



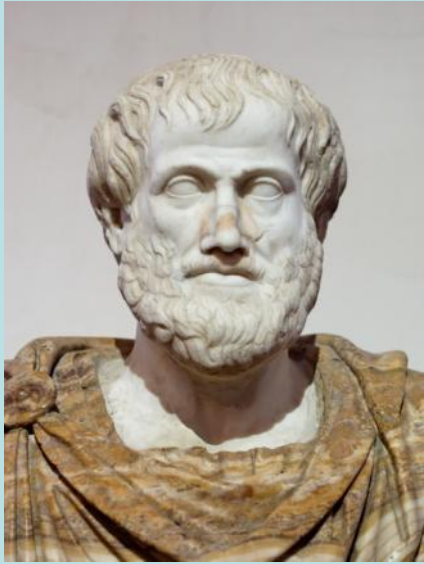
13 октября 16:00  
конференц-зал ИЦиГ СО РАН  
публичная лекция

**Пилипенко Александр**

# **Происхождение и эволюция человека**

**(междисциплинарный подход)**

# Представления некоторых античных ученых о происхождении человека



## Аристотель

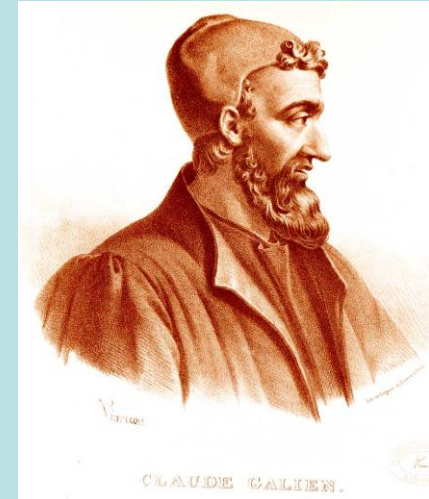
(384 год до н.э. - 7 марта 322 до н.э.)

«О возникновении животных»

Выделил группу «живородящие»:

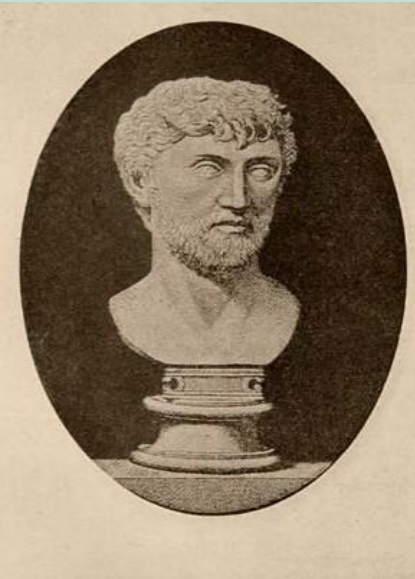
человек, киты, четвероногие

(современные млекопитающие)



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

Впервые обратил внимание на анатомическое сходство человека и обезьян

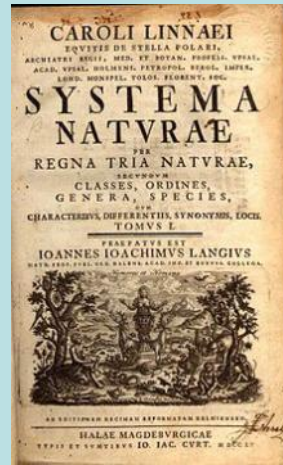
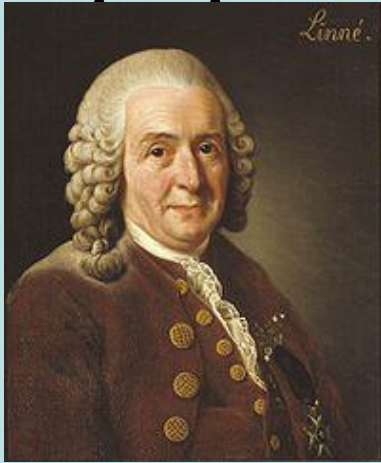


Лукреций Кар (ок. 99 года до н.э. - 55 год до н.э.)

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)

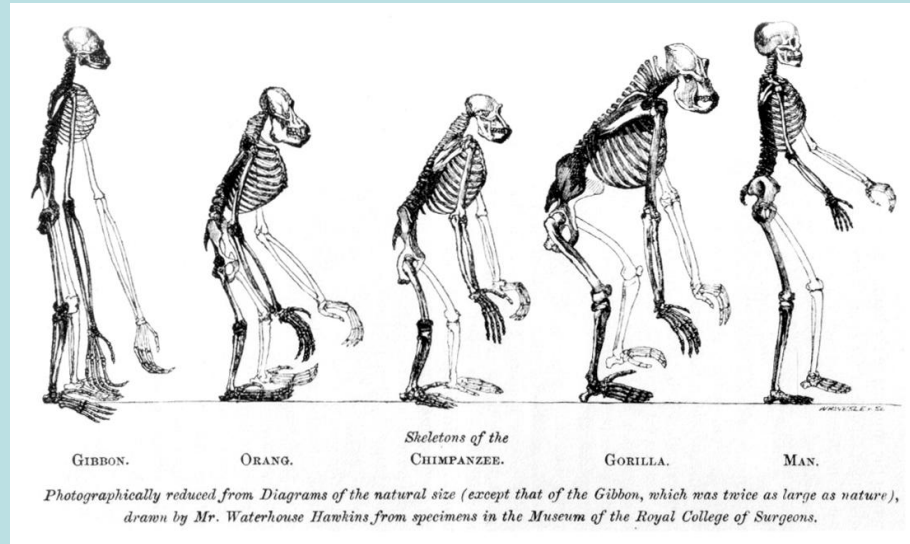


В 1856 году – первая широко известная находка останков неандертальца на территории Германии. Середина XIX в. Формирование особой области палеонтологии – **палеоантропологии**.

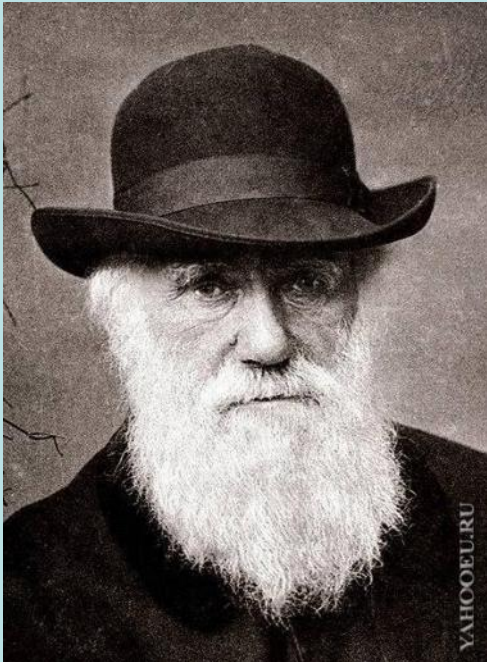
# Работы XIX века



**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.

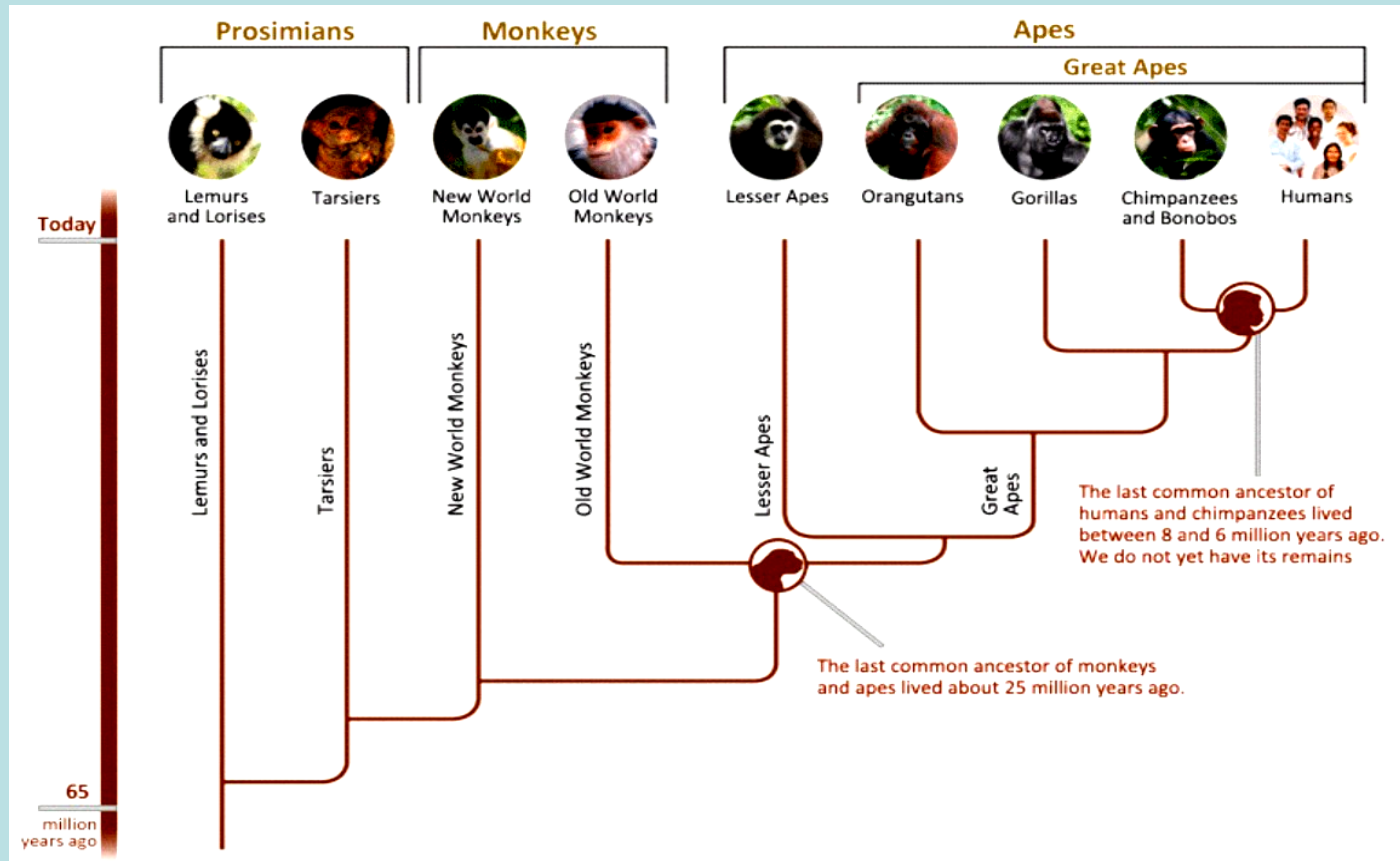
# Антропогенез - мультидисциплинарная наука.

