллера и Опарина из углекислоты, аммиака, метана, водорода и воды в условиях, приближённых к атмосфере молодой Земли, удалось синтезировать аминокислоты, нуклеиновые кислоты и простые сахара.

- Наиболее сложной проблемой в современной теории эволюции является превращение сложных органических веществ в простые живые организмы. По-видимому, белковые молекулы, притягивая молекулы воды, образовывали коллоидные гидрофильные комплексы. Дальнейшее слияние таких комплексов друг с другом приводило к отделению коллоидов от водной среды (**коацервация**). На границе между коацерватом и средой выстраивались молекулы липидов – примитивная **клеточная мембрана**. Предполагается, что коллоиды могли обмениваться молекулами с окружающей средой (прообраз гетеротрофного питания) и накапливать определённые вещества. Ещё один тип молекул обеспечивал способность к самовоспроизведению.

Основная логика эволюционного учения



Естественный отбор



```
graph LR; A[Естественный отбор] --> B[Живые системы приспосабливаются к условиям окружающей среды]; A --> C[На планете Земля существует огромное количество видов живых организмов]; A --> D[Могут сосуществовать высоко организованные виды и виды с более примитивным уровнем организации];
```

Живые системы приспосабливаются к условиям окружающей среды

На планете Земля существует огромное количество видов живых организмов

Могут сосуществовать высоко организованные виды и виды с более примитивным уровнем организации

Развитие эволюционных представлений



Карл Линней (1707 -
1778)

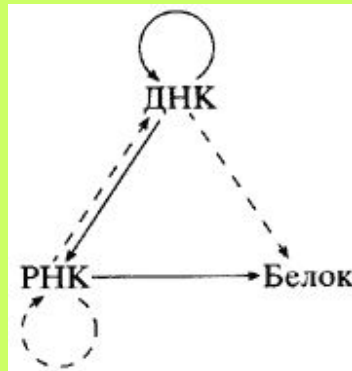
Разработал систематику живых организмов. Систематическое расположение видов дало возможность понять, что есть виды-родственники и виды, характеризующиеся далеким родством.

Идея родства между видами – указание на их развитие во времени.

Развитие эволюционных представлений

Автор первой эволюционной концепции. Он утверждал, что органы и системы органов животных и растений развиваются, либо деградируют в результате их упражнения или неупражнения.

Слабым местом его теории было то, что приобретенные признаки на самом деле не могут передаваться по наследству:(

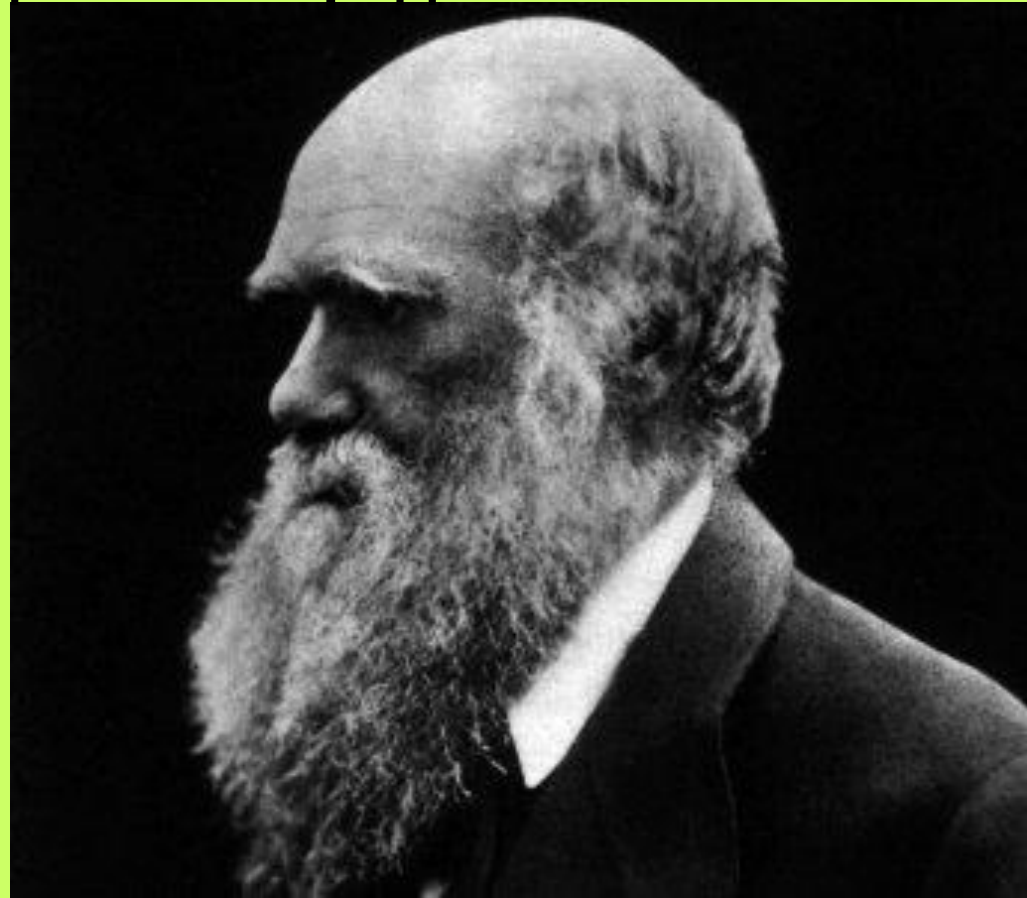
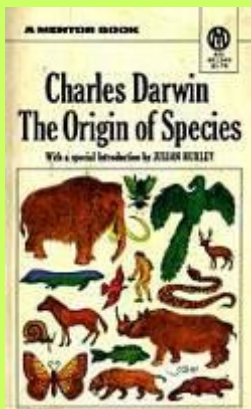


Жан-Батист Ламарк
(1774-1829)

Развитие эволюционных представлений

Автором первой стройной эволюционной концепции был Чарльз Дарвин, написавший по этому поводу книгу:

«О происхождении видов путем естественного отбора или о сохранении благоприятных пород в борьбе за жизнь»



Чарльз Дарвин (1809 - 1882)

Доказательства эволюции

Эволюционный процесс изучается различными методами. Каждый из методов представляет свои доказательства.

Основные доказательства эволюции

```
graph TD; A[Основные доказательства эволюции] --- B[Палеонтологические]; A --- C[Биогеографические]; A --- D[Морфологические]; A --- E[Эмбриологические]; A --- F[Генетические]; A --- G[Биохимические]; A --- H[Паразитологический метод];
```

Палеонтологические

Биогеографические

Морфологические

Эмбриологические

Генетические

Биохимические

Паразитологический метод

**Палеонтологически
е
доказательства**

**Ископаемые
переходные
формы**

**Палеонтологически
е
ряды**

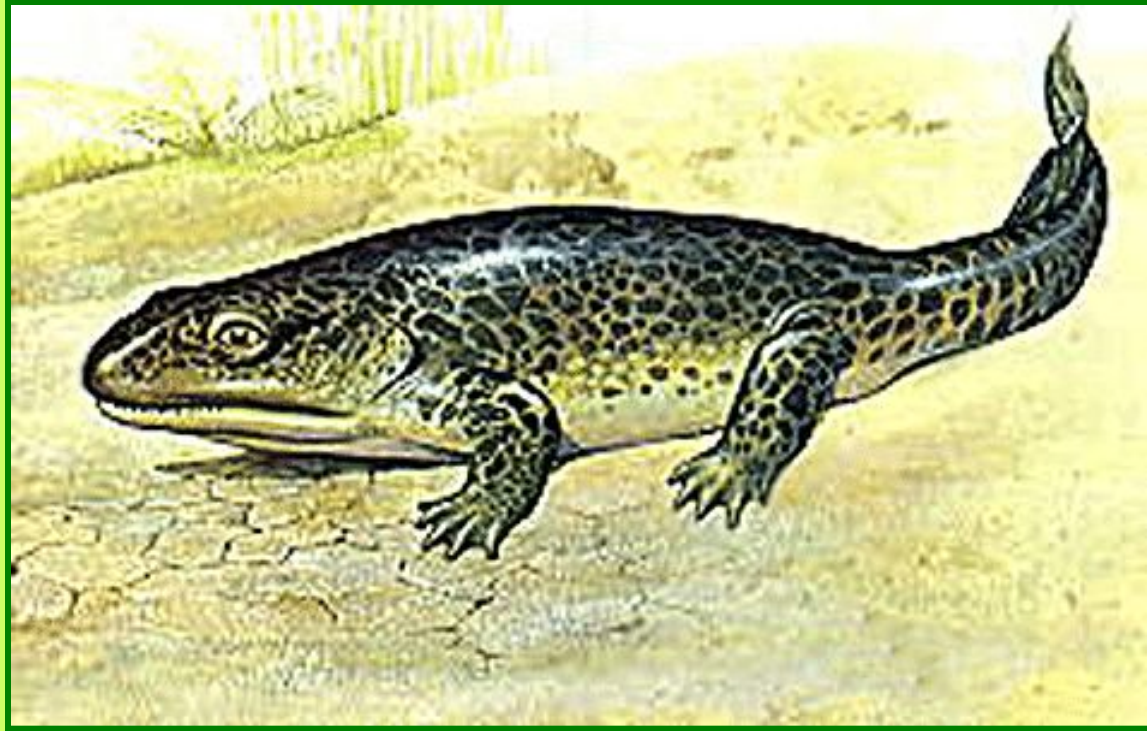


Ископаемые переходные формы

Ископаемые переходные формы – формы организмов, сочетающие признаки более древних и молодых групп. Находки и описание таких форм позволяют восстанавливать филогенез отдельных групп



Ихтиостега



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

Археоптерикс (первоптица)



Археоптерикс –
переходная форма от
рептилий к птицам
юрского периода.

