

SVANTE PÄÄBO

NEANDERTHAL MAN

In Search of Lost Genomes



Книжные проекты
Дмитрия Зими́на

Серия “Элементы” основана в 2007 г.



СВАНТЕ ПЭАБО

НЕАНДЕРТАЛЕЦ

В поисках исчезнувших
геномов

Перевод с английского
Елены Наймарк



Издательство АСТ. Москва

УДК 575
ББК 28.04
П97

Книга издана при поддержке “Книжных проектов Дмитрия Зимина”
Художественное оформление и макет серии Андрея Бондаренко

Пэабо, Сванте

П97 Неандерталец. В поисках исчезнувших геномов / Сванте Пэабо; пер. с англ.
Е. Наймарк. — Москва : Издательство АСТ : CORPUS, 2018. — 416 с. (Элементы).

ISBN 978-5-17-091066-3

Шведский генетик Сванте Пэабо давно лелеял мечту, казавшуюся несбыточной: выделить ДНК из египетских мумий и, таким образом, “поближе познакомиться” с людьми, жившими тысячи лет назад. Юношеская одержимость повела его тернистым путем — через мучительный научный поиск, борьбу за чистоту экспериментов и интеллектуальную честность, дипломатические маневры и бюрократические войны... И завела намного дальше в глубину веков, к прочтению неандертальского генома, радикально меняющему все представления и о самих неандертальцах, и об их взаимодействии с предками современного человечества.

“Неандерталец” — это не только увлекательный рассказ о сенсационном прорыве, но и документ, фиксирующий важную веху в истории науки: становление палеогеномики, новой дисциплины, позволяющей методом исследования древних ДНК восстанавливать картину эволюции нашего вида в таких подробностях, о каких мы раньше не смели и мечтать.

УДК 575
ББК 28.04

ISBN 978-5-17-091066-3

- © 2014 by Svante Pääbo
- © Е. Наймарк, перевод на русский язык, 2018
- © Е. Наймарк, послесловие, 2018
- © А. Бондаренко, художественное оформление, макет, 2018
- © ООО “Издательство АСТ”, 2018
Издательство CORPUS ®



Книжные проекты Дмитрия Зимина

Эта книга издана в рамках программы
“Книжные проекты Дмитрия Зимина”
и продолжает серию

“Библиотека фонда «Династия»”.

Дмитрий Борисович Зимин —
основатель компании “Вымпелком” (*Beeline*),
фонда некоммерческих программ “Династия”
и фонда “Московское время”.

Программа “Книжные проекты Дмитрия Зимина”
объединяет три проекта, хорошо знакомых
читательской аудитории:
издание научно-популярных
книг “Библиотека фонда «Династия»”,
издательское направление фонда “Московское время”
и премию в области русскоязычной
научно-популярной литературы
“Просветитель”.

Подробную информацию
о “Книжных проектах Дмитрия Зимина”
вы найдете на сайте
ZIMINBOOKPROJECTS.RU

Линде, Руне и Фрейе

Оглавление

Предисловие	13
Глава 1. Неандерталец из табакерки	15
Глава 2. Мумии и молекулы	44
Глава 3. Умножить прошлое	63
Глава 4. Динозавры в лаборатории	80
Глава 5. Досада на человека	98
Глава 6. Вместе с хорватами	115
Глава 7. Новый дом	122
Глава 8. Мультирегиональное противостояние	136
Глава 9. Поближе к ядру	148
Глава 10. Вот они, ядра	157

Глава 11. Начало проекта “Геном”	175
Глава 12. Неподатливые кости	193
Глава 13. Дьявол в деталях	211
Глава 14. Карта генома	223
Глава 15. От костей к генам	231
Глава 16. Генетический поток?	244
Глава 17. Первые результаты	257
Глава 18. Генетический поток!	266
Глава 19. Толпы переселенцев	282
Глава 20. Человеческая суть?	293
Глава 21. Публикуем геном	306
Глава 22. Очень странный палец	322
Глава 23. Неандертальская родня	339
Постскриптум	356
<i>Елена Наймарк.</i> Послесловие	360
Ссылки и примечания	379
Указатель	387

{ НЕАНДЕРТАЛЕЦ

Предисловие

Идею написать эту книгу мне впервые подал Джон Брокман. Без его настойчивости и поддержки я никогда бы не нашел времени для такой большой рукописи, ведь прежде я писал лишь лаконичные научные статьи. Но, раз взявшись, я получал удовольствие от этой работы. Спасибо всем, что все получилось так, а не иначе.

