

Тема лекции № 4: **Общая теория эволюции.**
Основы антропологии

План лекции:

- I. Понятие о синтетической теории эволюции (СТЭ).
- II. Основные положения СТЭ.
- III. Элементарные явления и факторы эволюции.
- IV. Биохимическая эволюция живых организмов.

I. Понятие о синтетической теории эволюции (СТЭ).

Синтетическая теория эволюции (современный эволюционный синтез, современный дарвинизм) – учение об эволюции органического мира на основе современной генетики, экологии и классического дарвинизма. Возникла в начале 40-х годов XX в.

Элементарная единица эволюции – *популяция*, в ней происходят наследственные изменения генофонда.

Механизм эволюции из 2-х частей:

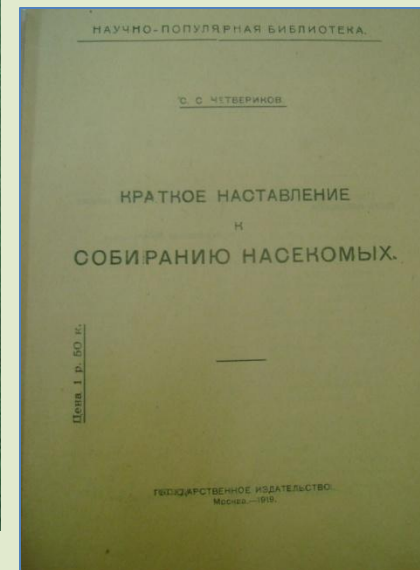
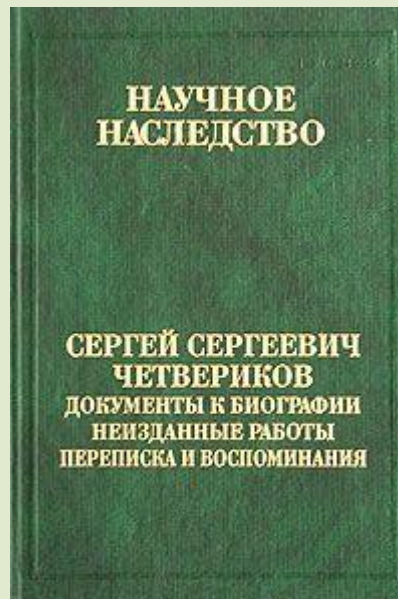
1. случайные мутации на генетическом уровне;
2. наследование наиболее удачных мутаций по приспособлению к окружающей среде, т. к. их носители выживают и оставляют потомство.

Становление теории началось с созданной в 1926 г. С.С. Четвериковым популяционной генетики. Отбору подвергаются не отдельные признаки и отдельные особи, а генотип всей популяции.

Через фенотипические признаки отдельных особей осуществляется отбор генотипов популяции, ведущий к распространению полезных изменений.

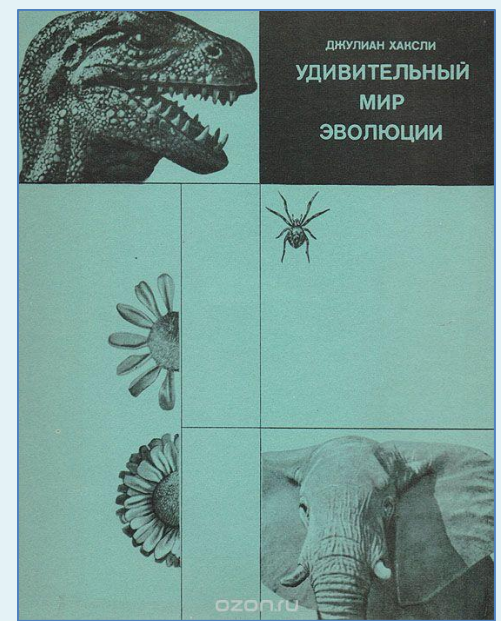
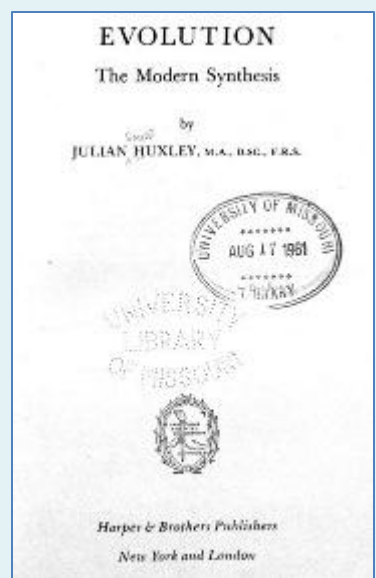
Термин «синтетическая» идет от названия книги английского эволюциониста Джулиана Хаксли «Эволюция: современный синтез» (1942).

**Сергей Сергеевич
Четвериков (1880-1959) -**
выдающийся русский и советский
биолог, генетик-эволюционист,
сделавший первые шаги в
направлении синтеза менделевской
генетики и эволюционной теории
Чарльза Дарвина.





Джу́лиан Хáксли (1887-1975) – **Сóрелл** – английский биолог, эволюционист и гуманист, политик. Один из создателей Синтетической теории эволюции. Первый генеральный директор ЮНЕСКО, сыграл одну из основных ролей в создании этой организации и Всемирного фонда дикой природы.

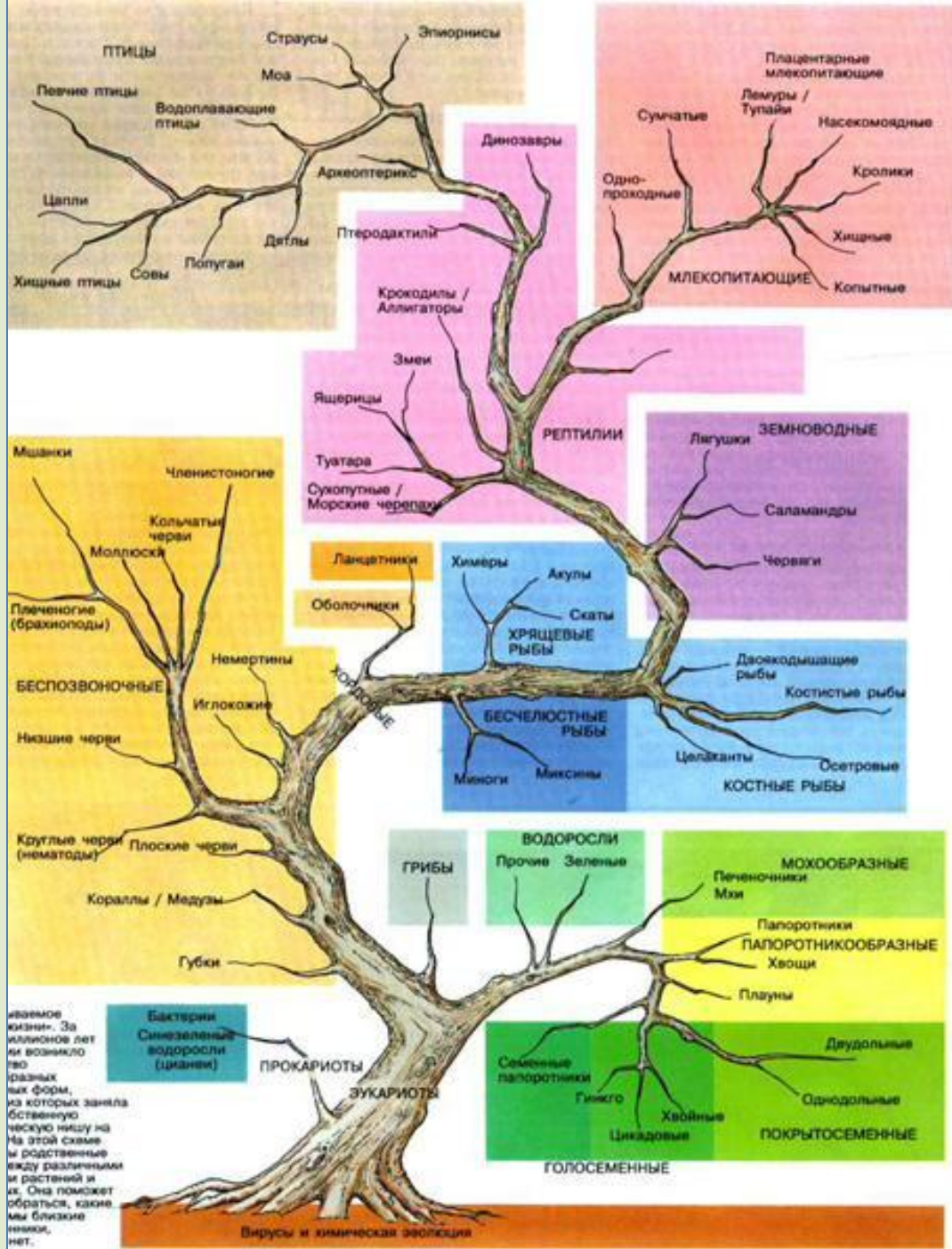


Структурно СТЭ состоит из теорий микро- и макроэволюции:

1) Теория микроэволюции: необратимые преобразования генетико-экологической структуры популяции, приводящие к формированию нового вида. Реально вид существует в виде популяций – элементарных единиц Э.

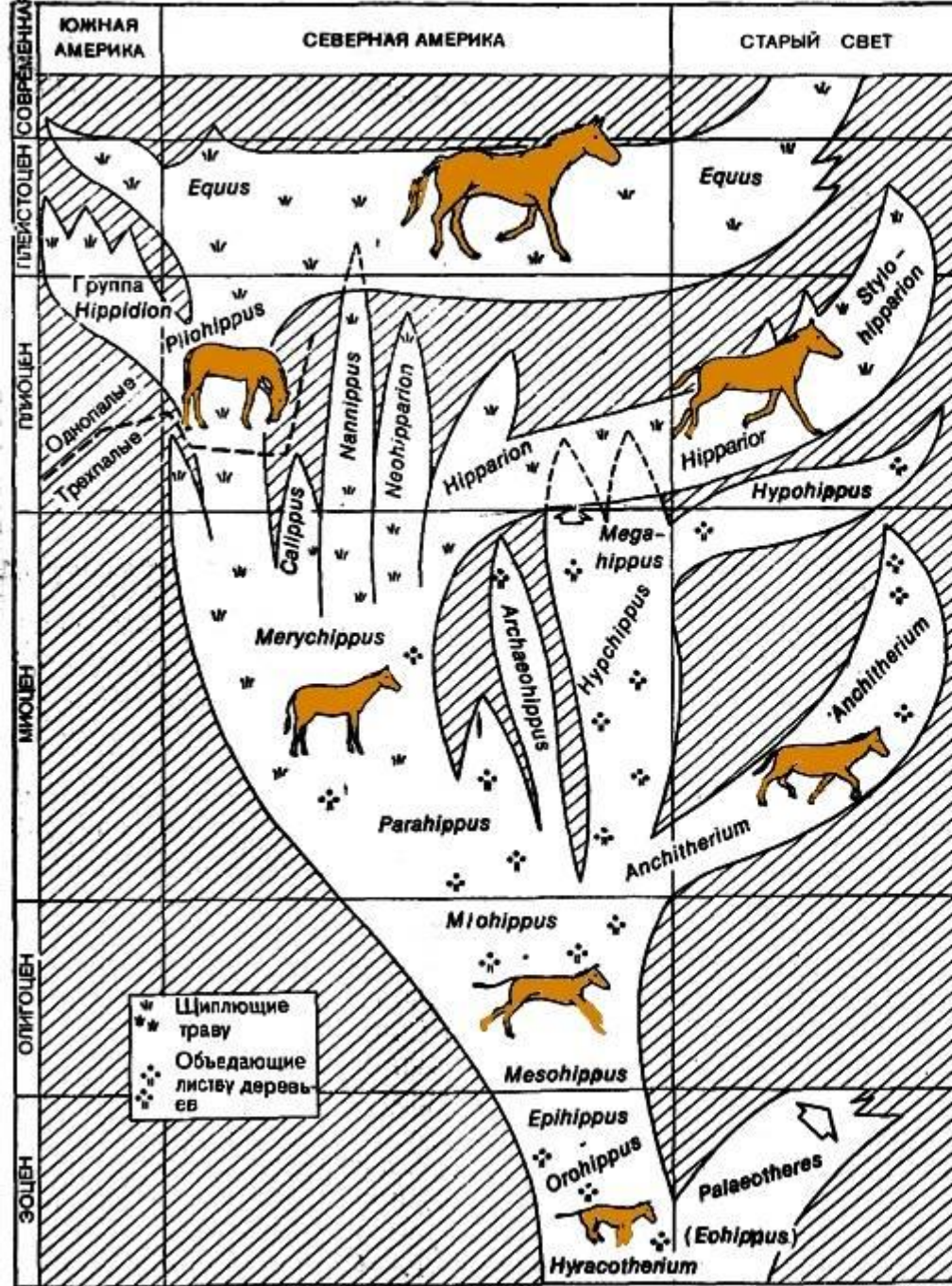
2) Теория макроэволюции: происхождение надвидовых таксонов (семейств, отрядов, классов и т.д.), основные направления и закономерности развития жизни на Земле в целом, включая возникновение жизни и происхождение человека как биологического вида.





известное
жизни. За
миллионы лет
ли возникло
во
разных
форм,
из которых заняла
бывшую
челюстную
нишу на
на этой схеме
и родственные
связи
растений и
их. Она поможет
обратиться, какие
мы близкие
наши,
нет.

Вирусы и химическая эволюция



Макроэволюция происходит на протяжении длительного исторического периода времени и поэтому ее процессы только реконструируются. Изменения в рамках микроэволюции, доступны непосредственному наблюдению

Макро- и микроэволюция происходят под воздействием изменений в окружающей среде.

Рис. Эволюционное дерево лошадей. Все предки лошади изображены в одинаковом масштабе (О. Солбриг, Д. Солбриг, 1982)

II. Основные положения СТЭ.

1. Материалом для Э. служат наследственные изменения - *мутации* (как правило, генные) и их комбинации.
2. Основной движущий фактор Э. - естественный отбор, возникающий на основе борьбы за существование.
3. Наименьшая единица Э. – популяция.
4. Э. носит в большинстве случаев дивергентный характер, т. е. один таксон может стать предком нескольких дочерних таксонов.
5. Э. носит постепенный и длительный характер.

Видообразование – последовательная смена одной временной популяции последующими временными популяциями.

Рис. Основные способы видообразования:
I – филетическое,
II – дивергентное (истинное),
III – путем гибридизации.

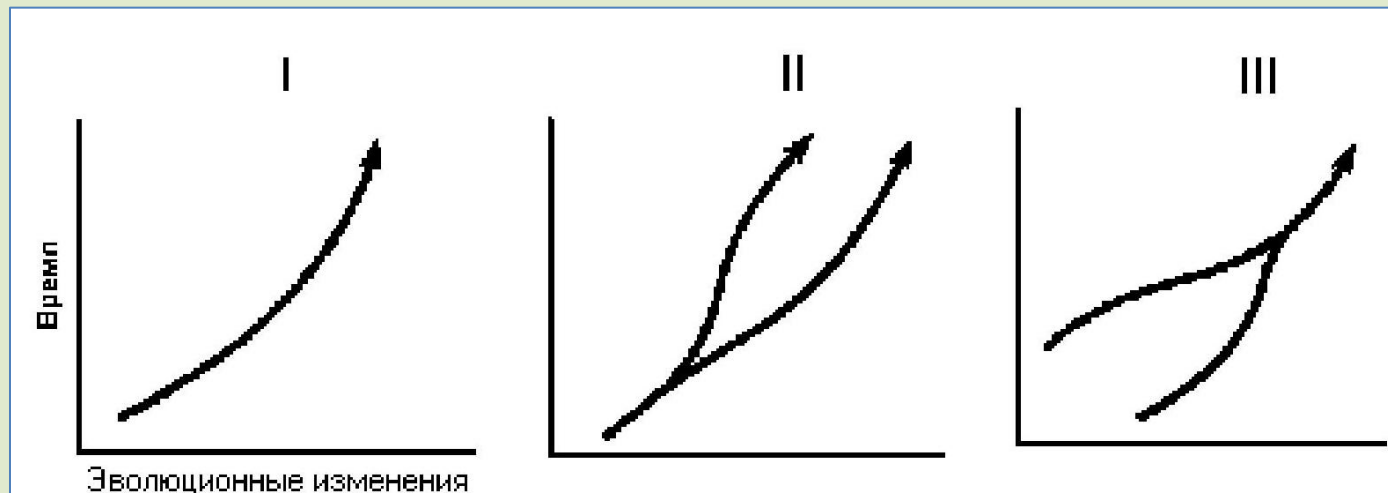




Рис. Эти два вида пеночек, с ареалами, перекрывающимися в районе Пиренеев, образуют гибриды, которые, однако, характеризуются пониженной жизнеспособностью. Вверху - иберийская пеночка (*Phylloscopus ibericus*). Внизу - пеночка-теньковка (*Phylloscopus collybita*).

6. Вид состоит из множества соподчиненных, морфологически, физиологически, экологически, биохимически и генетически отличных, но репродуктивно не изолированных единиц – *подвидов* и *популяций*.

7. Вид существует как целостное и замкнутое образование, поддерживаемое миграциями особей из одной популяции в другую, при которых наблюдается обмен аллелями («*поток генов*»).

8. Макроэволюция на более высоком уровне, чем вид (род, семейство, отряд, класс и др.), идет путем микроэволюции. Для Э. групп видов живых организмов характерны те же предпосылки и движущие силы, что и для микроэволюции.

9. Любой реальный (а не сборный) таксон имеет монофилетическое происхождение.

10. Эволюция имеет *ненаправленный* характер, т. е. не идет в направлении какой-либо конечной цели.

III. Элементарные явления и факторы эволюции.

Положения об *элементарных явлениях и факторах Э.*
по Н.В. Тимофееву-Ресовскому:

- 1) популяция – элементарная эволюционная структура;
- 2) изменение генотипического состава популяции – элементарное эволюционное явление;
- 3) генофонд популяции – элементарный эволюционный материал;
- 4) элементарные эволюционные факторы – мутационный процесс, «волны жизни», изоляция, естественный отбор.