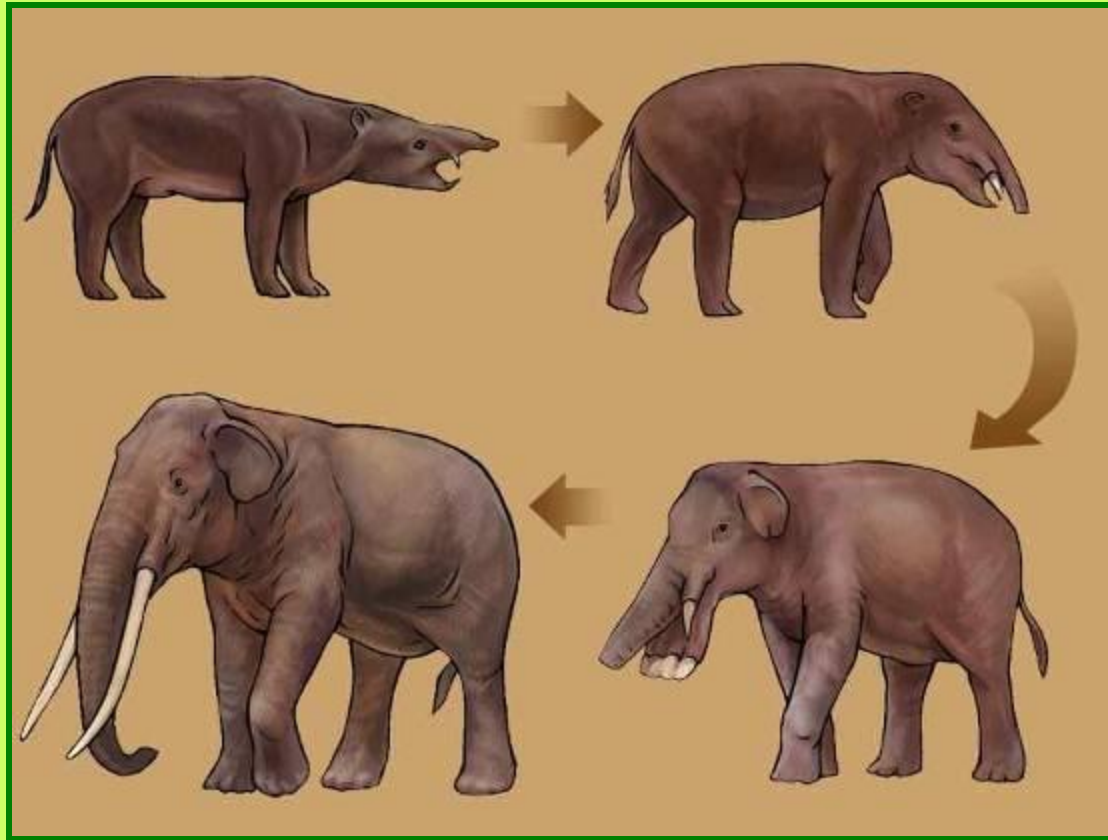
Признаки рептилий:

- длинный хвост с несросшимися позвонками
- брюшные ребра
- развитые зубы

Признаки птиц:

- тело покрыто перьями
- передние конечности превращены в крылья

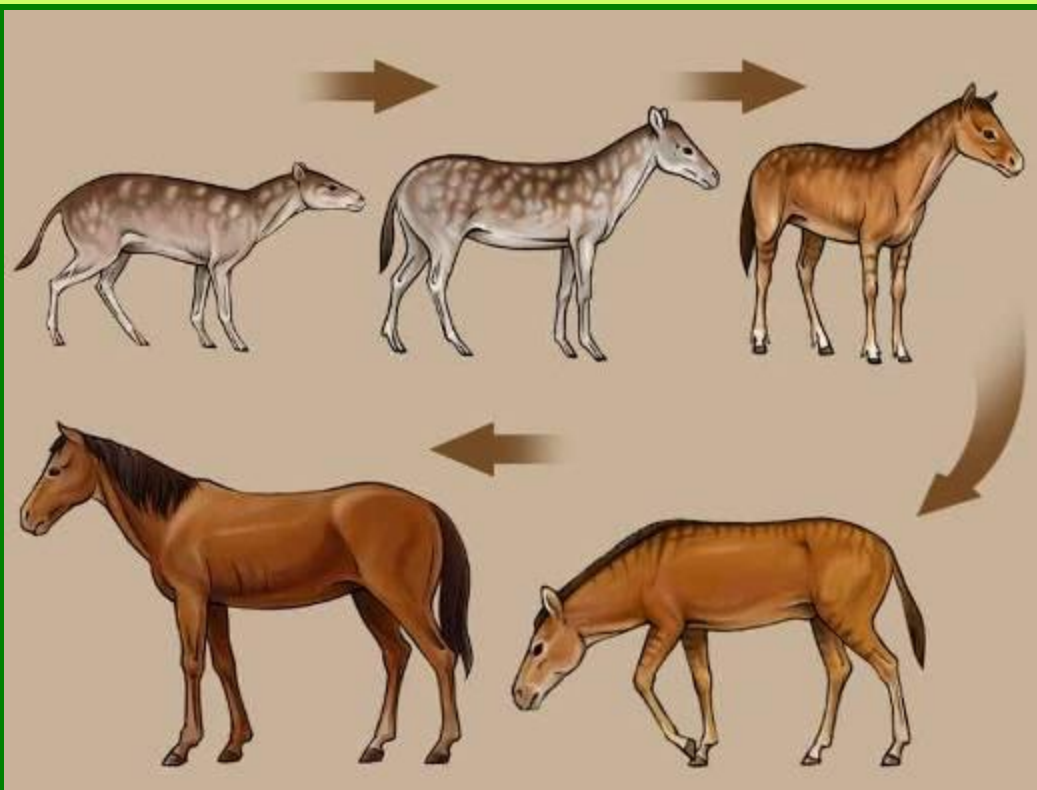
Палеонтологические ряды



Палеонтологические ряды – это ряды ископаемых форм, связанные друг с другом в процессе эволюции и отражающие ход филогенеза

Владимир
Онуфриевич
Ковалевский
(1842-1883) -
известный русский
зоолог,
основоположник
эволюционной
палеонтологии.
Автор классической
реконструкции
филогенетического
ряда лошадей.

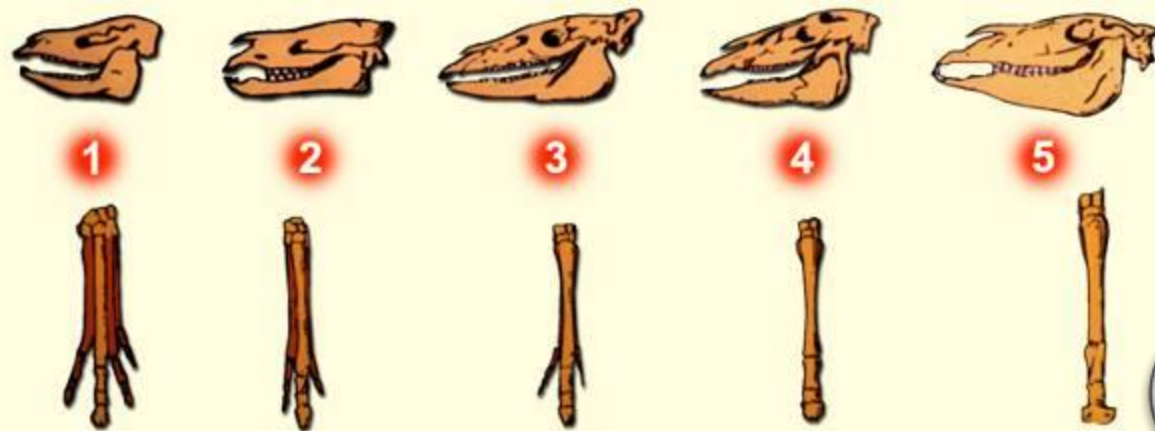




Наличие многих последовательно сменяющих друг друга форм позволило построить филогенетический ряд от зогиппуса до современной лошади

Эволюционное древо семейства лошадиных:

- 1 – Эогиппус;
- 2 – Миогиппус;
- 3 – Меригиппус;
- 4 – Плиогиппус;
- 5 – Эквус (современная лошадь)



