



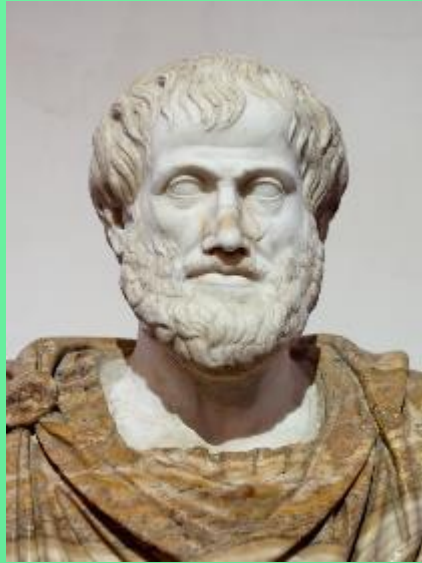
Пилипенко А.С.

*ИЦиГ СО РАН
ИАЭТ СО РАН
НГУ*

Происхождение и эволюция человека

Новосибирск, НГУ - 2017

Представления некоторых античных ученых о происхождении человека

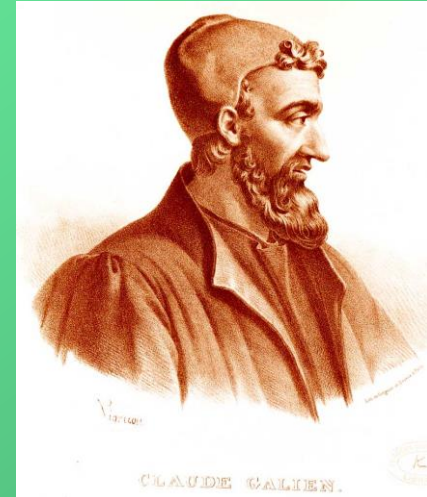


Аристотель

(384 год до н.э. - 7 марта 322 до н.э.)

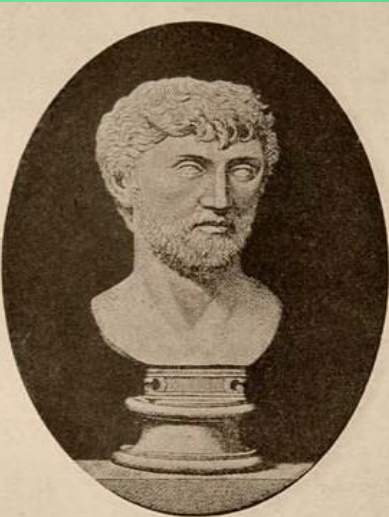
«О возникновении животных»

Выделил группу «живородящие»:
человек, киты, четвероногие
(современные млекопитающие)



Гален (129 или 131 гг. - 200 или 210 гг.) .

Впервые обратил внимание
на анатомическое сходство
человека и обезьян

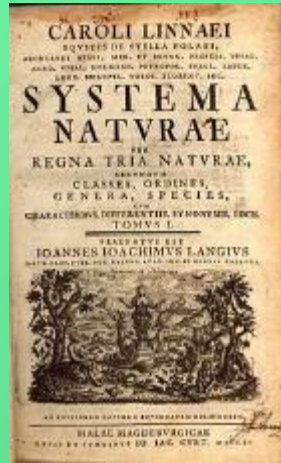
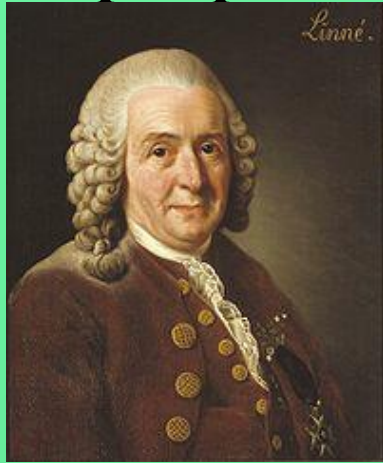


Лукреций Кар (ок. 99 года до н.э. - 55 год до н.э.)

В своей работе «О природе вещей» выделил *три*
периода развития материальной культуры человека:
каменный, медный и железный век

«...Прежде служили оружием руки могучие, когти,
Зубы, камни, обломки ветвей от деревьев и пламя
После того была найдена медь и порода железа
Все-таки в употребление вошла прежде медь, чем железо
Так как была она мягче, притом изобильней гораздо...»

Формирование основ классификации живых организмов



Карл Линней (23 мая 1707-10 января 1778)
«Система природы» (1735). В классификации живых существ человек поставлен рядом с человекообразными обезьянами

Формирование палеоантропологии и археологии каменного века.



Жак Буше де Перт
(10 декабря 1788-5 августа 1868).
Основатель археологии каменного века.
«Кельтские и допотопные древности» (1857),
«Допотопный человек и его труды» (1860)

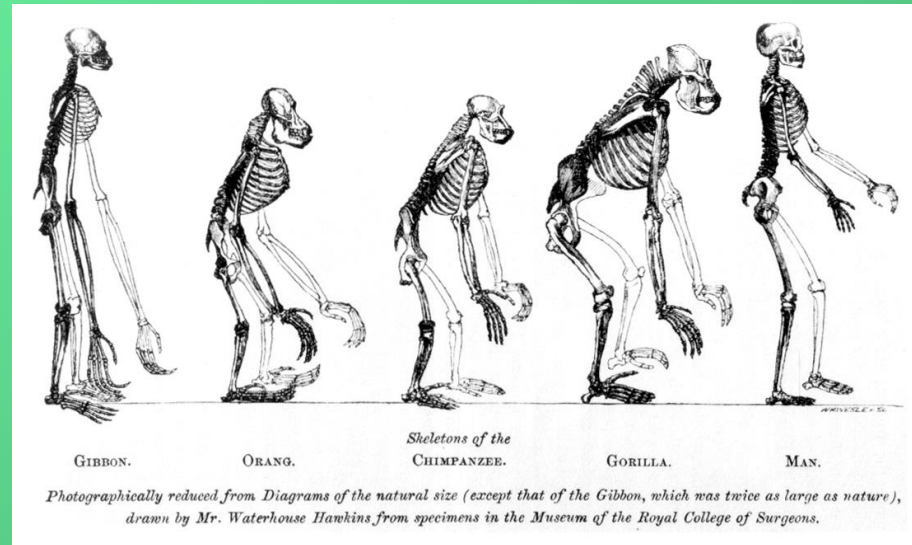


В 1856 году – первая широко известная находка останков неандертальца на территории Германии. Середина XIX в. Формирование особой области палеонтологии – **палеоантропологии**.

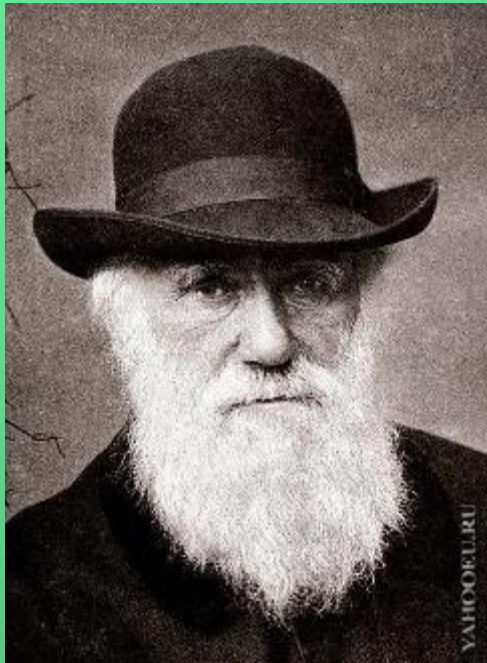
Работы XIX века



Томас Генри Хаксли
(4 мая 1825-29 июня 1895)
В работе «О положении человека в природе» (1863) провел детальный сравнительный анализ человека и человекообразных обезьян.



(иллюстрация о месте человека в природе – на долгие годы стала популярным символом дарвиновской теории и прототипом для многих подобных иллюстраций и карикатур)



Чарльз Дарвин

(12 февраля 1809-19 апреля 1882)

В 1871 году опубликована работа «Происхождение человека и половой отбор» (*The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*), где Дарвин привел аргументы в пользу естественного происхождения человека от животных (обезьяноподобных предков) и распространил на антропогенез открытые им принципы биологической эволюции.

Филогенетическое положение человека среди современных организмов

Тип: Хордовые
Класс: Млекопитающие
Отряд: Приматы
Семейство: Гоминиды
Подсемейство: Гоминины
Род: Люди
Вид: Человек разумный



Гиббоны
~18 млн.л.н.



Гамадрил
Узконосые обезьяны
~25 млн.л.н.



Игрунки
Широконосые обезьяны
~40 млн.л.н.

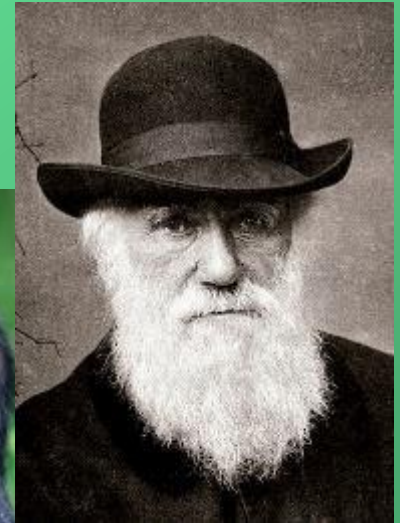


Долгопяты ~60 млн.л.н.



Лемуры, Мокроносые обезьяны, ~65 млн. лет

Время расхождения человека с высшими человекообразными обезьянами



Шимпанзе ~6 млн. лет



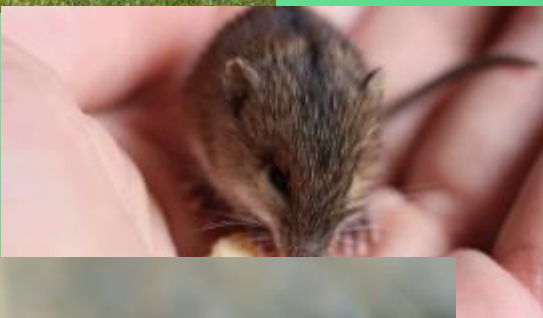
Гориллы ~8 млн. лет



Орангутаны ~14 млн. лет

**Какие млекопитающие являются
ближайшими «родственниками»
приматов?**

Грызуны

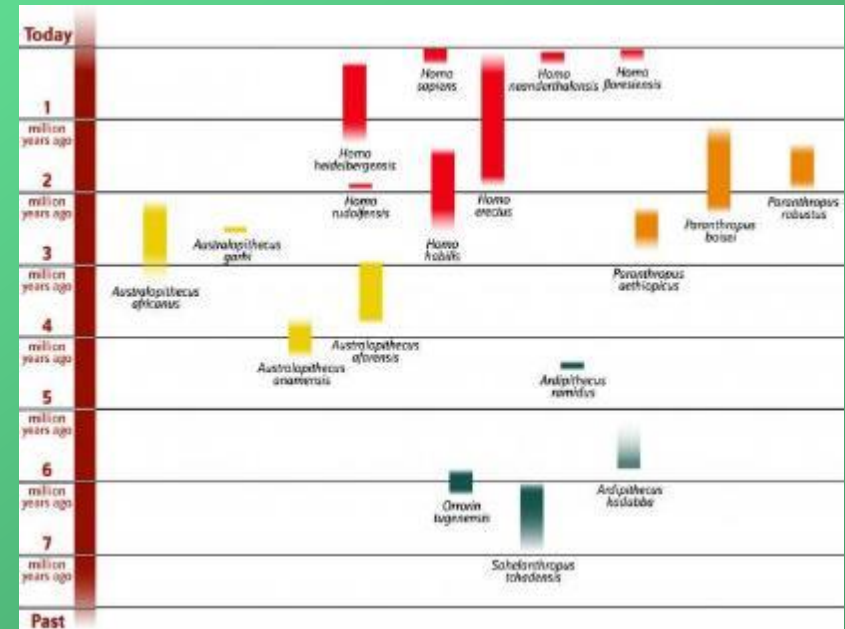
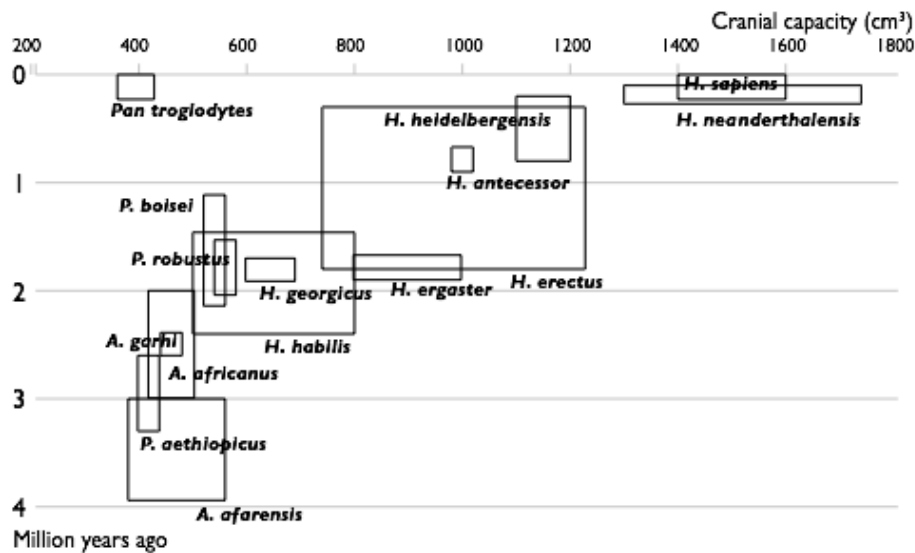


Зайцеобразные

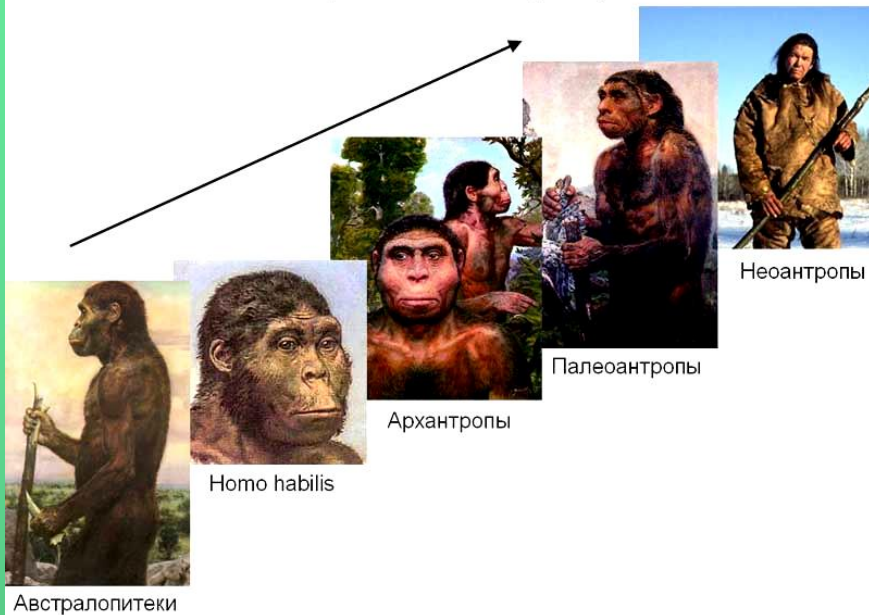


Линейная и нелинейная эволюция гоминид

Накопление информации об эволюции гоминид (1850 г., 1900 г., 1950 г., 2002 г.)



«Линейная» эволюция гоминид по старым представлениям



Сейчас в результате многочисленных новых находок стало ясно, что гоминиды были большим и разнообразным семейством, эволюция которого протекала вовсе не однонаправленно, а с тупиковыми ветвями, мозаичным распределением признаков и множеством параллелизмов.

– You are here.