Комплекс подходов к изучению прошлого человечества включает:

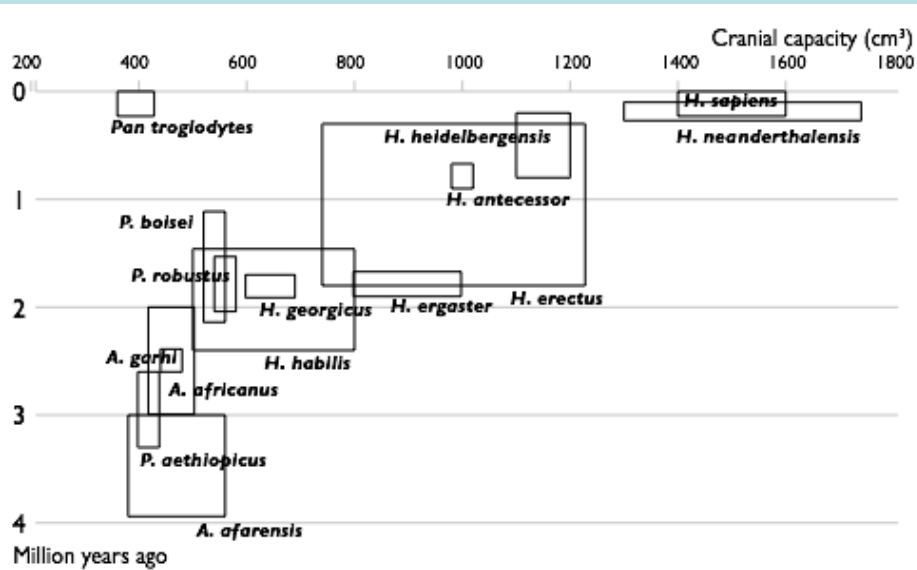
- **Гуманитарные науки:**  
Археология - **археология палеолита**, археология позднейших времен;
- **Физические науки:**  
геология - стратиграфия, геохронология;  
химия;  
тафономия (наука о захоронении ископаемых остатков);  
методы датирования.
- **Биологические науки:**  
биология человека – морфология, физиология, церебрология, **палеонтология человека (палеоантропология)**;  
приматология;  
общая биология - эмбриология, генетика, молекулярная биология, сравнительная анатомия;  
**молекулярная генетика – этногеномика, палеогенетика.**

# Филогенетическое положение человека среди современных организмов.

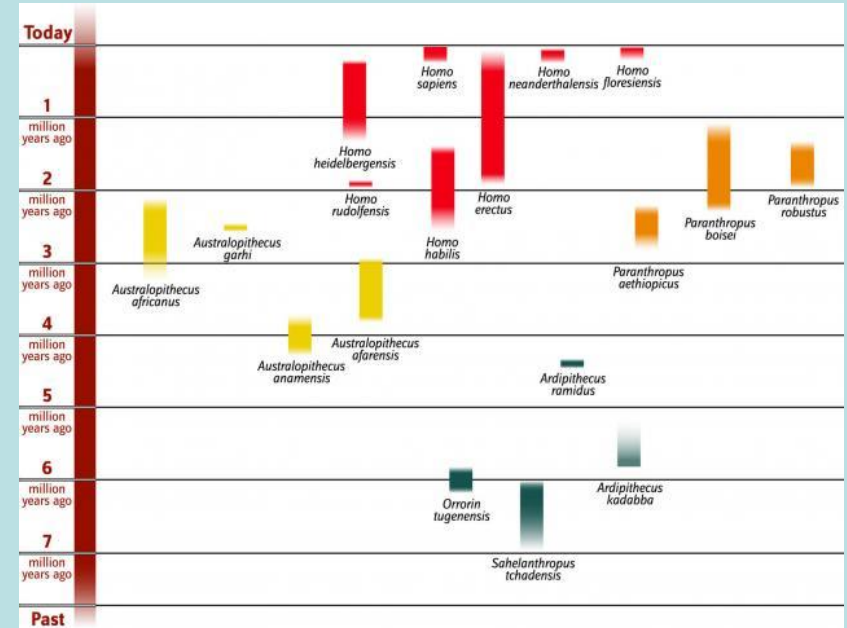
Тип: Хордовые  
Класс: Млекопитающие  
Отряд: Приматы  
Семейство: Гоминиды  
Подсемейство: Гоминины  
Род: Люди  
Вид: Человек разумный



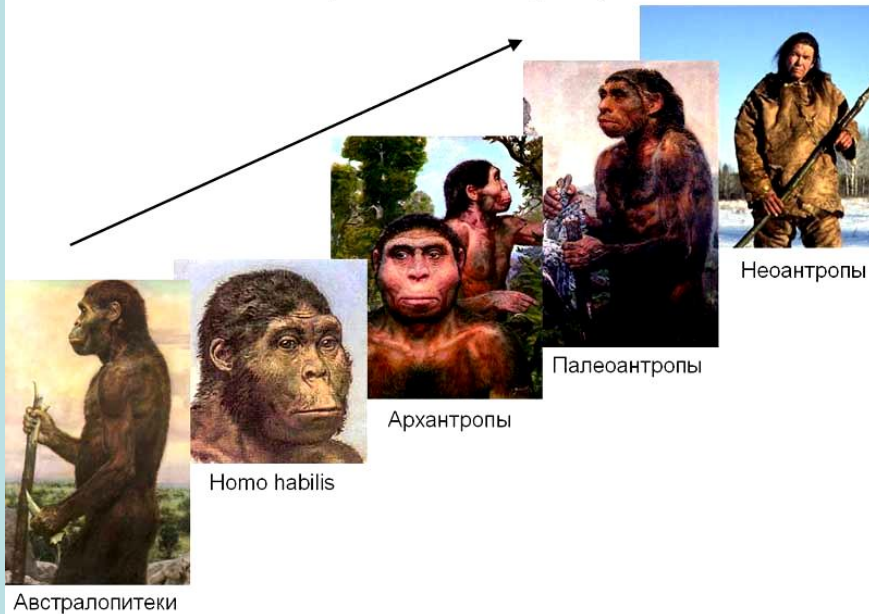
# Линейная и нелинейная эволюция гоминид



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

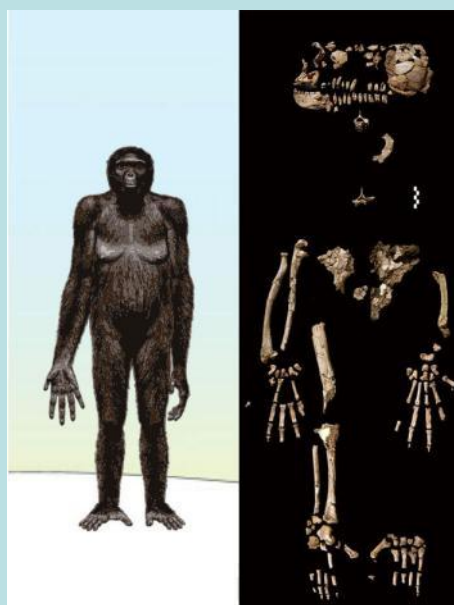
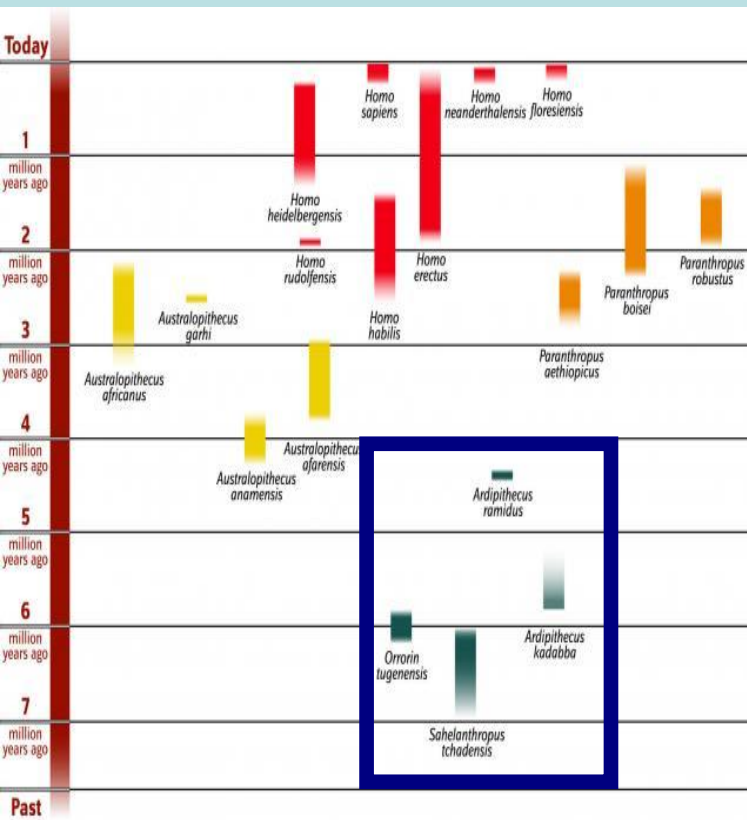


«Линейная» эволюция гоминид по старым представлениям



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

# Эволюция до формирования рода Homo



## 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

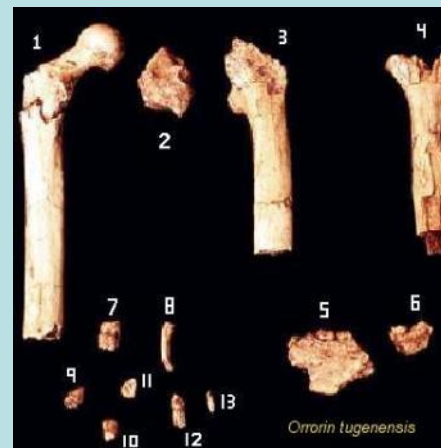
Вероятный предок Homo?