**Биогеографические
доказательства**

**Сравнение
флоры и фауны**

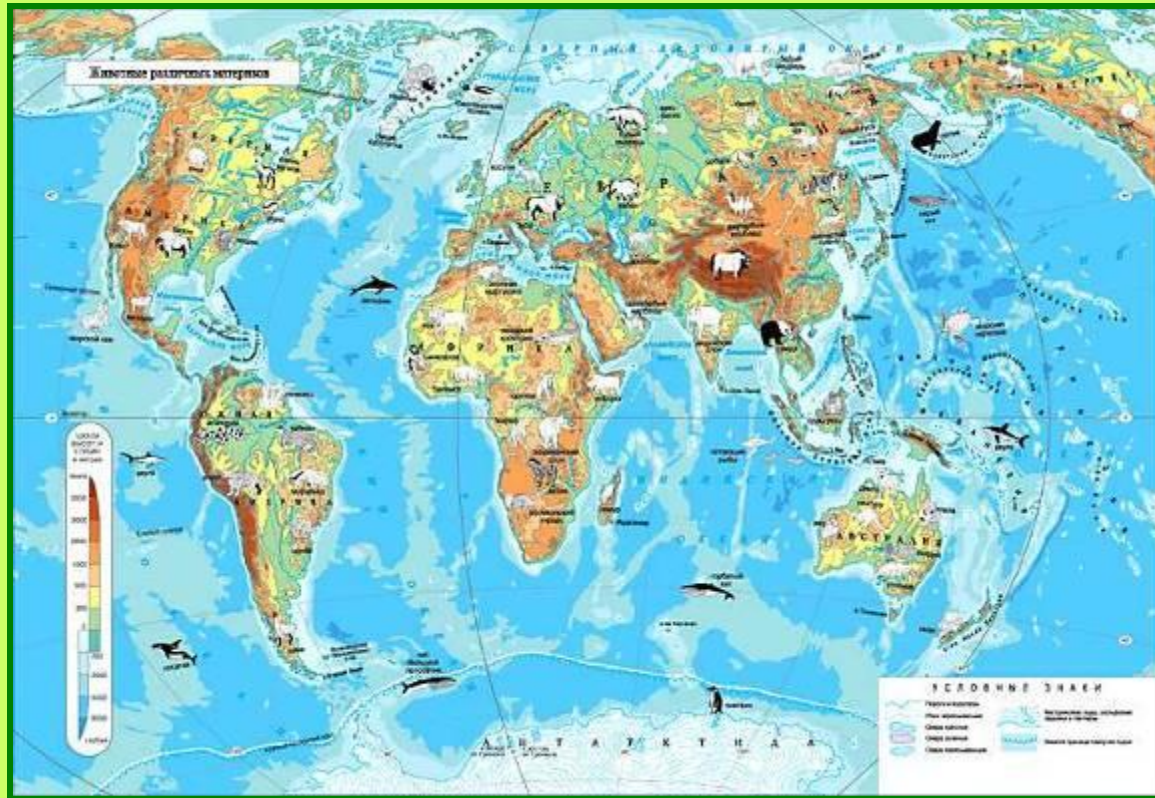
Реликты



Сравнение флоры и фауны

Различия или сходства состава флоры и фауны могут быть связаны со временем геологического разделения материков.

Сравнение флоры и фауны



Австралия на протяжении более 120 млн. лет не соединялась с другими материками. В этот период происходило формирование особой фауны, развивались сумчатые и клоачные млекопитающие.



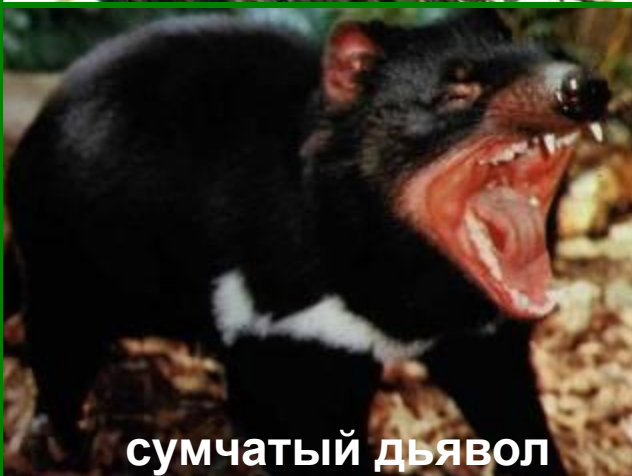
коала



опоссум



кускус пятнистый



сумчатый дьявол



кенгуру



сумчатый волк



утконос



ехидна

Игуана



Следы геологического единства Южной Америки, Африки, острова Мадагаскар сохраняются в современной фауне. Например, ящерицы-игуаны Мадагаскара и Южной Америки.

Реликты

Реликтовые формы – это ныне живущие виды с комплексом признаков, характерных для давно вымерших групп прошлых эпох. Реликтовые формы свидетельствуют о флоре и фауне далекого прошлого Земли.

Гаттерия



Гаттерия – рептилия, обитающая в Новой Зеландии. Этот вид является единственным ныне живущим представителем подкласса Первоящеров в классе Рептилий.

Латимерия



Латимерия (целокант) – кистеперая рыба, обитающая в глубоководных участках у берегов Восточной Африки. Единственный представитель отряда Кистеперых рыб, наиболее близкий к наземным позвоночным.

Гинкго двулопастный



Гинкго двулопастный – реликтовое растение. В настоящее время распространено в Китае и Японии только как декоративное растение. Облик гинкго позволяет представить древесные формы, вымершие в юрском периоде.

**Морфологическ
ие
доказательства**

**Гомология
органов**

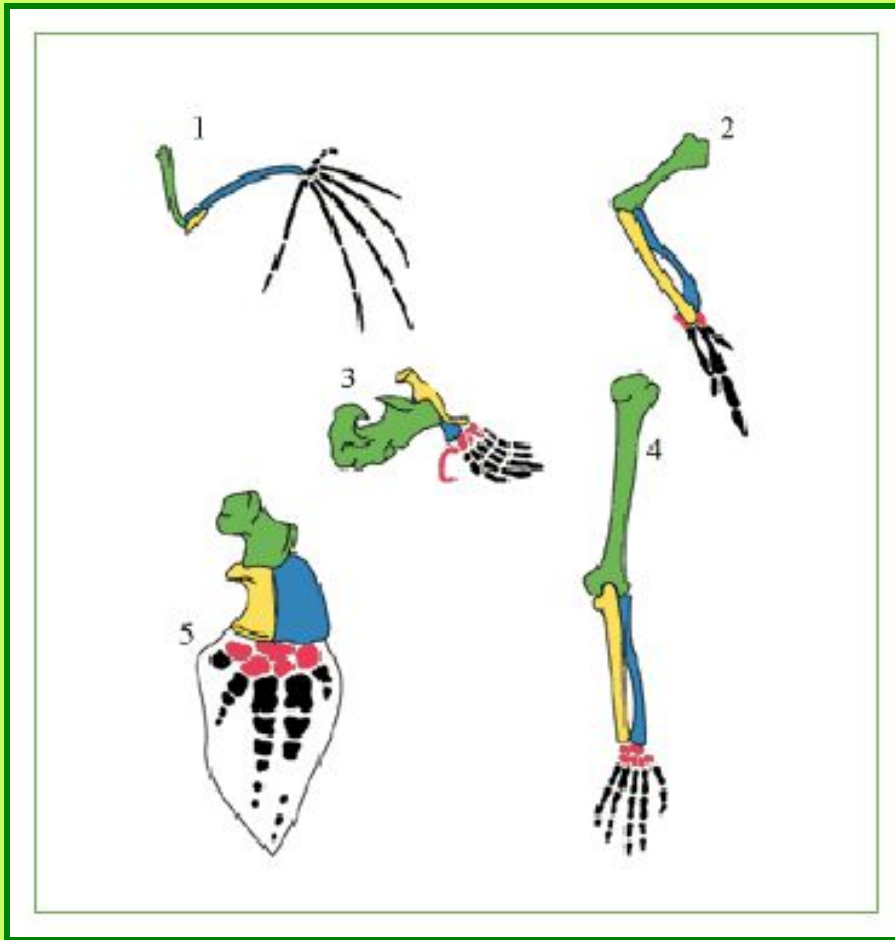
Рудименты

Атавизмы

Гомология органов

Гомологичные органы – это органы, имеющие сходный план строения, выполняющие как сходные, так и различные функции и развивающиеся из сходных зачатков.

Гомология органов



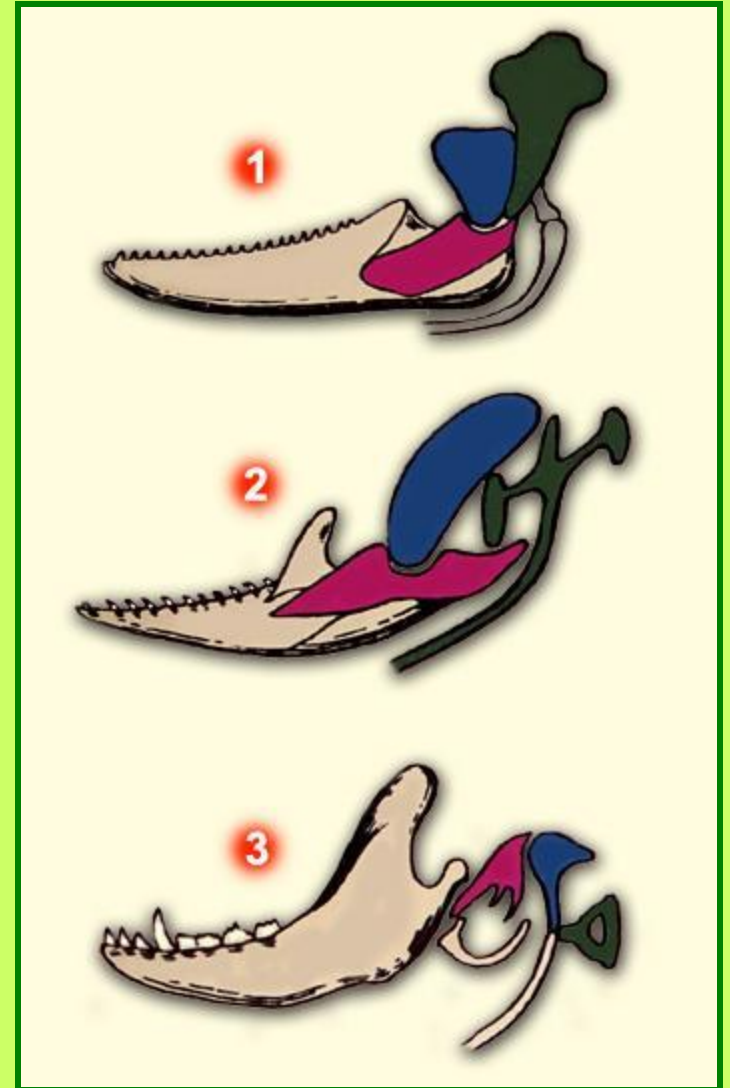
Различные по внешнему виду и функциям конечности млекопитающих имеют сходный план строения и формирования: кости плеча, предплечья, запястья, пясти, фаланг пальцев.