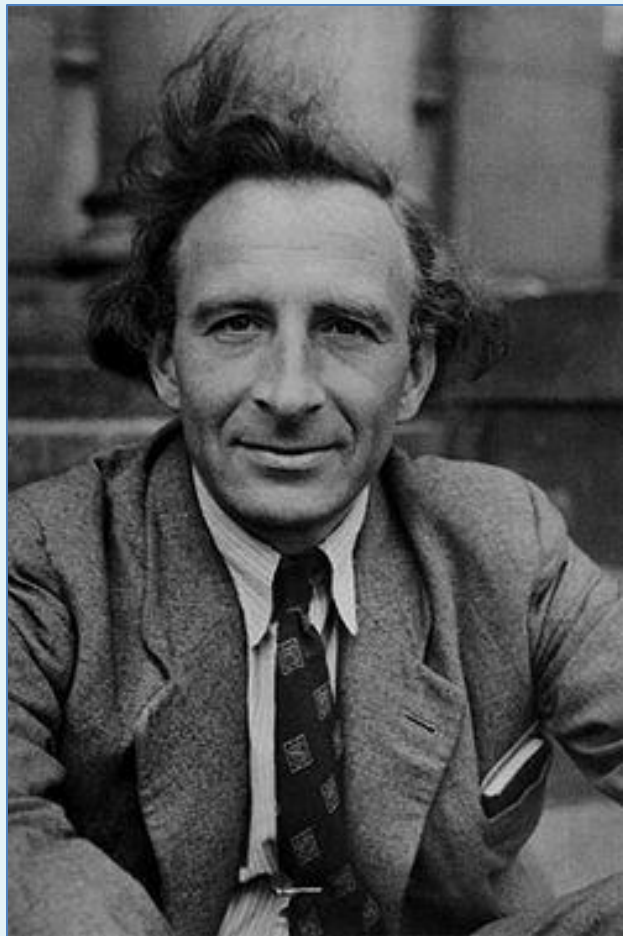
Элементарные эволюционные факторы воздействуют на количественные соотношения генов популяции.

1) **изменения генотипического состава популяции** — поставщики элементарного эволюционного материала, необходимого для проявления элементарного эволюционного явления;

2) расчленяют исходную популяцию на две или несколько, разделенные изоляционными барьерами;

3) создают внутрипопуляционные барьеры;

4) вызывают адаптивные изменения.



Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский (1900-1981) – русский советский биолог, генетик. Основные направления исследований: радиационная генетика, популяционная генетика, проблемы микроэволюции.

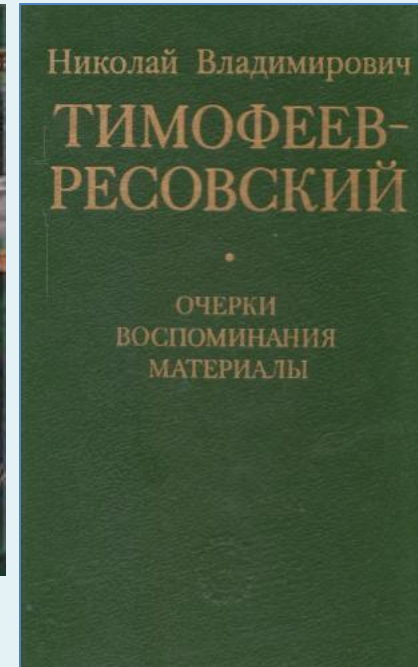
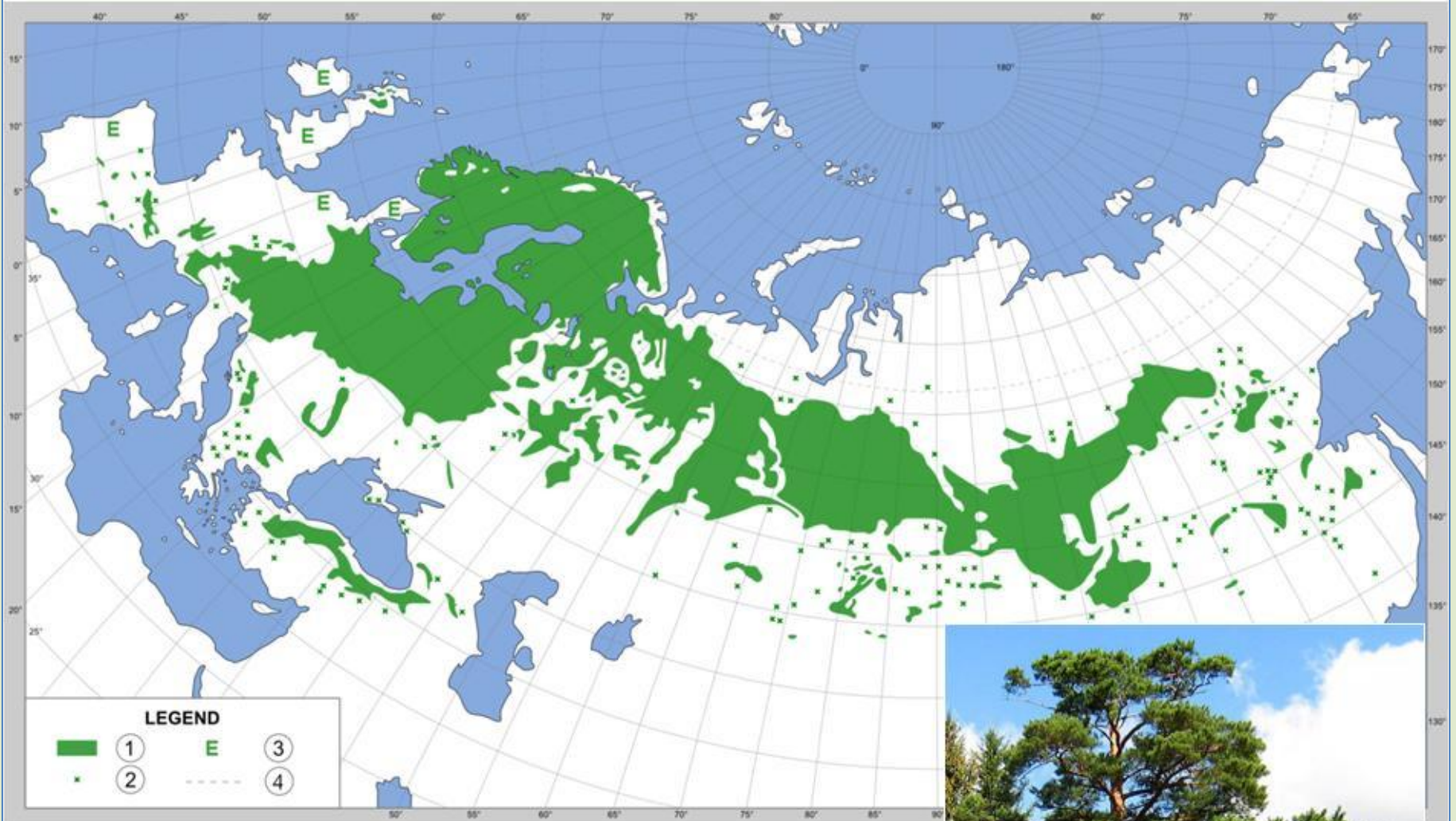


Рис. Образ мутации в генах

Популяция в качестве элементарной структуры способна изменяться с течением времени и реально существует в природных условиях.

Популяция – совокупность особей данного вида, занимающих территорию внутри ареала вида, свободно скрещивающихся между собой и частично или полностью изолированные от других популяций.

Элементарное эволюционное явление – наследственное изменение популяций, в результате спонтанных мутаций, гетерогенная смесь различных генотипов. Изменения эти тем отчетливее, чем более интенсивно и длительно воздействие факторов, их вызывающих. В результате происходит изменение генофонда, или генотипического состава популяции.



Популяция – совокупность особей данного вида, занимающих территорию внутри ареала вида, свободно скрещивающихся между собой и частично или полностью изолированные от других популяций.

Рис. Картографическое изображение ареала сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*)



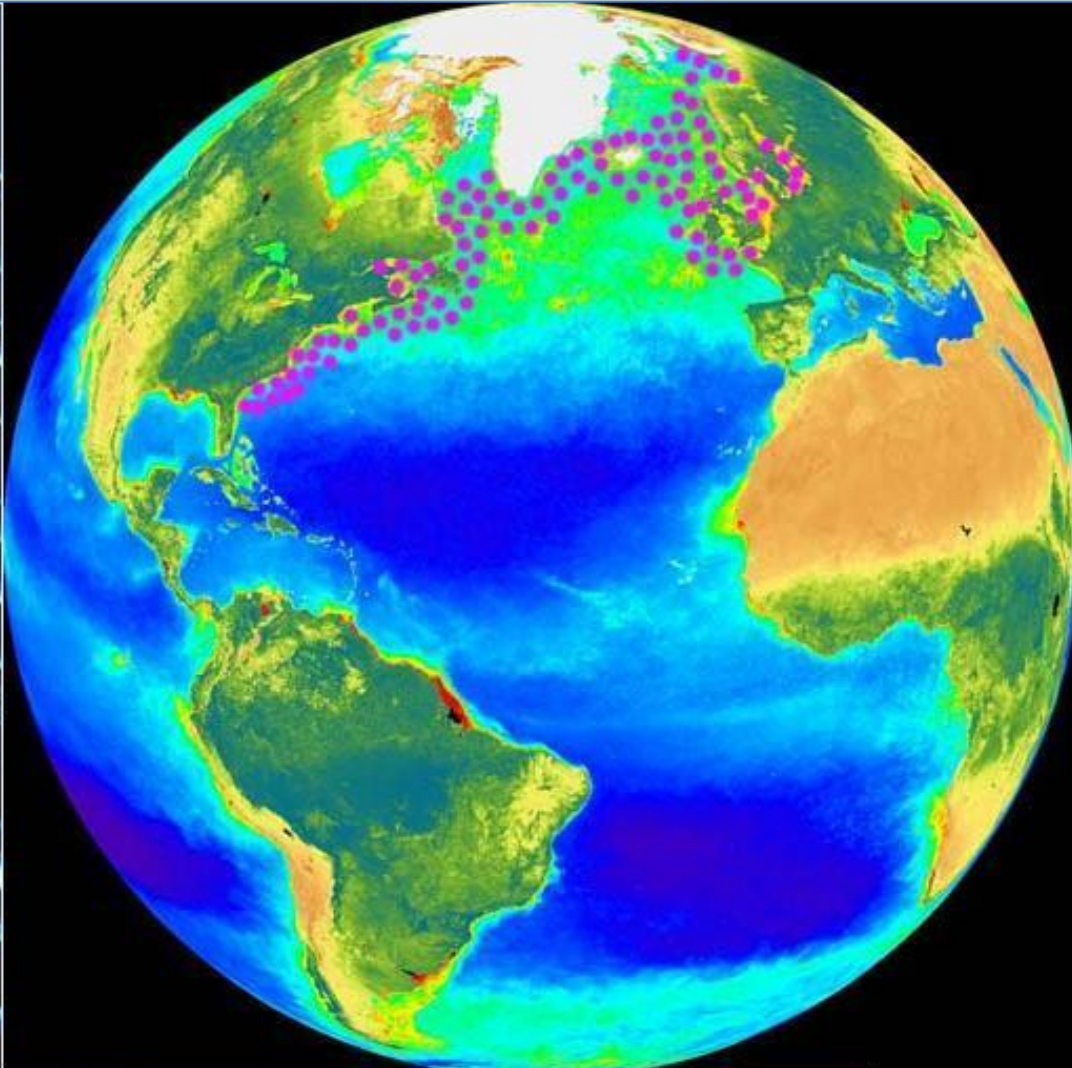


Рис.Изображение ареала атлантической сельди (*Clupea harengus*) точечным способом (на основе SeaWiFS НАСА)

Требование к популяциям (П.), выступающим в качестве единиц эволюции, - способность трансформироваться в элементарный эволюционный материал:

1) у всех особей П. должны происходить наследственные изменения материальных единиц;

2) эти изменения должны затрагивать все свойства особей, вызывая их отклонения от исходных;

3) они должны затрагивать биологически важные свойства особей;

4) изменения эти должны быть четко выражены у П., обитающих в природных условиях;

5) часть таких изменений должна «выходить» на историческую арену Э., участвуя в образовании таксонов низшего ранга;

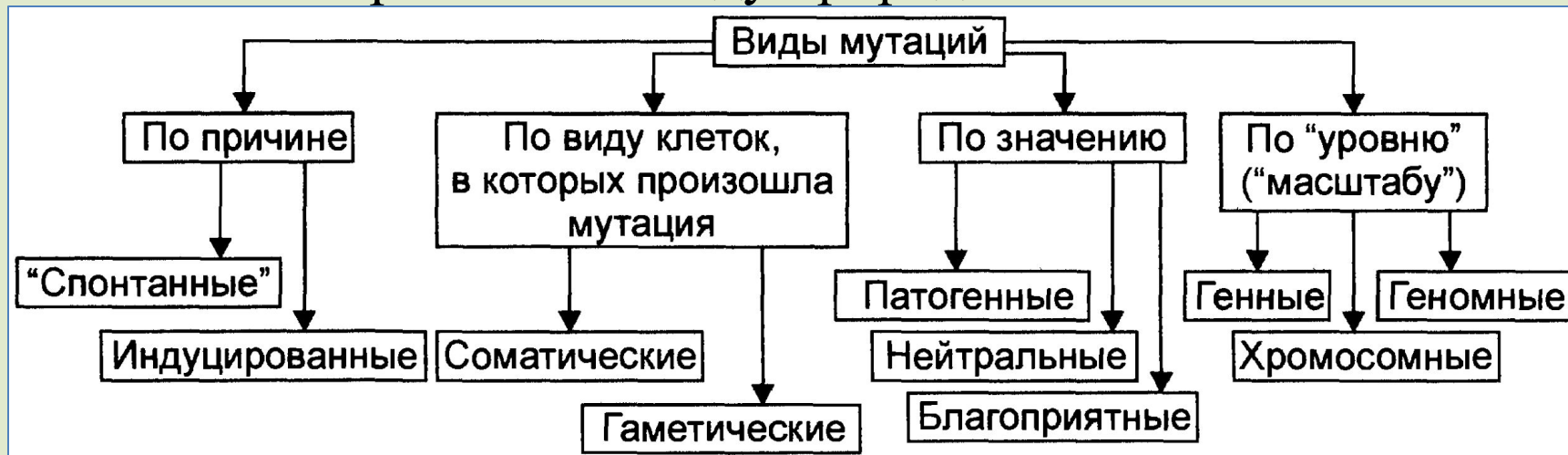
6) скрещивающиеся таксоны должны различаться наборами и комбинациями элементарных единиц наследственной изменчивости.

1 фактор. Мутационный процесс – поставщик элементарного эволюционного материала. Но он не способен оказывать направляющее воздействие на Э.

Согласно постулатам СТЭ, требованиям элементарного эволюционного материала удовлетворяют различного рода мутации. К их числу относят генные, хромосомные, геномные мутации.

Чтобы мутации служили материалом Э., необходимо:

- достаточная частота возникновения мутаций;
- четкость в проявлении мутантных признаков;
- четко выраженная биологическая значимость этих признаков;
- генетические различия между природными таксонами.

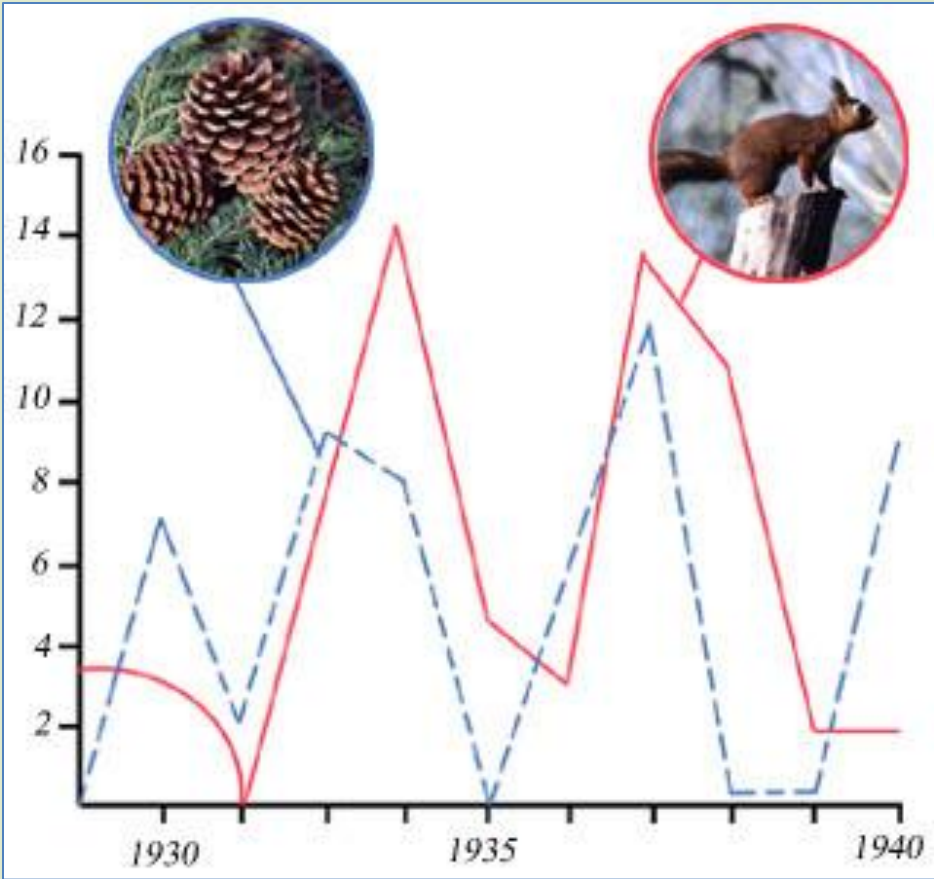


2 фактор – популяционные волны, или «волны жизни», - количественные колебания в численности **П.** под воздействием сезонной периодики, климатических, природно-катастрофических причин и пр.

Эволюционная роль «волн жизни»

1. Изменение частот генов в популяциях, приводящем к снижению наследственной изменчивости. Процесс этот, по С. Райту «дрейф генов», а по Н.П. Дубинину - «генетико-автоматический процесс», имеет место при резком снижении численности популяции. Генотипически это сопровождается увеличением гомозиготности, что связано с увеличением числа близкородственных скрещиваний.