Homo group

- **Paranthropus group**

1

2

3

4

***Australopithecus* group**

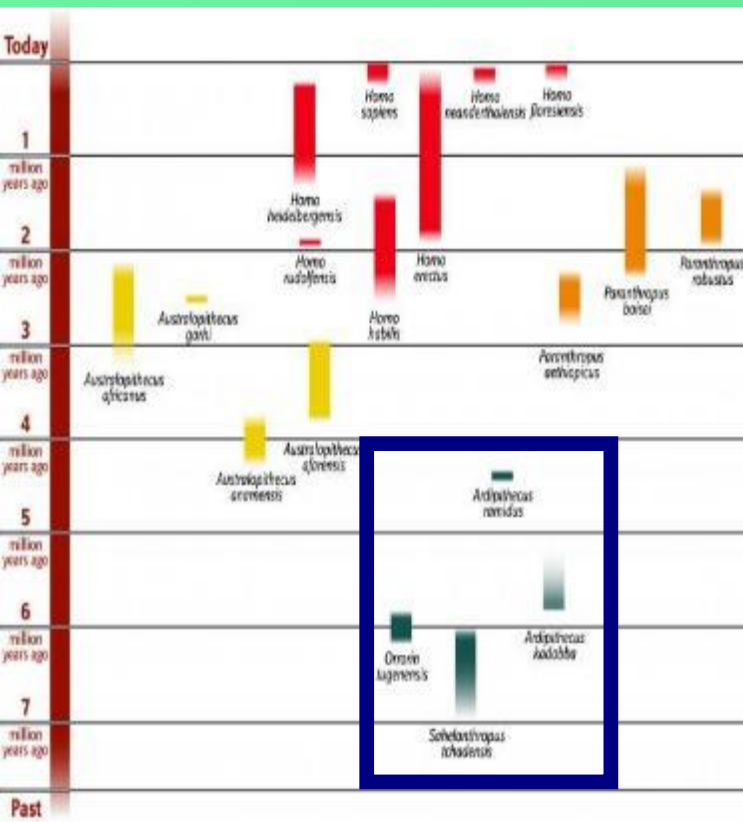
➤ **Ardipithecus group**

5

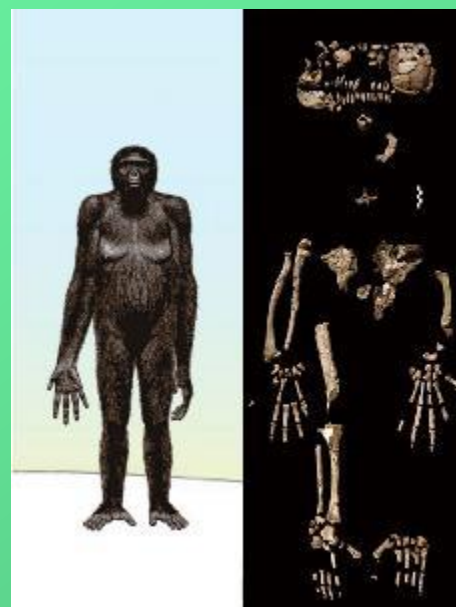
6

Past

Эволюция до формирования рода Номо



Sahelanthropus tchadensis
Западная Африка (Чад),
примерно 7-6 млн. лет



**Ardipithecus ramidus (Арди) (1990
годы)**

Позволило точнее продатировать
раннюю группу, и отодвинуть по
времени назад *Sahelanthropus*
tchadensis.

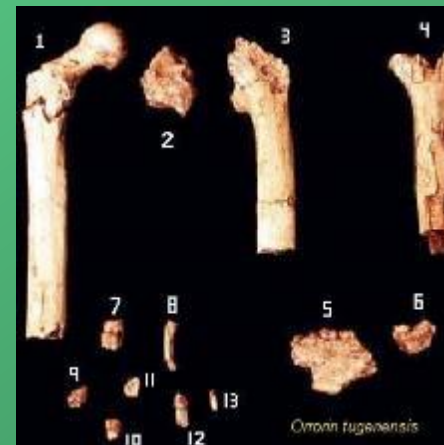
Восточная Африка (Афарская
низменность, Эфиопия), около 4,4
млн. лет



Ardipithecus kadabba

Вероятный предок Номо?

Восточная Африка (Афарская
низменность, Эфиопия), 5,8-5,2
млн. лет

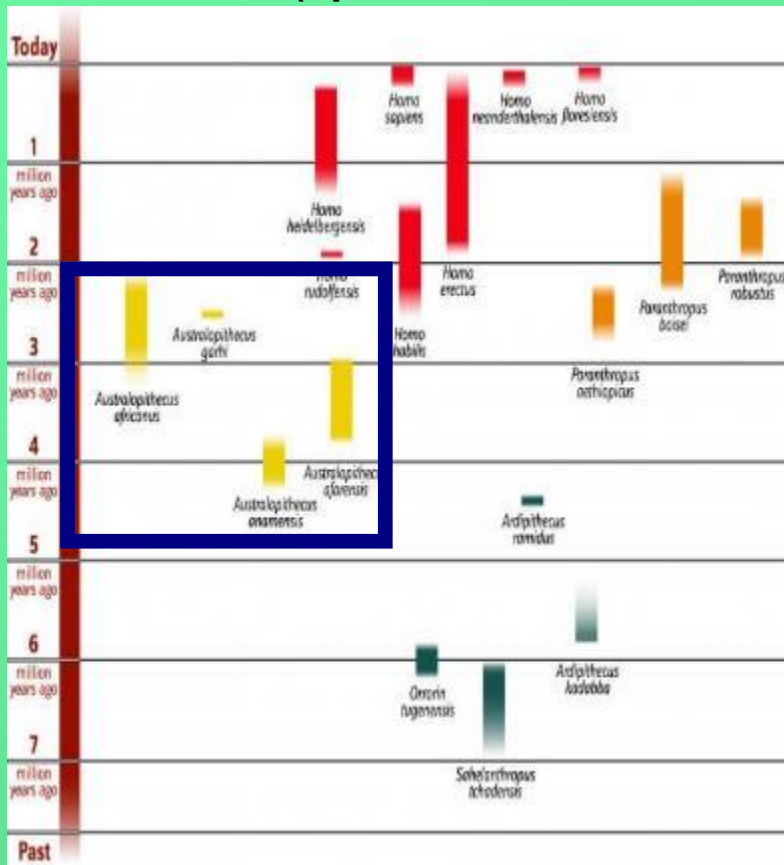


Orrorin tugenensis
(Millenium Man) (2000 г)

Возможный предок
Номо?

Восточная Африка
(центральная Кения),
примерно 6,2-5,8 млн.
лет

Эволюция до формирования рода Номо. Австралопитеки (предположительные предки человека).



***Australopithecus garhi* (1996 г)**

Возможный переход от австралопитеков к Номо
Восточная Африка (отложения Боури, Афарская низменность, Эфиопия), около 2,5 млн. лет



***Australopithecus sediba* (2008 г)**

Южная Африка, около 1,95-1,78 млн. лет



Australopithecus africanus

Южная Африка, примерно 3,3-2,1 млн. лет



***Australopithecus afarensis* (Люси)**

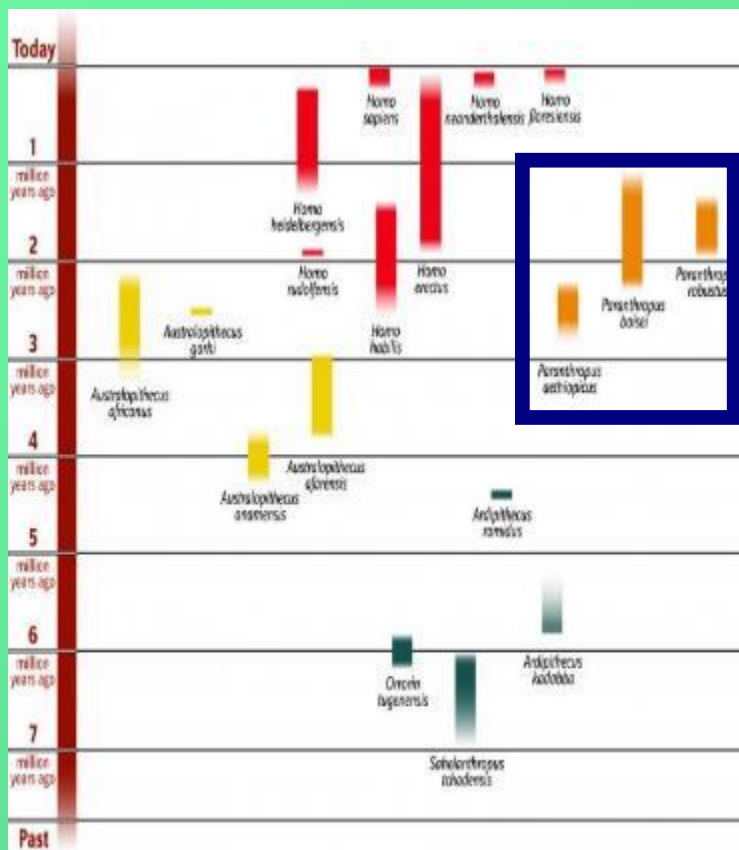
Восточная Африка (Эфиопия, Кения, Танзания), примерно 3,85-2,95 млн. лет



Australopithecus anamensis

Восточная Африка (озеро Туркана, Кения и Афарская низменность, Эфиопия), около 4,2-3,9 млн. лет

Эволюция до формирования рода Номо. Парантропы



Paranthropus robustus
Южная Африка, около
1,8-1,2 млн. лет



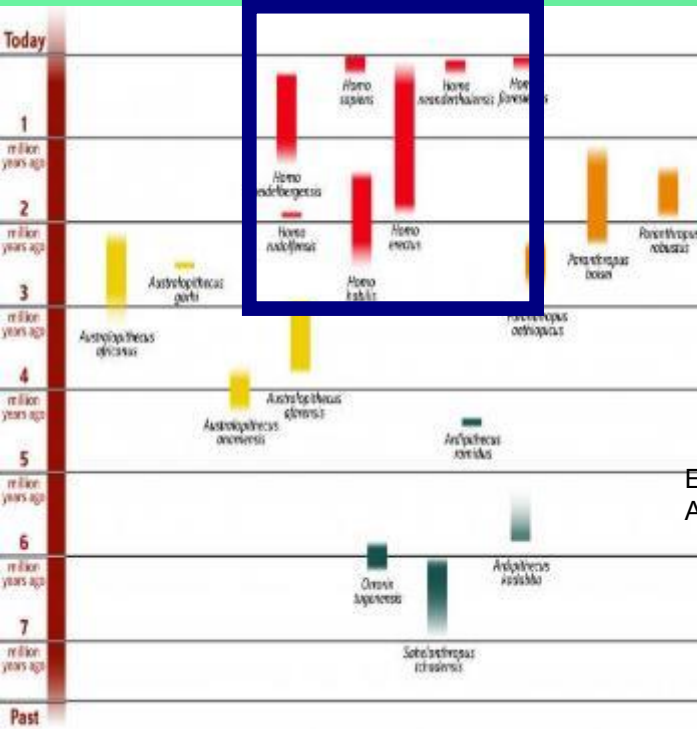
Paranthropus boisei

Восточная Африка (Эфиопия, Кения, Танзания), примерно 2,3-1,2 млн. лет



Paranthropus aethiopicus
Восточная Африка
(северная Кения, юг
Эфиопии), около 2,7-2,3
млн. лет

Возникновение и эволюция рода Homo



Homo sapiens
Возник в Африке и теперь распространен по всему миру,
примерно от 200 000 лет до настоящего времени



Homo neanderthalensis (Неандерталец)
Европа и ареал от юго-западной до центральной
Азии, примерно 300 000-28 000 лет



Homo floresiensis (Хоббит)
Азия (Индонезия), около 95 000-17 000 лет



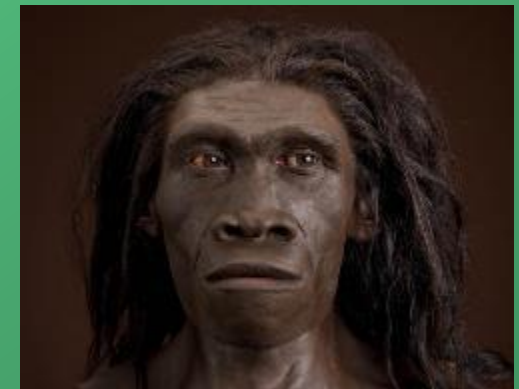
Homo heidelbergensis
Европа, возможно Азия (Китай); Африка
(Восточная и Южная), около 700 000-300 000 лет



Homo habilis (Человек умелый)
Восточная и Южная Африка, 2,4-1,4 млн. лет



Homo rudolfensis
Восточная Африка (северная Кения,
возможно, север Танзании), около
1,9 млн. лет



Homo erectus
Северная, Восточная и Южная Африка; Западная Азия
(Грузия); Восточная Азия (Китай и Индонезия), примерно
1,89 млн.- 143 000 лет

Rollover a species image or group name to learn more.
Click a species image to go to its summary page.

You are here.