Мне помогали многие люди — и вычитывать, и улучшать текст. Первая из них — моя жена Линда Виджилант, которая ко всему прочему всегда поддерживала меня в этом дерзком предприятии, даже ценой временного отлучения меня от семьи. Превосходными редакторами оказались Сара Липпинкот, Кэрол Рони, Кристин Арден, Виктор Вибе и, главное, Том Келлехер из Basic Books. Надеюсь, я многому у них научился. Карл Ханнестад, Керстин Лександер, Виола Миттаг, читая книгу кто частями, кто целиком, дали ценные рекомендации. Суken Дандзё проявил замечательное гостеприимство в Сайкоудзи, когда мне понадобилось на некоторое время исчезнуть из мира.

Я излагаю события как запомнил. При этом я понимаю, что некоторые эпизоды могли перемешаться, а иные наложиться

друг на друга. Как, например, разные конференции и поездки в Берлин или в компанию *454 Life Sciences*, ну и так далее. Я излагаю свое видение истории, останавливаясь на тех обстоятельствах, которые, по моему суждению, того заслуживают. Я знаю точно, что мой взгляд на события не единственно возможный. Чтобы не перегружать текст именами и деталями, мне пришлось опустить упоминания о многих, кто играл немаловажную роль в нашей истории. Прошу прощения у тех, кто чувствует себя незаслуженно забытым.

ГЛАВА 1

Неандерталец из табакерки

Однажды поздним вечером в 1996 году, когда я уже забрался в кровать и задремывал, вдруг раздался телефонный звонок. Звонил Матиас Крингс, мой аспирант с зоологического факультета Мюнхенского университета. И он сказал: “Это не человек”.

“Еду...” — пробормотал я, натягивая штаны по дороге к машине. И поехал через город в лабораторию. В тот день Матиас зарядил наш секвенатор фрагментами ДНК из крохотного кусочка плечевой кости неандертальца. Кость досталась нам из Рейнского краеведческого музея в Бонне, именно из нее удалось извлечь ДНК и потом размножить ее. Годы разочарований научили меня не ожидать больших чудес. Обычно мы получали бактериальную или человеческую ДНК — то, что вобрали кости за 140 лет музейного хранения. Но Матиас был так возбужден... может, все же попались неандертальские гены? Лучше уж не надеяться.

В лаборатории сидели Матиас с Ральфом Шмитцем, молодым археологом, который помог нам раздобыть в Бонне разрешение взять кусочек от музейного экспоната. Они едва сдерживали восторг, показывая выползающую из секвенатора последовательность из А-Ц-Г-Т. Никто из нас в жизни такой не видел!

То, что непосвященному кажется случайной комбинацией из четырех букв, на самом деле сжатая запись химической структуры ДНК, генетического материала, который хранится почти во всех клетках тела. Две нити знаменитой двойной спирали ДНК составлены из блоков, содержащих нуклеотиды — адеニン, тимин, гуанин и цитозин. Они записываются аббревиатурами А, Т, Г и Ц. Важен порядок, в котором эти нуклеотиды следуют один за другим, в нем содержится вся генетическая информация, необходимая для формирования организма и его функционирования. Нам нужна была определенная часть ДНК, а точнее, часть митохондриальной ДНК (мтДНК). Это, если кратко, то, что передается через материнскую яйцеклетку всем потомкам. В митохондриях, крошечных клеточных органеллах, хранятся бесчисленные копии этой ДНК. Они служат одной только насущнейшей цели — помочь митохондриям снабжать клетку энергией. Каждый из нас несет только один тип мтДНК, составляющей примерно 0,0005 всего генома. Но так как в каждой клетке содержатся тысячи однотипных копий, то их относительно легко изучать, не в пример ядерному геному — он в каждой клетке представлен лишь двумя копиями, одной от мамы, а другой от папы. К 1996 году уже были изучены мтДНК тысяч людей со всего мира. Обычно эти последовательности сравнивались с эталонной (эталонной, или референсной, считается та, что была определена первой). В результате множественных сравнений составилась список отличий — в каких позициях какие нуклеотиды различаются. И вот что нас привело в восторг — отличия из неандертальской кости не были похожи ни на одно из известных для человека. Я с трудом верил в реальность происходящего.

