

# Длину поколения вычислили по неандертальцам

[Належда Маркина](#)

Метод «рекомбинантных часов» для датировки древних образцов и для определения длины поколения

**Новый метод молекулярно-генетической датировки, предложенный в статье команды Дэвида Райха, основан на сравнении древних и современных геномов по длине неандертальских фрагментов ДНК. В отличие от радиоуглеродной датировки, этот метод точнее работает на более старых образцах. С его помощью авторы также вычислили длину поколения (26-30 лет), предположив, что она существенно не менялась за 45 тысячелетий.**

Правильная датировка древних образцов часто становится камнем преткновения для того, чтобы реконструировать эволюцию наших предков, историю их миграций и демографические события. В статье, опубликованной командой проф. Дэвида Райха (David Reich, Гарвардская медицинская школа в Бостоне) [в журнале PNAS](#), представлен молекулярно-генетический метод датировки древних останков человека, который авторы назвали «рекомбинантными часами». Принцип метода заключается в сравнении длины неандертальских ДНК-последовательностей в современных и древних геномах.

Авторы исходят из того, что основной поток генов от неандертальцев к человеку современного вида имел место около 45-50 тыс. лет назад, и даже если этот поток был не один, а два или три (к нему склоняются данные последних работ), его следы в древних и современных геномах появились одновременно. Но со временем фрагменты ДНК, заимствованные от неандертальцев, разбиваются рекомбинациями и становятся короче. Таким образом, сравнивая длину неандертальских фрагментов в древних и современных геномах, можно установить время жизни носителя древней ДНК. Скорость рекомбинаций на поколение постоянна, так что предложенные авторами «рекомбинантные часы» отсчитывают время жизни древних индивидов в поколениях.

Используемый наиболее часто для датировки радиоуглеродный метод (основанный на измерении соотношения изотопов углерода  $^{14}\text{C}$  и  $^{12}\text{C}$ ) работает в пределах 50 тыс. лет, хотя с образцами старше 30 тыс. лет возникают проблемы, так как они содержат слишком мало исходного  $^{14}\text{C}$ . Напротив, «рекомбинантные часы» точнее идут на большой временной глубине, когда с момента метисации с неандертальцами прошло относительно немного времени, и заимствованные фрагменты ДНК лучше сохранились.

В качестве эталонного современного генома авторы использовали CEU (это усредненный геном северного европейца из проекта «1000 геномов»). Неандертальские фрагменты ДНК в этом геноме появились, по их расчетам, 1600 – 1700 поколений назад.

Свой метод авторы применили к нескольким древним образцам, для которых уже имеются радиоуглеродные датировки. Они показали, что результаты того и другого метода коррелируют с коэффициентом 0,98. Хотя радиоуглеродный метод дает более точную датировку (меньшую «вилку»), рекомбинантный метод лучше работает на более старых образцах.

**Кловис.** Геном древнего палеоэскимоса был секвенирован с покрытием 14x, и его возраст определен радиоуглеродным методом — 12,556–12,707 лет. Используя свой метод, авторы определили, что неандертальские включения в геноме Кловис получены за  $29,170 \pm 2,703$  лет до его жизни. Сравнив данные по геному Кловис и CEU, возраст Кловис они оценили в  $18,066 \pm 5,112$  лет – радиоуглеродная датировка попадает в этот интервал.

**Мальта 1.** Геном верхнепалеолитического [«мальчика из Мальты»](#) со стоянки близ Байкала был секвенирован с покрытием 1,0x. Авторы определили, что неандертальские фрагменты появились в его геноме за  $22,301 \pm 2,169$  лет до его жизни, а время жизни мальчика из Мальты —  $24,935 \pm 4,851$  лет назад, что соответствует радиоуглеродной датировке.