Today

Homo group

Paranthropus group

1

million
years ago

2

million
years ago

3

million
years ago

4

million
years ago

Australopithecus group

Ardipithecus group

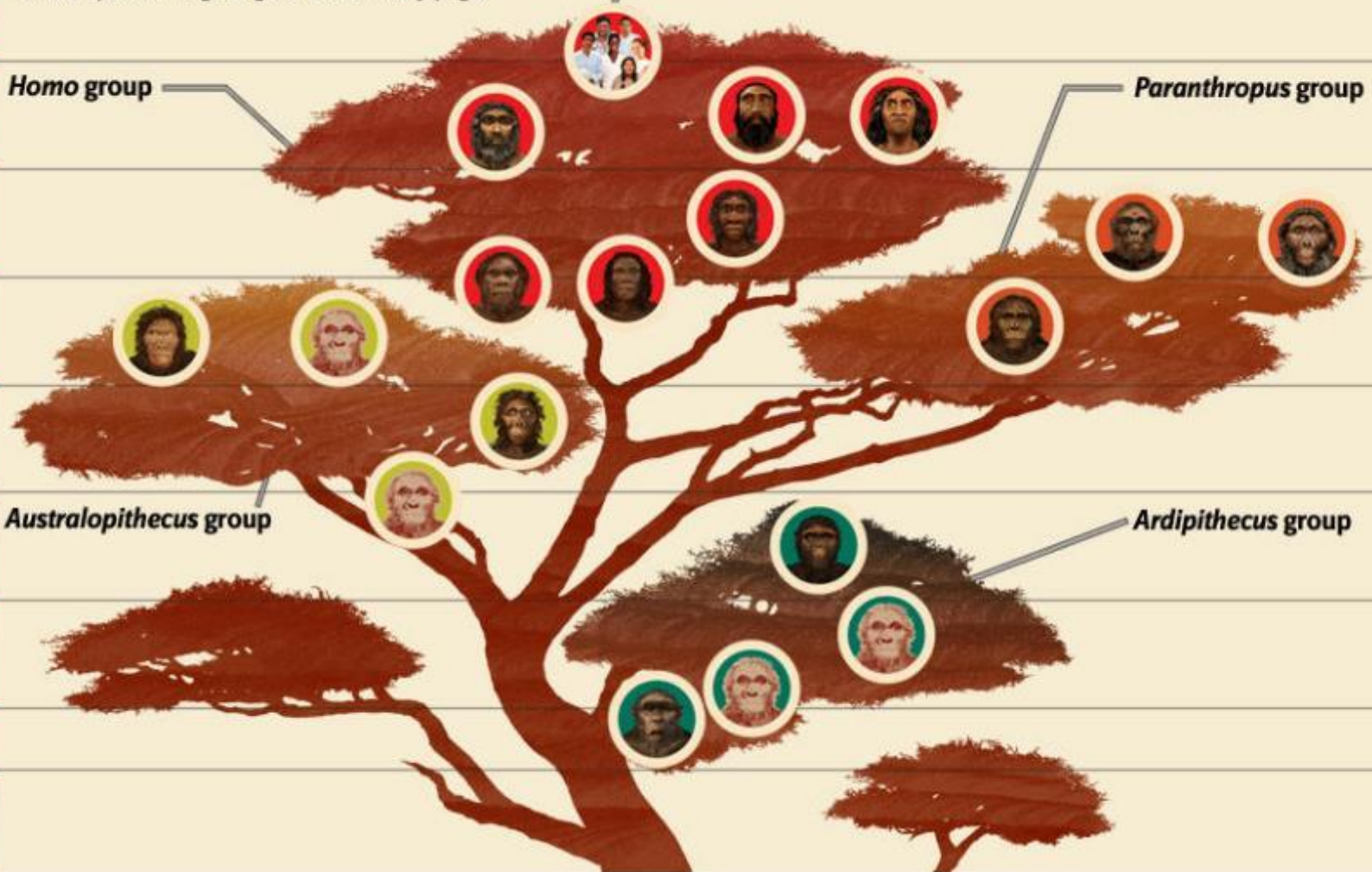
5

million
years ago

6

million
years ago

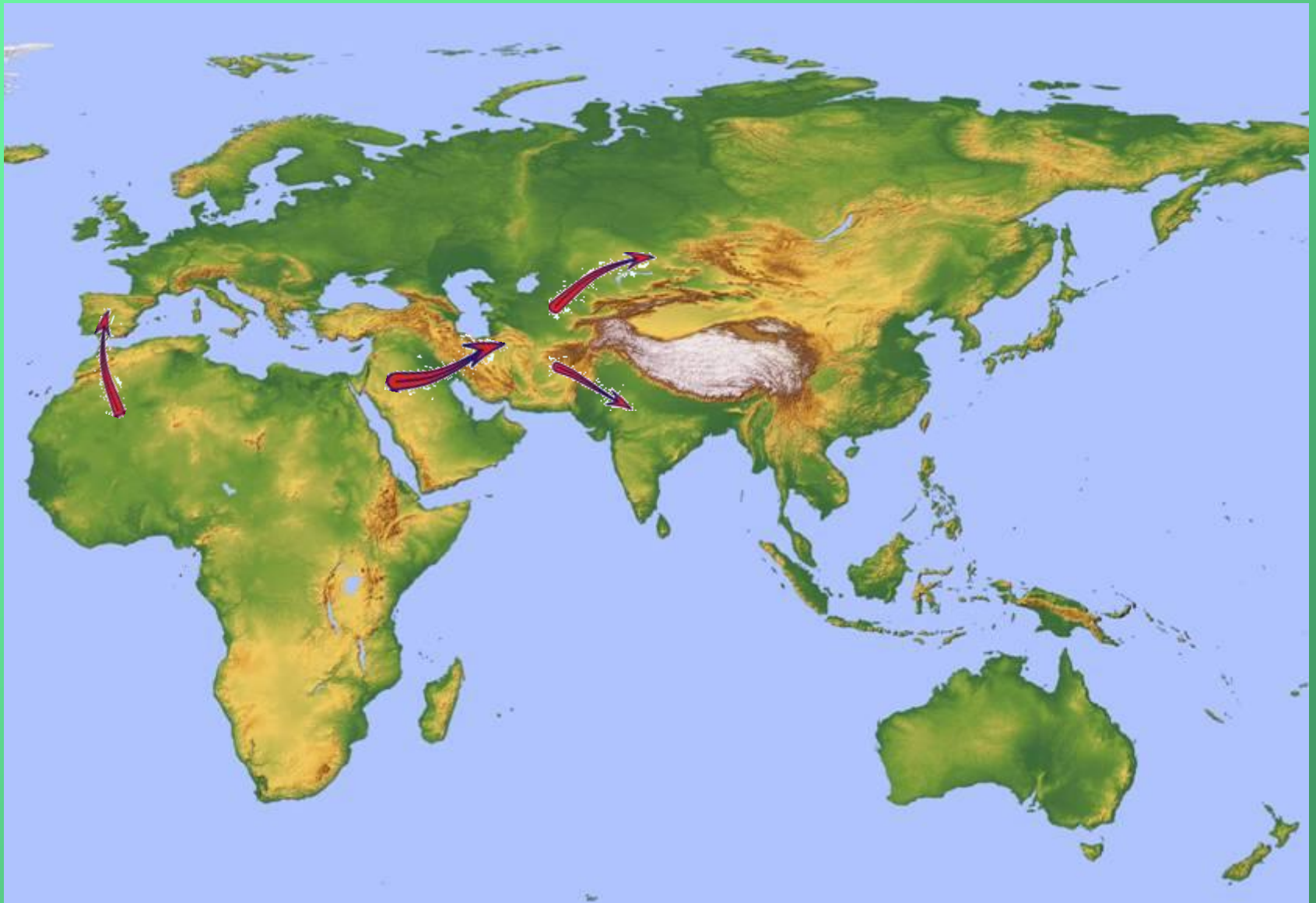
Past



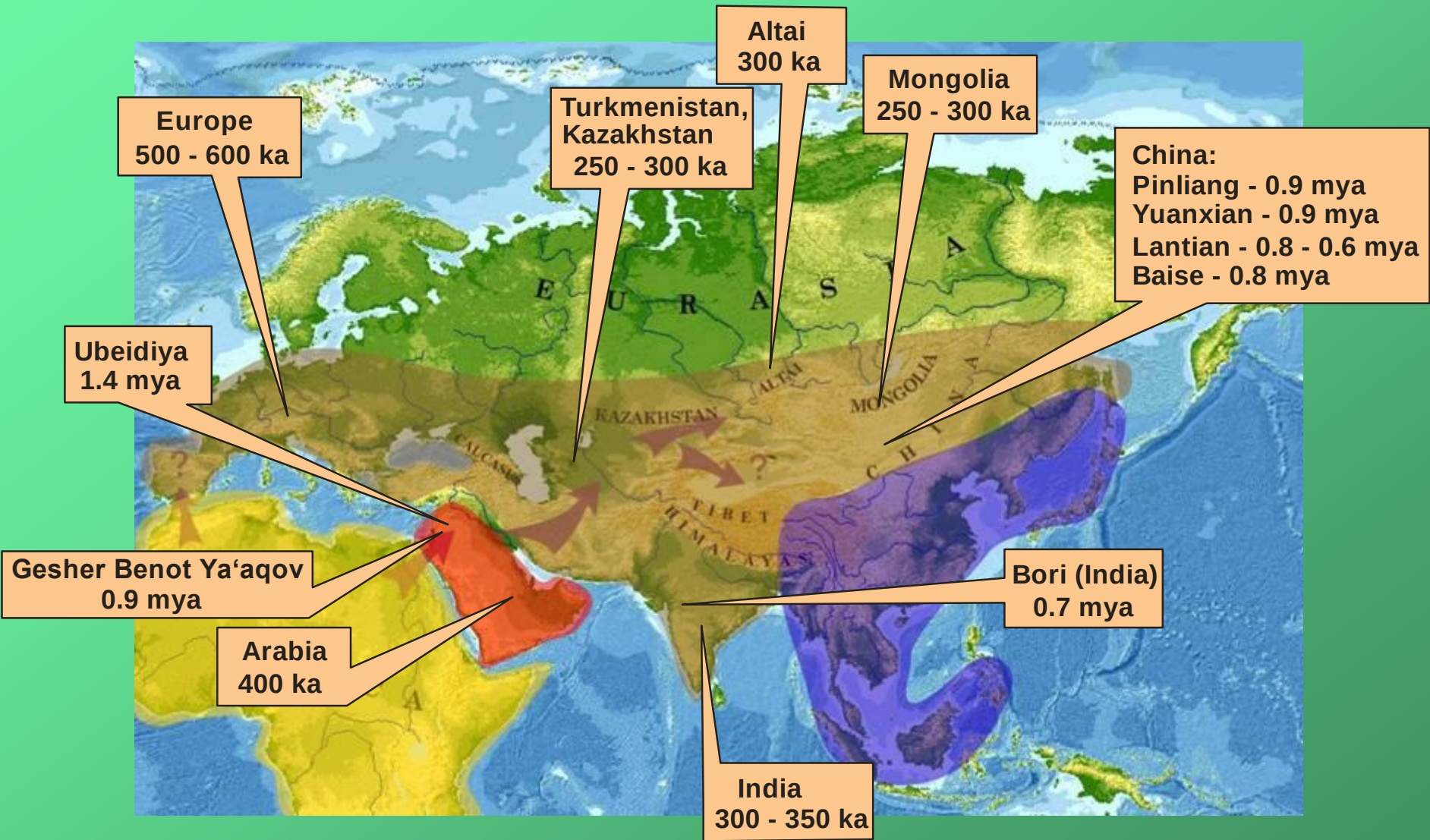
Движение первой волны миграции человечества (*Homo erectus*) из Африки в Евразию



Вторая волна миграций древнейших популяций



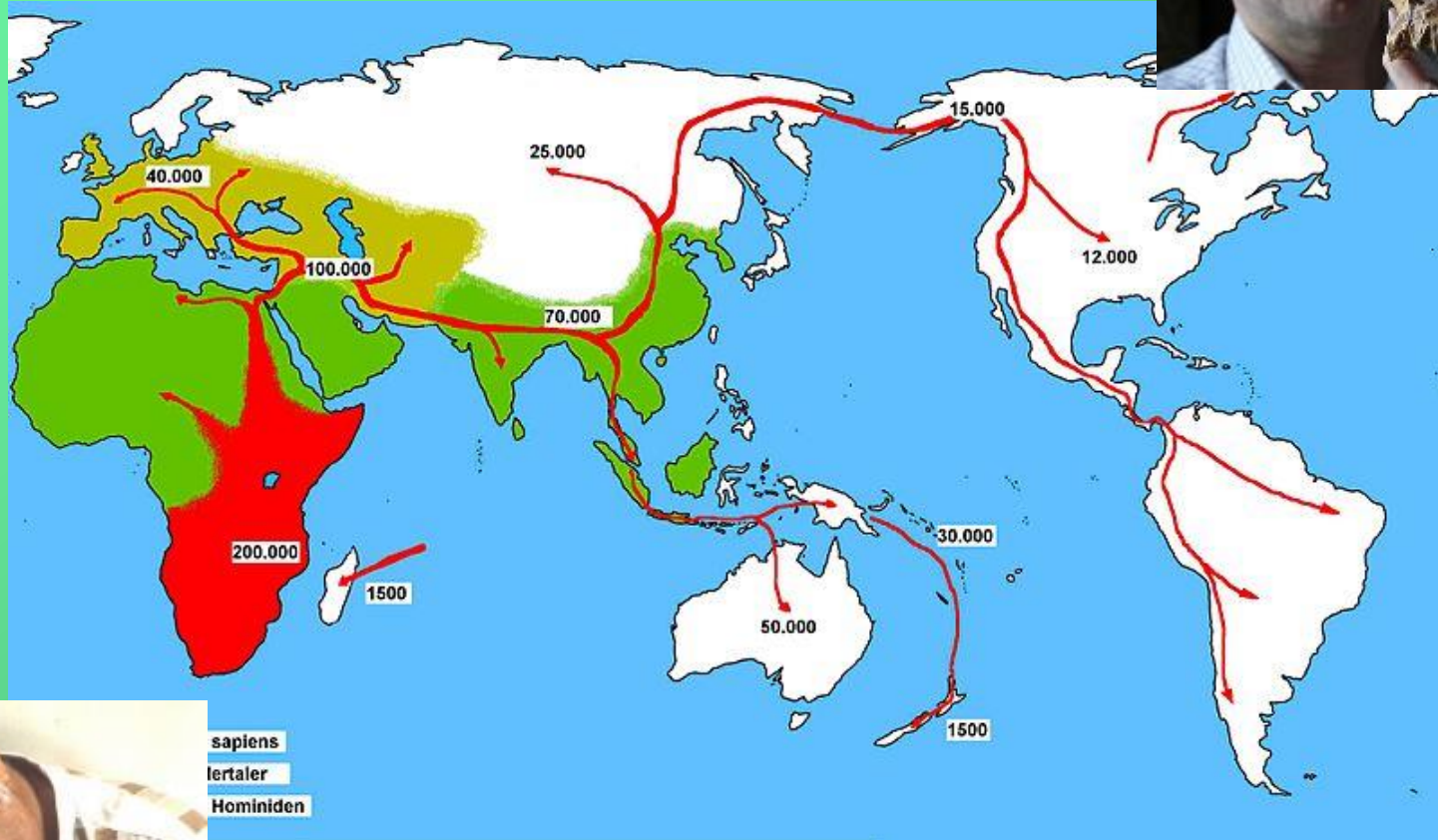
Вторая миграционная волна в Евразии



Происхождение и эволюция Homo sapiens

1. Гипотеза недавнего африканского происхождения:

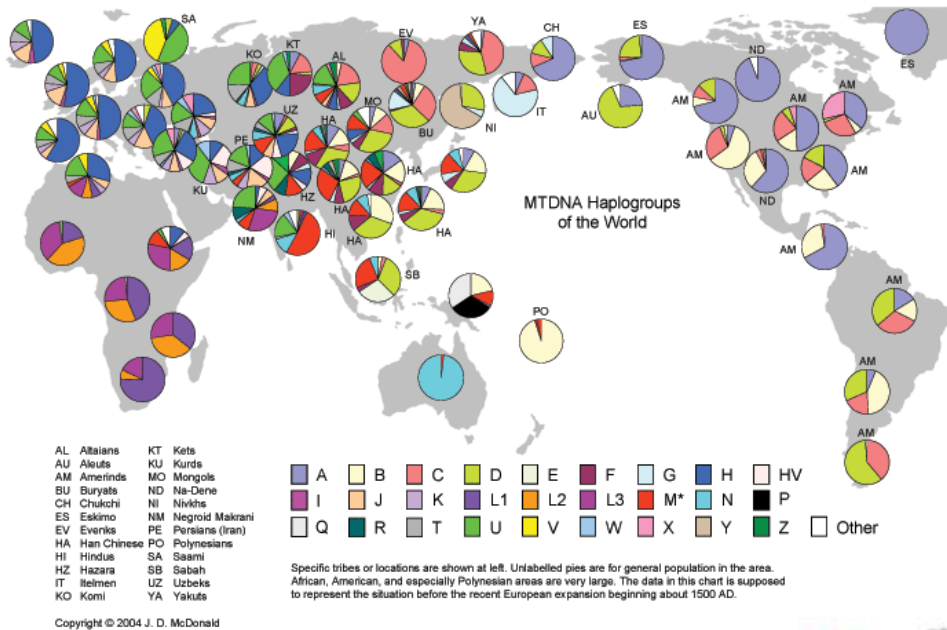
вид *H. sapiens* сформировался на территории Африки менее 200 тысяч лет назад. Затем его представители мигрировали из Африки и заселили другие континенты, вытесняя другие виды Гоминид без гибридизации с ними.



2. Гипотеза мультирегионального происхождения:

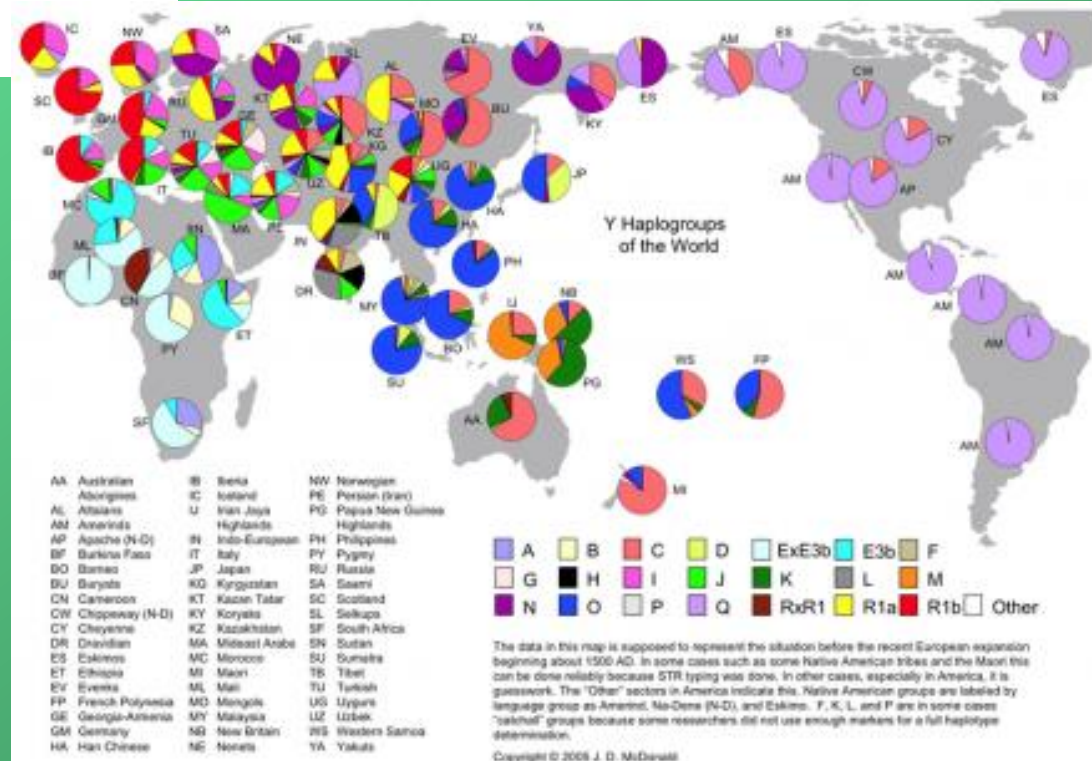
Локальная параллельная эволюция Гоминид на территории различных континентов (поздние формы *H. erectus* и другие) привела к формированию различных территориальных групп анатомически современного человека.