2. Изменения в концентрации различных мутаций, а также к уменьшению разнообразия генотипов, содержащихся в **П.** Это может привести к изменениям направленности и интенсивности действия отбора.

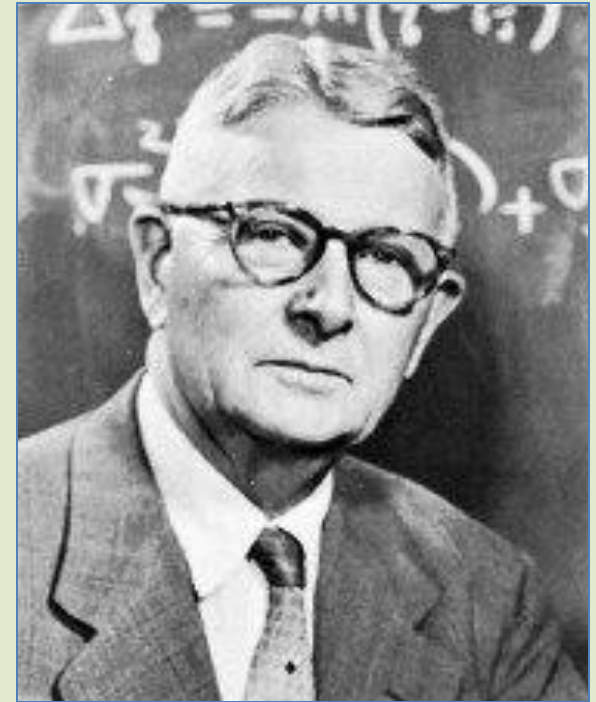


Сьюэл

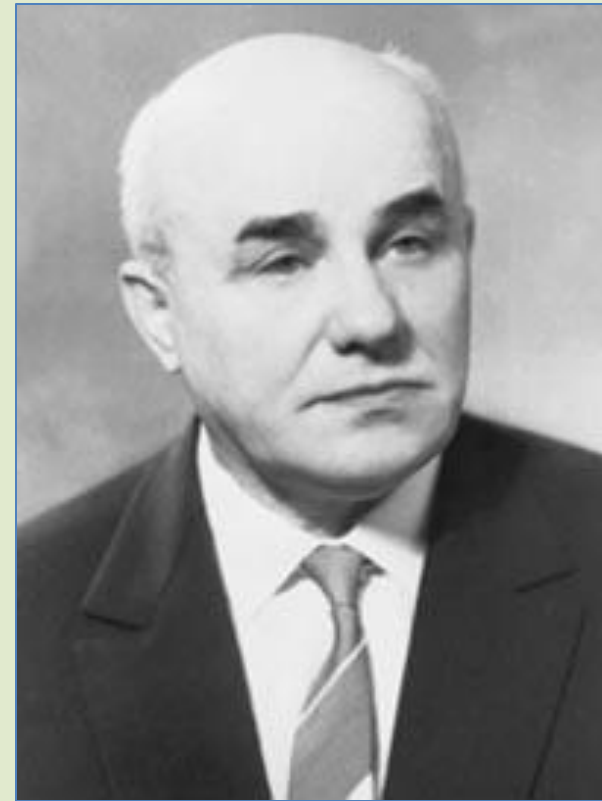
Райт (1889-1988) американский генетик, эволюционист и статистик. Совместно с Р. Фишером и Дж. Холдейном создал математический аппарат популяционной генетики. Открыл коэффициент инбридинга и методы его расчёта. Распространив эту работу на популяции, пришёл к модели дрейфа генов, которая стала очень важной частью синтетической теории эволюции.

Братья Сьюэла Райта были авиационный инженер Теодор Пол Райт и известный американский политолог и исследователь международных отношений и международного права Филипп Куинси Райт.

Грин



**Николай Петрович
Дубинин (1907-1998)** —
советский генетик, основатель
и разработчик многих новых
направлений биологии, автор
классических работ по
эволюционной, радиационной,
молекулярной и космической
генетике, проблемам
наследственности человека.



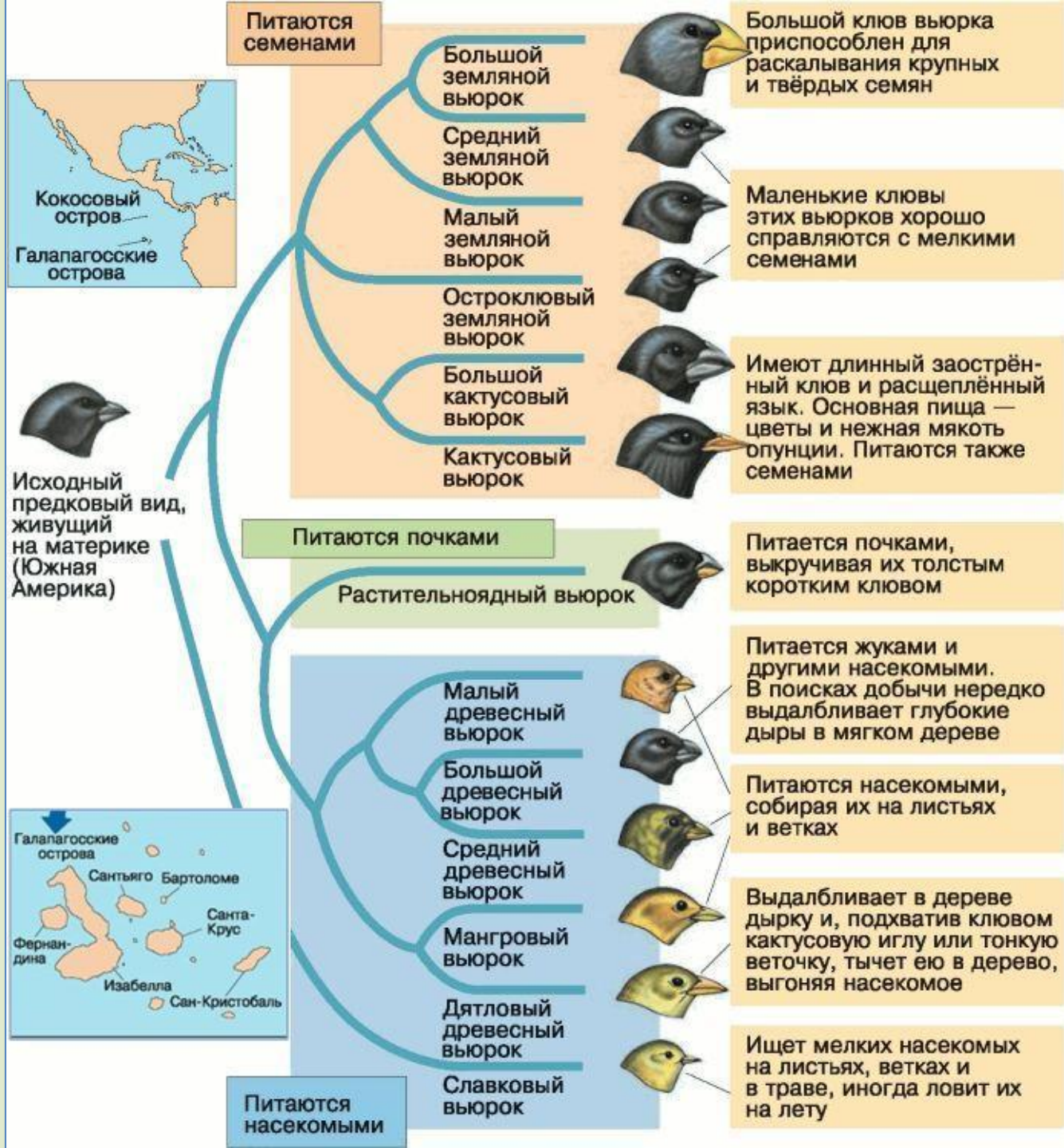
3 фактор. Изоляция (И.). Нарушая свободное скрещивание, **И.** закрепляет возникшие как случайно, так и под действием отбора различия в наборах и численности генотипов в изолированных частях популяции.

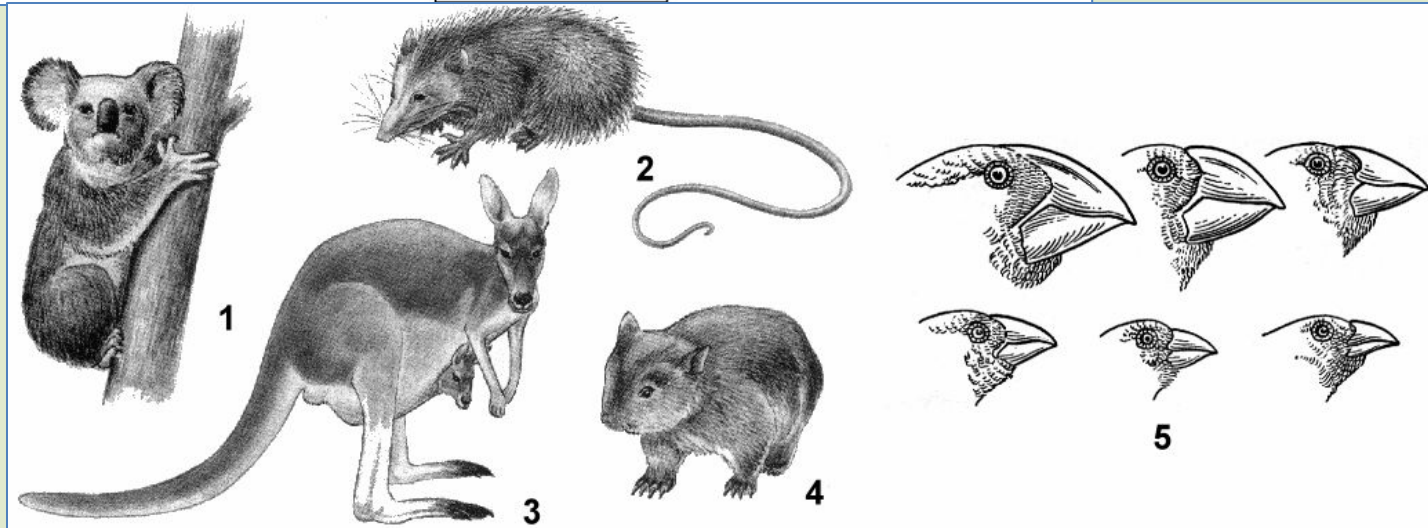
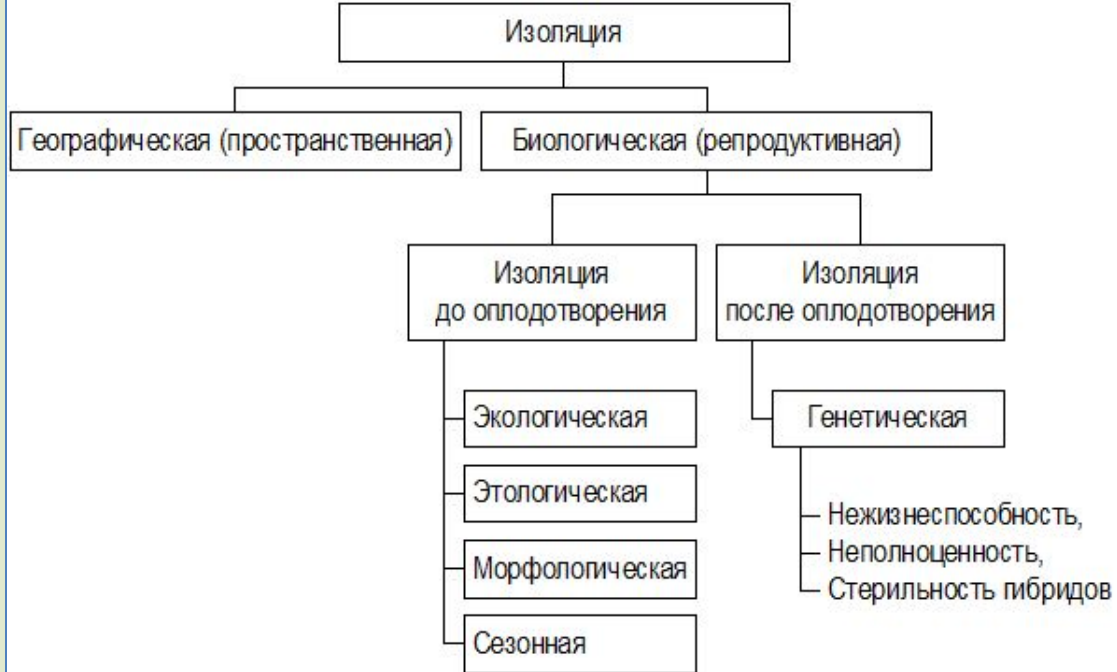
Типы И.:

- территориально-механическая, или пространственно-географическая,
- биологическая, или репродуктивная.

Формы биологической И., различия:

- *Этологическая* – различия в поведении особей,
 - *Экологическая* – в предпочтении мест обитания,
 - *Сезонная* – в сроках размножения,
 - *Морфологическая* – в размерах, структуре всего организма и отдельных органов,
 - *Генетическая* – наследственного аппарата, несовместимость половых клеток.
- Общий итог И.** - возникновение независимых генофондов 2-х популяций, которые могут трансформироваться в самостоятельные виды.





1 – коала (Австралия); 2 – опоссум (Северная Америка); 3 – кенгуру (Австралия); 4 – вомбат (Австралия); 5 – галапагосские вьюрки.

4. фактор. Естественный отбор – дифференцированное (неслучайное) сохранение в популяции определенных генотипов и избирательное их участие в передаче генов следующему поколению. Воздействует не на отдельный фенотипический признак, не на отдельный ген – молекулярно-генетическую систему. Его роль разыгрывается на уровне фенотипа – живой системы – организма, сформированного в результате взаимодействия с генотипом с определенной нормой реакции.

Формы отбора:

Движущий: в результате новых мутаций или рекомбинаций уже имеющихся генотипов или при изменении условий среды в популяции возникают новые генотипы с селективными свойствами – возникает новый вектор отбора. Генофонд популяции изменяется как единое целое, т.е. отсутствует дивергенция дочерних форм.

Стабилизирующий: в конкретных условиях на основе разных генотипов в популяции становится преобладающим оптимальный для этих условий фенотип. При длительной неизменности таких условий стабилизирующий отбор как бы охраняет ставший устойчивым фенотип от давления фенотипической изменчивости.

Дизруптивный: внутри популяции возникают отчетливо различающиеся формы. При снижении возможности скрещивания между такими популяциями, например, в условиях изоляции, происходит их дальнейшее расхождение, вплоть до образования новых видов.

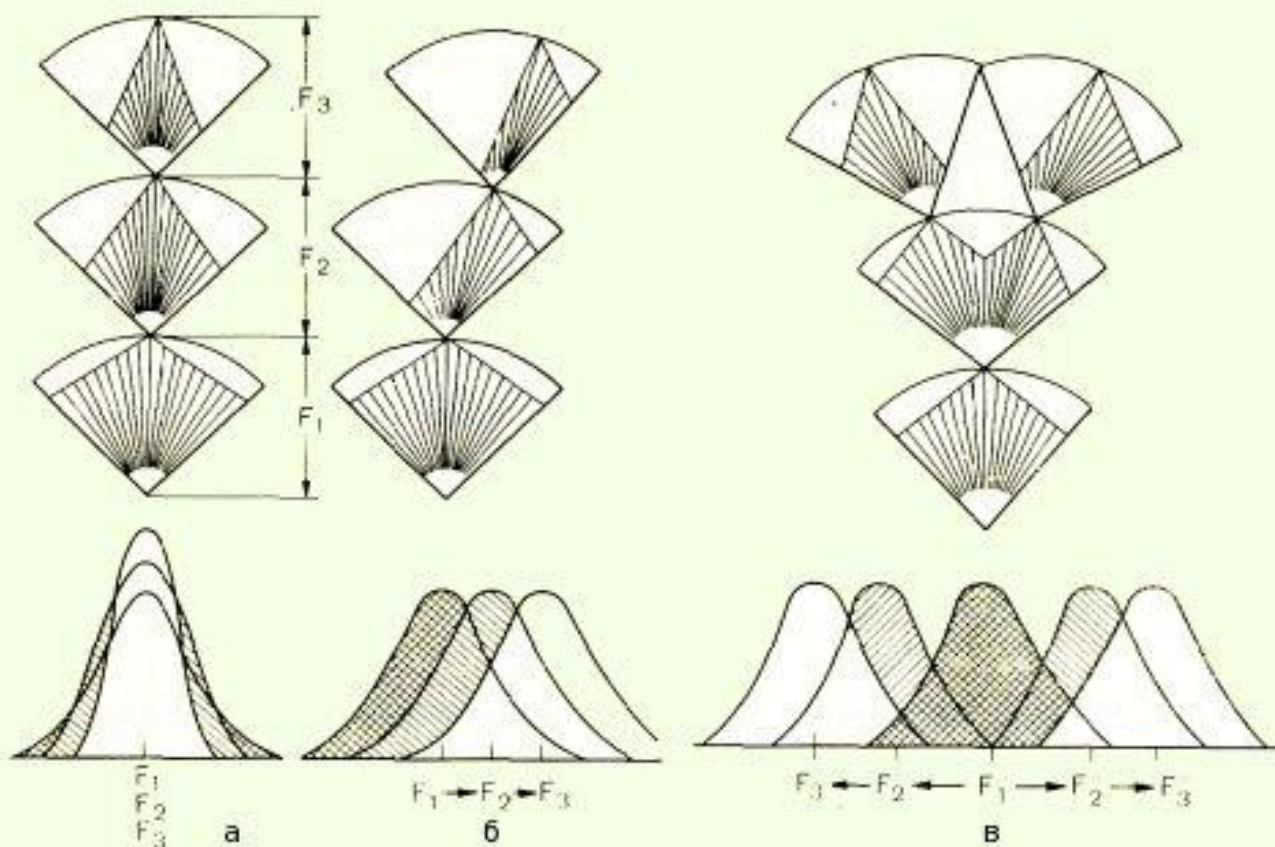


Рис. 2. Формы естественного отбора.
 а - стабилизирующая; б - движущая; в - дизруптивная; F 1-3 - последовательные поколения особей.