Столкнувшись с чем-то заманчивым и неожиданным, я всегда начинаю сомневаться. Так и тут: я стал искать, где мы могли ошибиться. Может, к примеру, мы взяли клей, изготовленный из коровьих костей, и теперь умиляемся коровьей ДНК. Но нет, мы сразу же проверили — это не она, а совсем другая (послед-

довательность коровьей ДНК уже была известна). Эта новая последовательность ДНК очень походила на человеческую, но все же отличалась от всех известных доныне. И я начал проникаться мыслью, что это и вправду первый кусочек ДНК, извлеченный из останков вымерших людей.

Мы открыли бутылку шампанского, которая хранилась у нас в холодильнике в обеденной комнате. Все понимали, что если это действительно неандертальская ДНК, то перед нами открываются необъятные возможности. Вероятно, в один прекрасный день мы сможем сравнить какой-нибудь целый (!) неандертальский ген с современным человеческим. И я думал и думал об этом, бредя домой по темным улицам Мюнхена (мы выпили слишком много шампанского, и я не мог сесть за руль). И уснуть я не мог, мысли мои раз за разом возвращались к неандертальцам — и к тому единственному, чью ДНК мы, кажется, поймали.

В 1856 году, за три года до публикации дарвиновского “Происхождения видов”, при расчистке небольшой пещеры в каменоломне в долине Неандерталь, примерно в семи милях от Дюссельдорфа, рабочие нашли верхнюю часть черепа и несколько костей. Они думали, что откопали кости медведя. Но через несколько лет эти остатки переопределили; решено было, что это вымершая, возможно предковая, форма человека. Так впервые были описаны остатки древних людей, и эта находка потрясла весь ученый мир. С тех пор исследования неандертальцев не прекращались. Кроме тех первых, нашли еще множество костей, с их помощью решались самые разные вопросы: кто такие неандертальцы, как они жили, почему исчезли около 30 тысяч лет назад, как в течение тысячелетий уживались на одной территории в Европе предшественники современных людей и неандертальцы — дружили или воевали? — и кем они нам, в конце концов, приходились, прямыми предками или про-

сто давно умершими дальними родственниками (см. рис. 1.1). Со всей очевидностью бросаются в глаза свидетельства их вполне человеческого, понятного нам поведения и ритуалов: они и ухаживали за ранеными, и хоронили своих мертвых, и, возможно, даже играли музыку (есть на то кое-какие археологические данные). Во всем этом они больше напоминают нас, чем любую из современных обезьян. Но если больше, то насколько? Была ли у них речь? Или они представляют тупиковую линию в эволюции

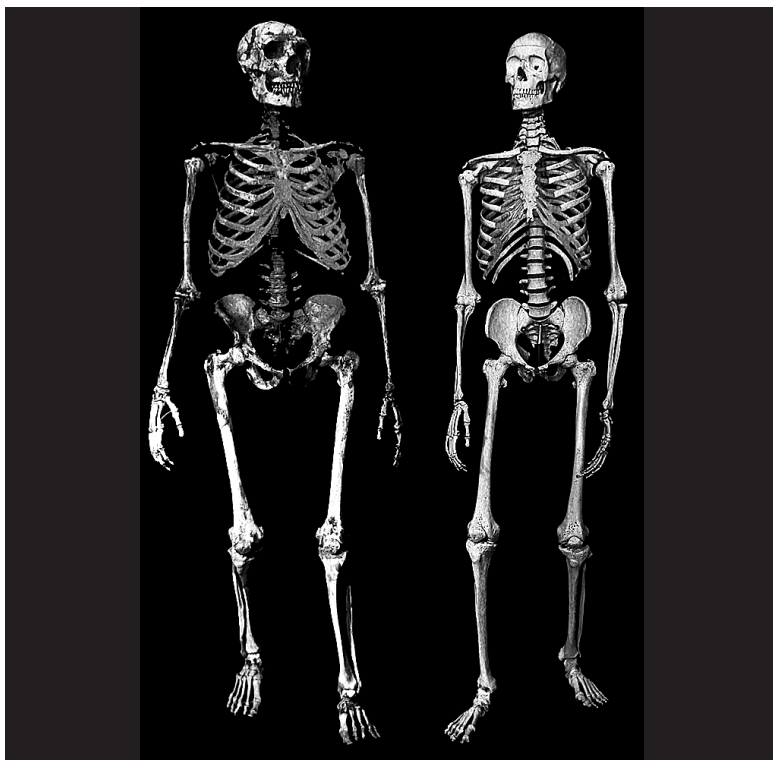


Рис. 1.1. Реконструкция скелета неандертальца (слева) и современного человека (справа). С разрешения К. Моубрей, Б. Моли, Я. Татерсол, Г. Соер. Американский музей естественной истории

людей? А может, какие-то из их генов спрятаны в нас сегодняшних? Все эти вопросы вошли естественной частью в науку палеоантропологию, дисциплину, можно сказать стартовавшую от тех костей из долины Неандерталь, из которых мы теперь, кажется, смогли извлечь ДНК.