Разнообразие генофондов мтДНК и Y-хромосомы в современных популяциях человека

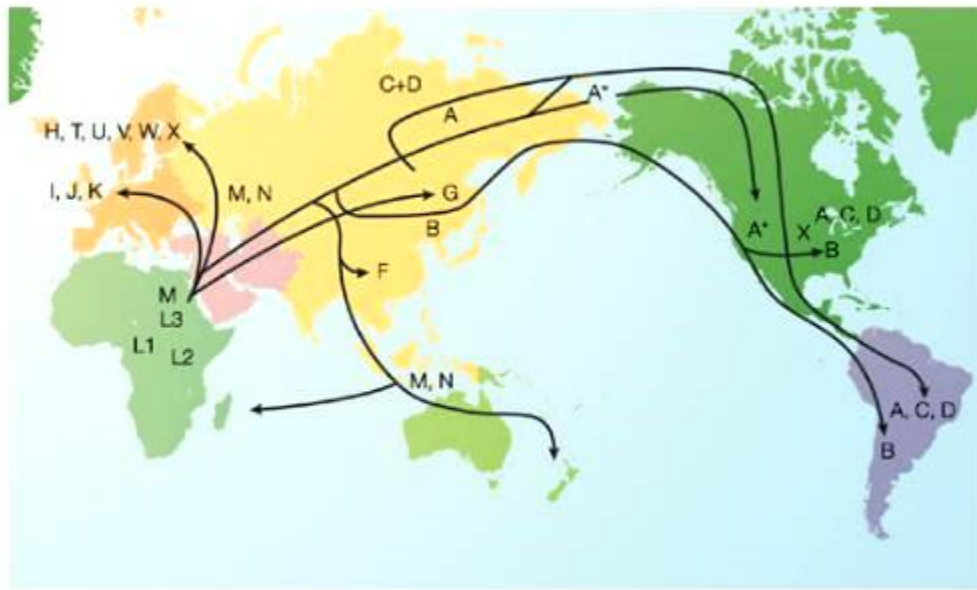


Наиболее дивергированные варианты мтДНК и Y-хромосомы характерны для генофондов некоторых африканских популяций.

Африканские варианты – предковые для всех остальных.

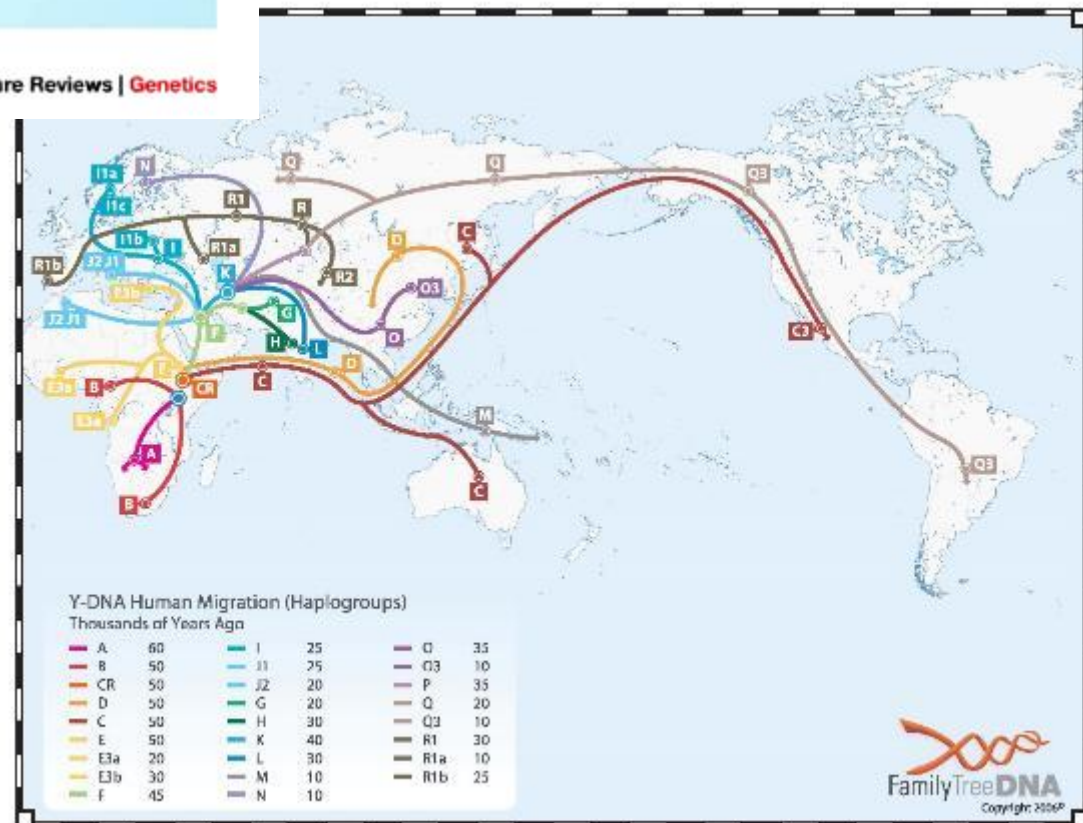


Маршруты расселения Homo Sapiens из Африки по данным мтДНК и Y-хромосомы

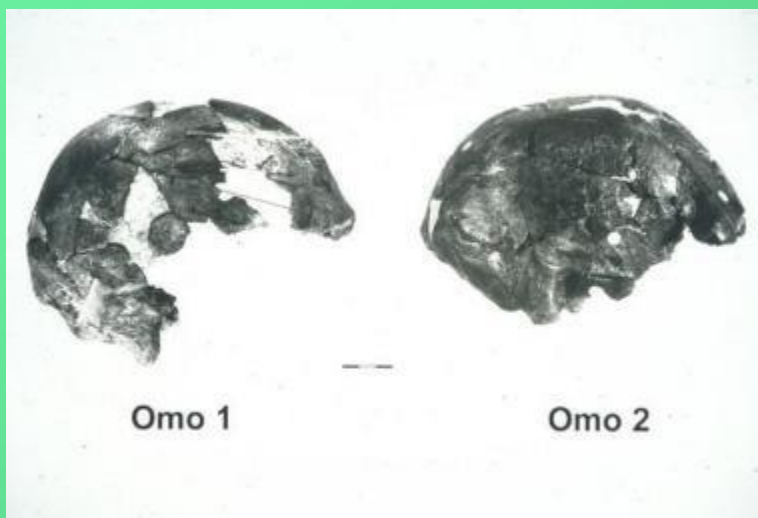


Nature Reviews | Genetics

Картина распространения гаплогрупп мтДНК и Y-хромосомы в целом согласуется с гипотезой недавнего африканского происхождения Homo Sapiens



Древнейшие анатомически современные люди в Африке: Омо I и Омо II



Реконструкция черепа Омо I, возраст 195 тыс. л.

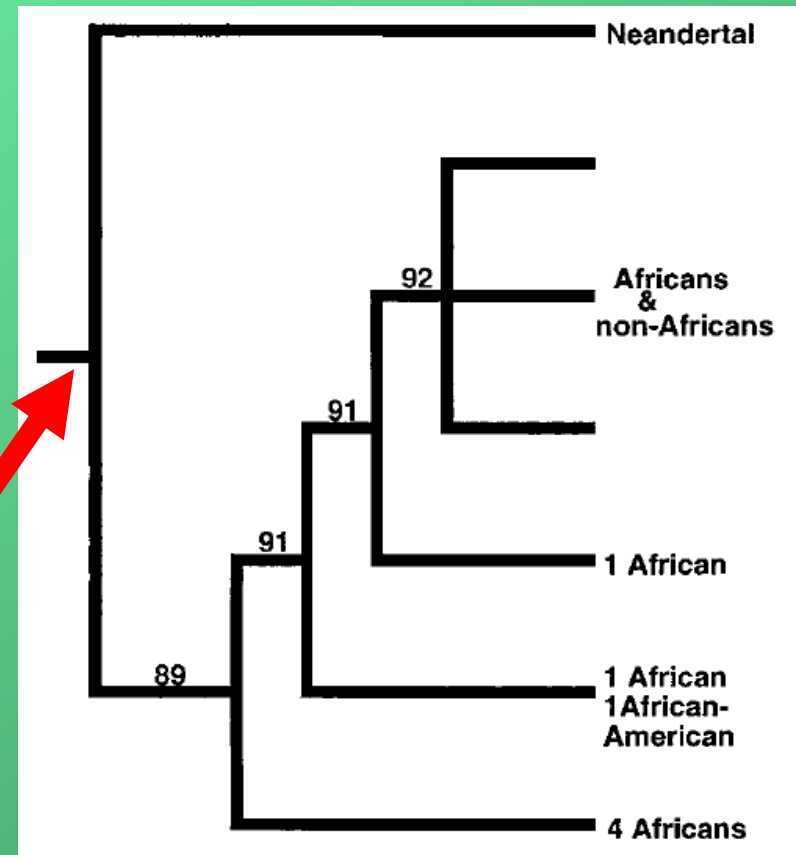
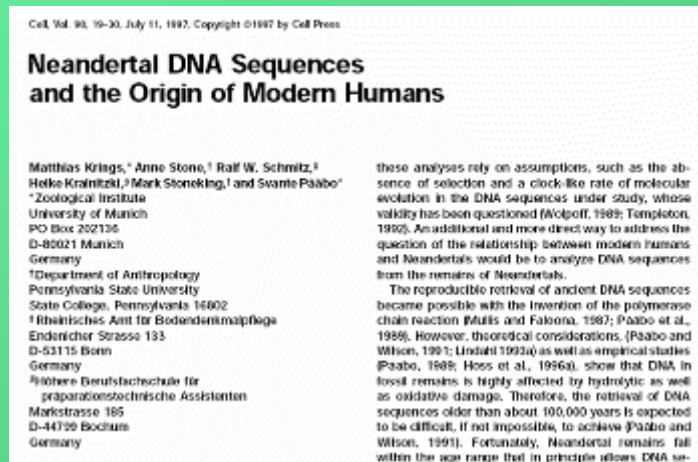
Пещера Окладникова. Останки гоминидов и каменные орудия



Ареал неандертальцев



Исследование митохондриальной ДНК неандертальцев

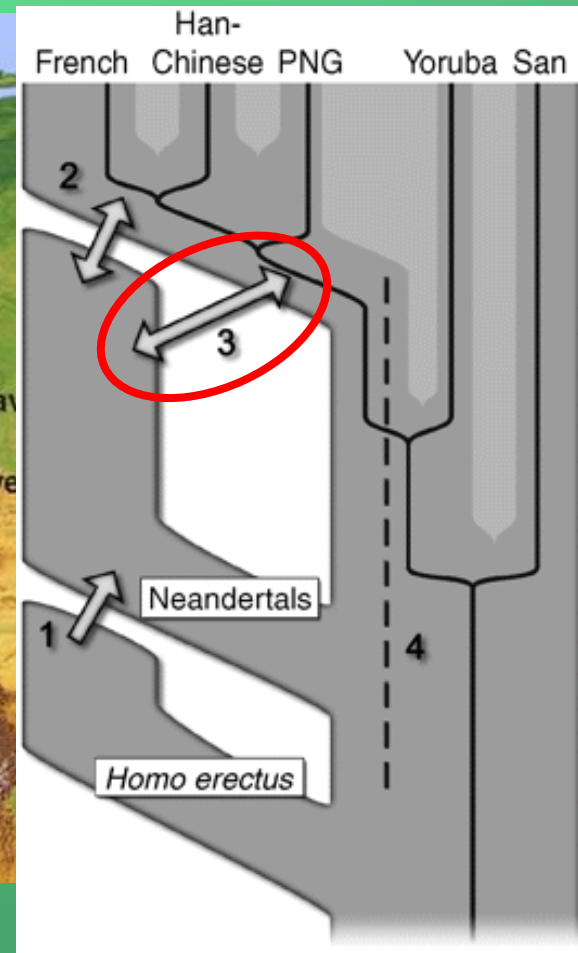
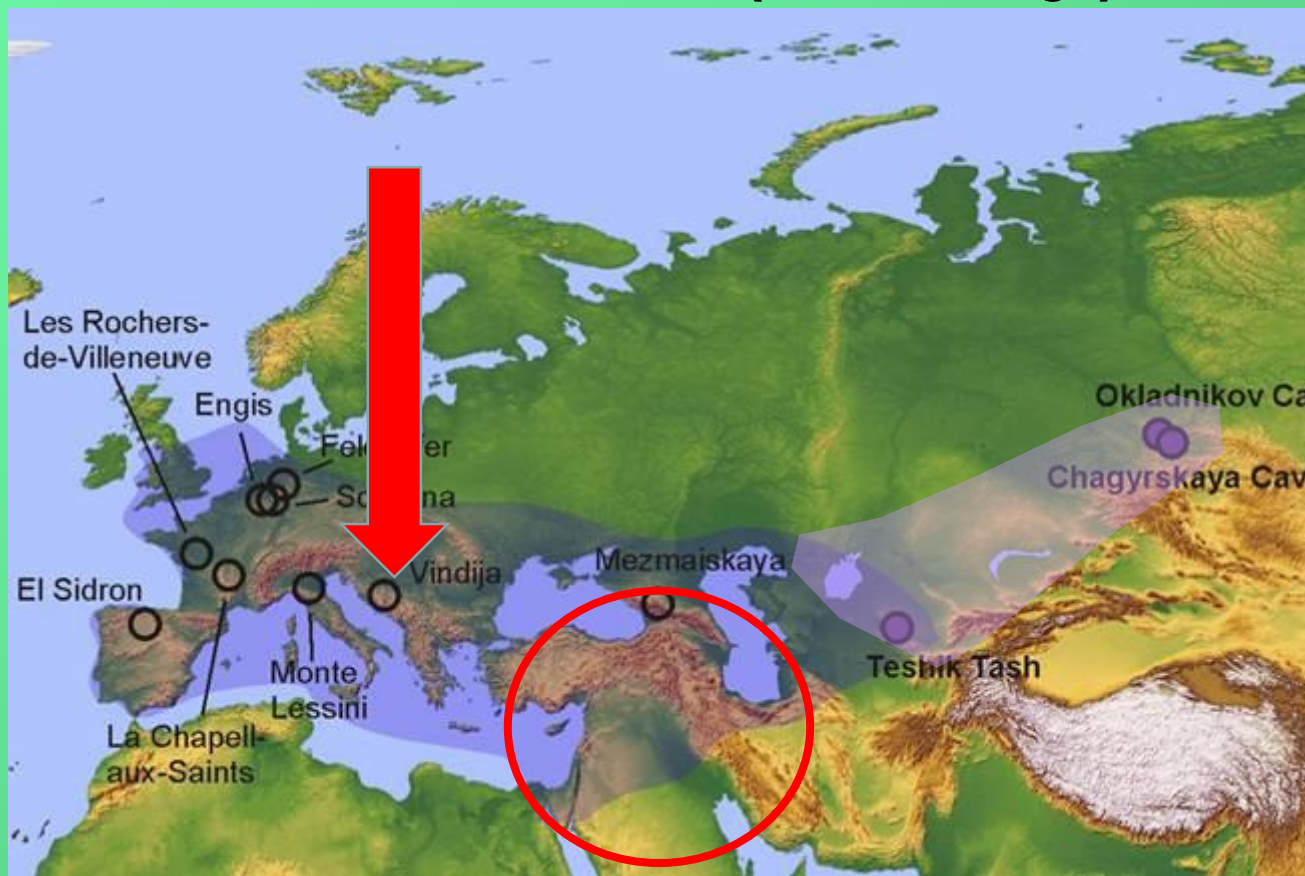


Выводы:

1. Неандертальцы и люди современного типа - разные виды.
2. Нет признаков их генетического смешения.
3. Разошлись около 600 тысяч лет назад.