Значение СТЭ:

- вскрыла механизмы эволюционного процесса,
- Накопила новые факты и доказательства Э. живых организмов,
- объединила данные многих биологических наук,
- находится в русле идей и направлений, заложенных еще Ч. Дарвином.

IV. Биохимическая эволюция живых организмов

<http://ecology-education.ru>

Коацерватная теория.

А.И. Опарин («Происхождение жизни», 1924) выдвигает гипотезу: происхождение жизни на земле есть результат длительного эволюционного процесса на самой Земле. Сейчас зарождение жизни не возможно: все экологические ниши заняты; есть кислород – сильный окислитель.

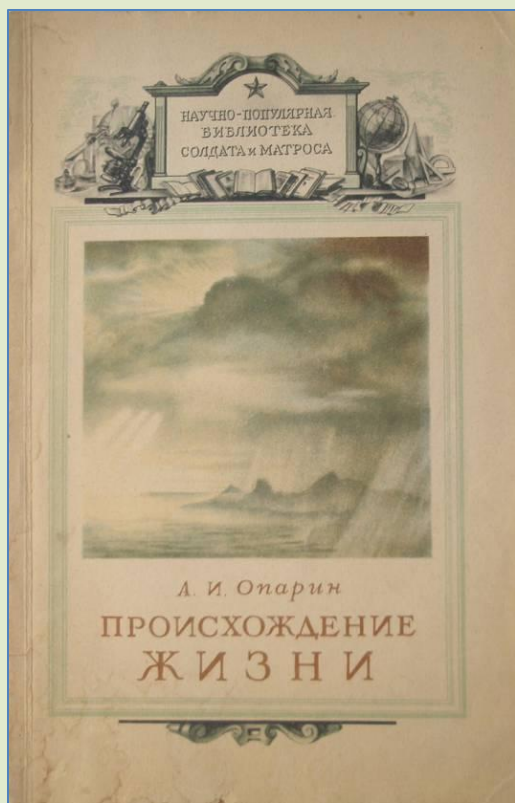
Дж. Холдейн (1929) он независимо от Опарина пришел к таким же результатам.

По Опарину:

- жизнь на Земле возникла абиогенным путем.
- первые живые организмы – гетеротрофы.
- наличие химических веществ, источников энергии,
- отсутствие газообразного кислорода
- безгранично длительное время



Александр Иванович Опарин
(1894-1980) – советский биолог и биохимик создал теорию возникновения жизни на Земле из абиотических компонентов; академик АН СССР (1946), Герой соц. труда (1969).



Вероятность самозарождения жизни по Опарину 1/1000 случаев в год, от возникновения Земли до появления первых прокариотов (1 млрд. лет).

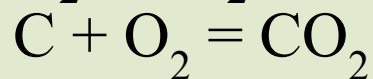
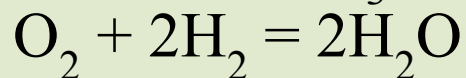
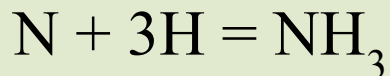
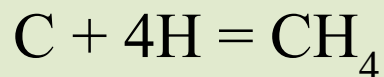
Этапы возникновения жизни на Земле

1. Образование органических веществ

Вначале масса Земли была раскалена, постепенно она остывала. Углерод соединялся с металлами с образованием карбидов:

$C + Me (Ni, Fe) = \text{карбиды}$ (обнаружены в метеоритах).

В первичной атмосфере Земли были C, H, N.

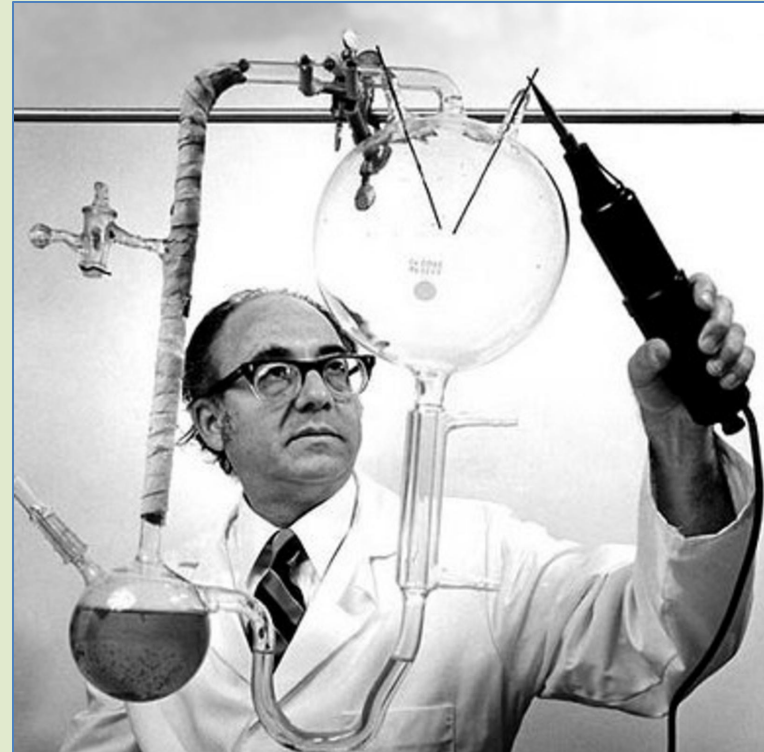


Эти вещества присутствуют на Солнце и др. звездах (спектральные исследования). Свободный кислород отсутствовал. По мере остывания пары воды конденсировались с образованием первичных водоемов.

Источники энергии для химической эволюции: распад $K40$; УФ; вулканизм; удары метеоритов; молнии.

В водной среде под воздействием этих видов энергии появились спирты, альдегиды, кислоты.

Стенли Миллер (1953) сконструировал установку, в которой через смесь газов CH_4 , NH_3 , H_2O и H_2 пропускал электрический ток. К концу недели были получены аминокислоты *аланин* и *глутамин*.



Стэнли Ллойд Миллер (1930-2007) – американский химик, специалист в области возникновения жизни. Известен участием в эксперименте Миллера-Юри (1953) будучи студентом Чикагского университета.

Оро провел подобный эксперимент, используя в качестве энергии УФ излучение при высокой t и получил *урацил*, *рибозу* и *дезоксирибозу*.

Теорию Опарина подтверждают и палеонтологи: первые органические молекулы найдены в слоях возрастом 3,8 млрд. лет.

2. Полимеризация мономеров

Реакции полимеризации и поликонденсации могли идти только в мягких условиях при наличии катализаторов — цианидов.

По предложению Дж. Д. Бернала реакции осуществлялись на границе земля-вода, на скоплениях глин, которые эффективно адсорбируют сахара, азотистые основания, кислоты. При высокой концентрации потенциальных мономеров при наличии внешней энергии могли протекать процессы полимеризации.

3. *Появление коацерватов*

Молекулы первых орг. соединений образовывали коллоидный раствор. При смешивании коллоидных растворов возникали фазово-обособленные органич. системы – капли белков, отличные друг от друга – *коацерватные капли*, имеющие оболочку – ориентированные молекулы.

Оболочка отделяет каплю от внешней среды, превращая ее в дискретную единицу, содержащую набор химических веществ, отличный от внешней среды. Через нее возможен ОВ по типу *открытых систем*.

Внутри коацерватов под действием катализаторов полимеры самособирались в многомолекулярные фазово-обособленные образования.

Коацерваты объединяются, образуя более сложные структуры, поглощают меньшие, делятся на дочерние образования. Вещество входит в каплю, полимеризуется, обуславливая рост системы, а при его распаде продукты выходят во внешнюю среду, где их раньше не было.

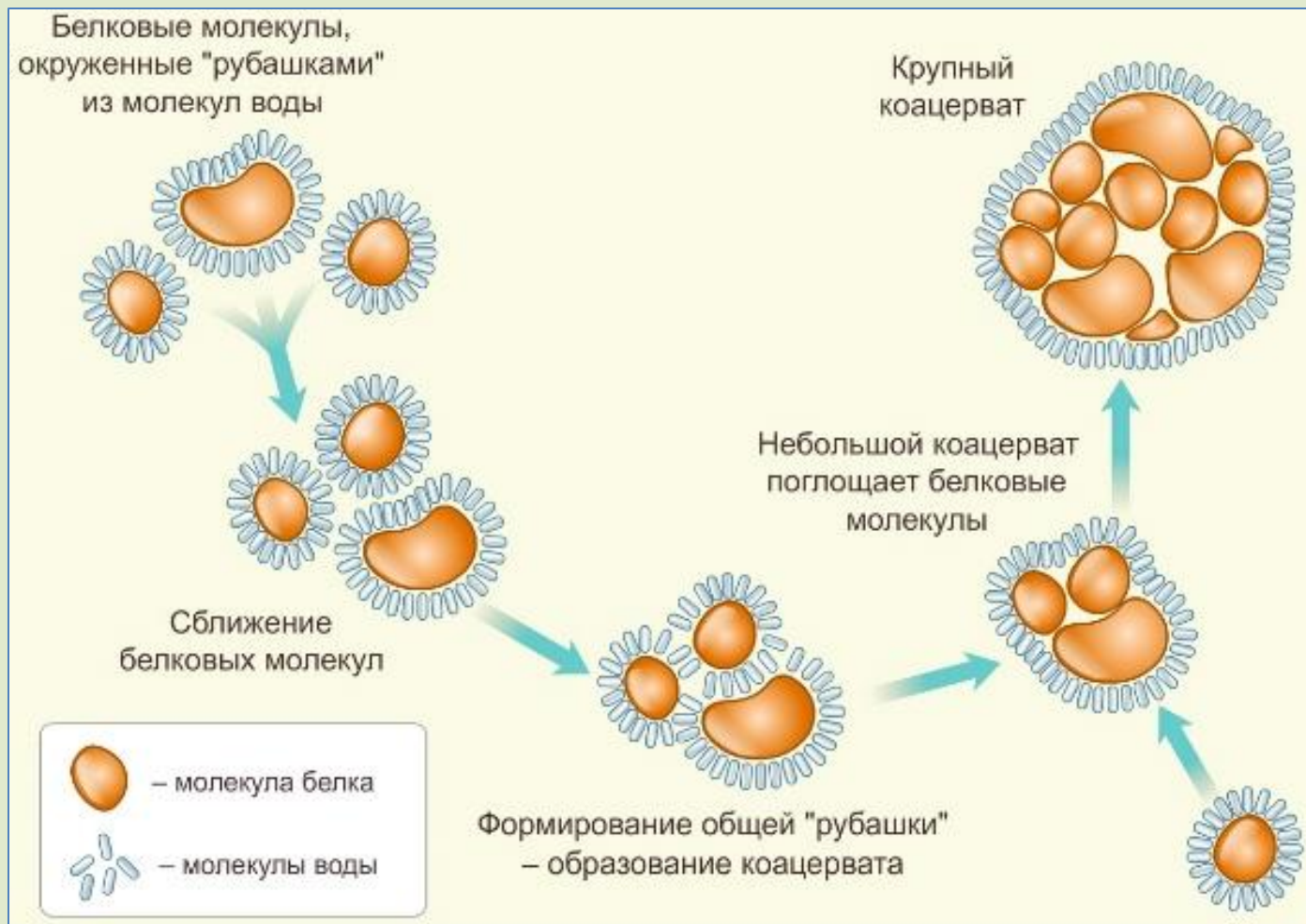
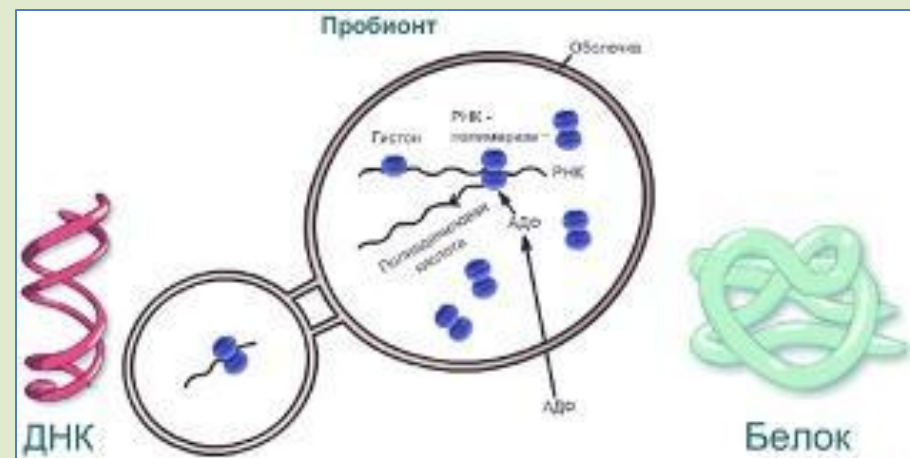
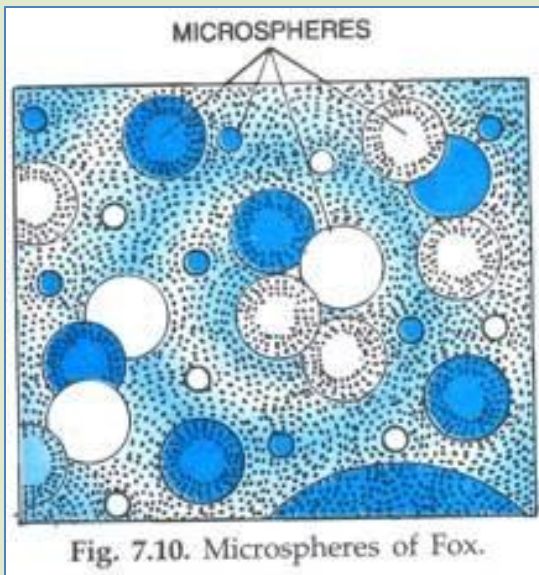


Рис. Образование коацерватной (лат. *coacervātus* - «собранный в кучу») капли.

На модели коацерватных капель А.И Опарин и его сотрудники экспериментально показали *предбиологический отбор*, т.е. зачатки естественного отбора, который в дальнейшем явился движущей силой всего эволюционного процесса.

Исследования Опарина подтверждены другими учеными: «пузырьки» Гольдейкера, «микросферы» Фокса, «джейвану» Бахадура, «пробионты» Эгами и др.



4. Возникновение матричного синтеза

Грань, отделяющая преджизнь от жизни – возникновение матричного синтеза. С появлением матричного синтеза можно говорить о популяциях.

Изначально сборка белков шла на РНК, находящихся в цитоплазме клеток. Не гарантировалось равномерное деление информации между дочерними клетками, часть признаков могла исчезнуть из популяции.

ДНК более устойчивые молекулы, т.к. имеют двуцепочечное строение. На первом этапе РНК и ДНК конкурировали и, возможно, эволюция пошла по дивергентному пути. ДНК специализировалась на самовоспроизведении, РНК – синтезе белков. ДНК обосновалась в ядре, РНК – в цитоплазме.

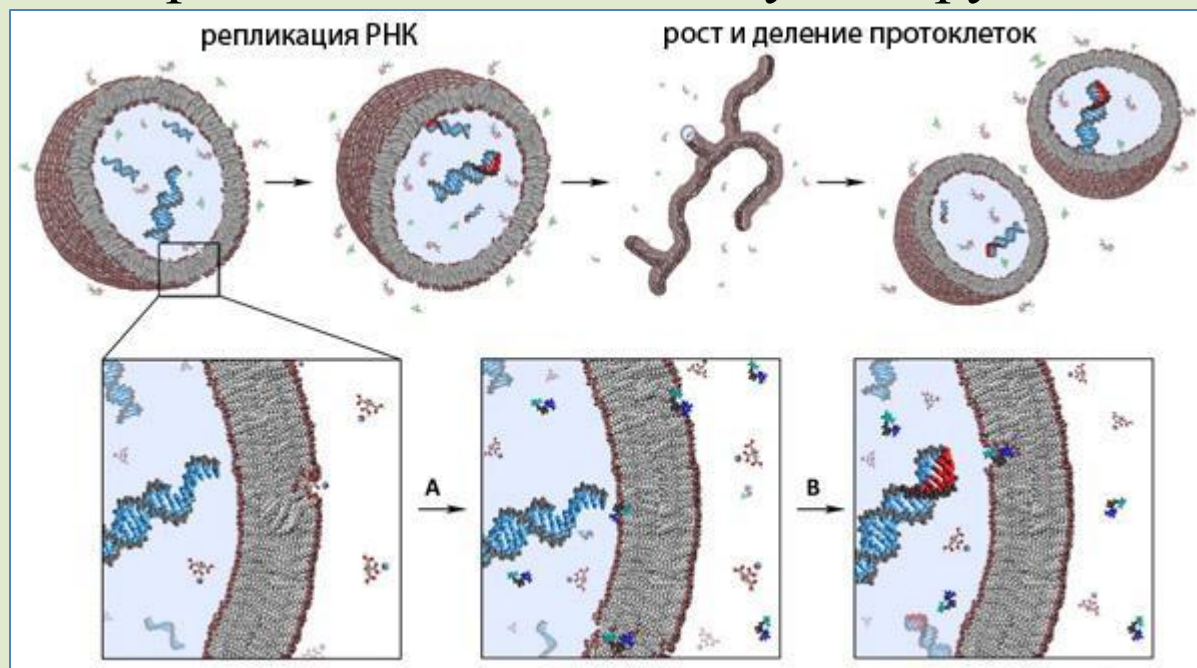
Системы синтеза:

- *синтез полипептидов* – относительно не точный;
- *синтез белков* – очень точный.

Постепенно возникла система генетического кода, когда триплет нуклеотидов кодировал аминокислоту.

С появлением примитивного генетического аппарата обладавшие им протоклетки смогли передавать всем своим потомкам способность синтезировать специфические полипептиды.

Образующиеся из них линии давали семейства родственных протоклеток с наследуемыми свойствами, которые подвергались естественному отбору.



Первые живые организмы – *гетеротрофы* - использовали готовые органич. вещества *первичного бульона*.

Автотрофы произошли от гетеротрофов на следующем этапе эволюции. *Причина*: уменьшение количества готовых органич. веществ в первичном бульоне, т.к. увеличилось количество протобионтов, а позднее первых живых организмов. Это обострило конкуренцию, преимущество у живых организмов, использующих альтернативные источники энергии.