Гомология органов

Изучение анатомии черепа в ряду высших и низших позвоночных позволило установить гомологию костей черепа у рыб и слуховых косточек у млекопитающих.

Гомология слуховых косточек позвоночных

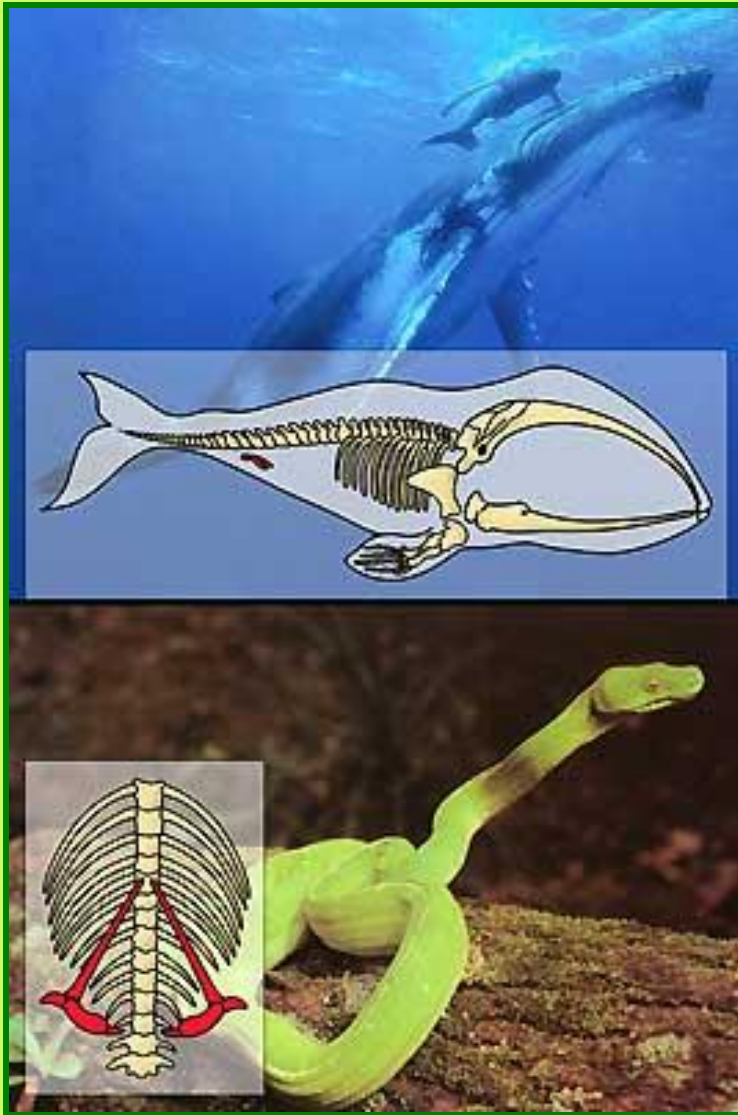
1 – череп костной рыбы; 2 – череп пресмыкающегося; 3 – череп млекопитающего. Красным цветом обозначена наковальня, синим – молоточек, зеленым – стремечко



Рудименты

Рудиментарные органы – это органы, утратившие в филогенезе свое значение и функцию и остающиеся у организмов в виде недоразвитых образований

Рудименты у питона и кита



Рудиментарные косточки у китообразных на месте тазового пояса указывают на происхождение китов и дельфинов от типичных четвероногих

Рудиментарные задние конечности питона свидетельствуют о его происхождении от организмов с развитыми конечностями.

Рудиментарные органы у человека

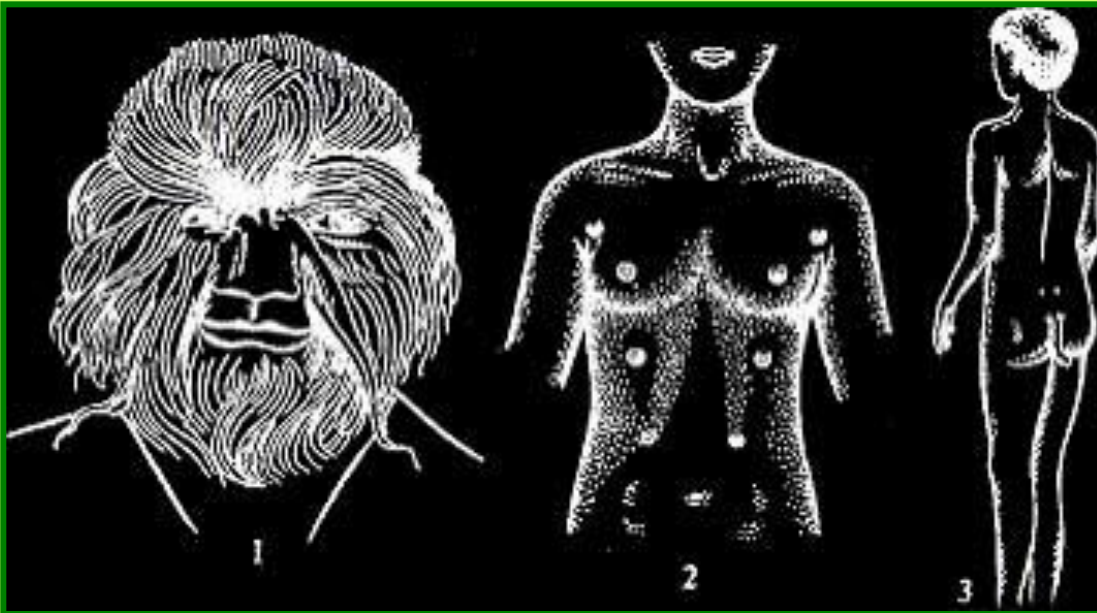
- Копчиковые позвонки и мышцы
- Ушные мышцы
- Волосистой покров на теле
- Шейные ребра
- Третье веко
- Аппендикс



Атавизмы

Атавистический орган – это орган (или структура), показывающий «возврат к предкам», в норме не встречающийся у современных форм.

Атавизмы у человека



Появление признаков, свойственных далеким предкам

1. Хвост
2. Полное оволосение
3. Многососковость

Отличия рудиментов от атавизмов

- Рудименты встречаются у всех особей популяции, атавизмы – у отдельных индивидов;
- Рудимент всегда имеет определенную функцию, атавизм не имеет специальных функций, важных для вида.