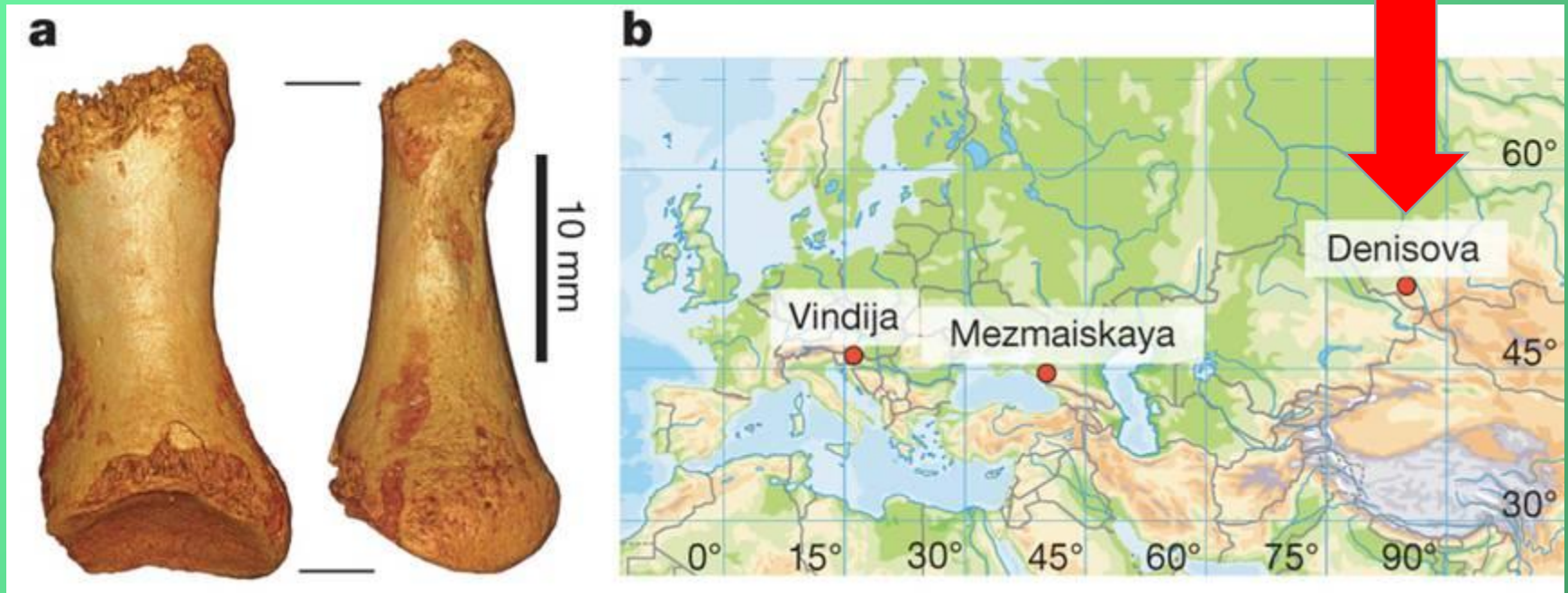
Открытие «восточных неандертальцев»

Секвенирование генома западных неандертальцев (low coverage)



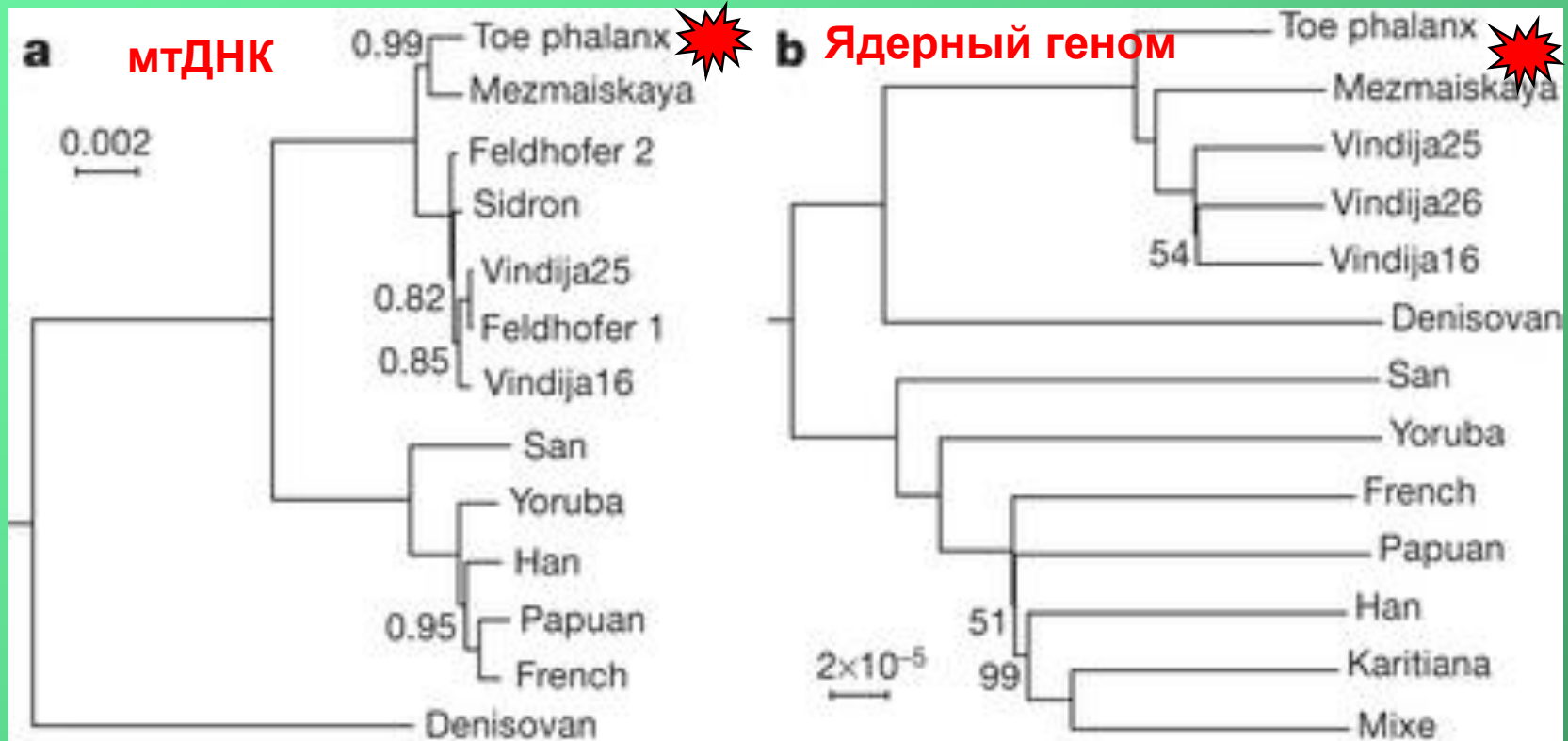
Выявлен вклад неандертальцев в генофонд современного человека за пределами Африки в размере 1-3% генома. Гибридизация неандертальца и современного человека происходила до дивергенции основных групп населения Евразии.

Геном неандертальца из Денисовой пещеры (восточный неандерталец) (high coverage)



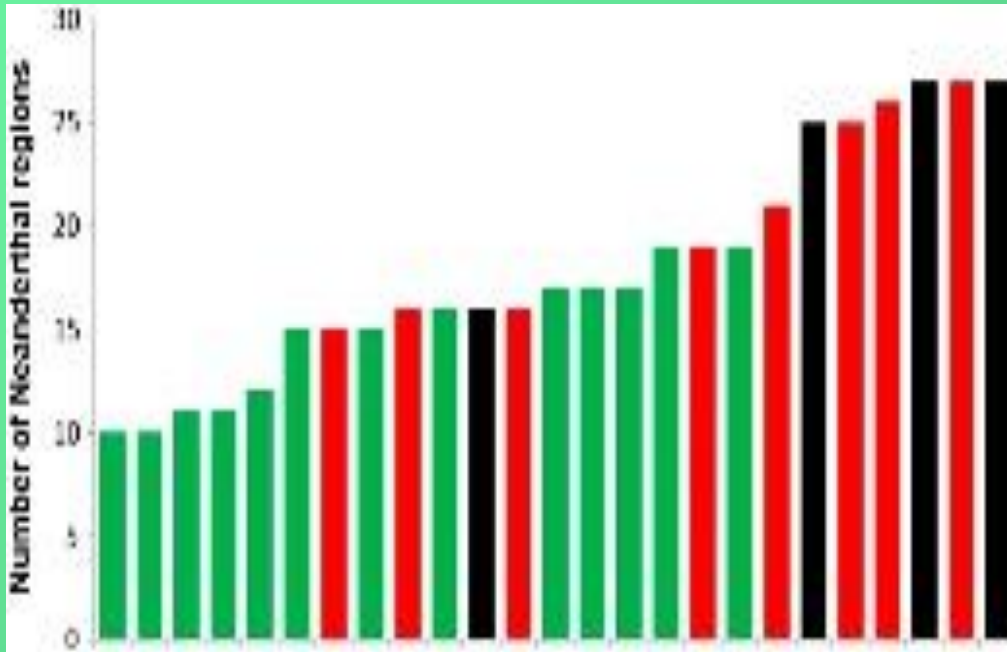
Кость стопы неандертальца найдена в слое 11.4 в восточной галерее Денисовой пещеры (слой непосредственно под слоем 11.3, где найдена фаланга денисовца). Возраст не менее 50 000 лет.

Филогенетическое положение неандертальца из Денисовой пещеры



1. Подтвержден вклад неандертальцев в генофонд современного населения.
2. Неандертальцы Кавказа генетически ближе к источнику неандертальского Генетического материала в генофонде современных людей, чем алтайские.
3. Население Азии и Америки демонстрируют более значительное влияние неандертальцев, чем европейское.

Население Азии и Америки демонстрирует даже более значительное влияние неандертальцев, чем европейское.



Европейцы

Восточная Азия

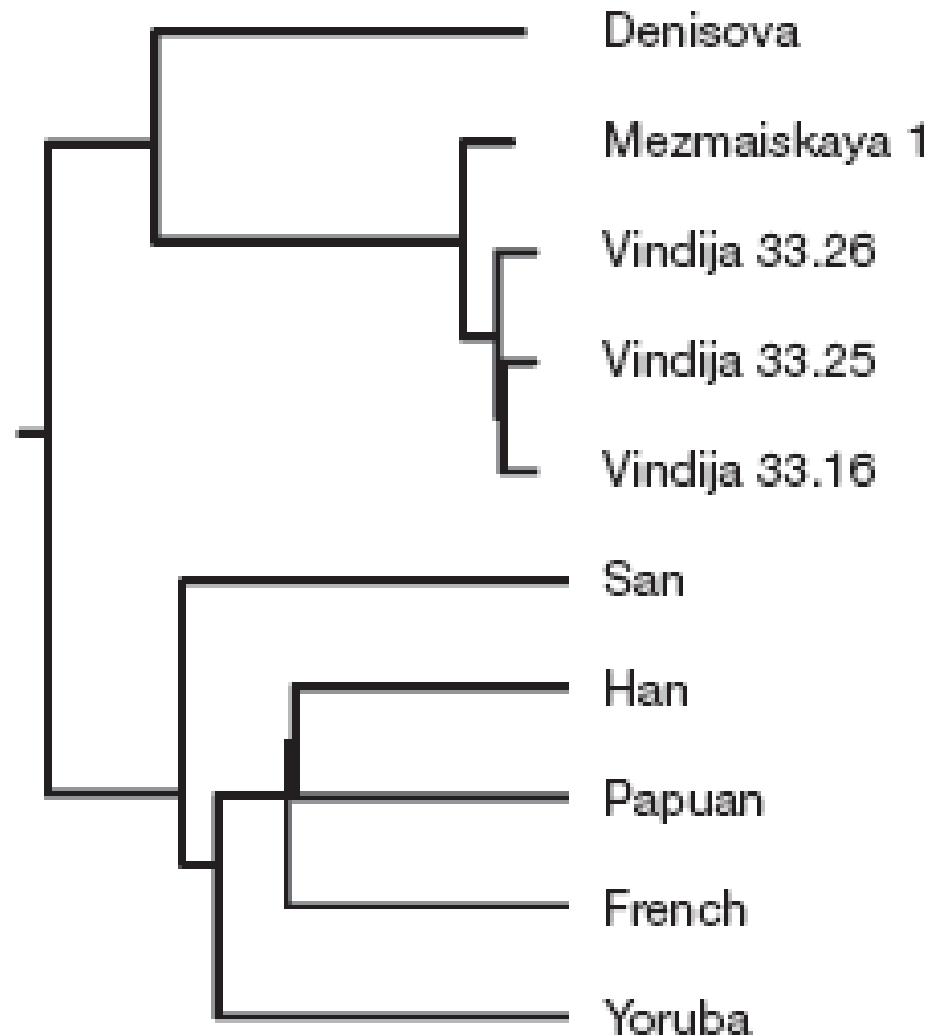
Южная Азия

Датировка гибридизации с неандертальцами – 47-65 тысяч лет назад, совпадает с датировкой основной волны анатомически современных людей из Африки (Sankararaman et al., 2012)

Раскопки в Денисовой пещере: культура денисовского человека



Открытие Денисовского человека

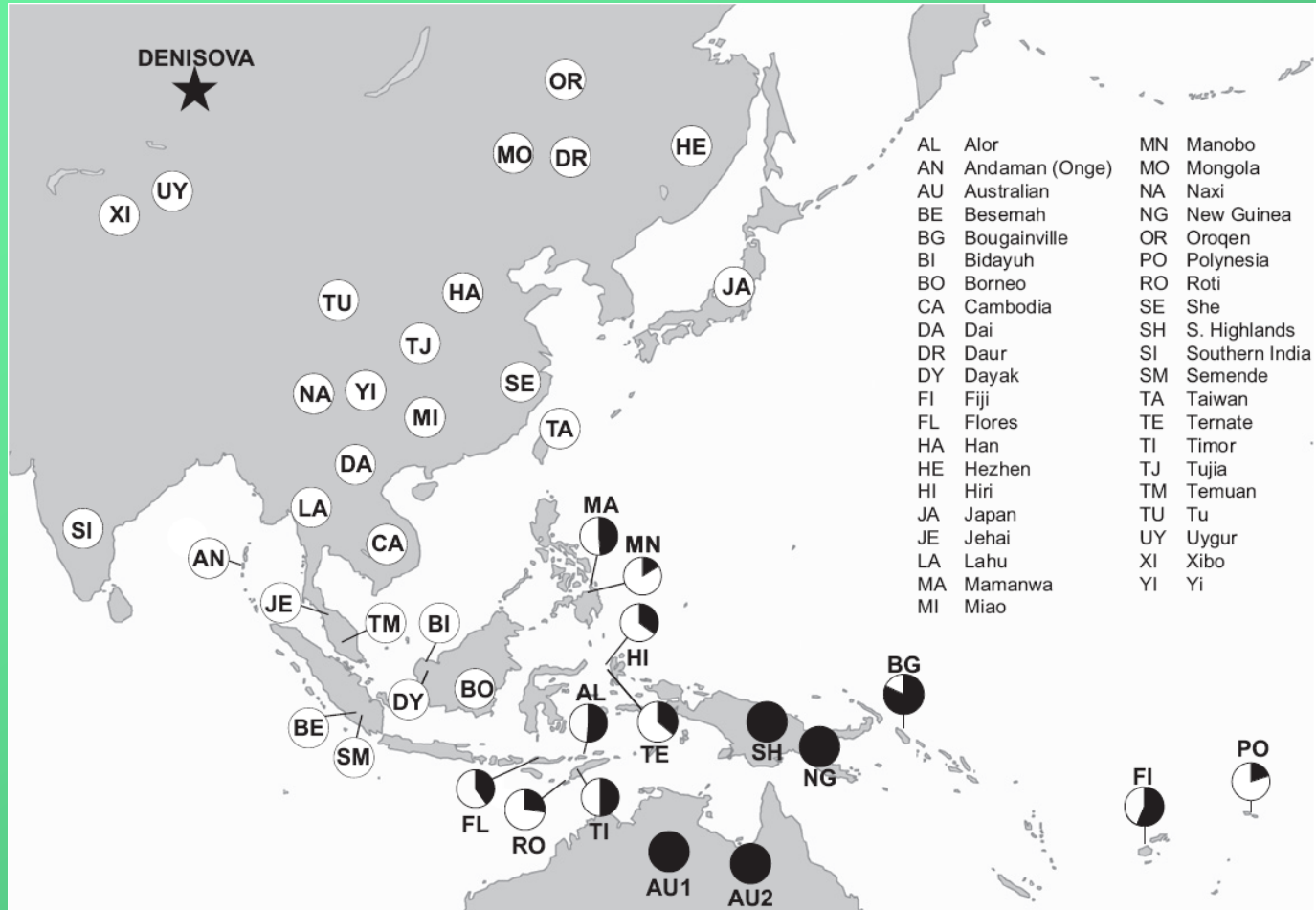


На Алтае в 2010 году был найден фрагмент Денисовского человека.