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



## Sahelanthropus tchadensis

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



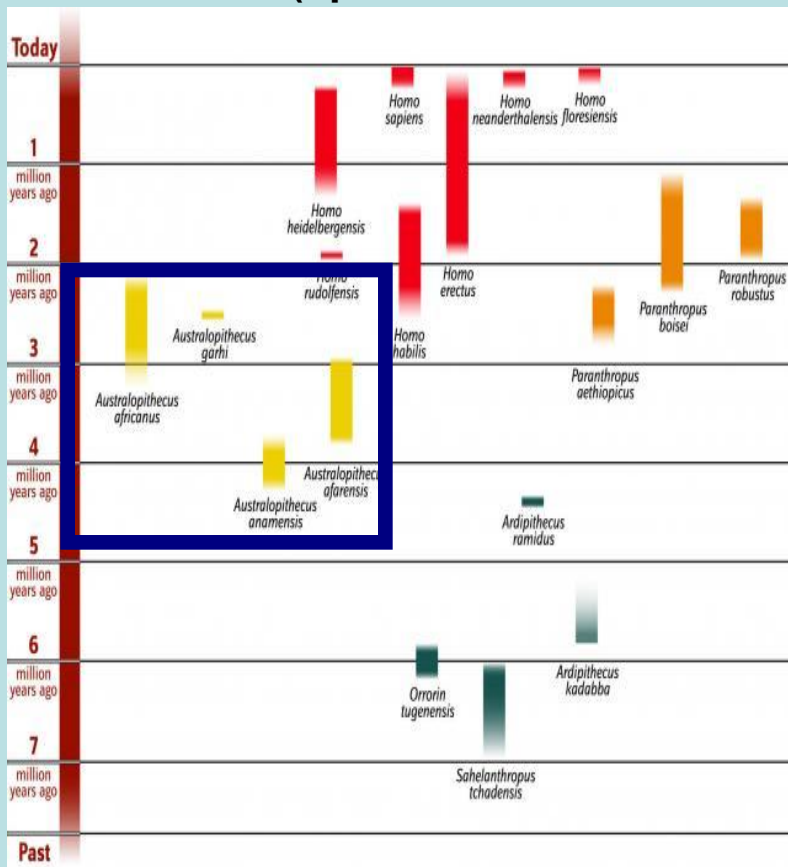
## Orrorin tugenensis (Millenium Man) (2000 г)

Возможный предок Homo?

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 aethiopicus (2008 г)**  
 Южная Африка, около 1,95-1,78 млн. лет



**Australopithecus africanus**  
 Южная Африка, примерно 3,3-2,1 млн. лет

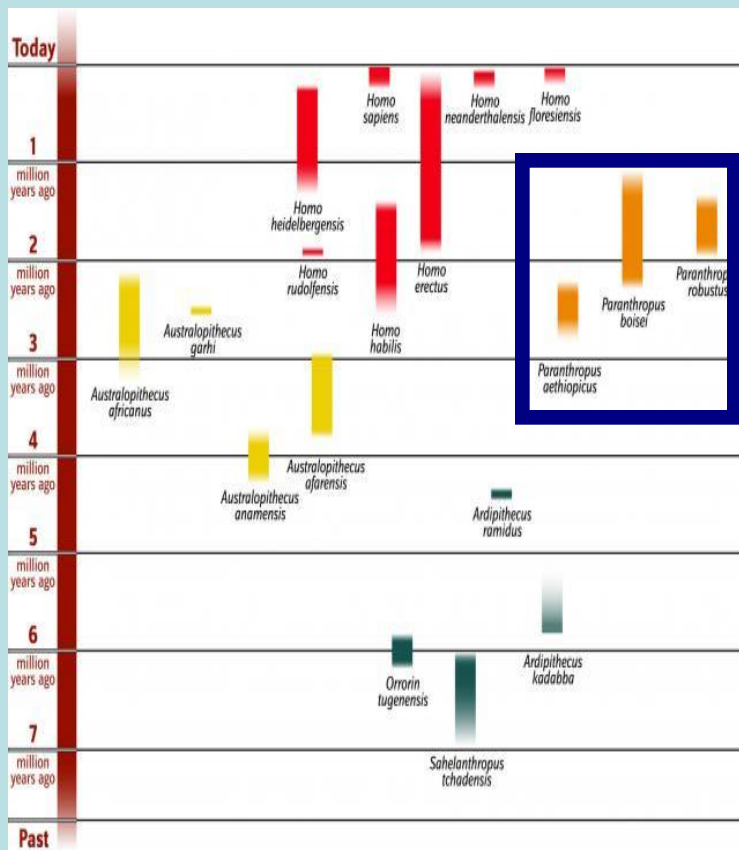


**Australopithecus afarensis (Люси)**  
 Восточная Африка (Эфиопия, Кения, Танзания), примерно 3,85-2,95 млн. лет



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

# Эволюция до формирования рода Homo. Парантропы (тупиковая ветвь эволюции человека)



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



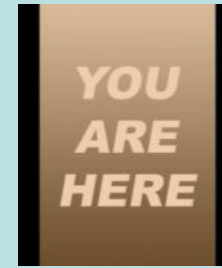
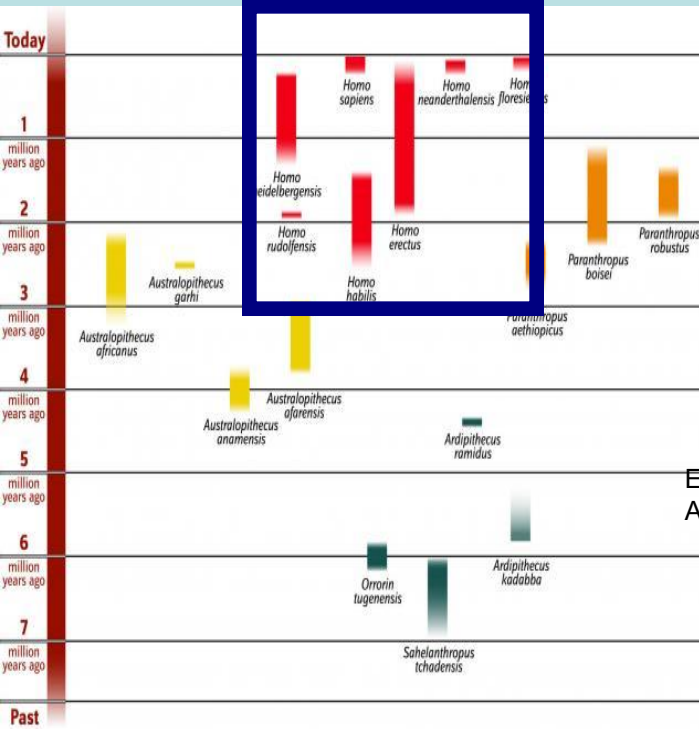
**Paranthropus boisei**  
Восточная Африка (Эфиопия, Кения, Танзания), примерно 2,3-1,2 млн. лет



**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 200 000-28 000 лет



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



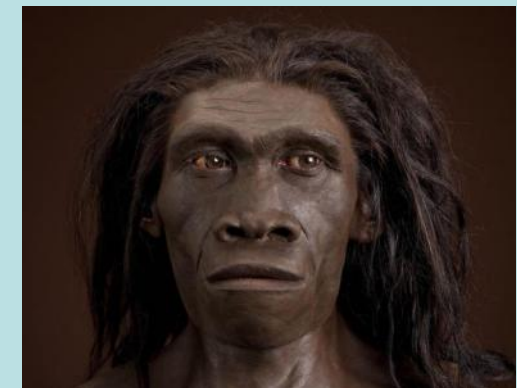
**Homo heidelbergensis**  
Европа, возможно Азия (Китай); Африка (Восточная и Южная), около 700 000-200 000 лет