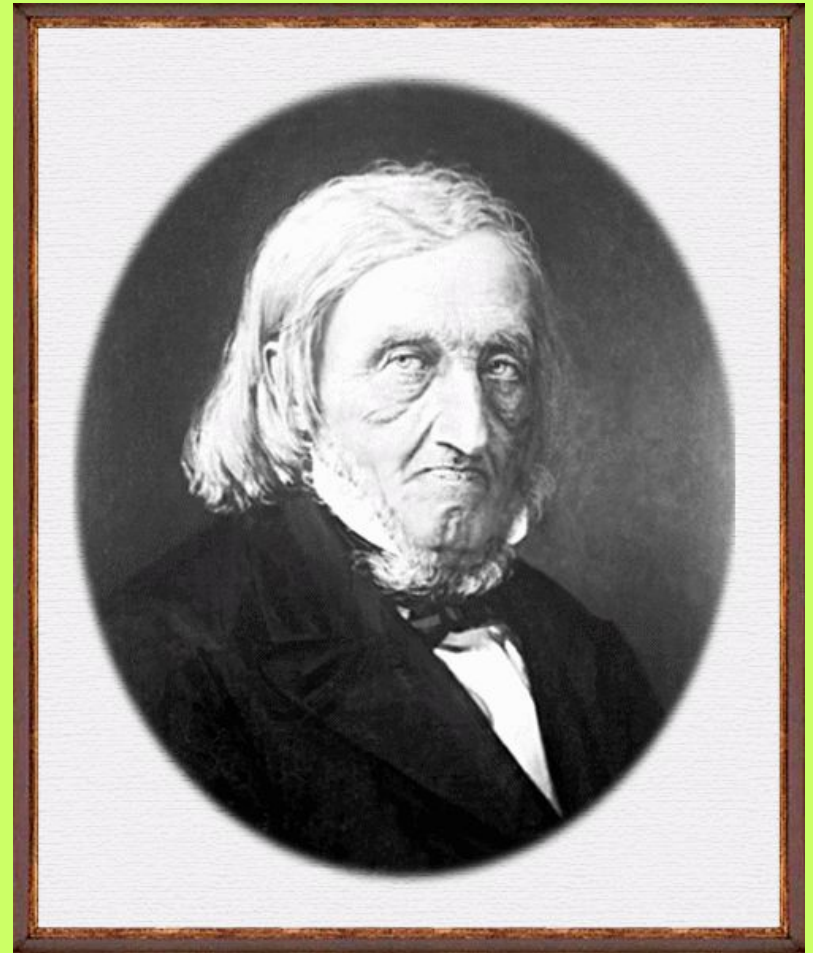
**Эмбриологические
доказательства**

**«Закон
зародышевого
сходства»**

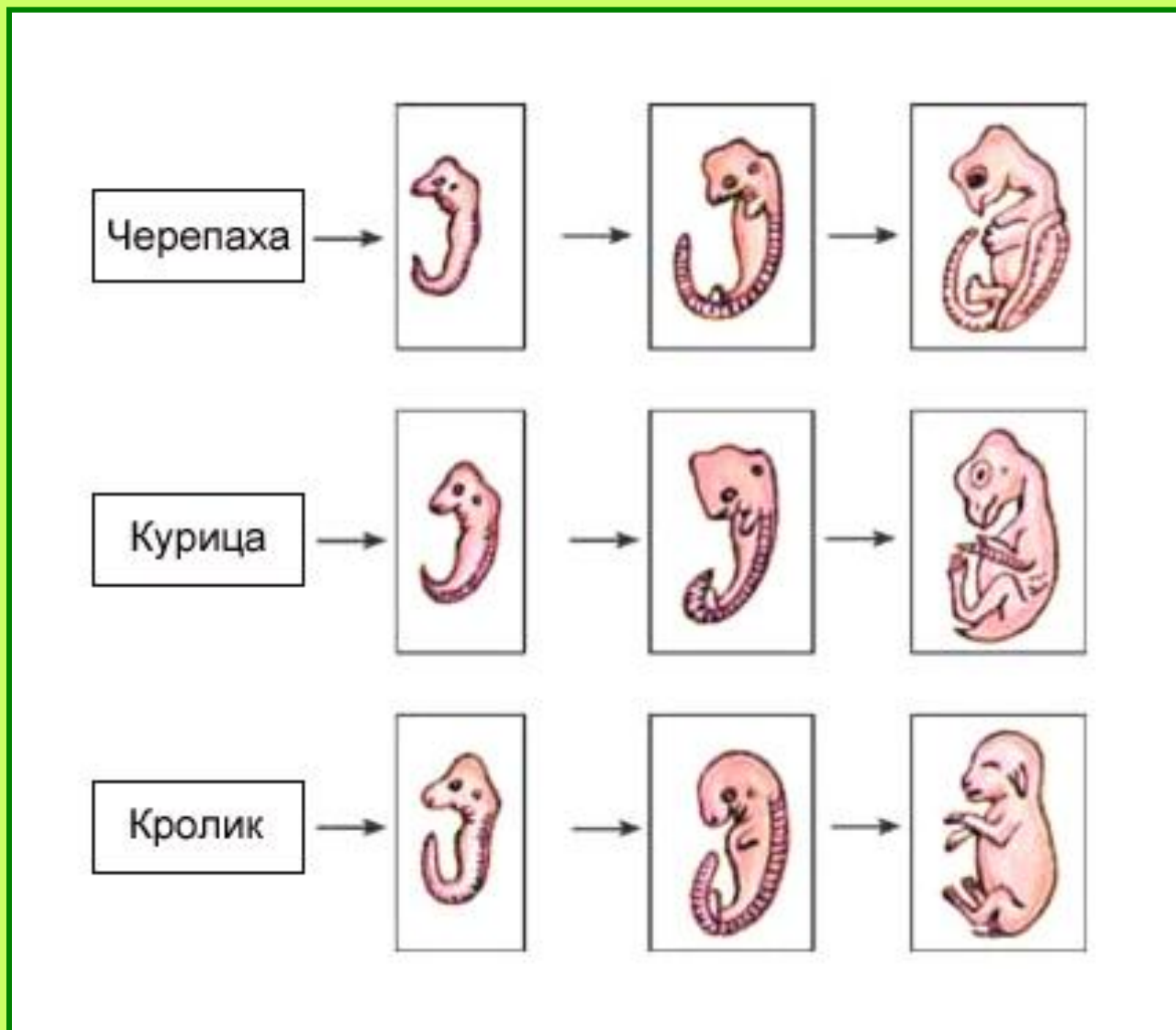
**Принцип
рекапитуляции**

Закон зародышевого сходства

В XIX веке выдающийся натуралист К.Бэр сформулировал этот закон: чем более ранние стадии индивидуального развития исследуются, тем больше сходства обнаруживается между различными организмами.



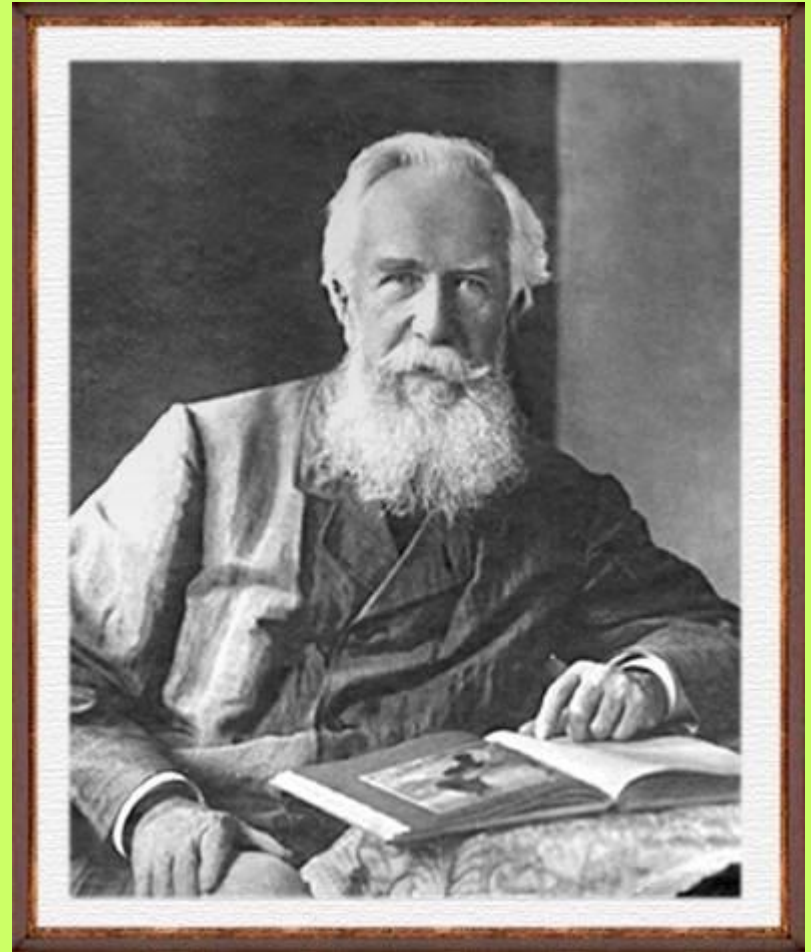
Закон зародышевого сходства



Принцип рекапитуляции

В процессе онтогенеза повторяются (рекапитулируют) многие черты строения предковых форм: на ранних стадиях – более отдаленных предков, на поздних стадиях – близких предков.

Обобщенные данные позволили немецким ученым Ф.Мюллеру и Э.Геккелю сформулировать биогенетический закон: онтогенез (индивидуальное развитие) есть краткое и сжатое повторение филогенеза (исторического развития вида).



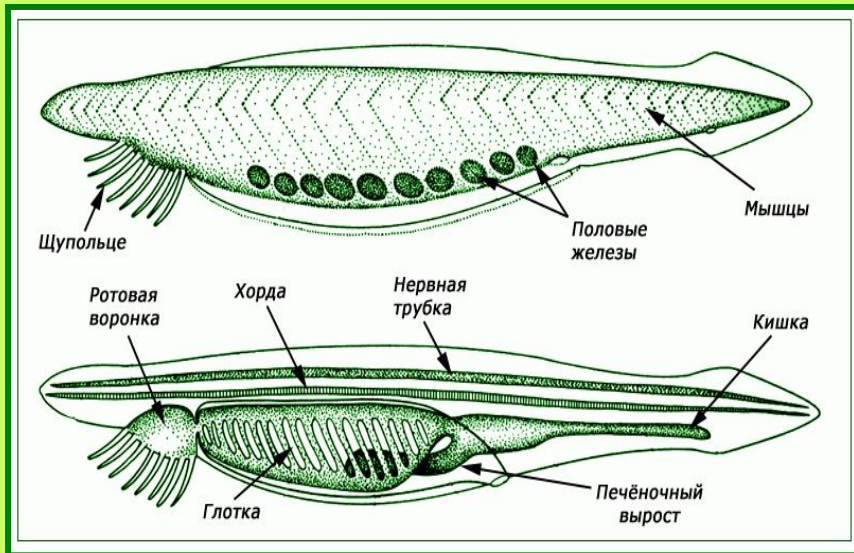
Э.Геккель



А.Н.Северцов

Биогенетический закон был развит и уточнен российским ученым А.Н. Северцовым, показавшим, что в онтогенезе повторяются стадии не взрослых предков, а их эмбриональных стадий; филогенез – это исторический ряд выбранных в ходе естественного отбора онтогенезов.

Принцип рекапитуляции



У всех позвоночных на определенной стадии развития существует хорда.



У многих насекомых личиночная стадия (гусеница – личинка) напоминает червей.