Он существовал одновременно с неандертальцами и *H. sapiens*.

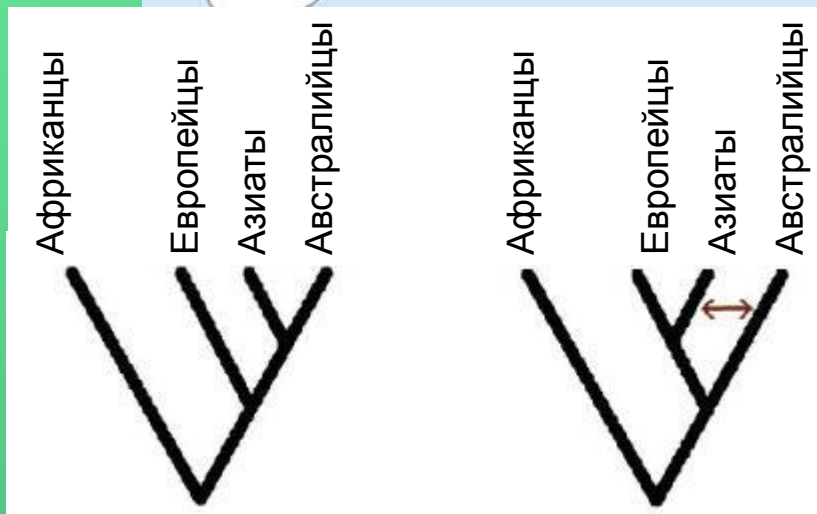
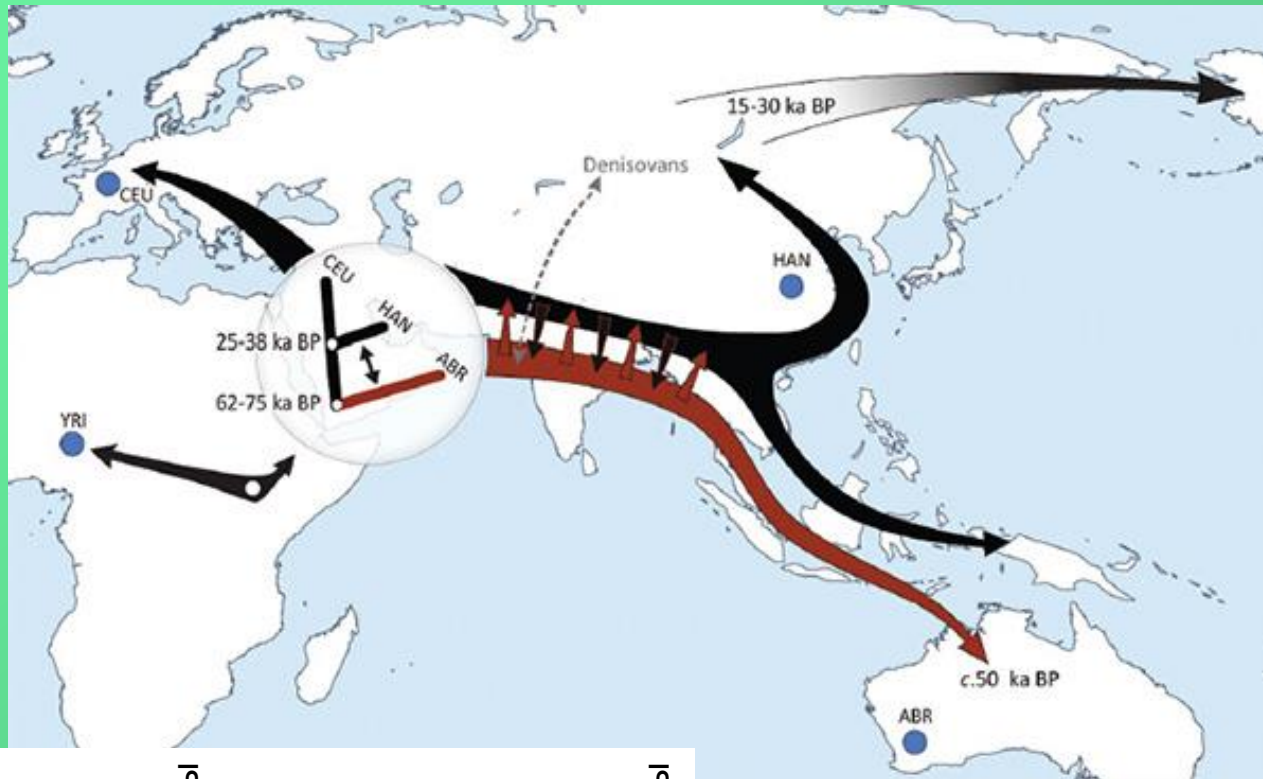
Между этими видами происходила гибридизация.

Распространение генетического материала денисовцев в генофондах современных популяций (относительно популяций Новой Гвинеи)



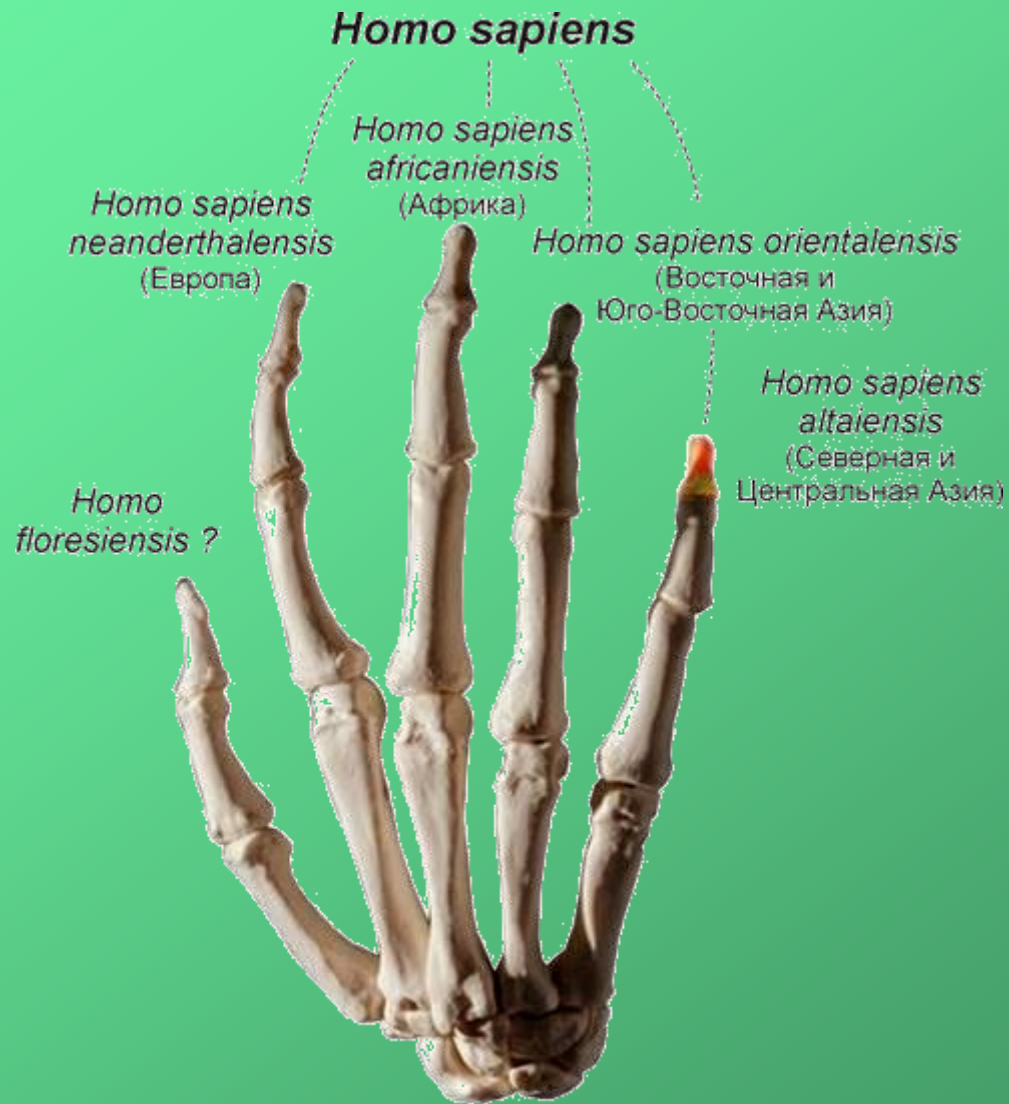
(Reich et al., 2011)

Свидетельство двух волн заселения Азии анатомически современными людьми

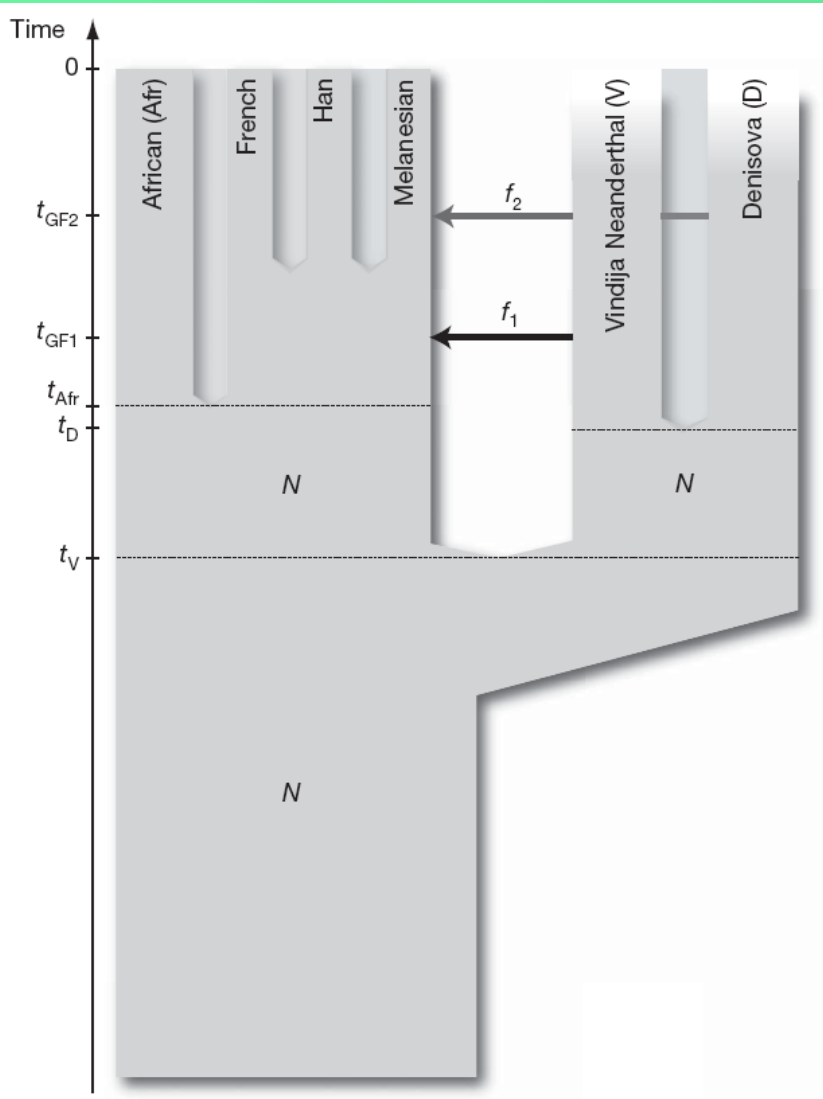


(Rasmussen et al., 2011)

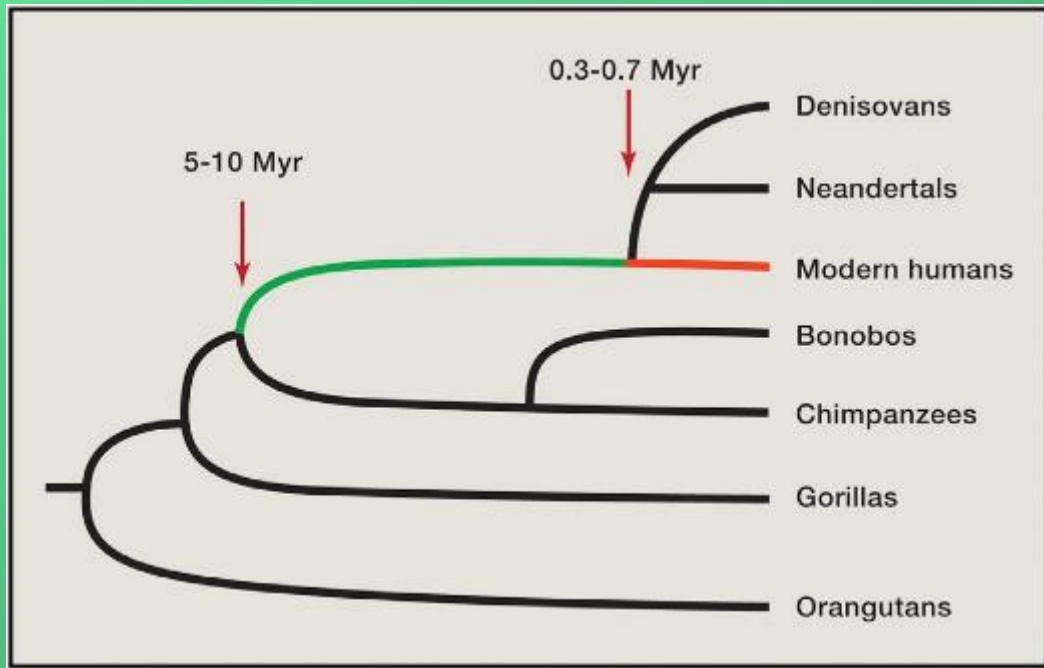
Род *Homo*



Политипический вид
Homo erectus sensu lato



Reich et al., 2010



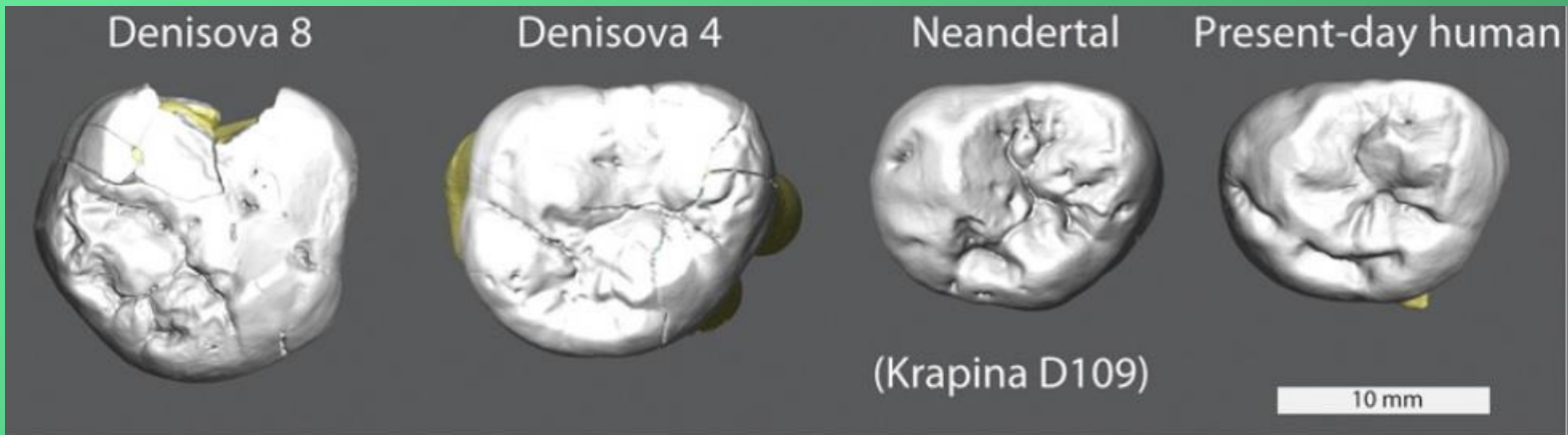
Paabo, 2014

Данные о новых денисовцах

Моляр – Denisova 4 (раскопки 2000г.). Возраст ~50 000 лет (сопоставим с Denisova3.