Неисчерпаемый источник энергии – солнечный свет. Сначала УФ часть спектра, с появлением O_2 в атмосфере формировался озоновый экран – препятствие для УФ-лучей. Преимущество получили организмы с катализаторами для использования видимой части спектра в окислительно-восстановительных реакциях. Возник *фотосинтез*, увеличение содержания O_2 в атмосфере, возник процесс дыхания. Накопление O_2 привело к окончанию абиогенного синтеза.

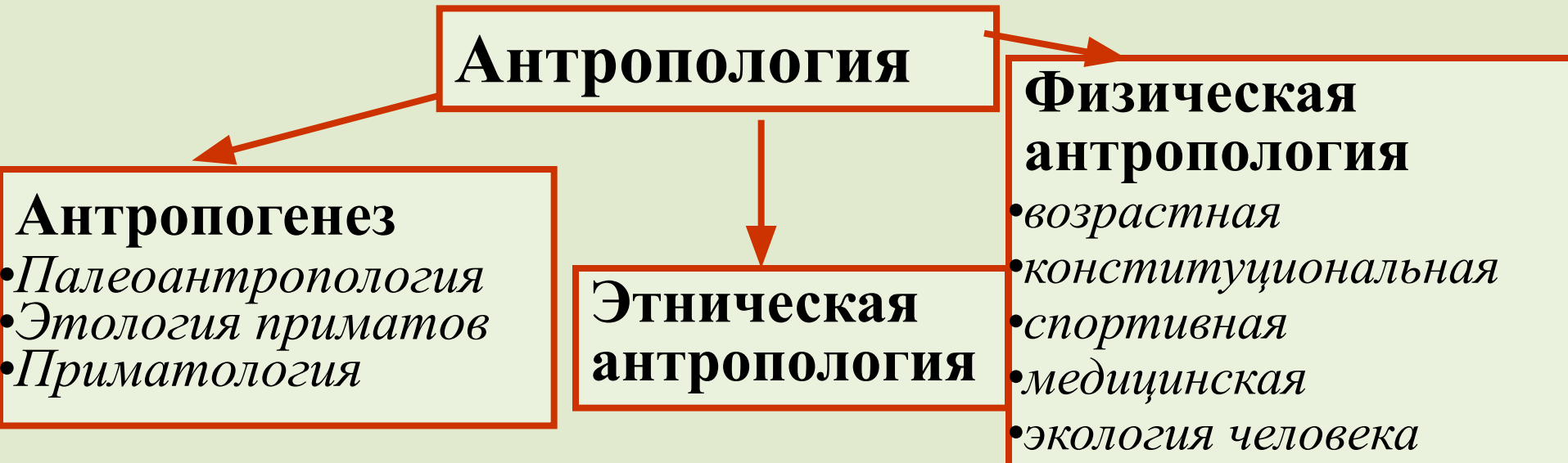


**Рис. Primordial Soup -
Первичный Бульон**

Контрольные вопросы по теме:

1. Русский/советский ученый – один из основоположников СТЭ?
2. Перечислите элементарные эволюционные факторы.
3. Что такое видообразование?
4. Какие формы биологической изменчивости вы знаете?

Схема разделов современной антропологии.



Антропогенез - процесс эволюции предков человека от животных до современных форм.

Приматология, изучает современных и ископаемых обезьян и полуобезьян.

Палеантропология, изучает ископаемые формы человека.

Этология приматов изучает особенности и биологию поведения приматов.

Этническая антропология изучает классификацию расовых типов человека, историю их формирования и распространения

Физическая антропология решает вопросы, связанные с индивидуальной изменчивостью физического типа человека, с его возрастными изменениями - от стадий эмбриогенеза до глубокой старости.

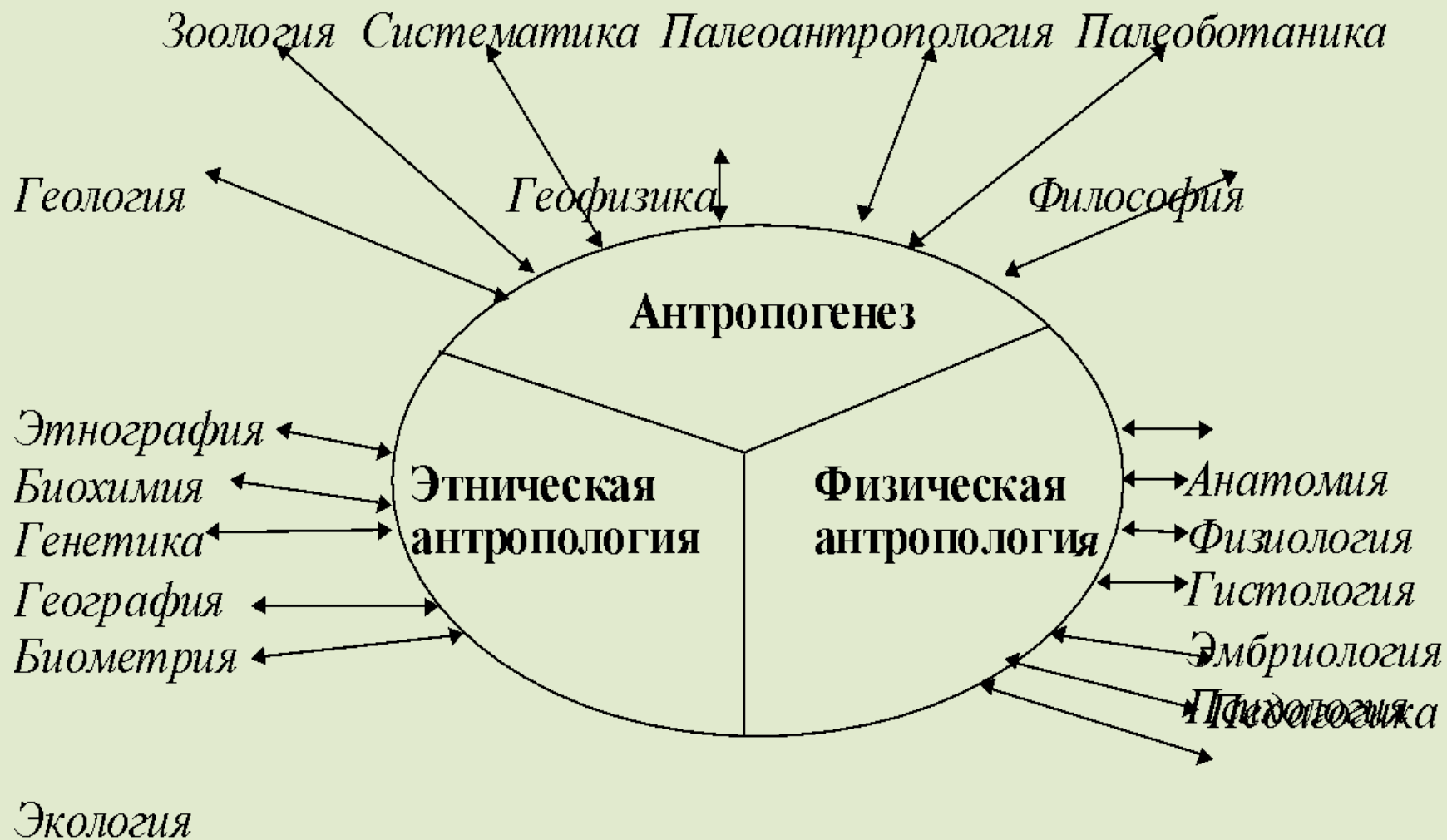
Популяционная антропология исследует генетические процессы в популяциях современного человека.

Медицинская антропология связывает типы конституций с предрасположенностью к определенным заболеваниям, изучает наследственность заболеваний, их связь с генетикой человека.

Экология человека – изучает влияние экологических факторов а формирование рас и физических типов,

Спортивная антропология – изучает функциональные возможности человека.

Схема связи разделов антропологии с другими науками



II. Методы антропологии:

1) Антропометрия состоит из *соматометрии* - измерение живого человека, *остеометрии* - измерение костей скелета и *краниометрии* измерение костей черепа.

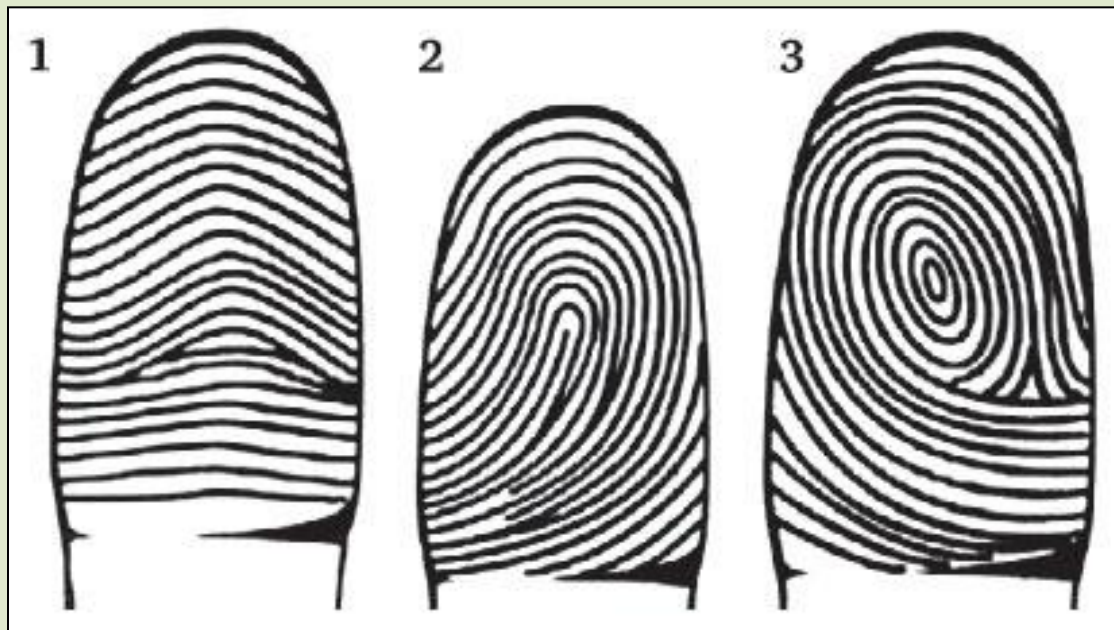
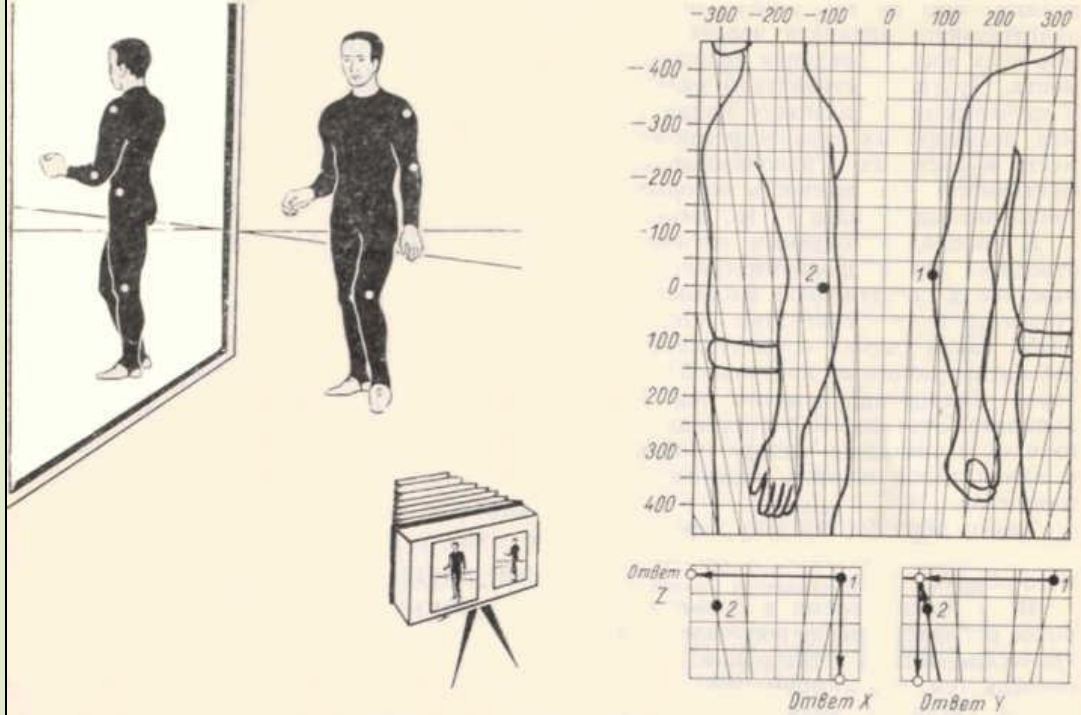
2) Антропоскопия - описание характеристик частей тела.

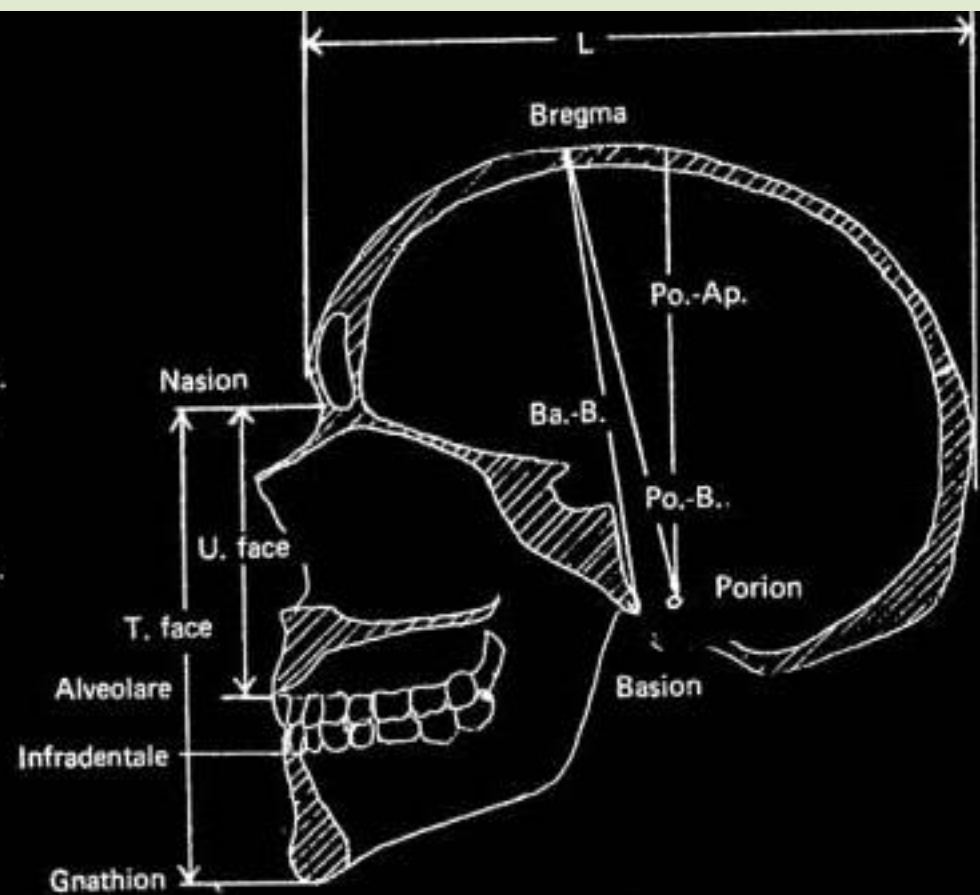
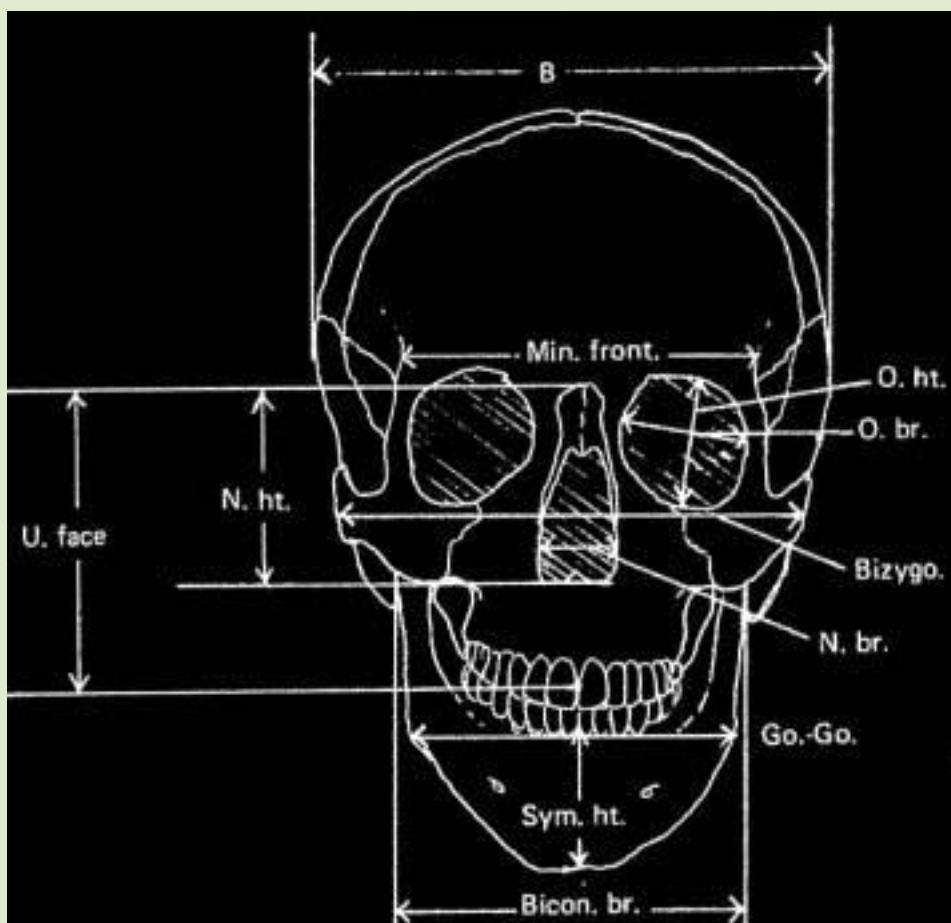
3) Составление шкал (пигментации глаз, волос, кожи; формы носа

4) Научная фотография.