Генетические доказательства

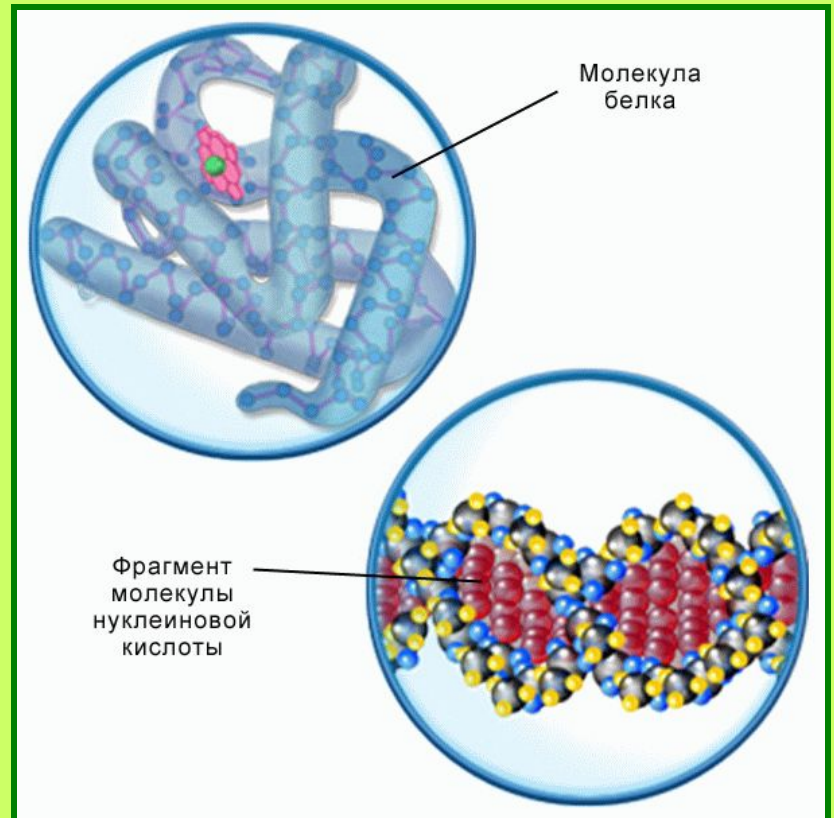
Эти доказательства позволяют уточнить филогенетическую близость разных групп животных и растений.

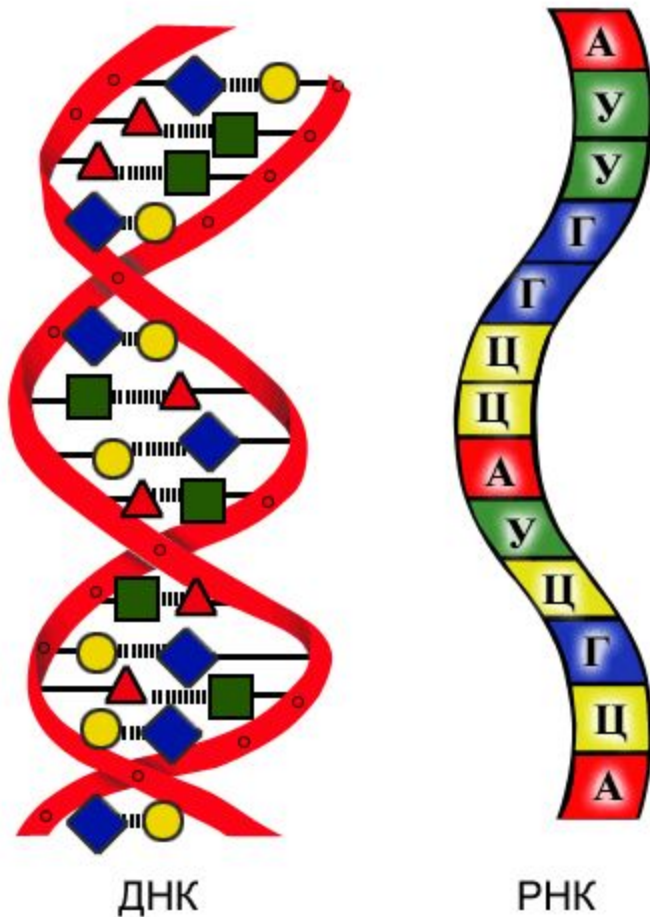
Используются цитогенетические методы, методы ДНК, гибридизации.

Пример. Изучение повторных инверсий в хромосомах разных популяций у одного или близких видов позволяет установить возникновение этих инверсий и восстановить филогенез таких групп.

Изучение строения нуклеиновых кислот и белков. Процесс эволюции на молекулярном уровне связан с изменением состава нуклеотидов в ДНК и РНК, а также аминокислот в белках. «Молекулярные часы эволюции» - понятие, введенное американскими исследователями Э.Цукер-Кандлем и Л.Поллингом. Изучая закономерности эволюции белков, исследователи пришли к выводу, что для каждого конкретного типа белков скорость эволюции своя, и она постоянна. (Говоря об эволюции белка, мы подразумеваем соответствующий ген).

Биохимические и молекулярно-биологические доказательства





- Медленно изменяются, то есть являются консервативными уникальные гены, кодирующие жизненно важные белки (глобин, цитохром – дыхательный фермент и др.).

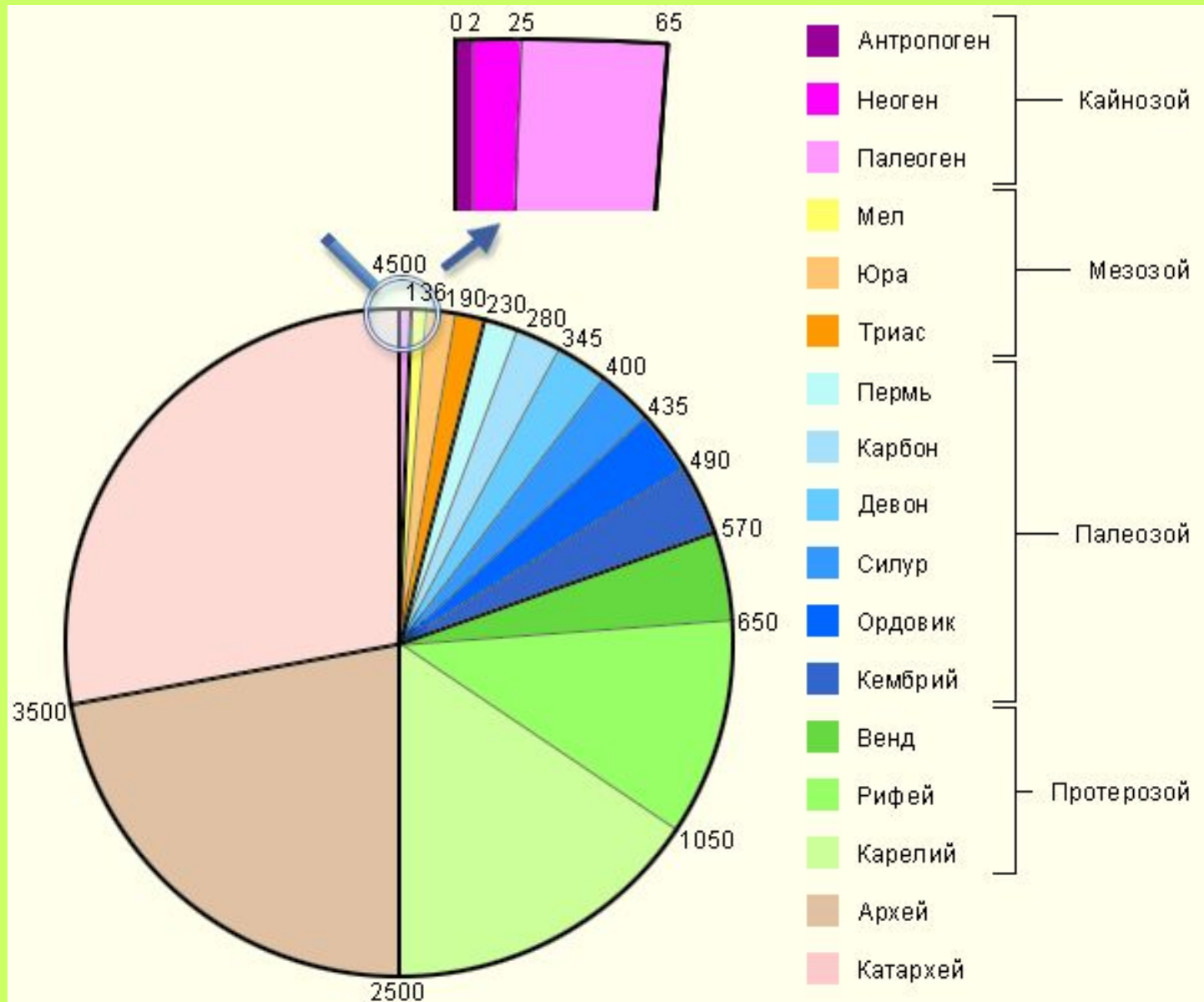
- Некоторые белки вируса гриппа эволюционируют в сотни раз быстрее, чем гемоглобин или цитохром. Благодаря этому к вирусу гриппа не формируется прочный иммунитет.

- Сравнение аминокислотной последовательности в белках рибосом, последовательности нуклеотидов рибосомных РНК у разных организмов подтверждает классификацию основных групп организмов.

Паразитологический метод

В некоторых случаях эффективным оказывается использование паразитологического метода изучения эволюции. Многочисленными исследованиями доказано, что эволюция паразитов и хозяев происходит сопряженно. В некоторых группах паразиты оказываются специфическими для видов, родов или семейств. Поэтому по присутствию определенных паразитов можно с большой точностью судить о филогенетических связях видов-хозяев.

Геохронологическая шкала.



Архейская эра



Продолжительность: 1500 млн. лет

Состав атмосферы: хлор, водород, метан, аммиак, углекислый газ, сероводород, кислород, азот.

Основные события эры:

1. Возникновение первых прокариотов.
2. Неорганические вещества суши и атмосферы превращаются в органические.
3. Появляются гетеротрофы.
4. Появляется почва.
5. Вода, а потом и атмосфера насыщается кислородом.

Протерозойская эра

Продолжительность: 1300 млн. лет.

Состав атмосферы: азот, кислород, сероводород, углекислый газ, метан.

Основные события эры:

1. Расцвет бактерий и водорослей.
2. Образование осадочных горных пород.
3. Появление, а потом господство эукариот.
4. Появление низших грибов.
5. Появление многоклеточных организмов.
6. Увеличение содержания кислорода в атмосфере.
7. Появление озонового экрана.