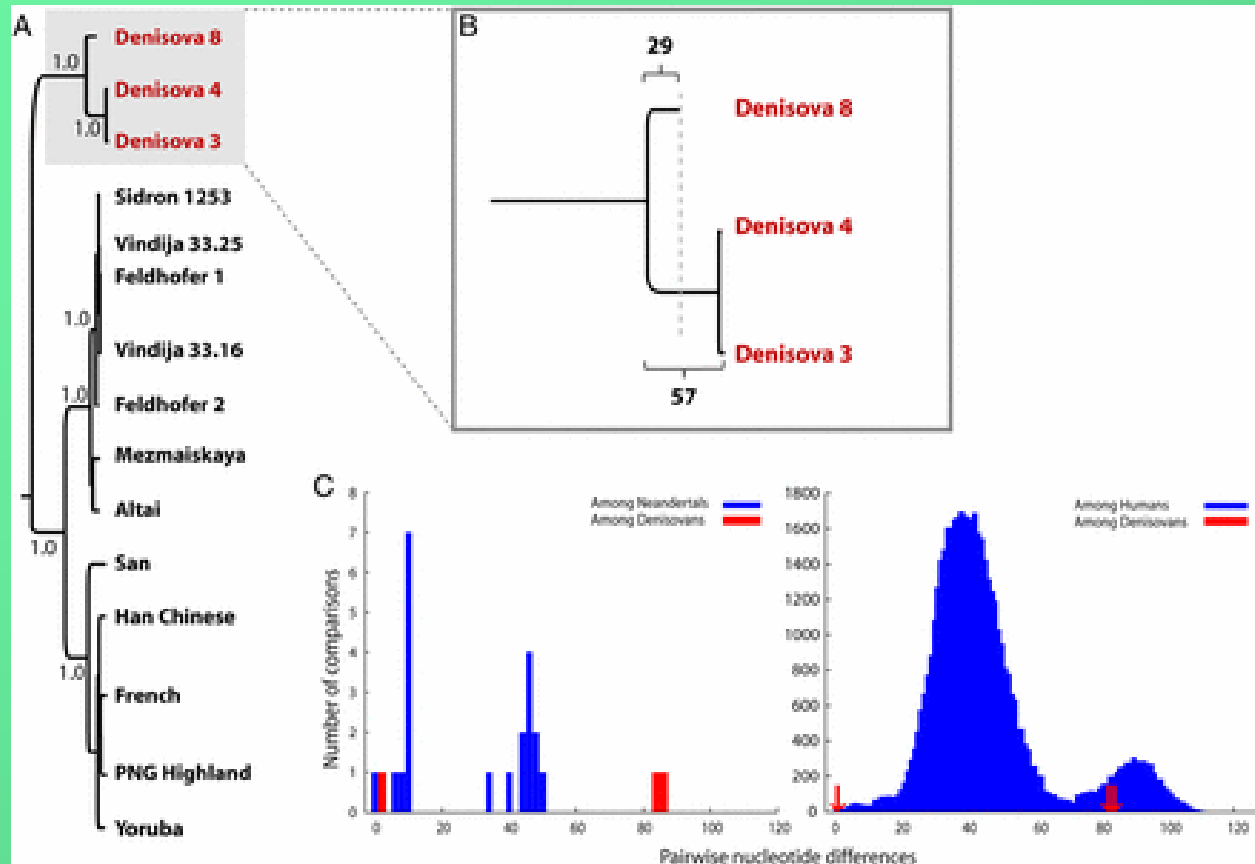


Новый моляр – Denisova 8 (раскопки 2010 г.).
Возраст – больше, чем у Denisova 3 и 4.



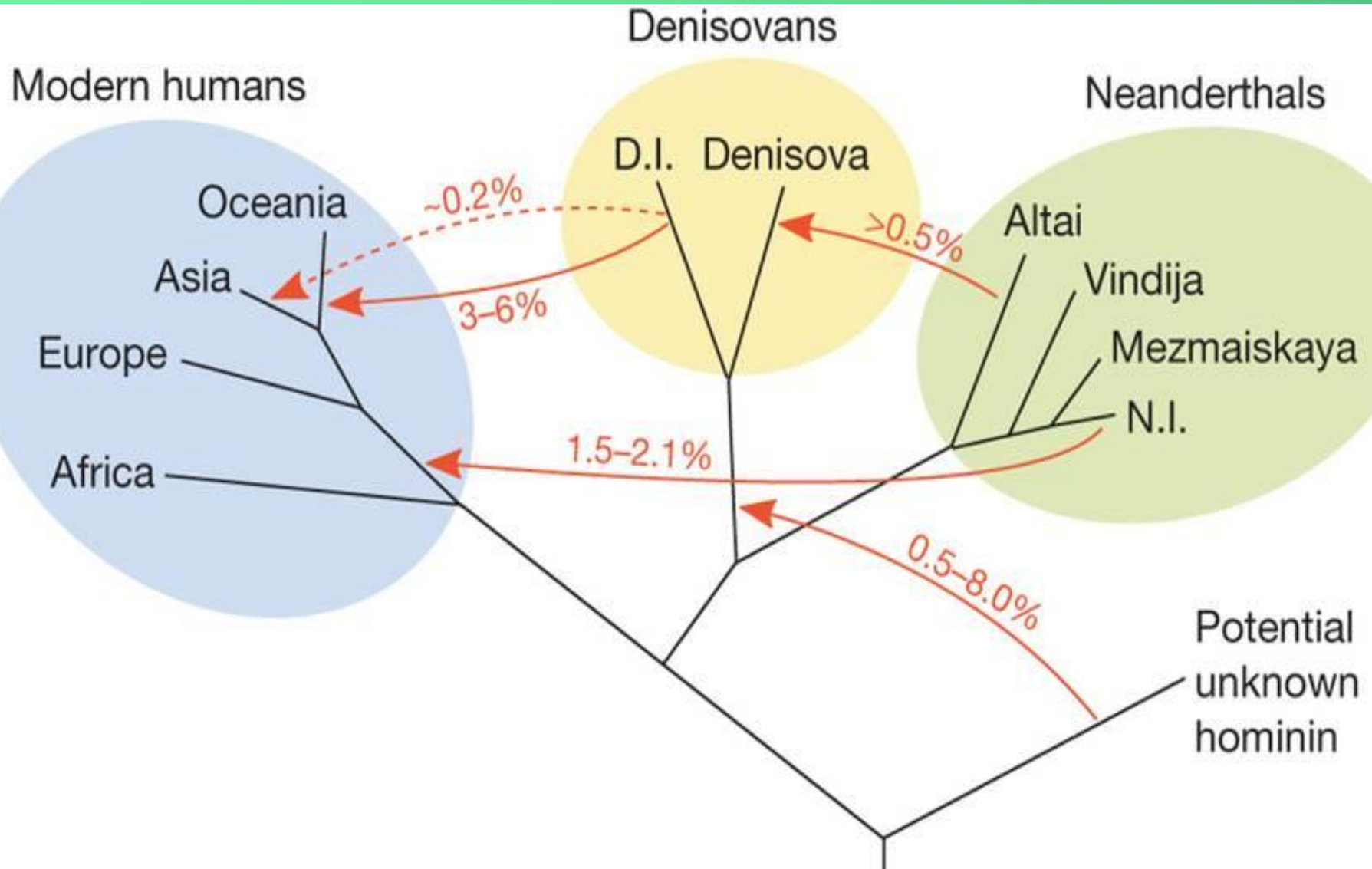
Получены данные по устойчивым особенностям морфологии зубов, которые позволят осуществлять поиск новых денисовских материалов в одонтологических коллекциях (Sawyer et al., 2015)

Генетические данные о Denisova 4, 8 (Sawyer et al., 2015)



1. Denisova 8 на ~60 тыс. лет старше, чем Denisova 3 и 4.
2. Денисовцы могли присутствовать на юге Сибири длительное время (десятки тыс. лет).
3. Демонстрируют более высокое разнообразие мтДНК, чем неандертальцы (высокая дивергенция внутри популяции денисовцев).

Генетические потоки между гоминидами



Геномы ранних анатомически современных людей:

Усть-Ишим

(Fu et al., 2014):

Западная Сибирь, возраст ~ 43-47 тыс. лет.

Костенки-14

(Seguin-Orlando et al., 2014)

Восточная Европа (Воронежская обл., Россия),
возраст ~ 36-39 тыс. лет.



Гибридизация с неандертальцами произошла за
несколько тысячелетий до существования этих ранних
анатомически современных людей

Oase 1, Pesteră cu Oase, Румыния



Раскопки 2002 года. Возраст ~37-42 тысяч лет.

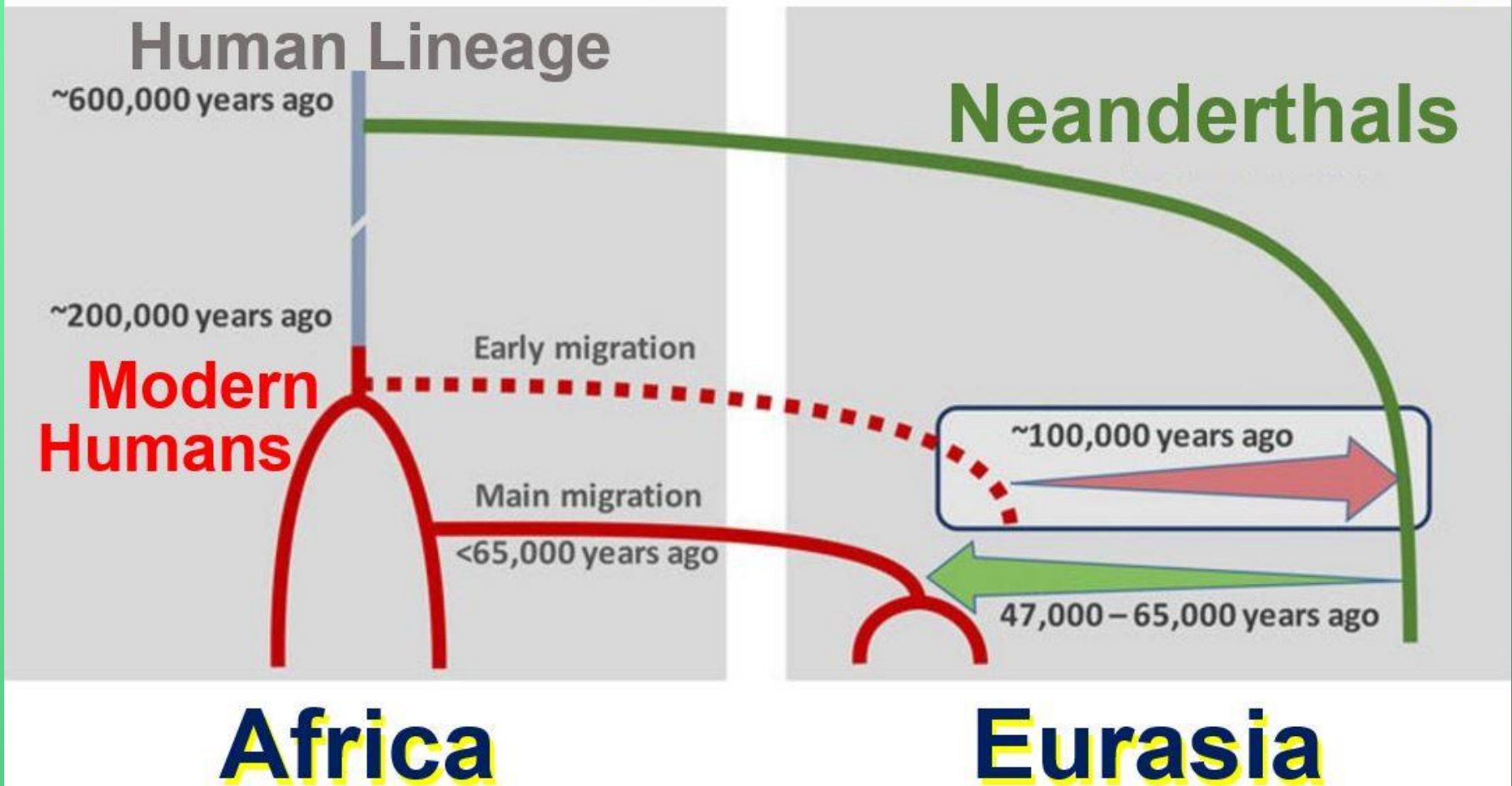
Oase-1 (Румыния) : 6-9% генома от неандертальца (Fu et al., 2015)



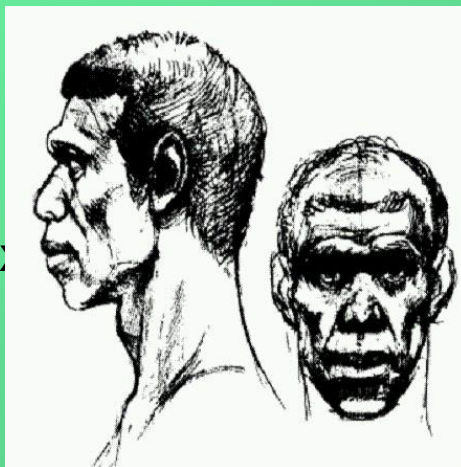
Размер «неандертальских» фрагментов генома (некоторые более 50 мегабаз) свидетельствует о гибридизации с неандертальцами всего за 4-6 поколений до его существования!

Поток генов от современных людей к неандертальцам ~100 тыс. лет назад : (зафиксирован только у восточных (алтайских)неандертальцев) (Kuhlwilm et al., 2016)

Modern Human & Neanderthal Interbreeding



Кем были ранние выходцы из Африки, повлиявшие на восточных неандертальцев.
Останки людей из пещер Схул (~120 тыс.л.) и Кафзех (~80 тыс.л), север Израиля.
Ранние анатомически современные люди в Китае (Fuyan Cave, Daoxian), 120 тыс. лет.



Человек из пещеры Схул
(рисунок, основанный на
черепе Схул-5)

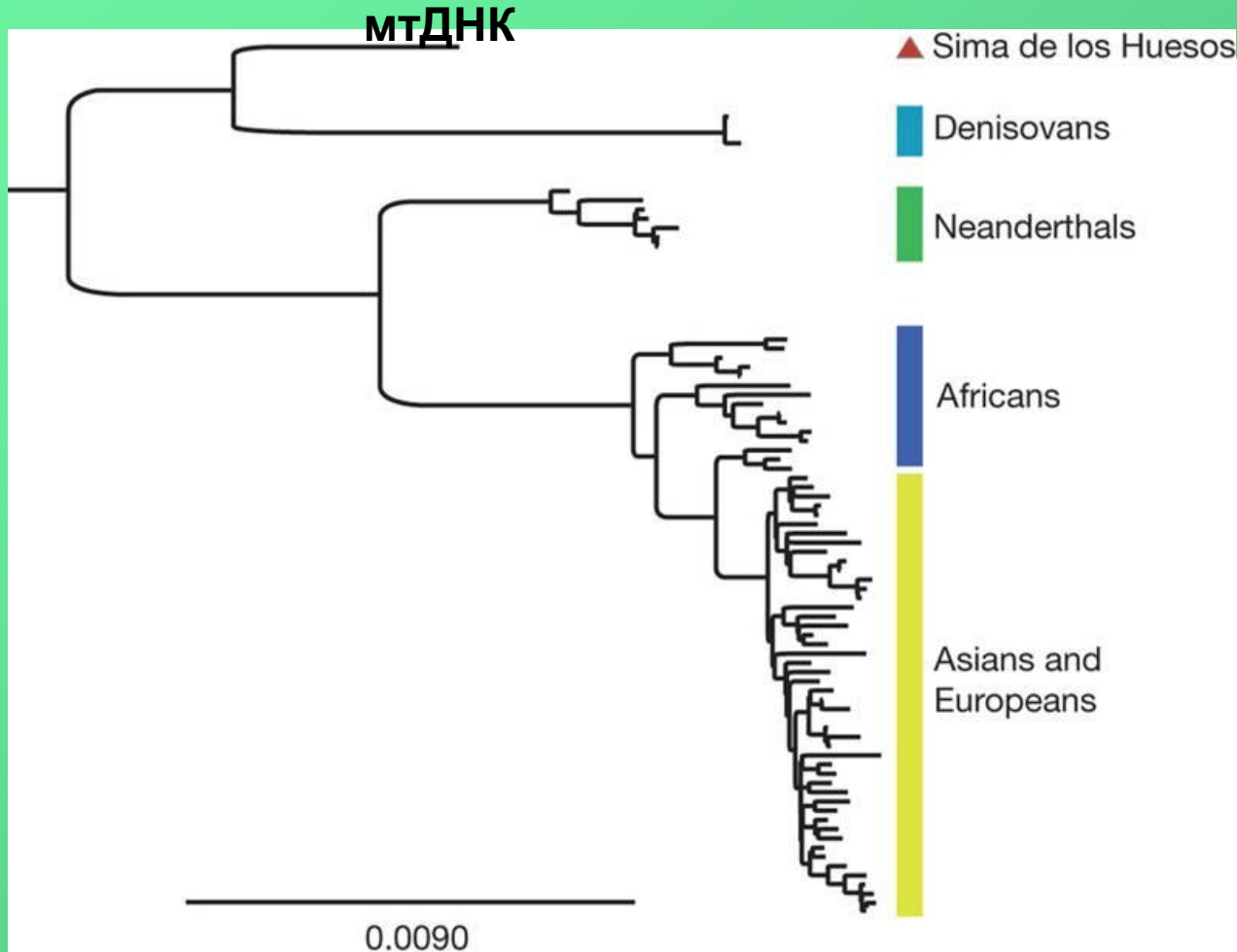
Ранние анатомически
современные люди в
Китае (пещера Fuyan
Cave, Daoxian)



Митохондриальный геном гоминида (*H. heidelbergensis* ?) возрастом 430 тысяч лет.