**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**

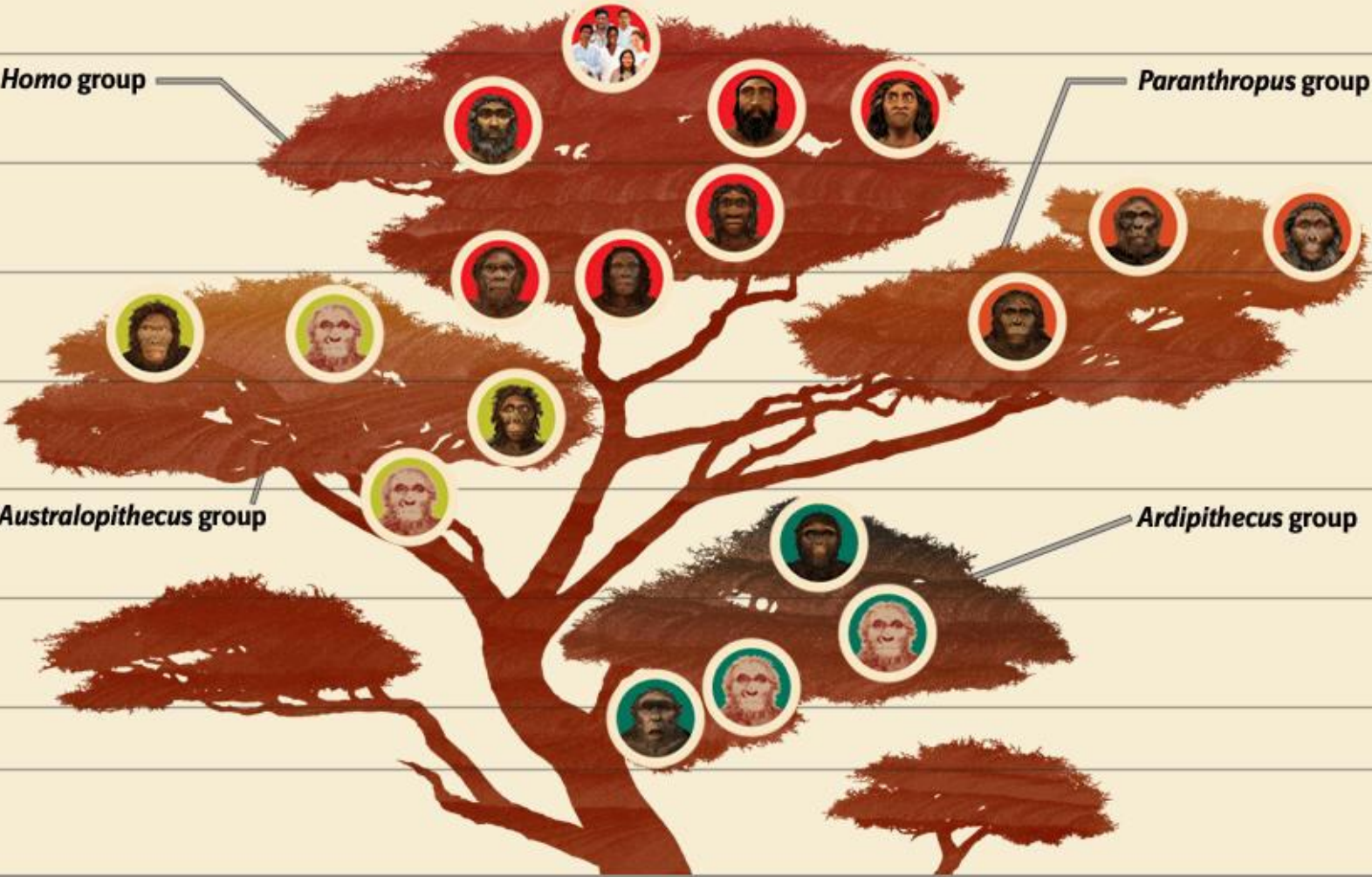
5

million  
years ago

6

million  
years ago

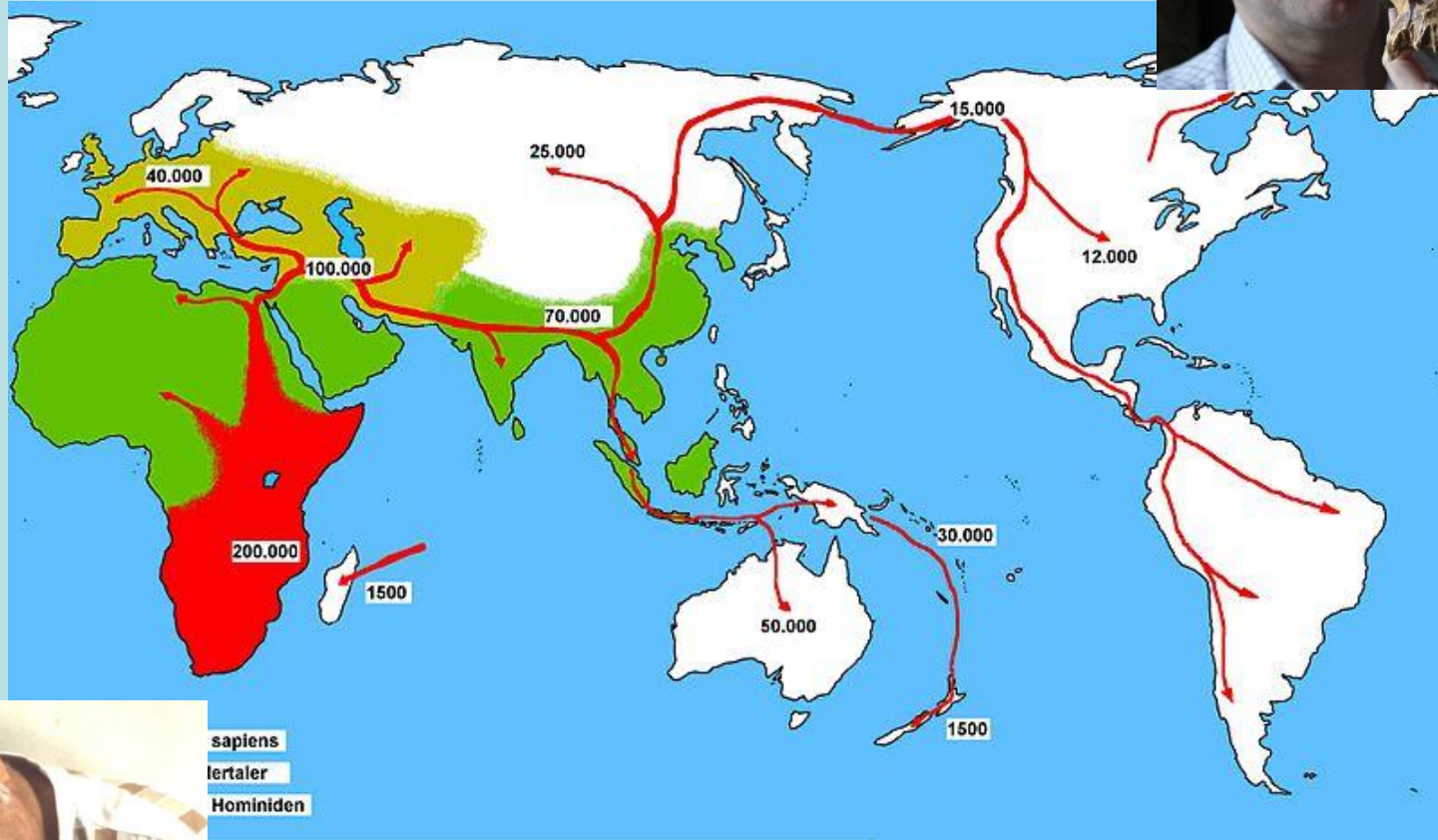
Past



# Происхождение и эволюция Homo sapiens

## 1. Гипотеза недавнего африканского происхождения:

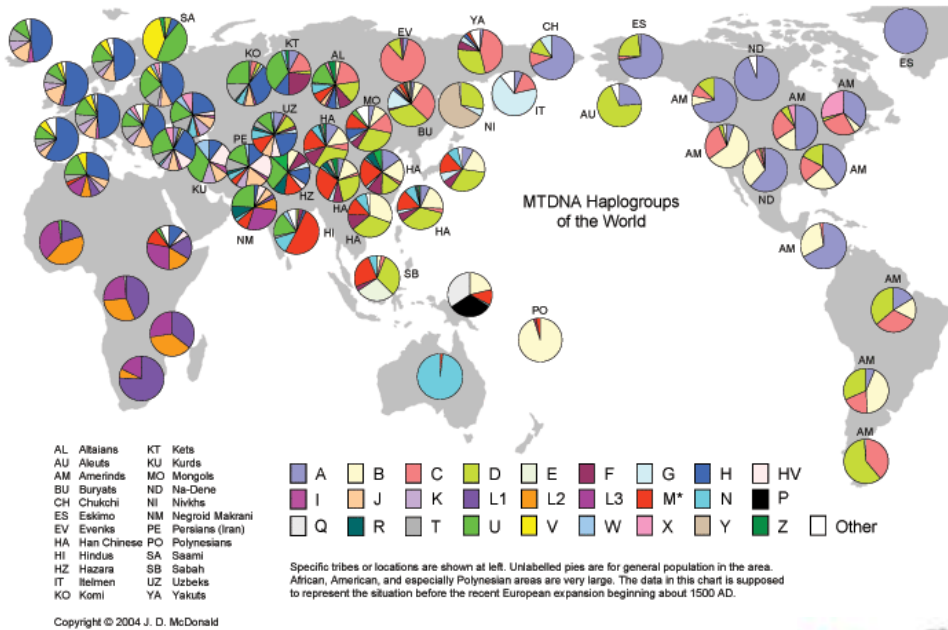
вид *H. sapiens* сформировался на территории Африки менее 200 тысяч лет назад. Затем его представители мигрировали из Африки и заселили другие континенты, вытесняя другие виды Гоминид без гибридизации с ними.



## 2. Гипотеза мультирегионального происхождения:

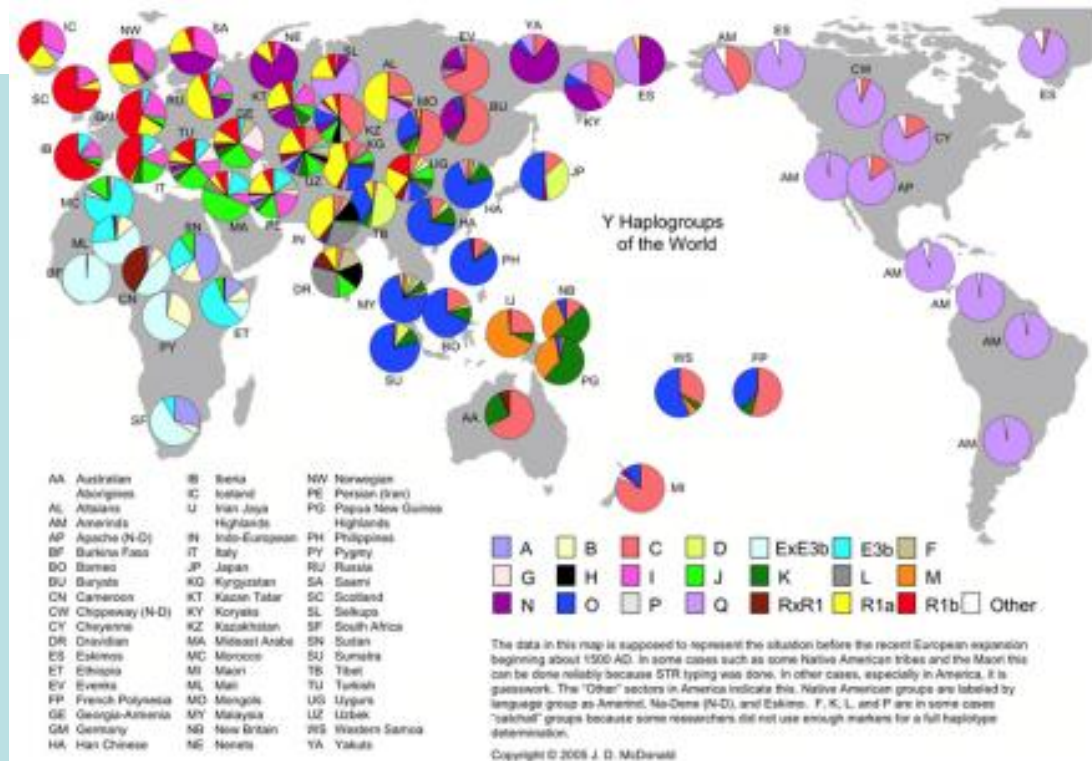
Локальная параллельная эволюция Гоминид на территории различных континентов (поздние формы *H. erectus* и другие) привела к формированию различных территориальных групп анатомически современного человека.

# Разнообразие генофондов мтДНК и Y-хромосомы в современных популяциях человека

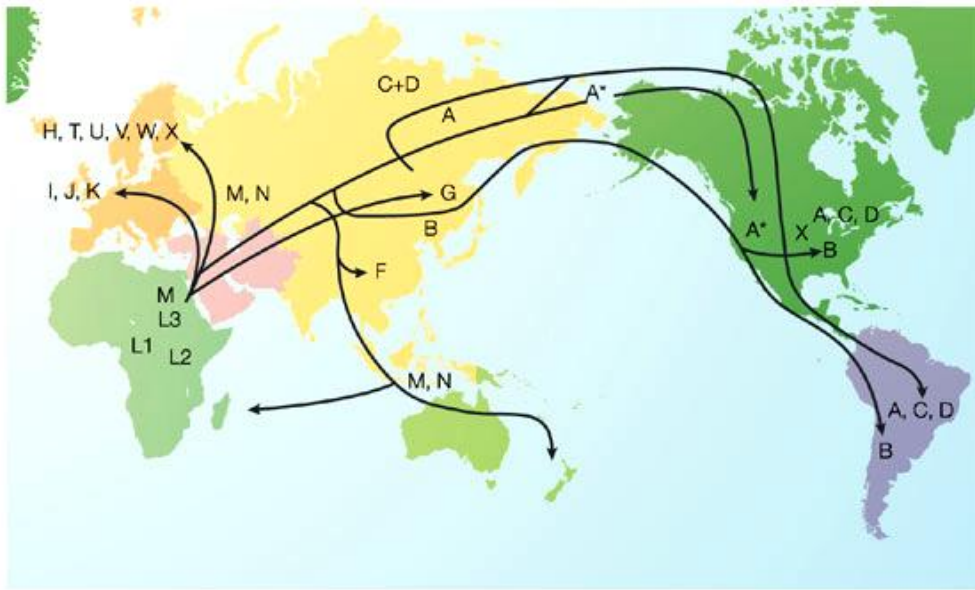


Наиболее дивергированные варианты мтДНК и Y-хромосомы характерны для генофондов некоторых африканских популяций.