5) Пластическая реконструкция.

6) Дерматоглифика.





7) Палеонтологические методы *типы ископаемых остатков:*

а) Следы ног или ползания.

б) Окаменелости - процесс замещения мягких тканей или чаще - скелетных тканей минералами - например, пиритом, кварцем, углекислым кальцием...

в) Ядра - копии первоначальной структуры. Копии мозга гоминид или слепок (муляж) называются эндокранами.

г) Мелкие организмы могут сохраняться в янтаре - ископаемой смоле хвойных деревьев.

д) Животные, сохранившиеся в замороженном состоянии





Инклюз - ископаемые останки живого организма в янтаре. Чаще в форме инклюзов сохраняются насекомые, паукообразные и представители растительного мира. Помните, фантазию в фильме «Парк Юрского периода» ДНК для реконструкции динозавров извлекали из инклюзов комаров, пивших их кровь. А ювелирные изделия из янтара с инклюзами становятся эксклюзивными. Предлагаю выучить скороговорку: фантазийная ювелирка с инклюзами эксклюзивна ☺))

8) *Определение возраста ископаемых остатков*

а) **Суть метода определения абсолютного возраста:**

Радиоактивный – радиоактивные вещества *распадаются* и превращаются в другие вещества. Срок, который необходим для распада половины данного количества вещества, называется *периодом полураспада*, его можно использовать для определения возраста ископаемых остатков.

По углероду – сравнение количества обычного углерода с количеством радиоактивного углерода (радиоактивный углерод превращается в азот) позволяет определять возраст зубов, костей, остатков древесины и древесного угля до 50-60 тысяч лет.

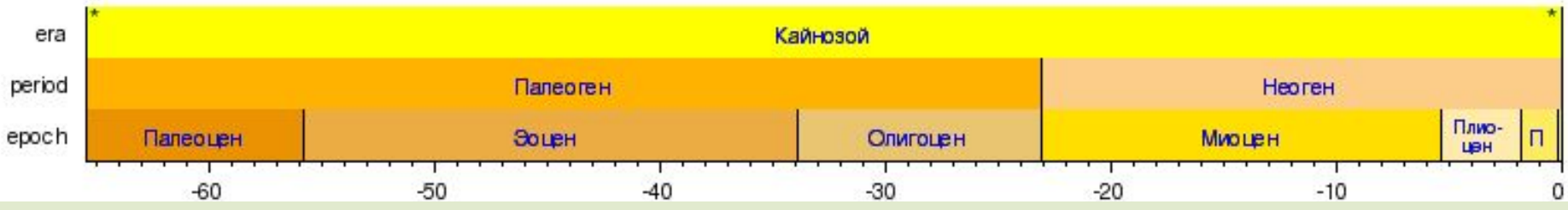
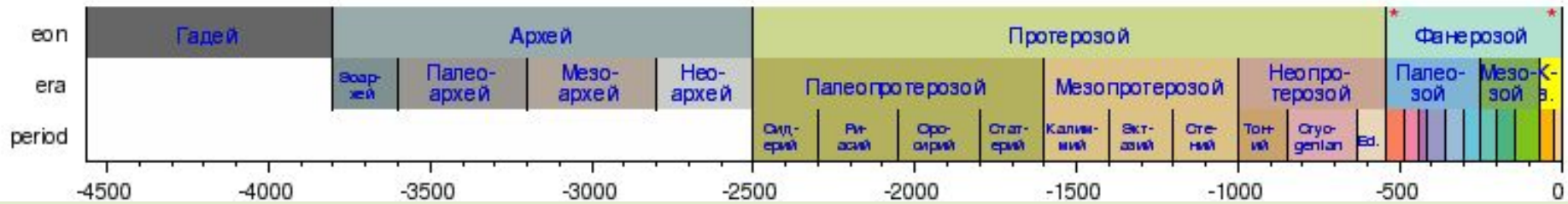
По урану - радиоактивный уран (до 713 млн. лет) распадается на свинец и гелий (инертный газ), для определения абсолютного возраста породы *измеряется относительное содержание в ней урана и свинца*. Чем больше количество урана по отношению к свинцу, тем моложе порода.

Калий-аргоновый метод: радиоактивный калий превращается в аргон (стойкий газ) и кальций (до 13 млн. лет)

б) Определение относительного возраста:

«Фторовая проба». В костях длительное время находившихся в земле, основная минеральная соль - *гидроксиапатит* $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ - постепенно превращается во *фтор апатит* $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ вследствие поглощения фтора из просачивающихся вглубь вод. Если кости содержат фтора больше, то они либо пролежали в земле дольше, либо попали в данный пласт откуда-то из вне.

«Азотная или углеродная проба». Более древние кости содержат меньше азота и углерода, так как соответствующие органические вещества постепенно разлагаются



Эра (эратема)	Период (система)	Эпоха (отдел)	Заверше- ние, лет назад	Основные события
Кайно зой	Четверт ичный (антро- погено- вый)	Голоцен	Продолжае тся в наши дни	Конец Ледникового периода. Возникновение цивилизаций
		Плейсто- цен	11 400	Вымирание многих крупных млекопитающих. Появление современного человека
	Нео- геновый	Плиоцен	1,81 млн	
		Миоцен	5,33 млн	
	Палео- геновый	Олиго- цен	23,0 млн	Появление первых человекообразных обезьян
		Эоцен	37,2 млн	Появление первых «современных» млекопитающих.
		Палеоэоцен	55,8	

Мезозой	Меловой	66,5 млн	Первые плацентарные млекопитающие. Вымирание динозавров.
	Юрский	146 млн	Появление сумчатых млекопитающих и первых птиц. Расцвет динозавров.
	Триасо- вый	200 млн	Первые динозавры и яйцекладущие млекопитающие.

Палеозой	Пермский	251 млн	Вымерло около 95 % всех существовавших видов (Массовое пермское вымирание).
	Каменноугольный	299 млн	Появление деревьев и пресмыкающихся.
	Девонский	359 млн	Появление земноводных и споровых растений.
	Силурийский	416 млн	Выход жизни на сушу: скорпионы и позже первые растения.
	Ордовикский	443 млн	Богатая морская фауна: ракоскорпионы, кальмары
	Кембрийский	488 млн	Появление большого количества новых групп организмов («Кембрийский взрыв»).

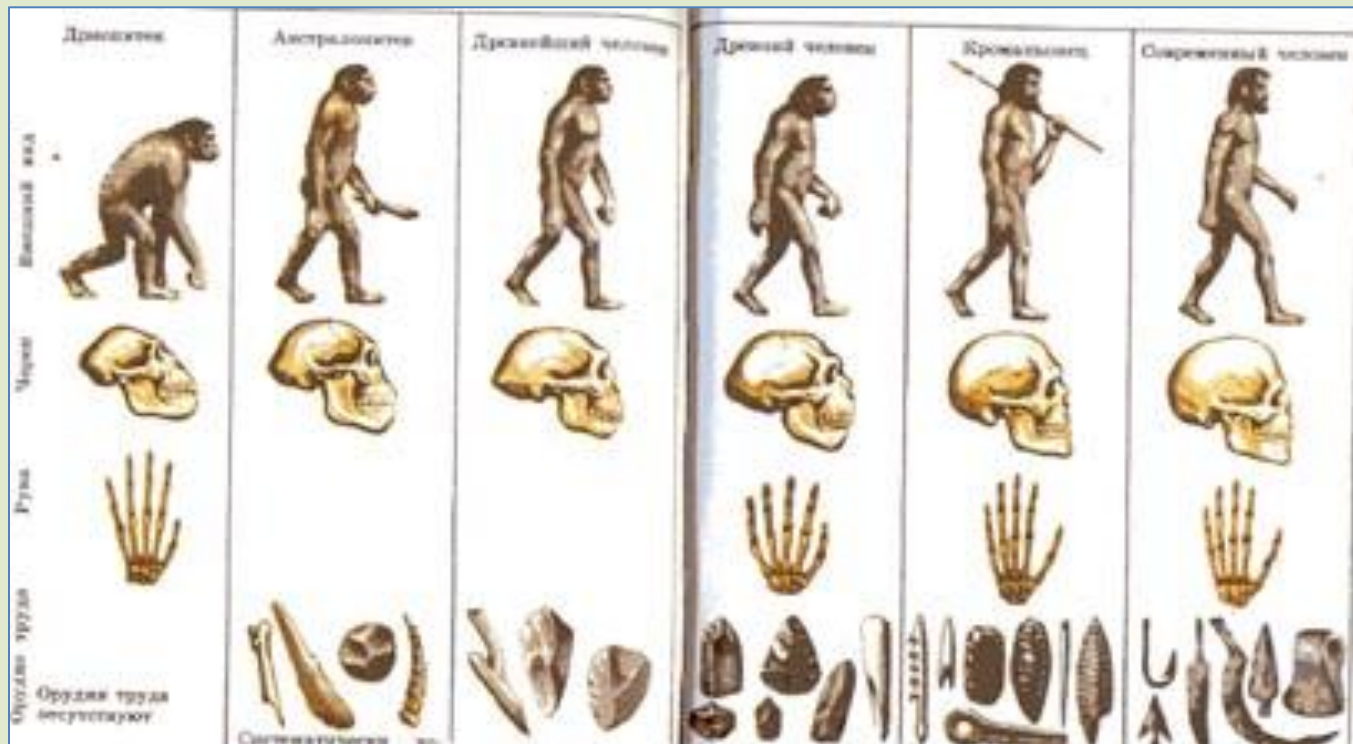
Таблица. Геохронологическая шкала

Эра	Период	Продолжительность, млн. лет	Эпоха
Кайнозойская	Четвертичный (антропоген)	1	Голоцен Плейстоцен
	Третичный (24	Плиоцен Миоцен
	неоген) Палеоген	35	Олигоцен Эоцен Палеоцен
Мезозойская	Меловой	70	Позднемеловой Раннемеловой
	Юрский	45	Позднеюрский Среднеюрский Раннеюрский
	Триасовый	40	Позднетриасовый Среднетриасовый Раннетриасовый



Антропогенез

Антропогенез – часть биологической эволюции, которая привела к появлению человека разумного (лат. *Homo sapiens*), отделившегося от прочих гоминид, человекообразных обезьян и плацентарных млекопитающих, процесс историко-эволюционного формирования физического типа человека, первоначального развития его трудовой деятельности, речи.



Антропогенез до появления людей современного типа

В настоящее время признается, что эволюция гоминид не линейна, а кустообразна. Часто одновременно существовало по три, четыре и больше видов гоминид, в том числе на одной и той же территории.

Вся ранняя эволюция гоминин происходила в Африке.
6 млн. лет назад в Африке жил *сахелантроп*.
Около 6 млн. лет назад там же жил *оррорин*,
4,2 млн. лет назад появились *австралопитеки*.



Оррорин тугененсис



Сахельантроп чадский

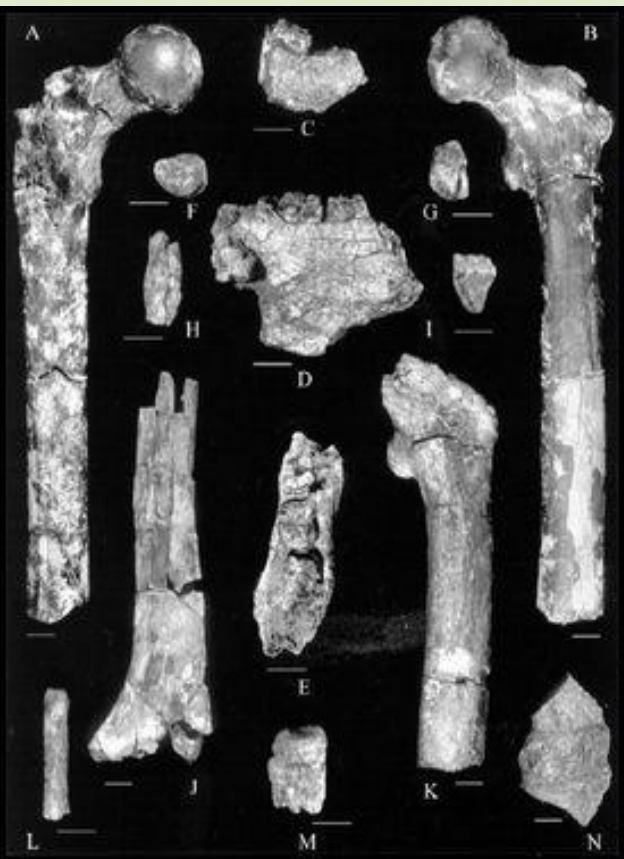


Австралопитек Кадабба



Рис.
Реконструкция
внешнего вида
сахелантропа.

Сахелантроп (лат. *Sahela-anthropus*) — род ГОМИНИДОВ, представители которого жили в миоцене. В роде выделяют один вид — чадский сахелантроп (*Sahelanthropus tchadensis*). Описан по находкам на северо-западе республики Чад (пустыня Дьюраб, Торос-Менела) в 2001 г.: череп Тумай и фрагменты ещё нескольких особей. По классификации первооткрывателей является самым древним из известных представителей *ГОМИНИНИ*.

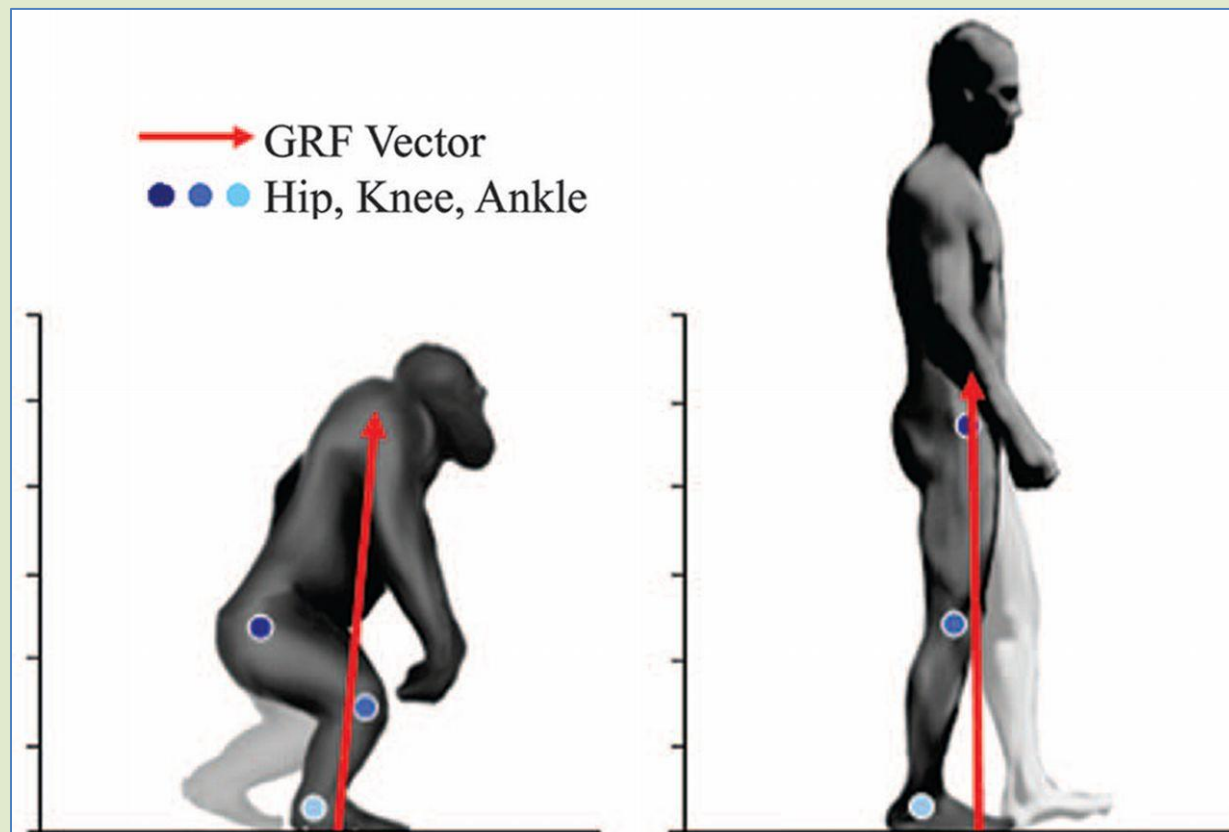


Оррорины (лат. *Orrorin*) – вымерший в Африке род больших человекообразных обезьян.



Отличительной особенностью всех этих существ было передвижение на двух ногах (*бипедализм*). Бипедализм был свойствен гомининам практически сразу после разделения линий человека и шимпанзе.

Эта адаптация не была напрямую связана с жизнью на безлесных пространствах. Существует целый ряд теорий, объясняющих происхождение бипедализма.