Палеозойская эра.

I. Ранний палеозой.

Продолжительность: 350 млн. лет.

Состав атмосферы: похож на современный состав.

Основные события:

1. Кембрий

- Большинство организмов в воде, на суше – бактерии и сине-зеленые водоросли.
- возникновение высших растений.
- выход на сушу растений (псилофиты).

2. Ордовик

- появление хордовых животных.

3. Силур

- расцвет головоногих моллюсков.
- интенсивное развитие наземных растений.
- выход животных на сушу (пауки).



Палеозойская эра.

II. Поздний палеозой.

Основные события:

1. Девон

- в морях обитают «настоящие» рыбы.
- Появление лесов из гигантских папоротников, хвощей, плаунов.
- Появление воздушного дыхания.
- Развитие земноводных.

2. Карбон

- громадные леса из споровых растений.
- возникновение семенных растений.
- появление пресмыкающихся.

3. Пермь

- расцвет голосеменных растений.
- появление в большом разнообразии пресмыкающихся.

Мезозойская эра.

Продолжительность: 150 млн. лет.

Основные события:

1. Триас

- вымирают большинство земноводных.
- почти полностью исчезли споровые растения.
- Голосеменные в большом разнообразии.
- Расцвет пресмыкающихся: травоядных и хищных.
- появление теплокровных животных.

2. Юра

- Динозавры осваивают водную и воздушную среду.
- Возникновение птиц.
- Появление гигантских динозавров (до 30 метров).
- господство голосеменных растений.

3. Мел

- появление, а потом господство покрытосеменных растений.
- появление различных млекопитающих.
- постепенное вымирание динозавров.



Кайнозойская эра.

Продолжительность: 70 млн. лет.

Основные события:

1. Палеоген

- господство млекопитающих.

2. Неоген

- появление приматов.

- Развитие холодостойких листопадных видов растений.

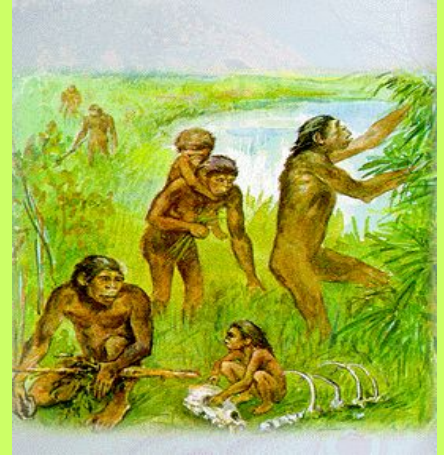
- Распространение общих передковых форм человека , образование обезьян и людей.

3. Антропоген

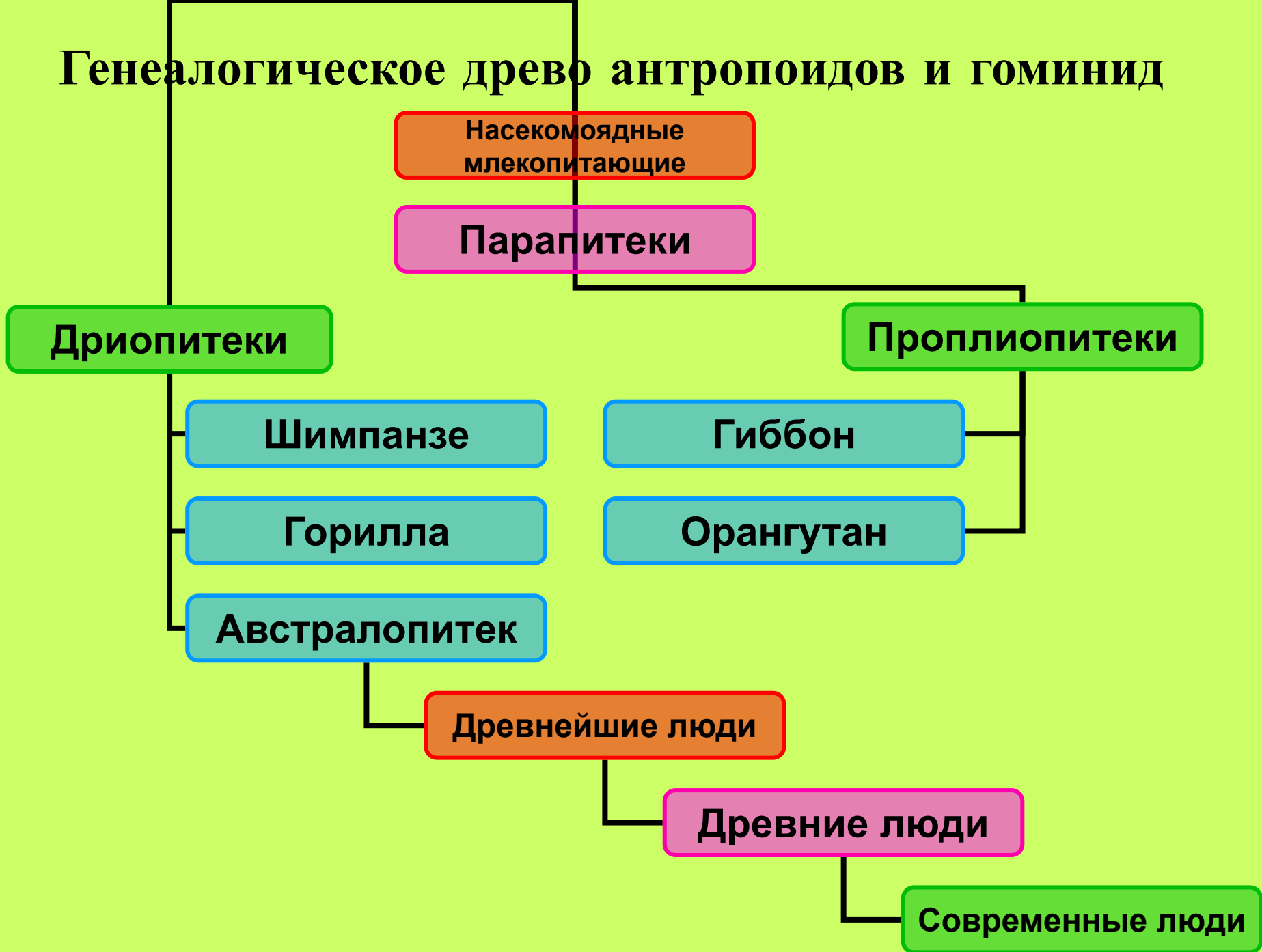
- Распространение растений, приспособленных к холодному климату.

- вымирание крупных млекопитающих.

- появление людей современного вида.



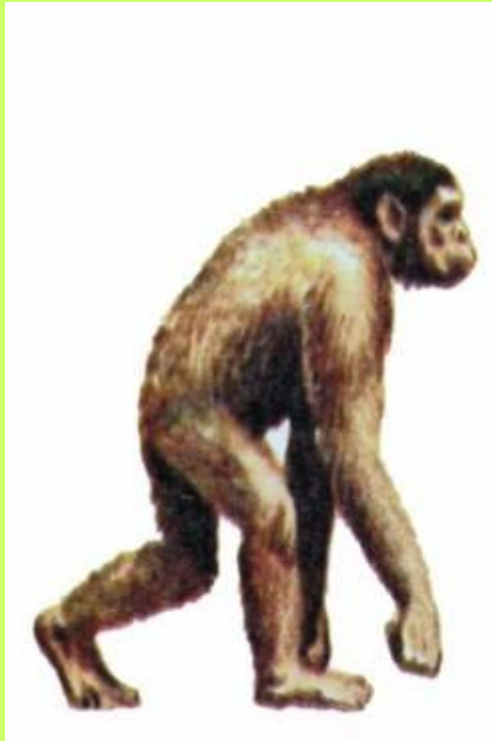
Генеалогическое древо антропоидов и гоминид



Человекообразные обезьяны



Предшественники человека



Дриопитек



**Жил приблизительно
20 млн. лет назад**



**Значительно мельче
человека
(рост около 1,1 м)
Вел древесный образ
жизни
Вероятно, манипулировал
предметами
Орудия труда отсутствуют**



Австралопитеки



**ЖИЛИ
ПРИБЛИЗИТЕЛЬНО
5 МЛН. ЛЕТ НАЗАД**



- РОСТ 100-150 СМ, ВЕС 30- 50 КГ
- ОБЪЕМ МОЗГА – ОКОЛО 600 СМ³
- ВЕРОЯТНО, ИСПОЛЬЗОВАЛИ ПРЕДМЕТЫ В КАЧЕСТВЕ ОРУДИЙ ДЛЯ ДОБЫВАНИЯ ПИЩИ
 - ХАРАКТЕРНО ПРЯМОХОЖДЕНИЕ
- ЧЕЛЮСТИ МАССИВНЕЕ, ЧЕМ У ЧЕЛОВЕКА
- СИЛЬНО РАЗВИТЫЕ НАДБРОВНЫЕ ДУГИ
- СОВМЕСТНАЯ ОХОТА, СТАДНЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ
 - ЧАСТО ДОЕДАЛИ ОСТАТКИ ДОБЫЧИ ХИЩНИКОВ



Древнейшие люди Архантропы



Жили приблизительно
от 1,6 млн. лет до 200 тыс. лет
назад



- **рост 165-170 см**
- **объем мозга около 800- 1400 см³**
- **постоянное прямохождение**
 - **формирование речи**
 - **овладение огнем**
- **охота (засады, совместные облавы, планирование)**
 - **разделение труда (охотники, собиратели)**