Африканские варианты – предковые для всех остальных.

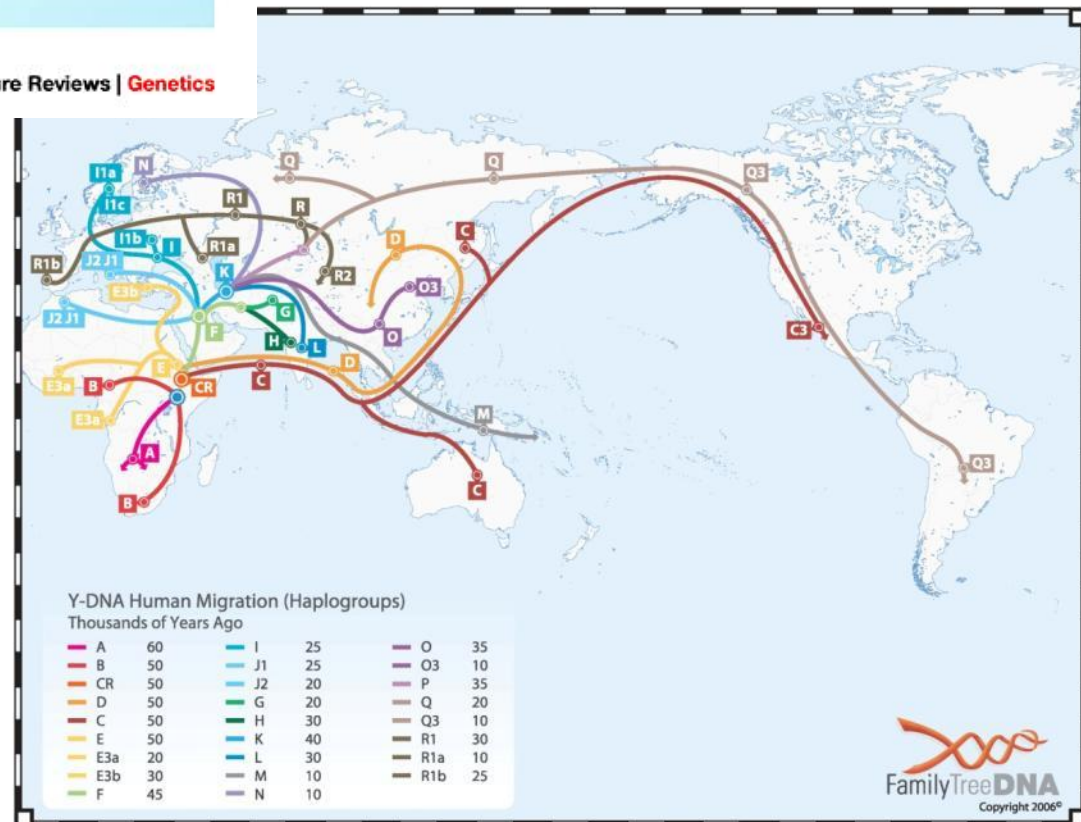


# Маршруты расселения Homo Sapiens из Африки по данным мтДНК и Y-хромосомы



Nature Reviews | Genetics

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



# Исследование мтДНК *H. neanderthalensis*. Данные по первому гипервариабельному сегменту.



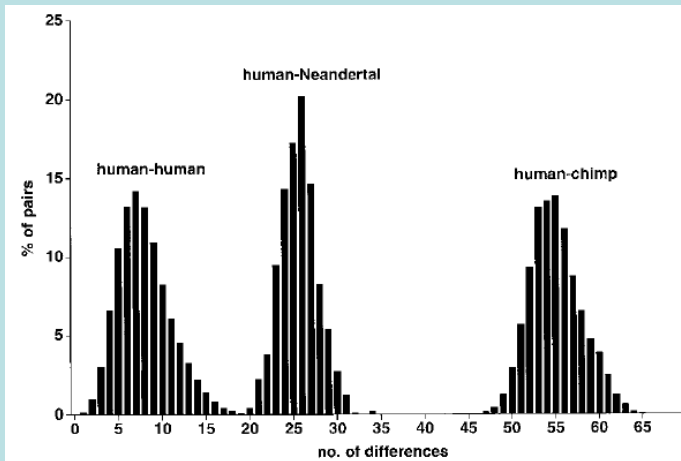
Cell, Vol. 90, 19-30, July 11, 1997, Copyright ©1997 by Cell Press

## Neandertal DNA Sequences and the Origin of Modern Humans

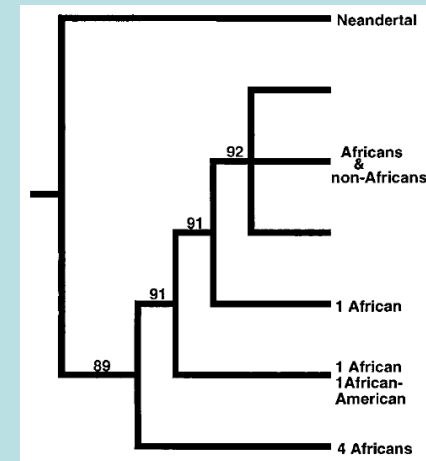
Matthias Krings,<sup>1</sup> Anne Stone,<sup>1</sup> Ralf W. Schmitz,<sup>1</sup> Heike Krainitzki,<sup>2</sup> Mark Stoneking,<sup>1</sup> and Svante Paabo\*  
<sup>1</sup>Zoological Institute  
University of Munich  
PO Box 202136  
D-80021 Munich  
Germany  
<sup>2</sup>Department of Anthropology  
Pennsylvania State University  
State College, Pennsylvania 16802  
<sup>3</sup>Rheinisches Amt für Bodendenkmalpflege  
Enderichs Strasse 133  
D-53115 Bonn  
Germany  
<sup>4</sup>Hohe Berufsschule für  
präparationstechnische Assistenten  
Marktstrasse 185  
D-44799 Bochum  
Germany

these analyses rely on assumptions, such as the absence of selection and a clock-like rate of molecular evolution in the DNA sequences under study, whose validity has been questioned (Wolpoff, 1989; Templeton, 1992). An additional and more direct way to address the question of the relationship between modern humans and Neandertals would be to analyze DNA sequences from the remains of Neandertals.

The reproducible retrieval of ancient DNA sequences became possible with the invention of the polymerase chain reaction (Mullis and Faloona, 1987; Paabo et al., 1989). However, theoretical considerations (Paabo and Wilson, 1991; Lindahl 1993a) as well as empirical studies (Paabo, 1989; Hoss et al., 1996a), show that DNA in fossil remains is highly affected by hydrolytic as well as oxidative damage. Therefore, the retrieval of DNA sequences older than about 100,000 years is expected to be difficult, if not impossible, to achieve (Paabo and Wilson, 1991). Fortunately, Neandertal remains fall within the age range that in principle allows DNA se-



Распределение числа нуклеотидных отличий при попарном сравнении последовательностей ГВС1 мтДНК (Krings et al., 1997).



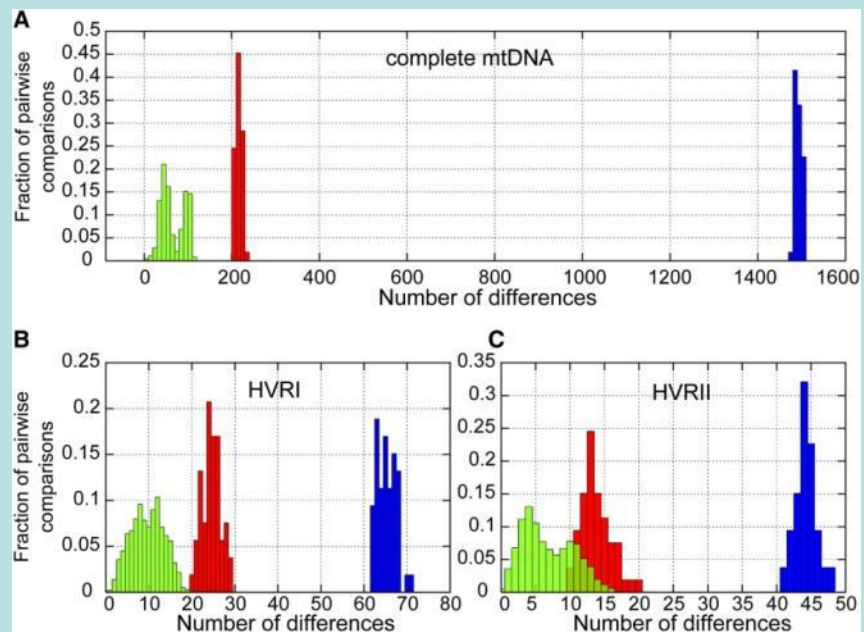
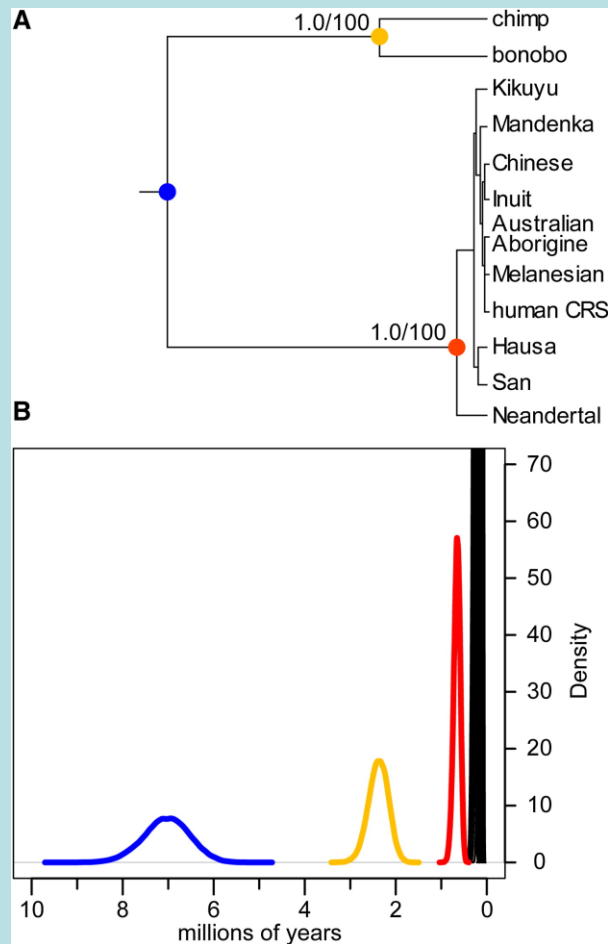
Филогения ГВС1 мтДНК неандертальца и анатомически современных людей (Krings et al., 1997)

## Предварительные выводы по ГВС I:

1. *H. sapiens* и *H. neanderthalensis* являются разными видами людей.
2. Нет признаков гибридизации *H. sapiens* и *H. neanderthalensis*.