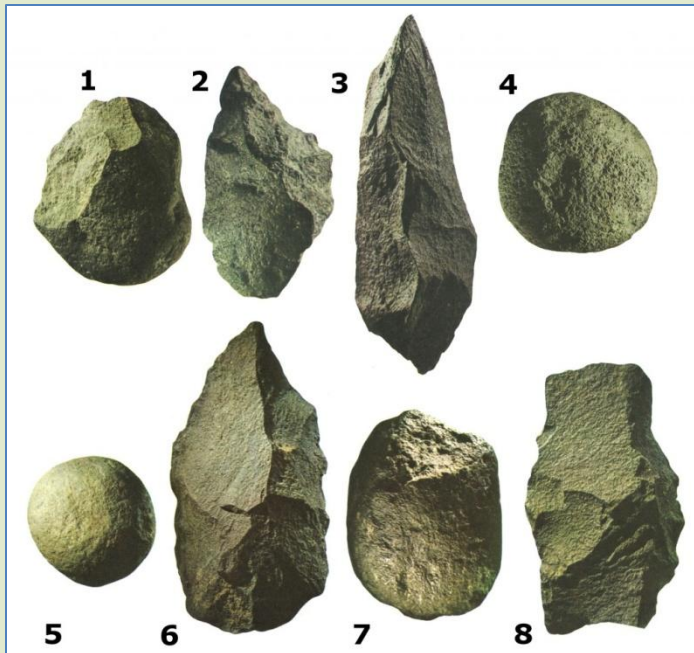
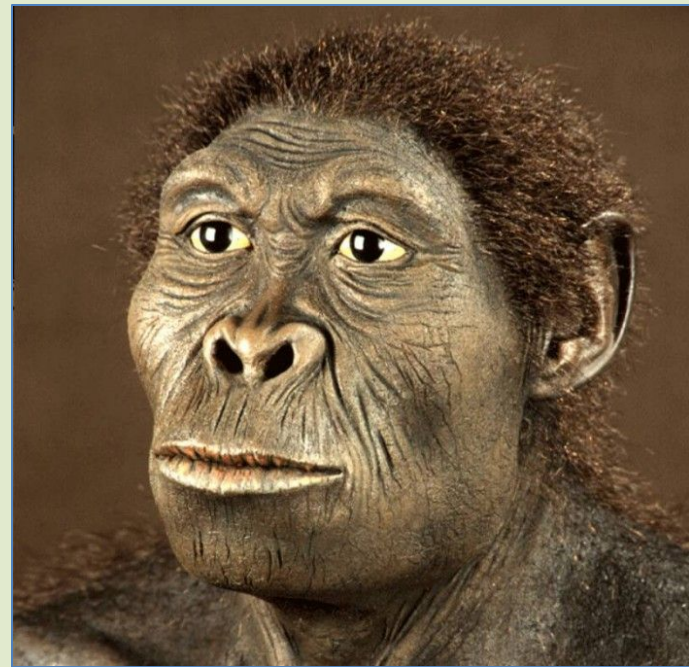
Вывод: в период от 6 до 1 млн. лет назад в Африке жила большая и разнообразная группа обезьян, передвигавшихся на двух ногах. По размеру мозга эти обезьяны не отличались от современного шимпанзе, и нет оснований предполагать, что они превосходили его по интеллектуальным способностям.

2,4 миллиона лет назад в одной из линий гоминид наметилась новая эволюционная тенденция – началось увеличение мозга.

Первый представитель гоминин, у которого объём мозга превысил типичные для шимпанзе и австралопитеков 400-450 см³, - *Homo habilis*. Он первым стал изготавливать простейшие каменные орудия.

По некоторым данным, наиболее примитивная *олдувайская культура* обработки камня возникла около 2,7 миллионов лет назад, а исчезла около 1 миллиона лет назад.

Эти гоминины, по-видимому, начали питаться падалью крупных животных, а свои каменные орудия они, возможно, использовали для разделки туш или соскребания мяса с костей.



- Орудия труда олдувайской культуры
- 1 - Ударник (Чоппер) режущее орудие, оббитое с одной стороны.
- 2 - Проторубило (бифас) - режущее орудие, оббитое с двух сторон.
- 3 - Остроконечник прокалывать и копать.
- 4 - Наковальня - оббивались др. орудия.
- 5 - Сфероид — тип отбойника.
- 6 - Ручное рубило копать, рубить и резать.
- 7 - Отбойник - изготовления др. орудий

У *Homo ergaster* (человек работающий) около 1,9 млн. лет назад, объем мозга, а также размеры тела ещё увеличились. Предполагается, что это связано с увеличением доли мясной пищи в рационе.

Возможно, *Homo ergaster* научился охотиться на крупную и среднюю дичь, или он просто научился более эффективно конкурировать с другими падальщиками.

1,76 млн лет назад в Африке появилась более развитая *ашельская культура*. Это первая человеческая культура, покинувшая пределы Африки.

В Грузии были найдены кости возрастом около 1,75 млн лет. Грузинские учёные относят их к отдельному виду *Homo georgicus*, а западные учёные рассматривают их как останки раннего представителя *Homo ergaster* или *Homo erectus*.



Рис. 4. Типы каменных орудий олдувайской и ашельской культур.

Номо erectus заселили обширные территории Евразии. Это была первая волна расселения людей за пределами Африки. Около 1,1-1,2 млн. лет их потомки появились и в Западной Европе (Испания). Они описаны как особый вид Номо antecessor (Человек-предшественник). По-видимому, они близки к общему предку неандертальцев и современных людей. В то же время считается, что *аббевильская* (шельская) *культура* в Европе возникла 1,5 млн. лет назад. Около 550-475 тыс. лет назад в Европе существовала *клектонская культура*.

Первые свидетельства использования огня людьми относятся к периоду примерно 1,5 миллиона лет назад. Приготовление пищи на огне привело к улучшению питания.

Первые люди с чертами прото-неандертальца появляются в Европе 600-350 тыс. лет назад. С неандертальцами связывается *мустьерская культура*, возникшая, 300 тыс. лет назад. В Африке ей соответствовала *сангойская культура*, возникшая 500 тыс. лет назад.

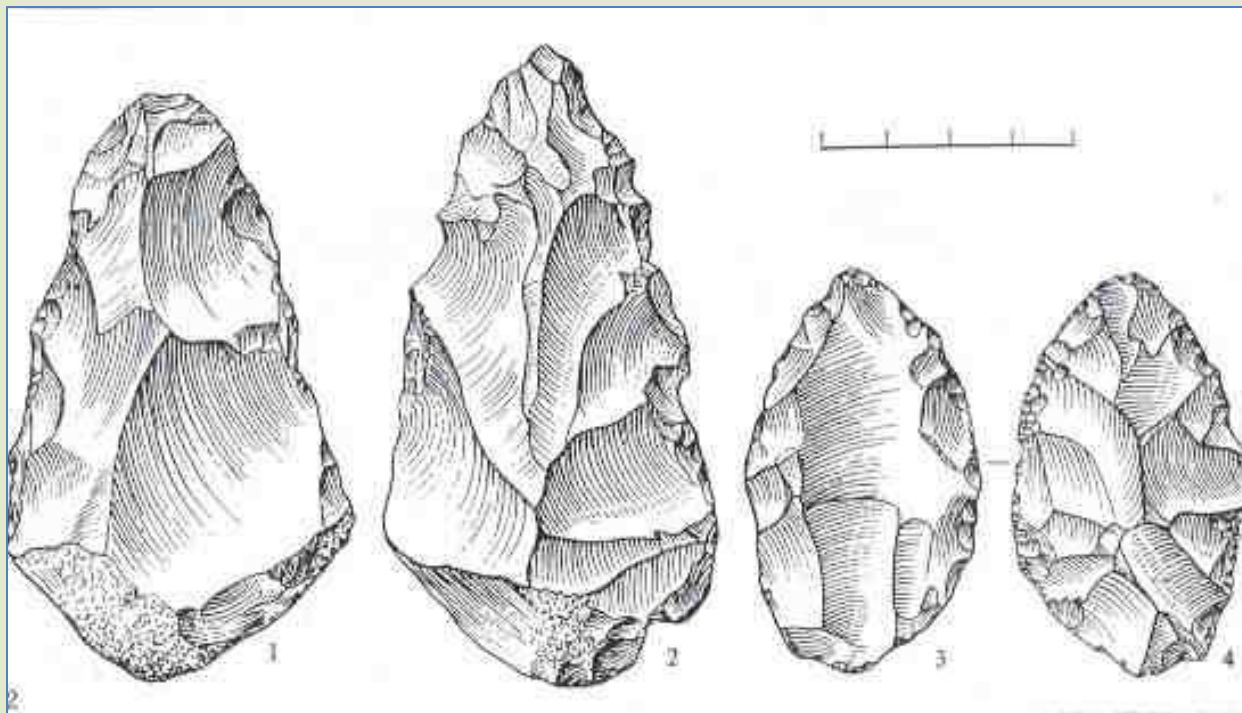


Рис. 1. Миндалевидное Ручное рубило аббевильского типа.
2. Ашельское ручное рубило. 3-4. Ручные рубила развитого ашельского типа.

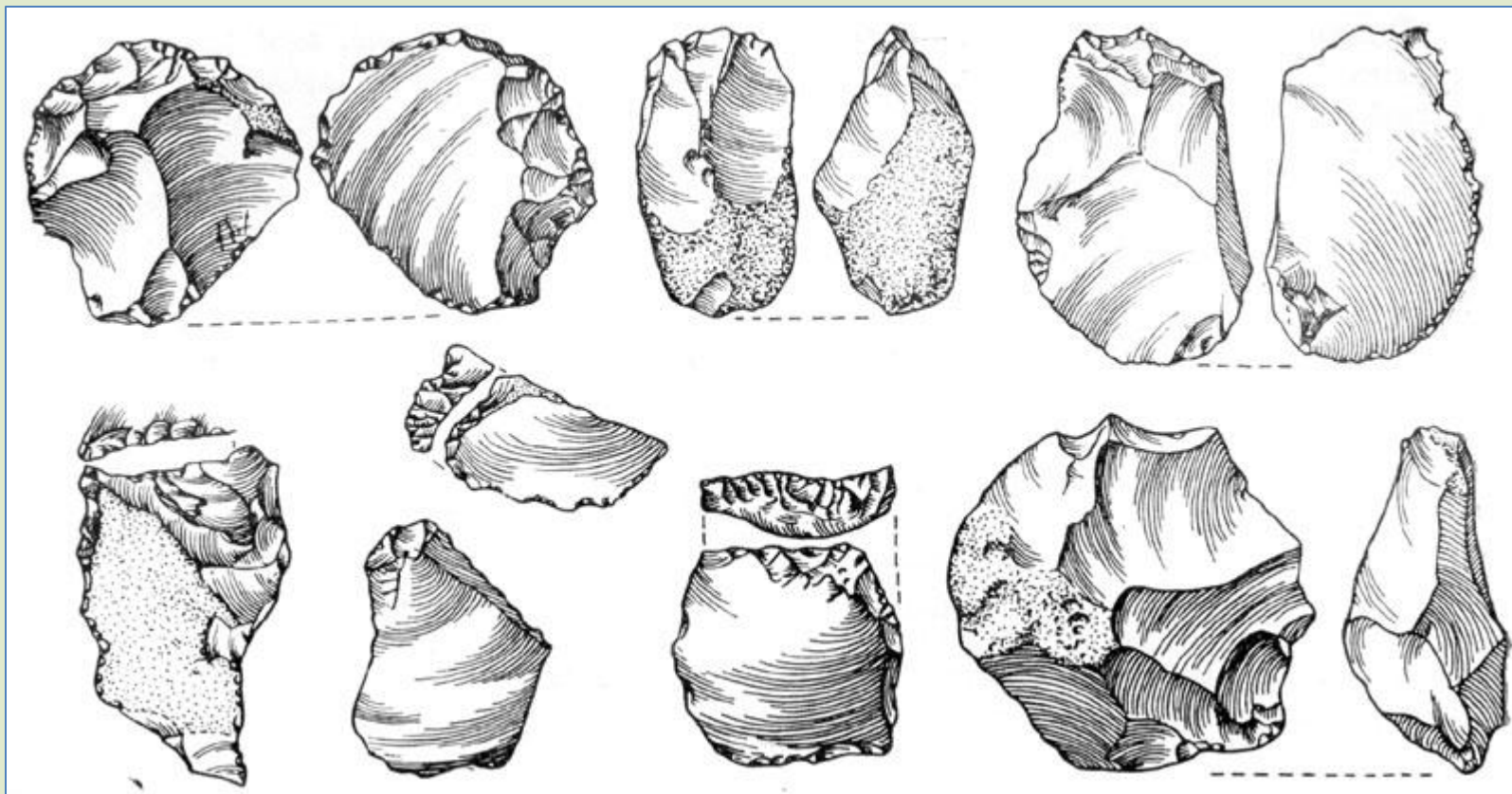


Рис. Клектонские орудия. Клектон-он-Си, Англия



Рис. Мустьерская культура

Денисовские люди стали вторым после неандертальцев видом вымерших гоминид, у которых известен полный митохондриальный и почти полный ядерный геномы. Впервые новый вид приматов был выделен исключительно на основании генетических исследований.

Команда учёных из лейпцигского Института эволюционной антропологии общества Макса Планка под руководством шведского биолога Сванте Паабо секвенировала ДНК, извлечённую из фрагмента кости фаланги детского пальца, найденного в 2008 г. российскими археологами в Денисовой пещере на Алтае.

Сванте Паабо, или **Сванте Пеэбо** (1955) – шведский биолог, специалист по эволюционной генетике.

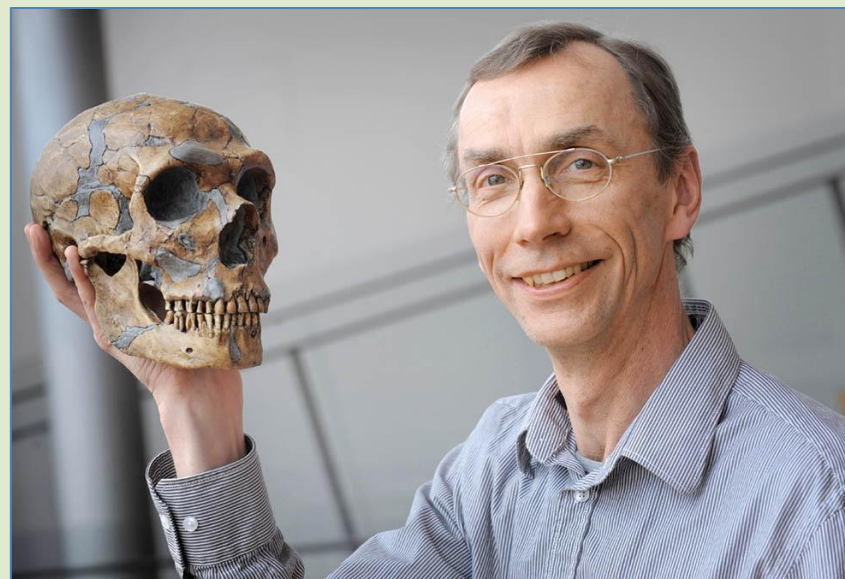





Рис. Денисова пещера на Алтае

Митохондриальная ДНК этого образца отличается от мтДНК современного человека по 385 нуклеотидам, в то время как мтДНК неандертальцев отличается от мтДНК *Homo sapiens* на 202 нуклеотида («Nature», 2010).

После обработки последовательности ядерного генома денисовский человек всё же ближе к неандертальцу и их эволюционное расхождение произошло около 640 тыс. лет назад.

На основе анализа ДНК остатки кости датируются периодом 75-82 тыс. лет назад. Возраст находок, найденных в пещере в тех же самых слоях был определён при помощи радиоуглеродного анализа в 40 тыс. лет.



Eurasia was theirs
alone for 200,000
years. Then the
newcomers arrived.

Last of the Neanderthals

Reconstruction by Kennis & Kennis
Reconstruction photographs by Joe McNally

For the first time, a Neanderthal female peers from the past in a reconstruction informed by both fossil anatomy and ancient DNA. At least some of her kind carried a gene for red hair and pale skin.

Появление Homo sapiens

Древнейшие представители вида Homo sapiens эволюционно появились 400-250 тыс. лет назад. Господствующей в наши дни гипотезой происхождения людей является **африканская**: наш вид появился в Африке и оттуда распространился по всему свету, замещая существовавшие популяции Homo erectus и неандертальцев. Альтернативная гипотеза называется *мультирегиональной*. Данные современной генетики поддерживают африканскую теорию.

Древнейшие люди современного типа в культурном отношении ничем не превосходили современных им ранних неандертальцев из Европы. У тех и других были примерно одинаковые среднепалеолитические каменные орудия.

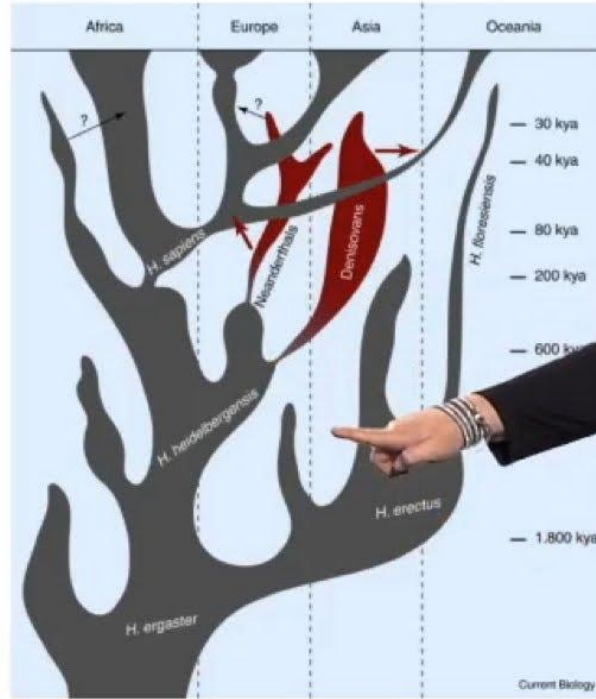
Сравнение полиморфизмов мтДНК и датирование окаменелостей заключено, что *Homo sapiens* происходит из Африки, где около 200 тыс. лет назад жил последний общий предок ныне живущих людей по женской линии («митохондриальная Ева»).

В 2009 г. под руководством Сары Тишкофф ун-т Пенсильвании опубликовала в журнале «Сайенс» результаты комплексного исследования генетического разнообразия народов Африки. Установлено, что самой древней ветвью, испытавшей наименьшее количество смешиваний, является генетический кластер, к которому принадлежат бушмены и другие народы, говорящие на Койсанских языках. Они являются ближайшей ветвью к общим предкам всего современного человечества.

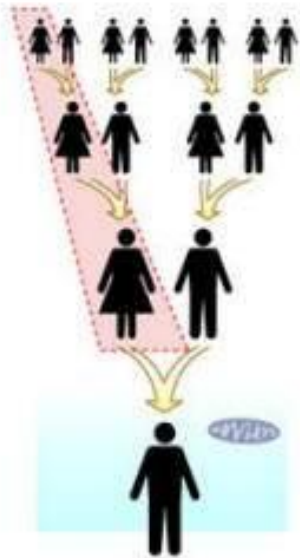
Возможно, 60-40 тыс. лет назад люди мигрировали в Азию и оттуда в Европу (40 тыс. лет назад), Австралию и Америку (35-15 тыс. лет назад).