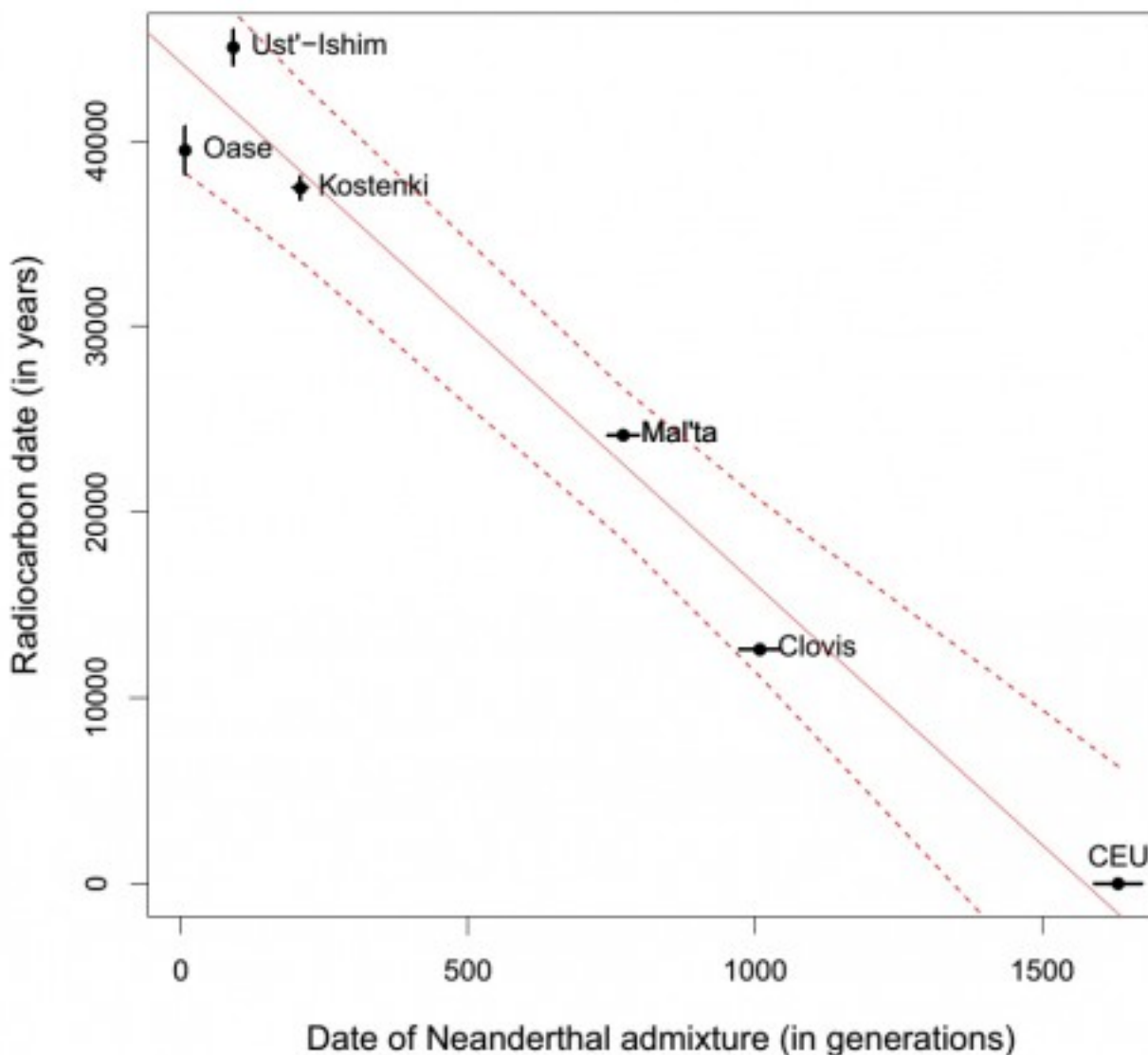
**Костенки 14.** Геном верхнепалеолитического человека [со стоянки «Костенки-14» \(К 14\)](#) близ Воронежа был секвенирован с покрытием 2,8x, а его возраст радиоуглеродным методом определен в 36,262–38,684 лет. Неандертальские фрагменты ДНК, как показали «рекомбинантные часы», он получил за  $6,047 \pm 649$  до своей жизни. Сравнив его геном с CEU, они определили возраст К 14 в  $41,189 \pm 4,387$  лет, что соответствует радиоуглеродной датировке.