# Исследование полной последовательности мтДНК *H. neanderthalensis*



Распределение числа нуклеотидных отличий при попарном сравнении последовательностей мтДНК (Green et al., 2008).

Филогения мтДНК неандертальца и анатомически современных людей (Green et al., 2008)

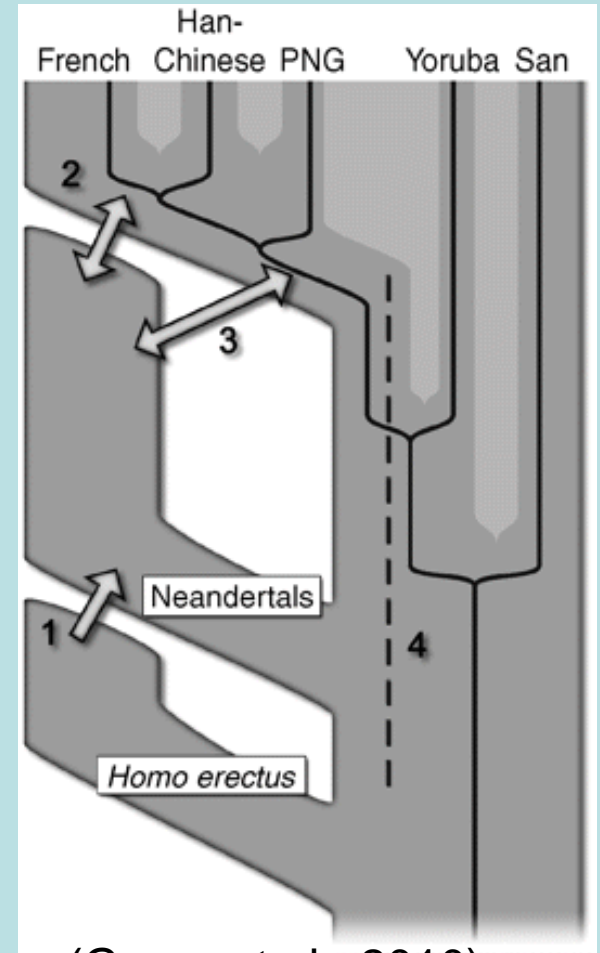
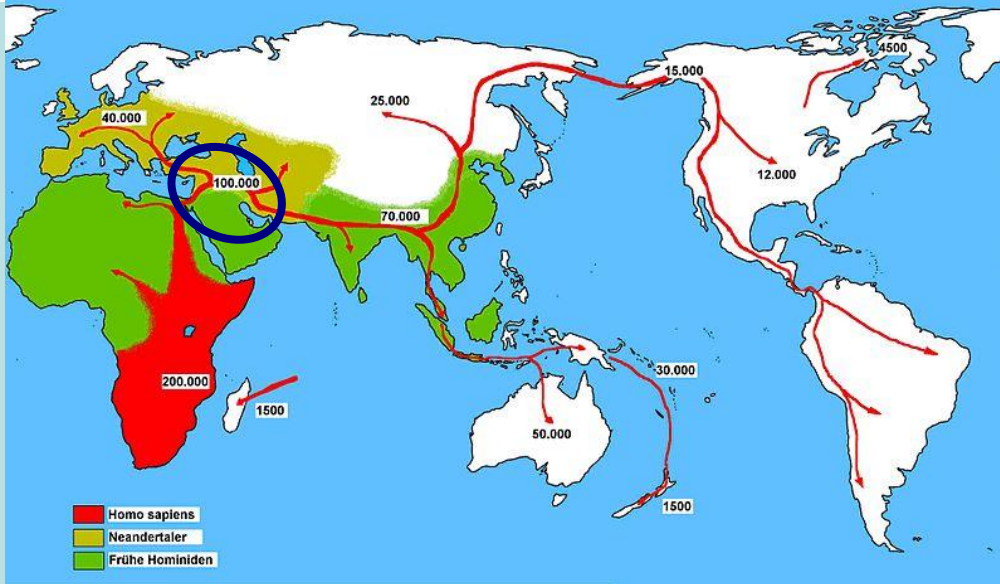
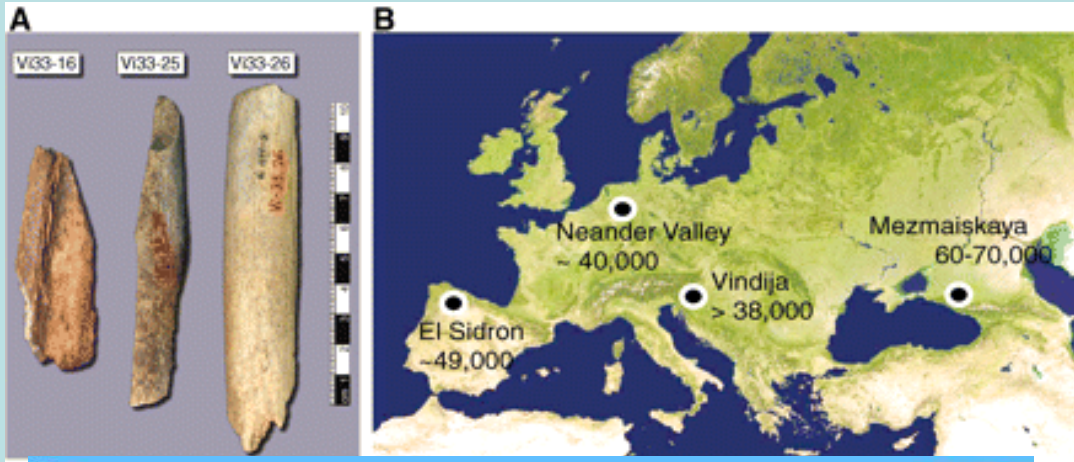
Митохондриальный геном неандертальца (16565 п.н.) содержит 206 нуклеотидных замен относительно CRS (195 транзиций и 11 трансверсий).

Время дивергенции последовательностей мтДНК 660 $\pm$ 140 тыс. лет.

Данные по полному ядерному геному неандертальца.

Дивергенция последовательности ядерного генома – 825000 лет назад.

Время дивергенции популяций – 270-440 тысяч лет назад.



(Green et al., 2010)

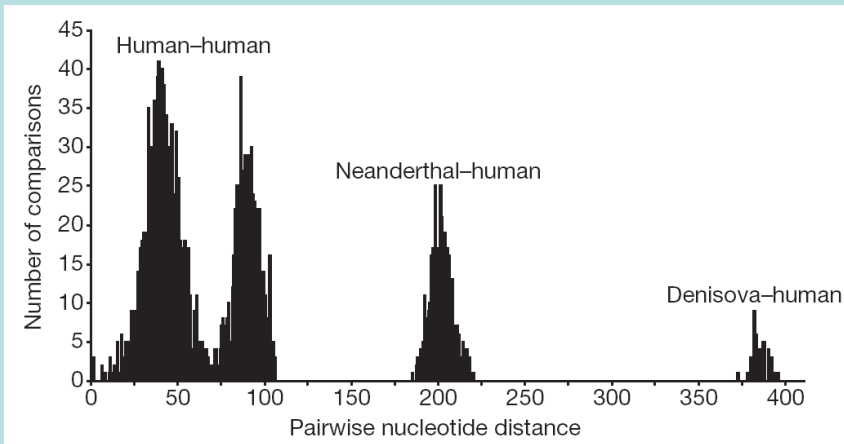
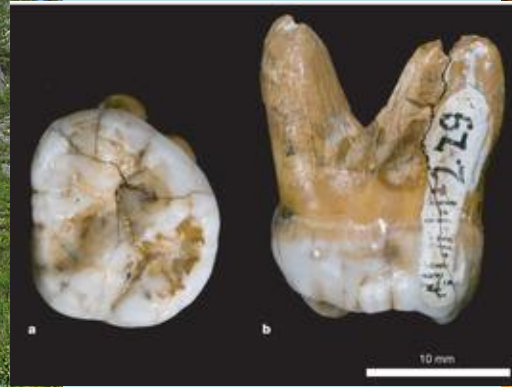
Выявлен вклад неандертальцев в генофонд современного человека за пределами Африки в размере 1-4% генома. Гибридизация неандертальца и современного человека происходила до дивергенции основных групп населения Евразии.