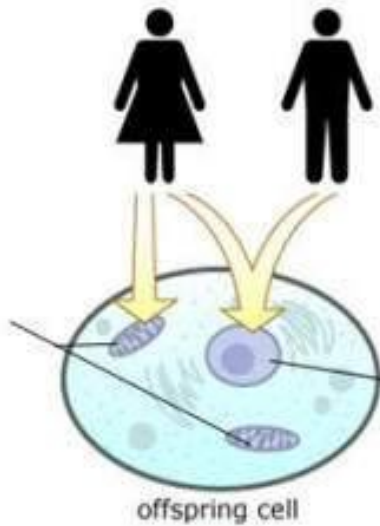
Recent hominin evolution



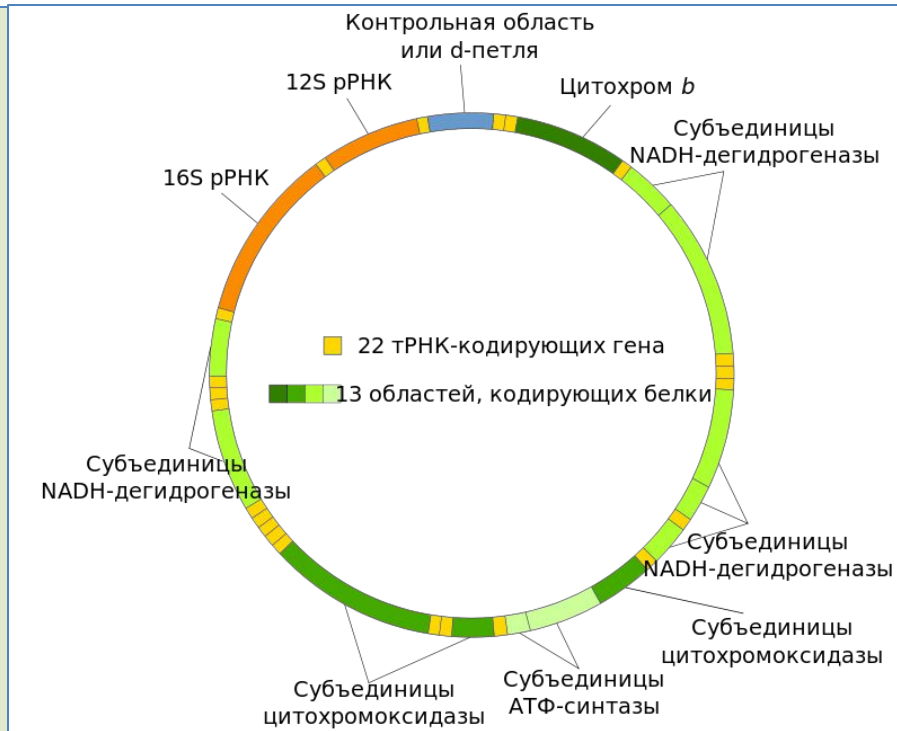
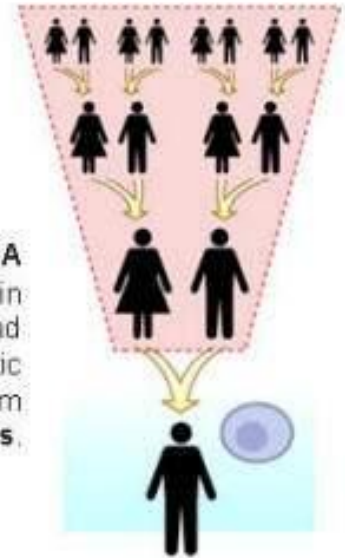
Lalueza-Fox & Gilbert 2011 Current Biology, Paleogenomics of archaic hominin



Mitochondrial DNA (mtDNA) is found in cell mitochondria and contains genetic material only from the **mother**.



Nuclear DNA (nuDNA) is found in the cell nucleus and contains genetic material from **both parents**.

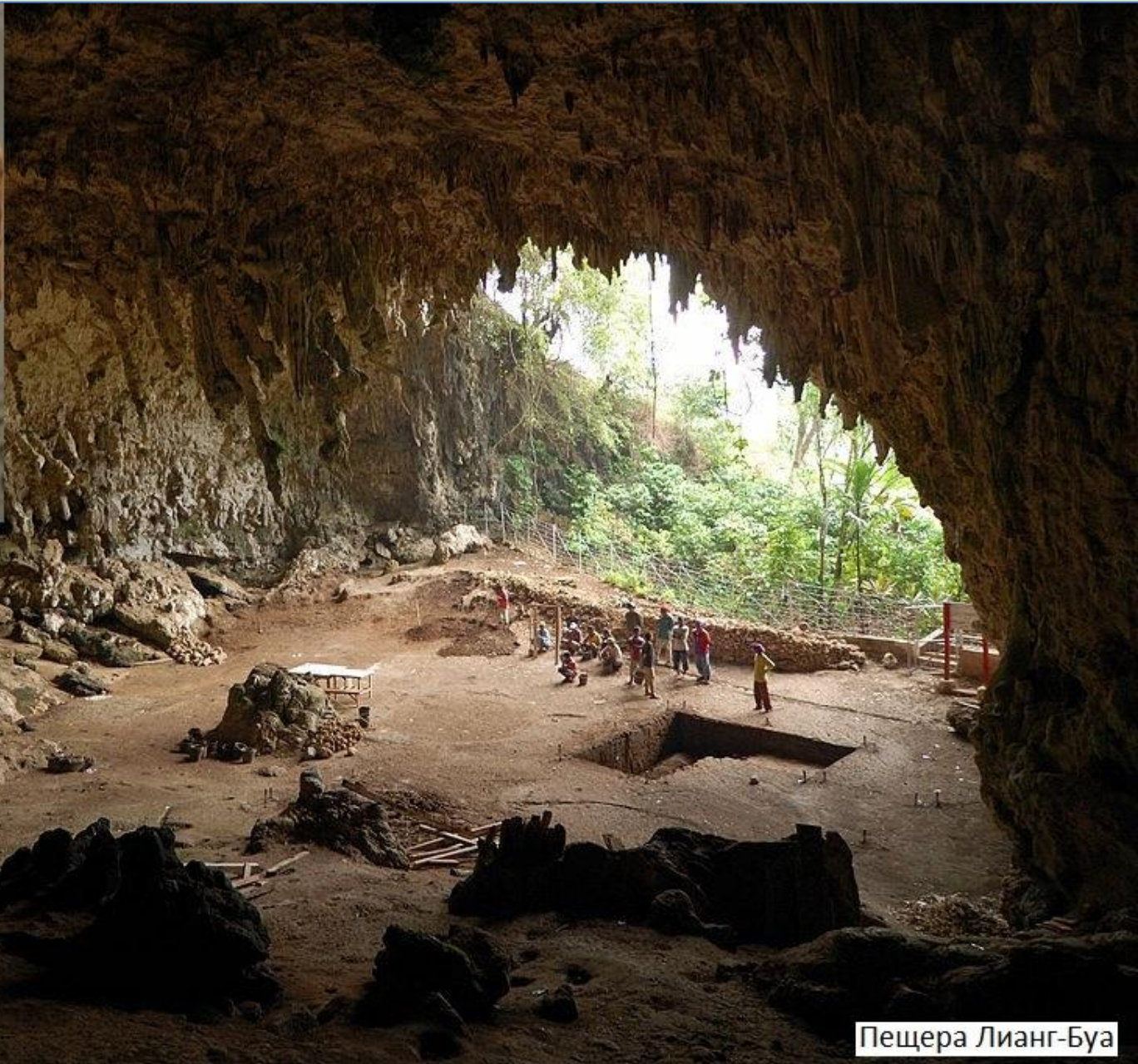


В 2008 году на Алтае был открыт еще один вид человека разумного — денисовский (денисов) человек, который по своему геному отличался и от нас, и от неандертальцев, и все три вида между собой могли скрещиваться. По ядерному геному неандертальца установлено, что наши популяции разделились 270-440 тыс. лет назад. Затем от неандертальцев отделились денисовцы. Все три вида человека разумного имели общего предка в Африке, но мигрировали из нее независимо друг от друга в разное время и разные места - неандертальцы ушли в Европу и западную часть Азии, а денисов человек в Восточную Азию. Лишь 65 тыс. лет назад предки современного человека разумного (*homo sapiens sapiens*) также покинули Африку и распространились по всей территории Евразии. Все три вида жили многие тысячелетия рядом друг с другом, скрещивались между собой, и частичными потомками этих связей являются почти все жители Земли. В геноме современного человека обнаруживается до 4% генов неандертальцев, и до 6% генов денисовцев.



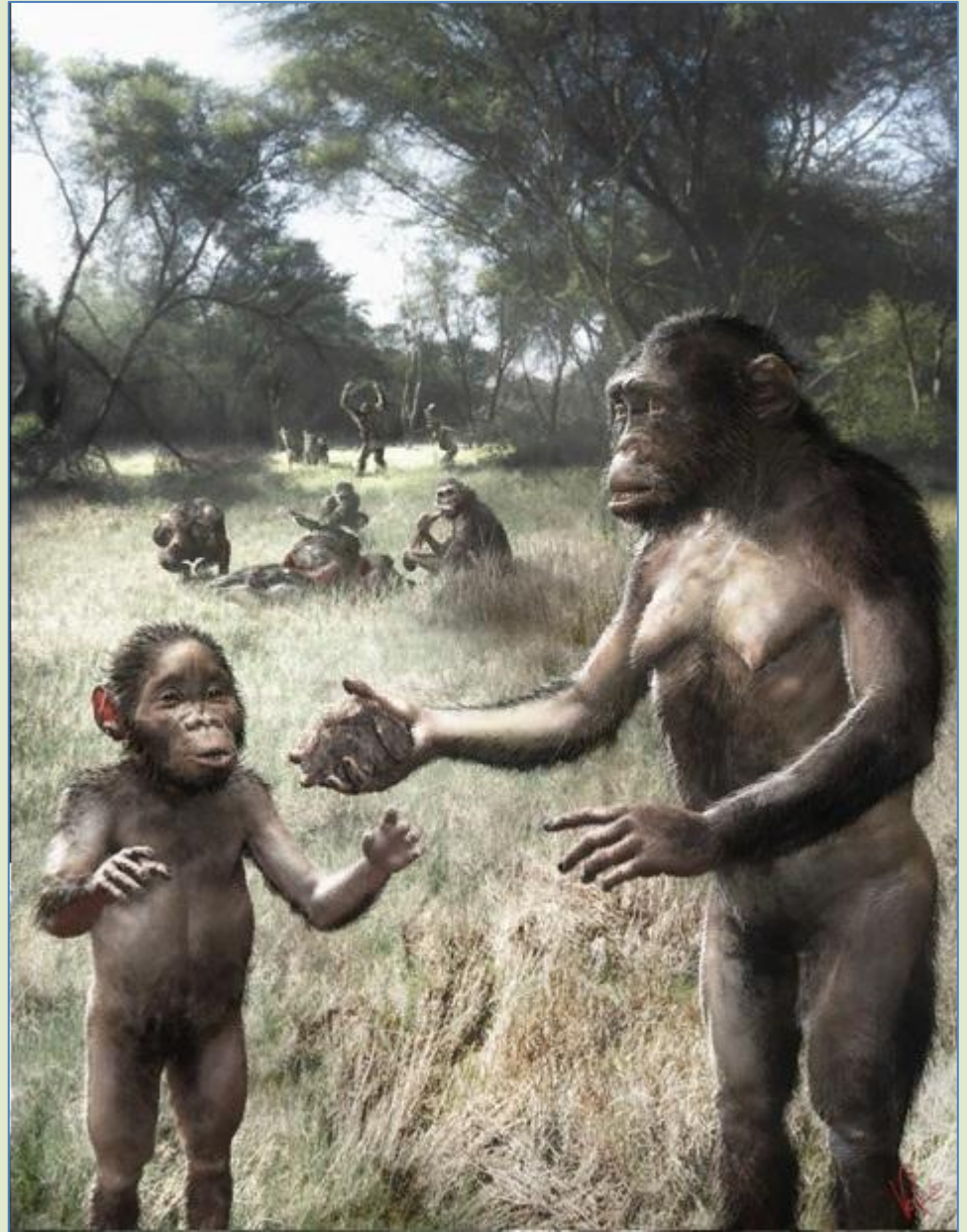
Денисова пещера, Алтайский край. Коренной зуб денисовца.

Человек флоресский (*Homo floresiensis*) – гипотетический ископаемый карликовый вид людей. Из-за малого роста флоресский человек известен также как «хоббит». Останки *Homo floresiensis* обнаружены в 2003 г. в Индонезии (остров Флорес, пещера Лианг-Буа), где найдены несколько скелетов разной степени сохранности возрастом приблизительно в 13-95 тыс. лет. Рост флоресских людей оценивается примерно 1 м, а объём головного мозга в 400 см³, что в 3 раза меньше объёма мозга современного человека и приближается к параметрам, характерным для австралопитеков. Вместе с останками флоресских людей найдены примитивные каменные орудия, обожженные кости животных. Однако ряд исследователей считает их патологически изменёнными останками человека разумного. Как гипотеза об отдельном виде, так и гипотеза о патологии оставляют открытыми определённые вопросы. В первом случае неясными остаются происхождение карликового флоресского вида, пути его проникновения на остров и время вымирания, во втором - характер патологии, вызвавшей необычные изменения в анатомии.



Пещера Лианг-Буа

Детство на дереве!
Палеонтологи Дартмутского колледжа Нью-Хампшире, США (журнал Science Advances). исследовали относительно полный скелет детеныша австралопитека (3,3 млн лет), погибшего в 2,5-3 года. Обнаружено, что анатомия стопы похожа на человеческую, но с изогнутым большим пальцем как у шимпанзе. Он был более подвижен, чем человеческий и позволял хвататься за ветки, брать предметы или удерживаться на теле матери. Пятка маленькая и узкая, менее приспособлена для ходьбы, чем пятка человека или австралопитека Люси, жившей на 100 тыс. лет позже. Открытие позволяет делать выводы о жизни детеныша австралопитека 3,3 млн лет назад.



Черты примитивности островных людей! На филиппинском острове Лузон найдены останки вымерших людей неизвестного вида *Homo luzonensis*, жили более 50 тысяч лет назад (Nature). Морфологически они объединили в себе прогрессивные черты человека современного типа и древние австралопитековых и парантропов. Люди жили на Лузоне еще в плейстоцене. Морфологически останки сочетают черты нескольких видов людей и более древних гоминин - подсемейства семейства гоминид (*Hominidae*), к которому относят человека разумеется, австралопитеков и парантропов. Интересно, что у коренные зубы человека с острова флоресских «хоббитов» имеют форму пальцев анатомически, но из останков ДНК, но, к сожалению, в тропиках, попытки не удалось определить размер тела млекопитающих, так как они были маленькими. На Лузоне возможно, что и вымершие люди развивались по особому пути, и некоторые примитивные черты. Интересно, антропологи



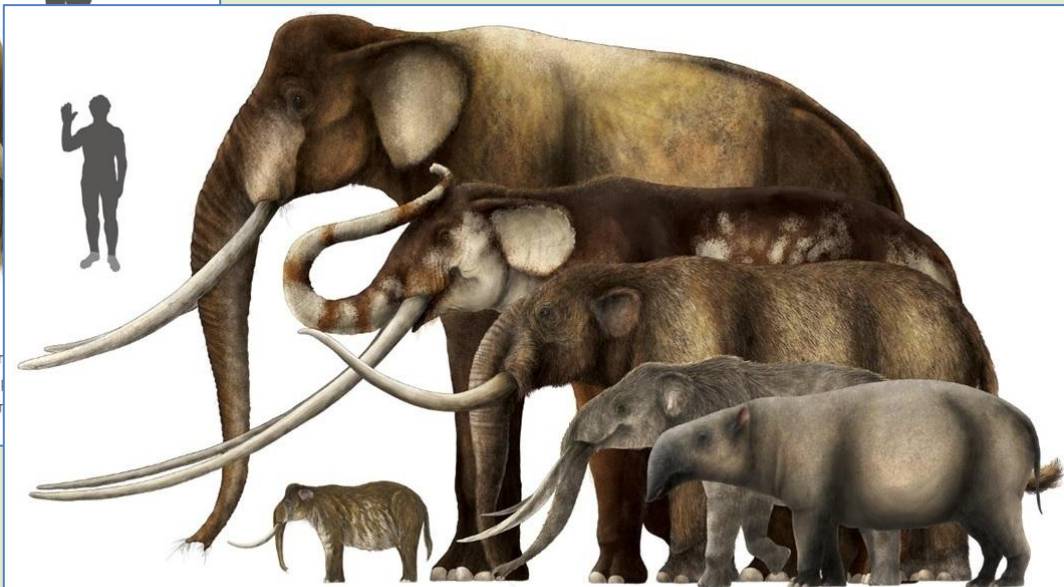
Останки трех *Homo luzonensis* нашли в пещере Кальяо на филиппинском острове Лузон Callao Cave Archaeology Project

Виновен? Нет, не виновен. Среди вымерших млекопитающих ледникового периода были не только шерстистые мамонты, но и карликовые слоны, когда-то жившие в Европе на Сицилии, Мальте и других островах. При всем отличии окружающих условий между этими хоботными было много общего. Это особенно важно для палеонтологов, изучающих эволюционные процессы того времени. Например, долгое время считалось, что мамонты на острове Врангеля вымерли с приходом людей, потому что эти события совпадают по времени, но сама популяция была невероятно уязвимой, и даже обреченной на вымирание из-за множества вредных мутаций при такой небольшой численности. И это могло

вне зависимости от присутствия



Вымершие хоботные по сравнению друг с другом и человеком ростом 180 сантиметров (слева направо по головам): **меритерий** (поздний эоцен), **платибеладон** (поздний миоцен), **гомфотерий** (поздний миоцен – ранний плейстоцен), **дейнотерий** (средний миоцен – ранний плейстоцен), **мамонтенок Люба** (более 40 тысяч лет), **шерстистый мамонт** (плейстоцен – ранний голоцен)



Вымершие хоботные по сравнению друг с другом и человеком ростом 180 сантиметров (справа налево по головам): **баритерий** (поздний эоцен – ранний олигоцен), **кьюверониус** (плиоцен – голоцен), **американский мастодонт** (плиоцен – плейстоцен), **зиголофодон** (миоцен – средний плейстоцен), **сицилийский карликовый слон** (поздний плейстоцен – голоцен), **доисторический азиатский слон с прямыми клыками** (поздний плейстоцен)