**Усть-Ишим.** Геном древнего сибиряка из Усть-Ишима (Западная Сибирь) был секвенирован с небывалой для древних геномов точностью 42x и датирован по радиоуглероду — 43,210–46,880 лет назад. Авторы нашли, что неандертальскую примесь он получил за  $7,521 \pm 854$  лет до его жизни. Сравнив его с CEU, возраст человека из Усть-Ишима они оценили в  $39,715 \pm 4,422$  лет, сходно с радиоуглеродной датировкой.

В отличие от прочих древних геномов, образец из Усть-Ишима содержит больше неандертальских фрагментов длиннее 1 см.

Этот факт авторы объясняют тем, что он получил, предположительно, не один, а несколько (минимум два) неандертальских генетических потоков. Это подтверждается при исследовании ДНК «усть-ишимца», в которой распределение древних фрагментов носит отчетливо «бимодальный» характер. И исходя из двух потоков неандертальских включений, авторы дают уточненные датировки: либо  $40,626 \pm 4,214$  лет, либо  $45,968 \pm 4,170$  лет.

**Oase 1.** Возраст образца [Oase 1 из Румынии](#) по радиоуглеродной датировке определен в 37,000–42,000 лет. Из-за сильного загрязнения ДНК его геном не смогли полностью секвенировать, но исследовали на маркеры однонуклеотидного полиморфизма (SNP) – включая панель для древних геномов (Archaic panel). По этим данным авторы нашли, что Oase 1 получил неандертальские фрагменты всего лишь за  $227 \pm 22$  лет до его жизни. Но, подобно Усть-Ишиму, этот образец демонстрировал бимодальное распределение неандертальских фрагментов, что указывает на два неандертальских потока: за  $2012 \pm 385$  и за  $164 \pm 14$  лет до его жизни. Исходя из этого, оценки возраста Oase 1 таковы:  $40,682 \pm 3,787$  и  $42,530 \pm 3,767$  лет.



Оценка возраста древних индивидов в годах (по радиоуглеродному методу) и в поколениях (по методу «рекомбинантных часов»).

Сравнив линейную зависимость величин возраста древних индивидов, полученных методом «рекомбинантных часов» (в поколениях) и радиоуглеродным методом (в годах), авторы вычислили среднюю длину поколения за прошедшие 45 тыс. лет. Получили величину  $28.1 \pm 0.7$  лет (26-30 лет). Они подчеркивают, что впервые измерили историческую длину поколений напрямую. В их вычисления заложены два важных допущения: то, что длина поколения одинакова у мужчин и женщин, и то, что она существенно не менялась на всем протяжении с момента метисации с неандертальцами. Второе допущение авторов понять довольно трудно, учитывая смену условий и социального уклада жизни.

Метод «рекомбинантных часов» имеет ограничения: неандертальская калибровка не подходит к образцам, не испытавшим

влияния метисации с неандертальцами (например, к недавно секвенированному [древнему геному из Эфиопии](#)). Его точность падает у более молодых образцов, моложе 10 тыс. лет, для них нужна другая, более недавняя точка отсчета.

**Источник:**

A genetic method for dating ancient genomes provides a direct estimate of human generation interval in the last 45,000 years

Priya Moorjani, Sriram Sankararaman, Qiaomei Fu, Molly Przeworski, Nick Patterson, and David Reich

<http://www.pnas.org/content/early/2016/04/27/1514696113>

Текст статьи можно скачать здесь [pnas.201514696](#)