# Геном неандертальца – инструмент для изучения генетических механизмов поздних стадий эволюции *Homo sapiens*

## ***Алгоритм выявления специфических признаков генома *Homo sapiens****

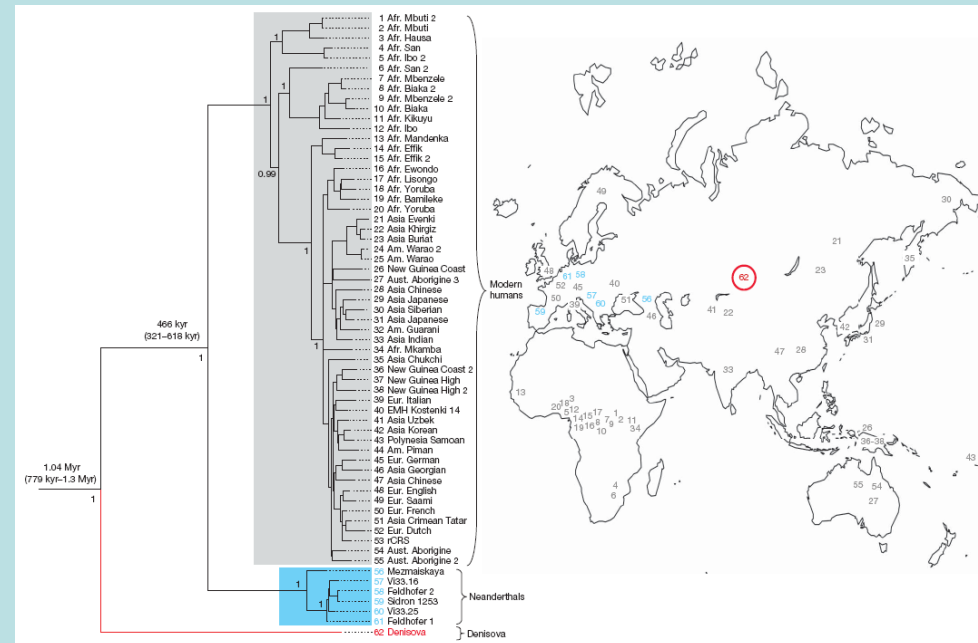
- Определение сайтов, которые универсальны для *Homo sapiens* и отличаются от человекообразных обезьян;
- Сравнение выявленных сайтов генома у человека и неандертальца, определяем какие сайты изменились до, а какие после дивергенции современного человека и неандертальца;
- Особый интерес представляют сайты, изменившиеся после дивергенции этих видов;
- В работе Green et al., 2010 выявлено 78 нуклеотидных замен, возникших после дивергенции современных людей и неандертальцев и изменяющих структуру белковых продуктов;
- Только в шести генах произошли существенные изменения (фиксация более одной несинонимичной нуклеотидной замены или появление/исчезновение стоп-кодона). Функции этих генов связаны с морфологией и/или физиологией кожных покровов человека, мозговой деятельностью, энергетическим метаболизмом.  
**SPAG17, PCD16, TTF1, CAN15, RPTN, TRPM1.**
- Кроме того обнаружена фиксация замен в потенциальных регуляторных областях генов и в генах, кодирующих миРНК.

# Исследование полной последовательности мтДНК денисовского человека



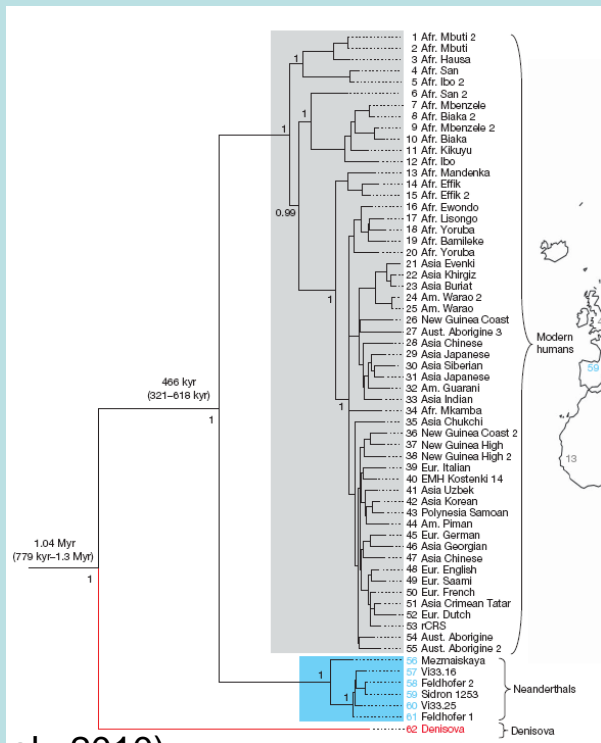
Распределение числа нуклеотидных отличий при попарном сравнении последовательностей мтДНК (Krause et al., 2010).

Время дивергенции мтДНК составило 1 млн. лет

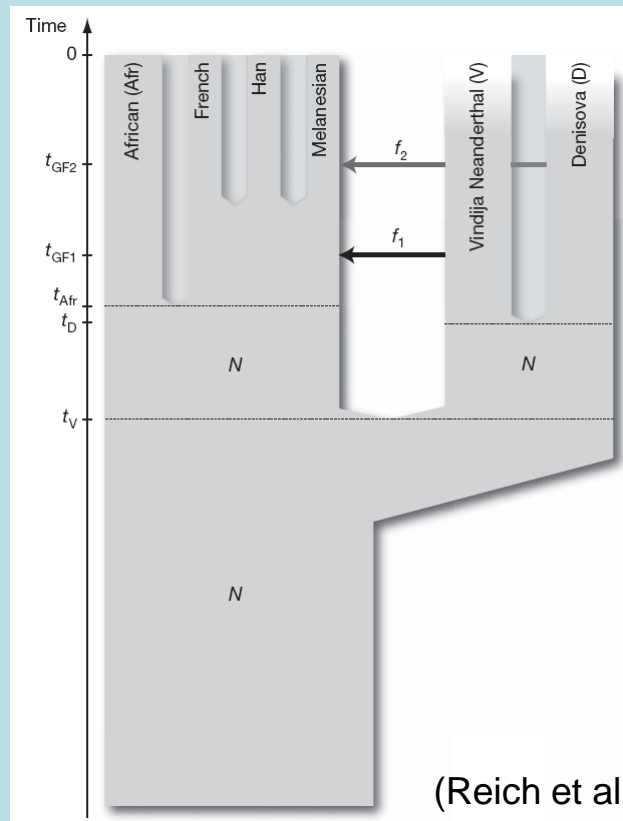


Филогения мтДНК денисовца, неандертальца и анатомически современных людей (Krause et al., 2010)

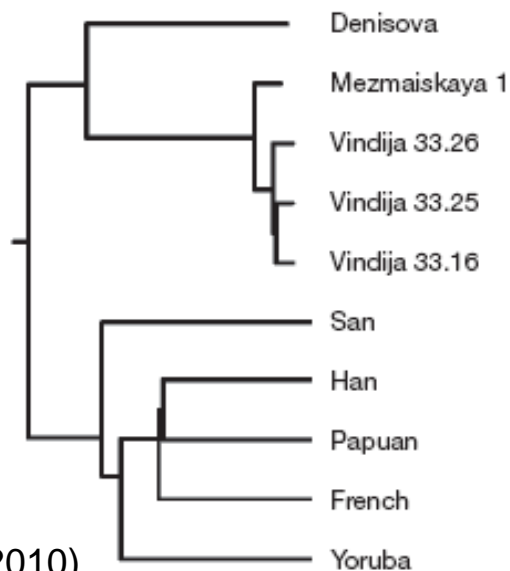
# Данные по полному ядерному геному денисовца.



(Krause et al., 2010)



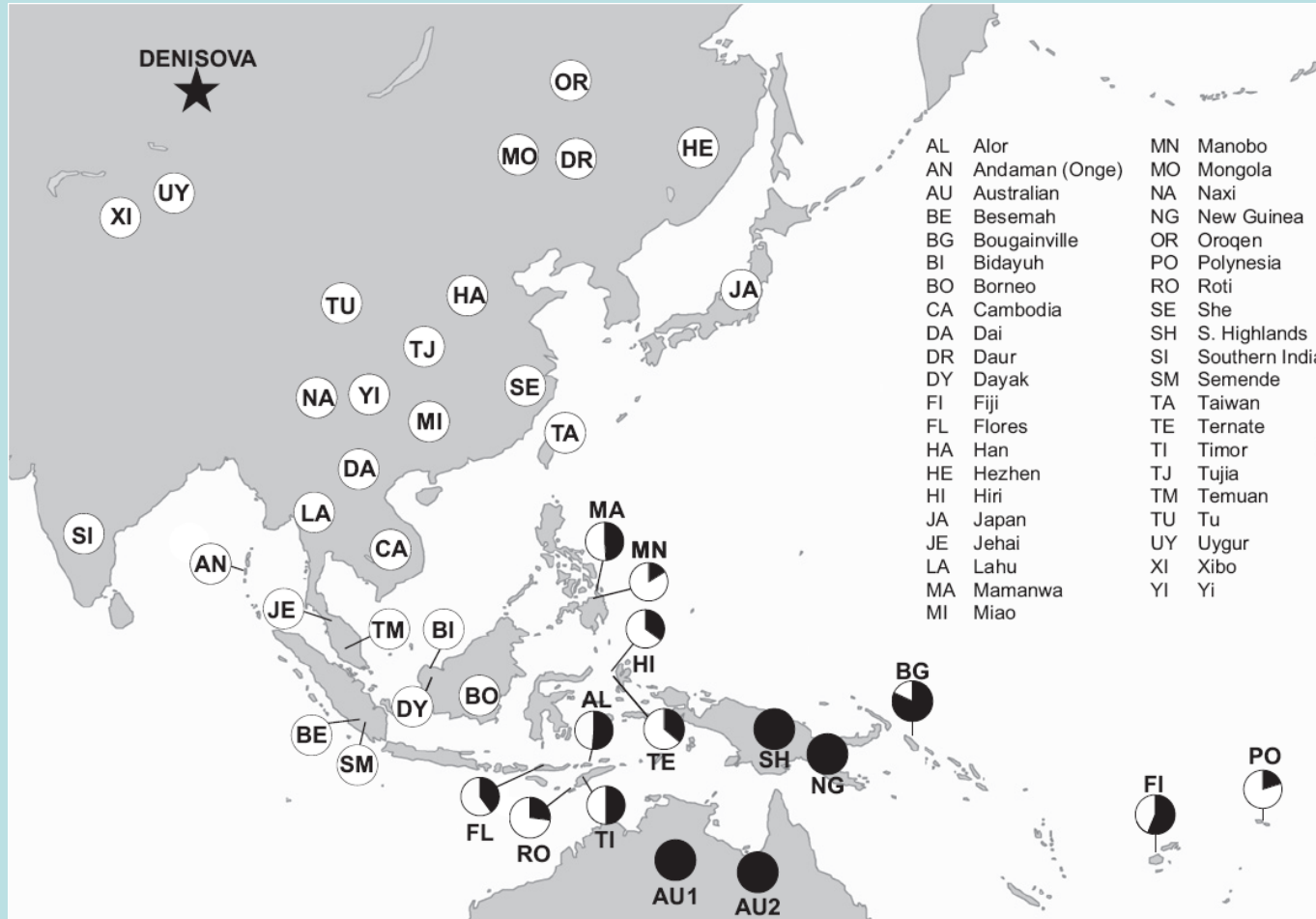
(Reich et al., 2010)



(Reich et al., 2010)