Данные по мтДНК и ядерному геному гоминина возрастом более 400 тысяч лет.



Ядерный геном

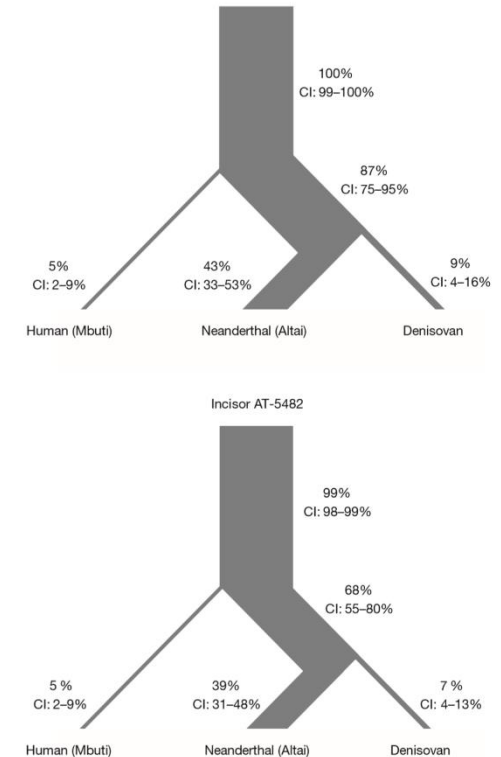
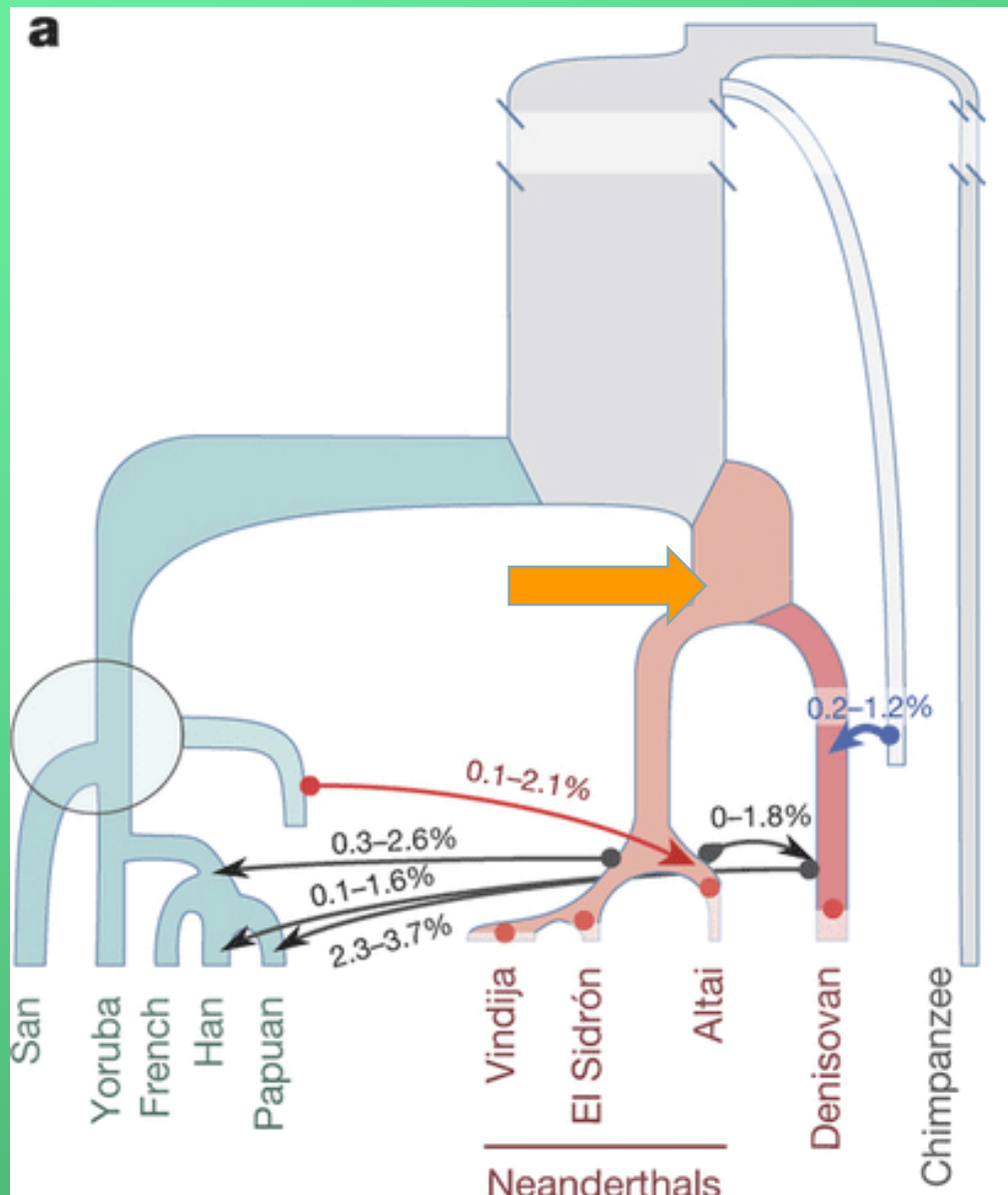


Figure 1 | Percentage of derived alleles shared between the SH specimen and the human, Neanderthal and Denisovan genomes. Ninety-five per cent binomial confidence intervals (CI) are indicated. The thickness of the branches is scaled by the extent of derived allele sharing. See Extended Data Fig. 4 for the total number of informative positions identified in the nuclear genome and Extended Data Table 3 for the number of sequences overlapping these positions.

Популяция является предковой для неандертальцев.

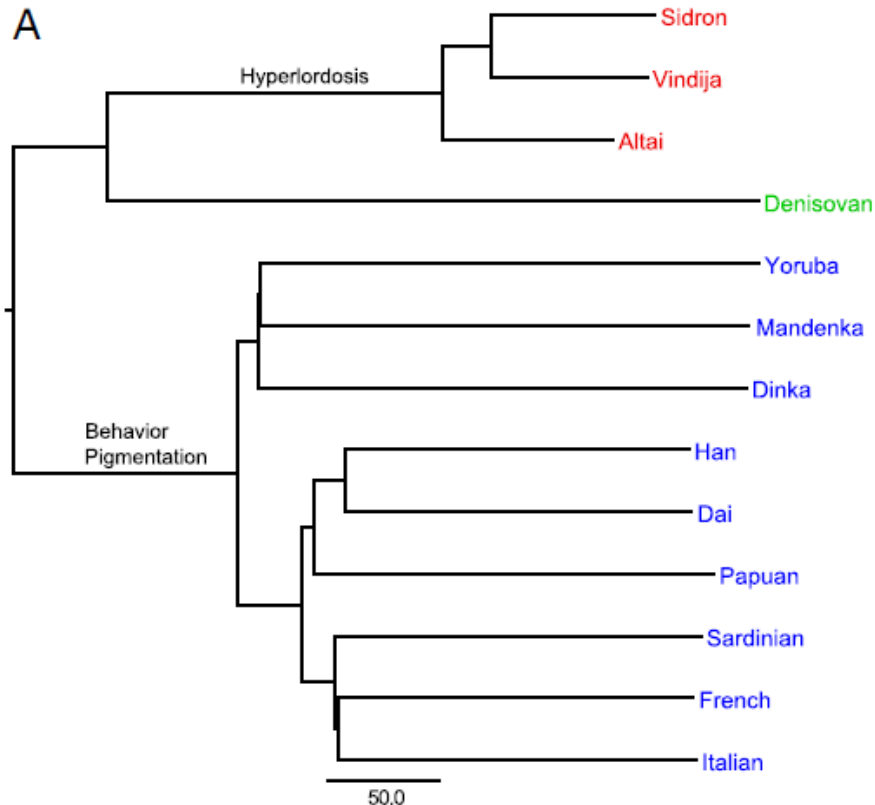
Генетические взаимоотношения поздних представителей рода Homo (метапопуляция гомининов) (Kuhlwilm et al., 2016)



Генетические отличия человека современного типа (по Meyer et al., 2014)

- 31389 ОНП в геноме всех современных людей отличаются от неандертальцев и денисовцев.
- 3117 ОНП предположительно попадают в регуляторные регионы.
- 32 повреждают предполагаемые сайты сплайсинга.
- 96 ОНП изменяют аминокислотный состав 87 белков.
- Среди измененных генов 5 играют роль в развитии коры головного мозга.

Исследование экзоменов неандертальцев (N=3, Алтай, Испания, Хорватия) 17367 белок-кодирующих генов



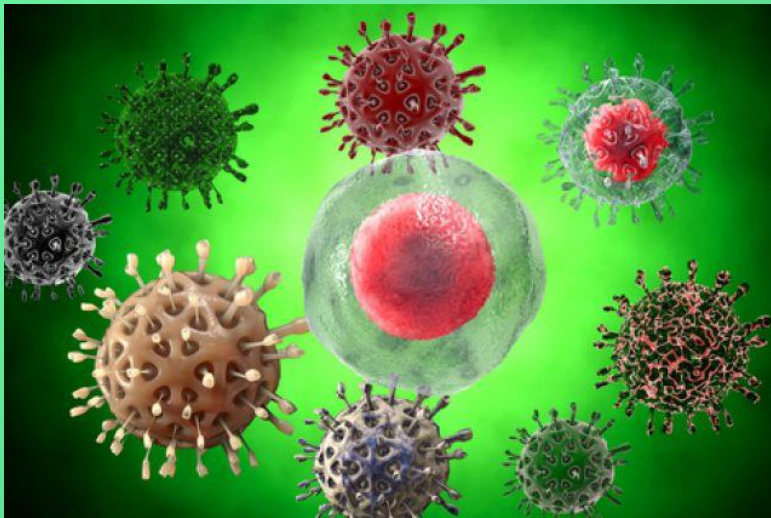
1. Неандертальцы демонстрируют очень низкий уровень генетического разнообразия.
2. У неандертальцев повышена доля несинонимичных замен влияющих на структуру и функцию белков (меньше эффективный размер популяции).
3. У неандертальцев сильнее менялись Гены, связанные с морфологией скелета, У современных людей – с поведением и пигментацией.

Генетическое наследие неандертальцев и денисовцев

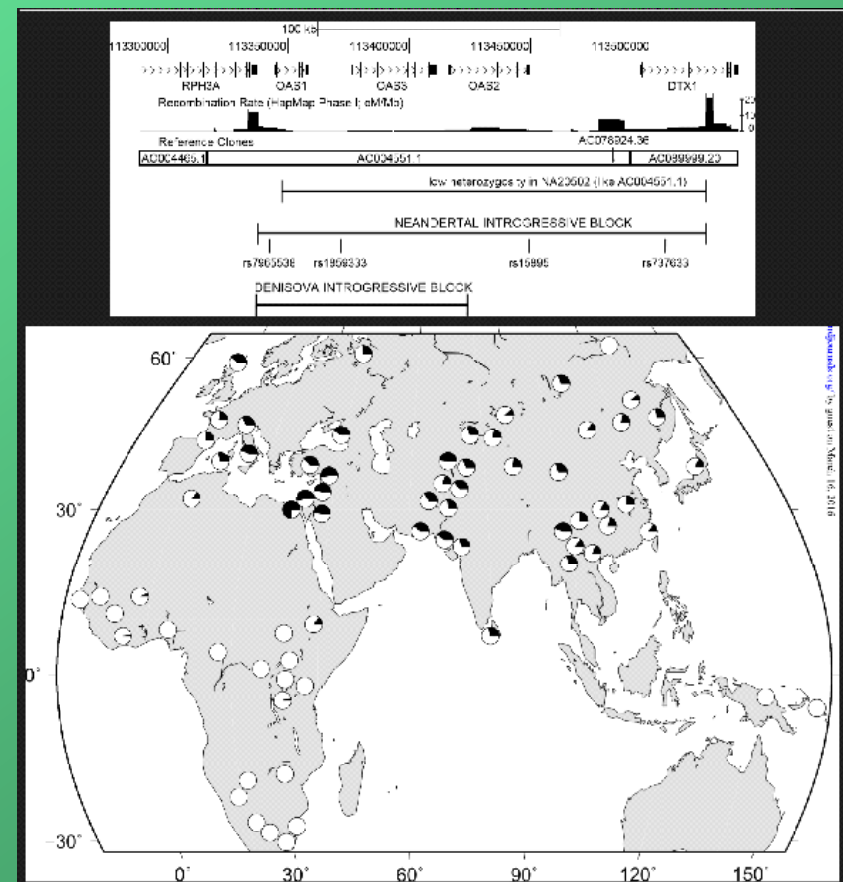


Генетическое население неандертальцев и денисовцев

Защита от вирусов и бактерий



Происхождение OAS генов



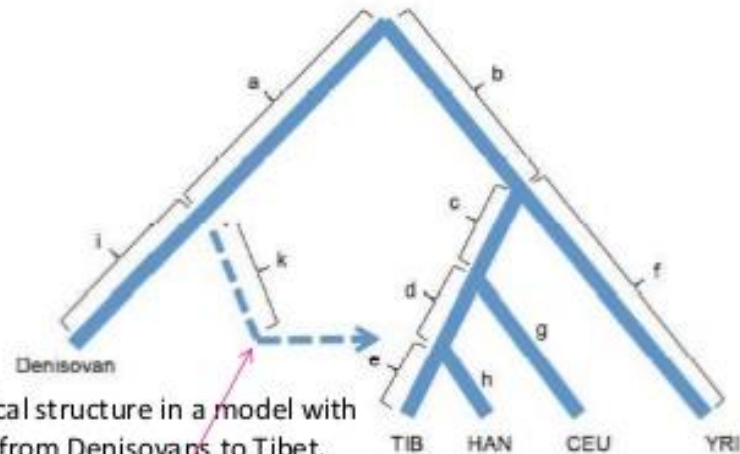
Адаптация к условиям высокогорья у тибетцев (Huerta-Sanchez et al., 2014) Ген EPAS1

Denisovan alleles in modern Tibetans

Altitude adaptation in Tibetans caused by introgression of Denisovan-like DNA

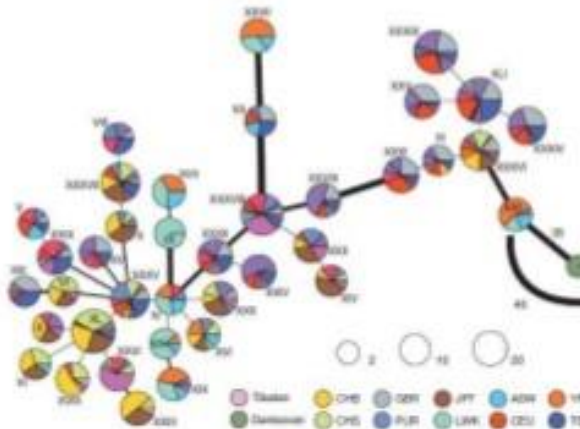
Huerta-Sanchez et al.
Nature 14 August 2014

Tibetan gene conferring high altitude oxygen processing is of Denisovan origin.



Genealogical structure in a model with gene flow from Denisovans to Tibet.

<http://www.nature.com/nature/journal/v512/n7513/full/nature12914.html>



Haplotype network based on the number of pairwise differences between the 40 most common haplotypes



Haplotype network based on the number of pairwise differences between 43 unique haplotypes defined from the 20 most differentiated SNPs between Tibetans and the 14 populations (1000 Genomes Project)