Древнейшие люди



- Рост до 165 см
- Развита рука
- Стопа имеет свод
- Изгиб позвоночника
- Изменение костей
- Объем мозга – 800 – 1400 см³
- Изменение челюстного аппарата

Древние люди

Неандертальцы

ЖИЛИ 200-30 ТЫС. ЛЕТ НАЗАД



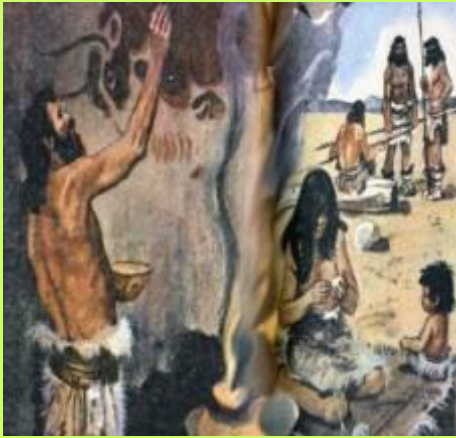
- рост 165-170 см
- объем мозга 1200-1400 см³
- нижние конечности короче, чем у современных людей
 - бедренная кость сильно изогнута
 - низкий скошенный лоб
- сильно развитые надбровные дуги



- жили группами по 50-100 особей
 - использовали огонь
 - изготавливали разные орудия труда
 - строили очаги и жилища
- осуществляли захоронения погибших братьев
 - зачатки речи
- возникновение религии
 - умелые охотники
- сохранялся каннибализм

Древние люди





Ископаемые люди современного типа

Жили 30-40 тыс. лет назад.

- **рост до 180 см**
- **объем мозга около 1600 см³**
- **отсутствует сплошной надглазничный валик**
- **плотное телосложение**
- **развитая мускулатура**
- **подбородочный выступ**

- **жили в родовой общине, строили поселения**
- **изготавливали сложные орудия труда**
- **умели шлифовать, сверлить**
- **сознательное захоронение умерших собратьев**
- **развитая членораздельная речь**
- **носили одежду из шкур**
- **целенаправленная передача опыта**
- **альтруизм, человеколюбие**
- **бережное отношение к старикам**
- **возникновение искусства**
- **приручение животных**
- **первые шаги земледелия**

Ископаемые люди современного типа



Место человека в системе органического мира

- Тип Хордовые
- Подтип Позвоночные
- Класс Млекопитающие
- Отряд Приматы
- Семейство Гоминиды
- Род Человек
- Вид Человек разумный



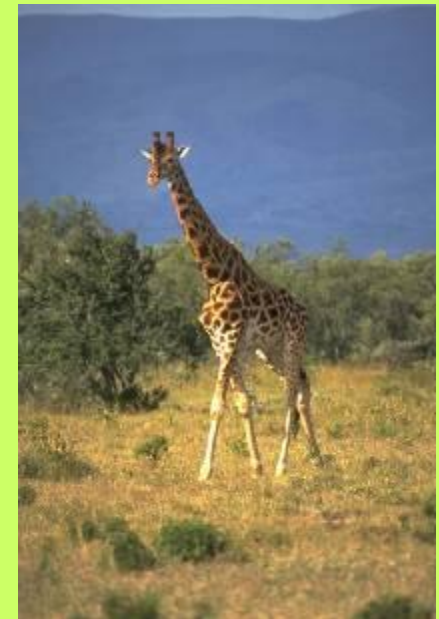
Тип Хордовые (сходства)

- Осевой скелет – хорда
- Нервная трубка
- Первичная кишка
- Внутренний скелет
- Нервная система трубчатая (спинной и головной мозг)
- Кровеносная система замкнута



Класс Млекопитающие (сходства)

- Живорождение, вскармливание детенышей молоком
- Постоянная температура тела
- Диафрагма
- 7 шейных позвонков
- Строение зубов
- Четырехкамерное сердце
- Наружное и внутреннее ухо
- Волосяной покров
- Молочные железы
- Сердце четырехкамерное



Отряд Приматы (сходства)

- Пятипалая конечность, плоские ногти
- Большой палец руки противопоставлен остальным
- Внешнее строение
- Внутреннее строение
- Физиологические особенности

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ различия

- Развитие человеческого мозга
- Высокоразвитое сознание
- Речь
- Прямохождение
- Изготовление и использование орудий труда
- Абстрактное мышление
- Уход от действия естественного отбора
- Общественный образ жизни
- Создание искусственной системы существования



ВЫВОДЫ

1. Большое количество общих черт между человеком и животными указывает на общность их происхождения
2. Историческое развитие человека и человекообразных обезьян шло по пути расхождения в признаках, что привело к появлению большого числа различий между ними

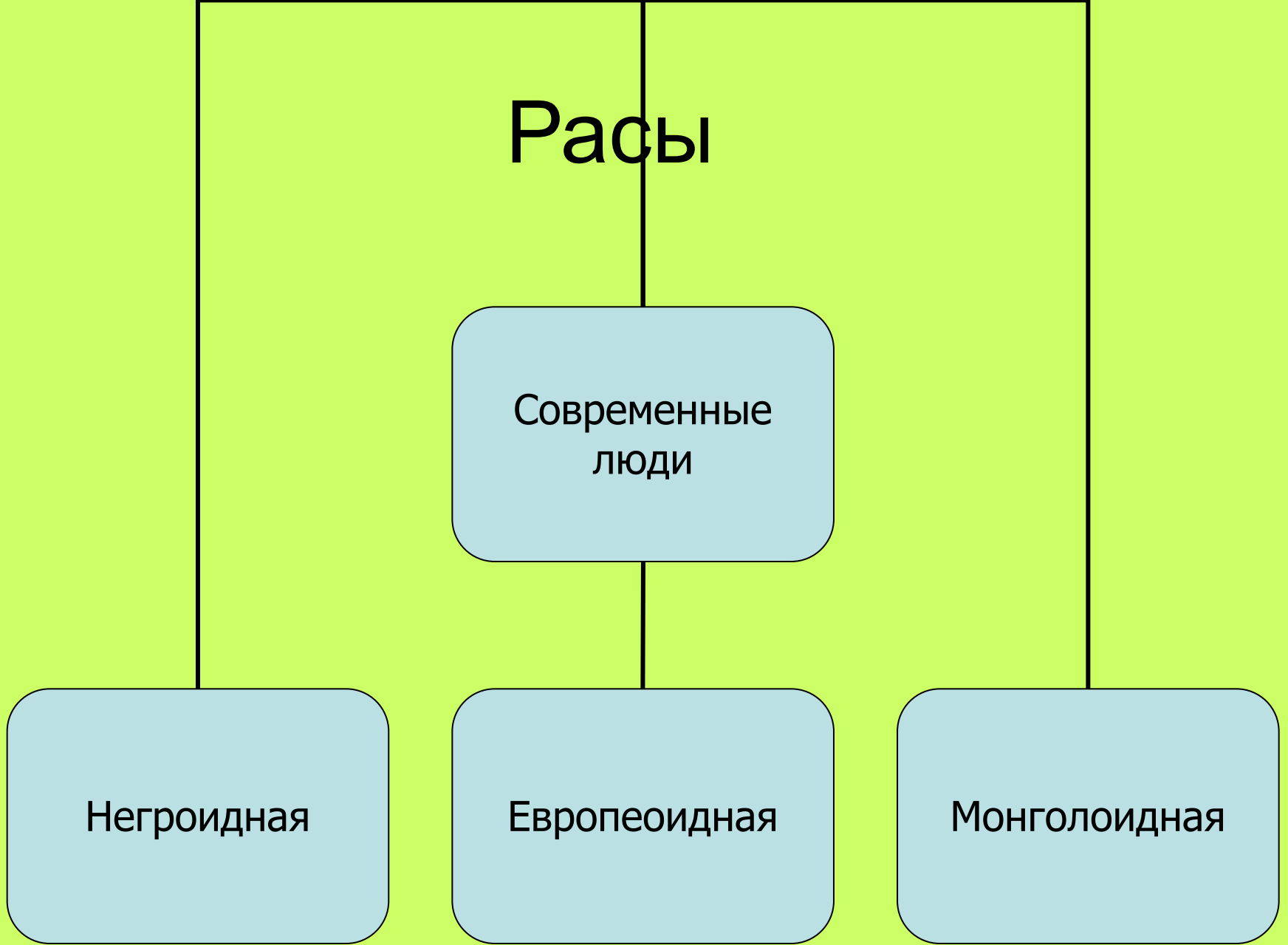
Расы

Современные
люди

Негроидная

Европеоидная

Монголоидная



Европеоиды



- Лицо узкое
- Нос узкий, выступающий
- Губы тонкие
- Глаза горизонтально расположены, от светло-голубого до черного
- Волосы прямые, от светлых до темных
- Кожа светлая

Монголоиды



- Лицо широкое, уплощенные скулы сильно выступают
- Нос уплощен
- Губы средние
- Раскосые узкие глаза
- Кожная складка на верхнем веке
- Волосы темные жесткие прямые
- Кожа желтовато-смуглая

Негроиды



- Лицо узкое с выступающей челюстной частью
- Нос широкий, плоский
- Губы толстые
- Глаза широко открытые, карие
- Кожа темная

РЕСУРСЫ

1. Библиотека электронных наглядных пособий «Биология» 6-9 класс. Министерство образования Российской Федерации, ГУ РЦ ЭМТО, «Кирилл и Мефодий», 2003 г.
2. Открытая биология. Автор курса - Д. И. Мамонтов. Под редакцией кандидата биологических наук А. В. Маталина.
3. 1С: Репетитор. Биология.
4. WWW.macroevolution.narod.ru