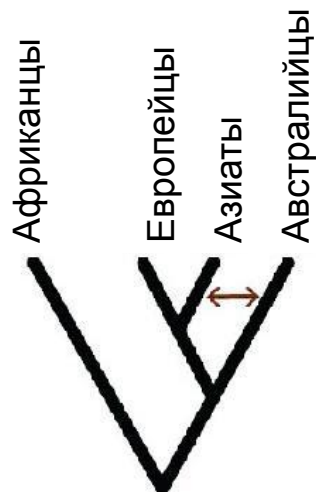
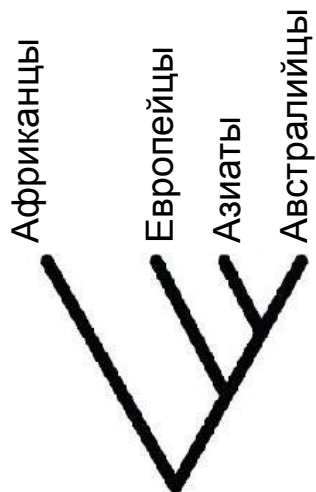
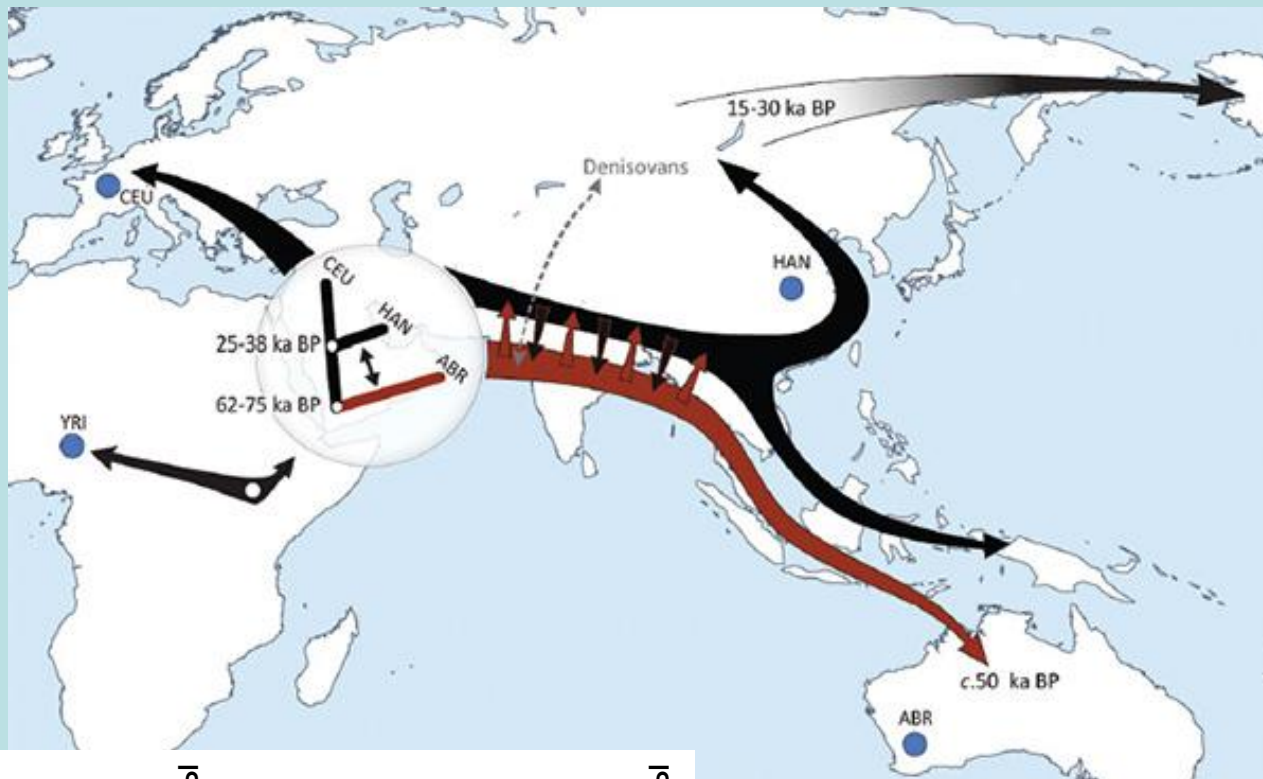
Филогения денисовцев по ядерной и мтДНК отличаются: ДНК денисовцев вместе с неандертальской отделились от африканцев порядка 800000 лет назад, и дивергировали друг от друга порядка 640000 лет назад. Таким образом, денисовцы и неандертальцы имели период общей эволюции после дивергенции от предка современных людей.

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



(Reich et al., 2011)

# Свидетельство двух волн заселения Азии анатомически современными людьми

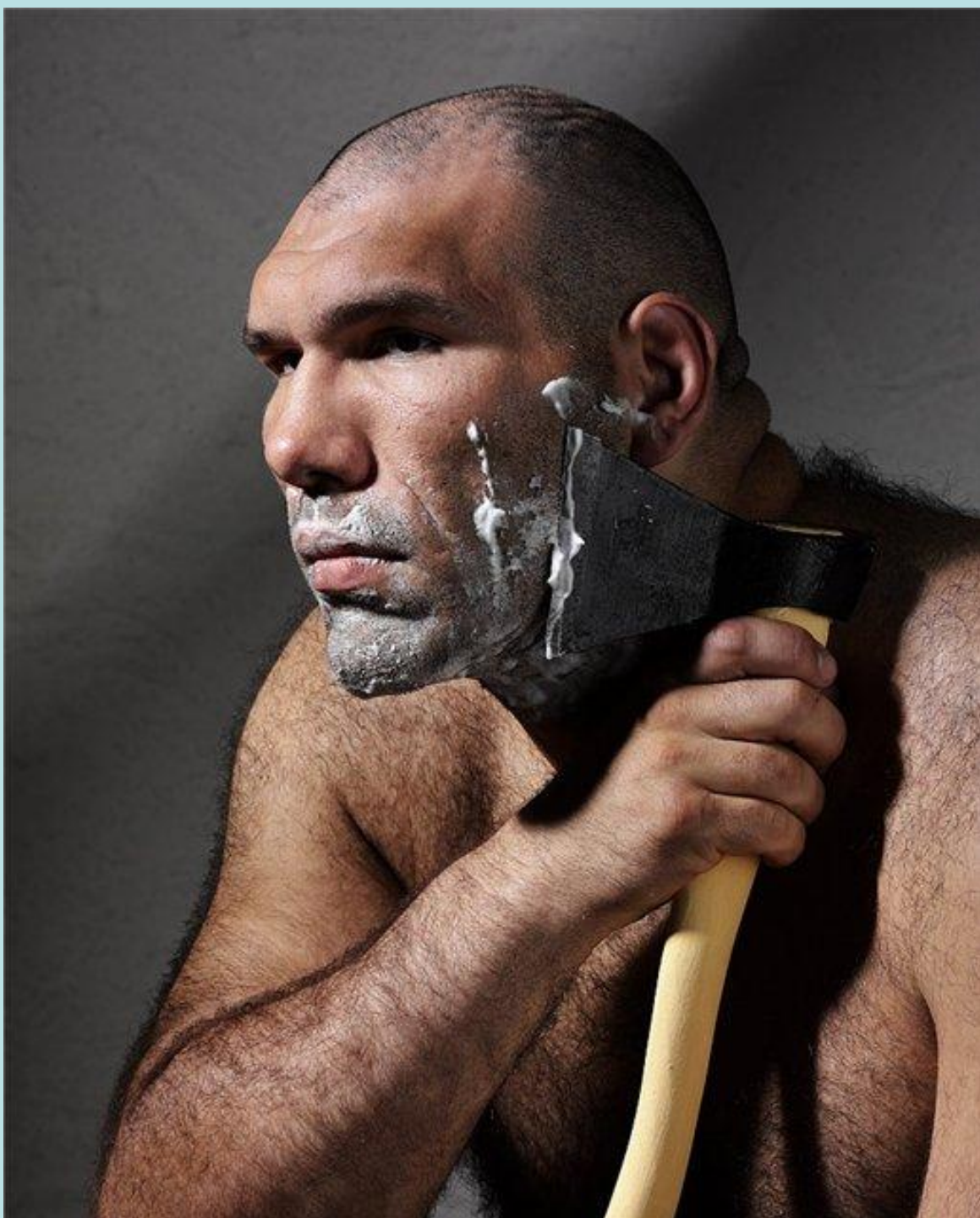


(Rasmussen et al., 2011)

# Заключение

- Ранние этапы эволюции человека до возникновения рода Homo остаются неясными;
- Совокупность имеющихся данных подтверждает недавнее африканское происхождение Homo Sapiens;
- Развитие методов палеогенетики в рамках комплексного подхода к исследованию антропогенеза открывает перспективы объективной реконструкции различных этапов антропогенеза и молекулярно-генетических механизмов эволюции человека;
- Данные палеогенетики свидетельствуют об участии поздних видов гоминид (неандертальцев и денисовцев) в формировании генофонда современного населения за пределами Африки





# Сравнительная таблица видов рода Homo.

Виды	Эпоха (млн лет назад)	Ареал обитания	Средний рост(м)	Масса Тела (кг)	Объём головного Мозга(см3)	Ископаемые останки	Дата открытия/перво й публикации
<i>H. habilis</i>	2.2 – 1.6	Африка	1 – 1.5	33 – 55	660	множество	1960/1964
<i>H. erectus</i>	2 – 0.03	Африка, Евразия(Ява, Кавказ, Китай)	1.8	60	850 – 1100	множество	1891/1892
<i>H. rudolfensis</i>	1.9	Кения	_____	_____	_____	1 череп	1972/1986
<i>H. georgicus</i>	1.8	Грузия	_____	_____	600	несколько	1999/2002
<i>H. ergaster</i>	1.9 – 1.4	Южная и Восточная Африка	1.9	_____	700 – 850	множество	1975
<i>H. antecessor</i>	1.2 – 0.8	Испания	1.75	90	1000	2 стоянки	1997
<i>H. cepranensis</i>	0.9 – 0.8	Италия	_____	_____	1000	1 черепная крышка	1994/2003
<i>H. heidelbergensis</i>	0.6 – 0.25	Европа, Африка, Китай	1.8	60	1100 – 1400	множество	1908
<i>H. neanderthalensis</i>	0.33 – 0.03	Европа, Западная Азия	1.6	55 – 70	1200 – 1700	множество	(1829)/1864
<i>H. rhodesiensis</i>	0.3 – 0.12	Замбия	_____	_____	1300	очень мало	1921
<i>H. sapiens sapiens</i>	0.2 – до наст. время	повсеместно	1.4 – 1.9	50 – 100	1000 – 1850	Ныне живущий	-/1758
<i>H. sapiens idaltu</i>	0.16 – 0.15	Эфиопия	_____	_____	1450	3 черепа	1997/2003
<i>H. floresiensis</i>	0.1 – 0.012	Индонезия	1	25	400	7 особей	2003/2004