Каждый из этих вопросов достоин пристального внимания, но мне казалось, что с этим фрагментом ДНК нас ждет награда куда более ценная. Ведь неандертальцы — наши ближайшие вымершие родственники. И если бы удалось изучить их ДНК, то непременно бы выяснилось, в какой степени схожи наши гены. Несколько лет назад в нашей лаборатории отсековировали большое число фрагментов ДНК шимпанзе. И тогда мы показали, что у человека и шимпанзе различаются чуть больше одного процента нуклеотидов. Ясно, что неандертальцы должны отличаться от нас еще меньше. Но — и самое восхитительное “но” — именно среди этих немногих различий обязаны объявиться те, что отделяют нас от наших ранних предшественников. И не только от неандертальца, но и от мальчика из Туркана, жившего около 1,6 млн лет назад, и от Люси, возрастом около 3,2 млн лет, и от синантропа, которому около полумиллиона лет. Благодаря этим немногим различиям человеческая линия свернула на совершенно новый эволюционный курс: ускоренное технологическое развитие, появление искусства, возможно языка и культуры, как мы их теперь понимаем. Десяток-другой различий в ДНК создали для всего этого необходимую биологическую базу. И если мы сможем изучить неандертальскую ДНК, то все это само придет нам в руки. Убаюканный мечтами (или манией величия), я наконец заснул на рассвете.

На следующий день и я, и Матиас опоздали в лабораторию. Мы, естественно, перепроверили вчерашнюю последовательность. Нужно было убедиться, что тут нет ошибок. А потом мы сели и стали думать, как нам дальше поступить. Ведь одно дело — выделить из неандертальских останков один небольшой интересный

кусочек мтДНК, но совершенно другое — убедить себя (хотя бы себя, об остальном человечестве речь пока не шла), что эта ДНК принадлежит индивидууму, жившему 40 тысяч лет назад. Предыдущие двенадцать лет работы довольно точно определяли наши дальнейшие действия. Сначала нужно повторить эксперимент. И не просто самый последний его этап, но все с самого начала, с высверливания кусочка кости. Ведь есть вероятность, что мы обманулись случайно попорченной и видоизмененной человеческой мтДНК из этой кости. Затем нужно удлинить этот фрагмент последовательности мтДНК с помощью других фрагментов, которые с ним перекрываются. За счет этого у нас появится возможность реконструировать относительно длинные участки последовательности. И уже с них начнется выяснение, насколько неандертальская мтДНК отличается от сегодняшней человеческой. И только потом приступить к третьему, важнейшему этапу. Я сам часто говорил, что результаты, из ряда вон выходящие, требуют столь же тщательных, из ряда вон выходящих проверок — а именно повторения их в других независимых лабораториях. Что совершенно нетипично для нашего насквозь конкурентного научного мира. А заявление насчет прочтения неандертальской ДНК будет, безусловно, сочтено как раз таким, из ряда вон выходящим. Так что если мы хотим исключить возможные лабораторные ошибки, то придется отдать кусочек драгоценной неандертальской кости в какую-то независимую лабораторию и молиться, чтобы там получили те же результаты. Мы сидели и говорили обо всем этом с Матиасом и Ральфом. Прикинув план работ, мы поклялись держать все в строжайшей тайне. Не стоит привлекать к себе внимание, пока не уверимся, что все в точности так, как мы думаем.

Матиас сразу же ударился в работу. Проямавшись почти три года в тщетных попытках извлечь ДНК из египетских мумий, он воодушевился перспективой успеха. Ральф должен был вернуться в Бонн и ужасно из-за этого переживал; там он ничего не мог делать, только сидеть сложа руки и с горячим

нетерпением ждать от нас весточки. Я пытался сосредоточиться на своих собственных проектах, но мне с огромным трудом удавалось отвлечься от Матиасовых занятий.

А Матиасу приходилось нелегко. Ведь мы работали не с теми чистенькими образцовыми препаратами, какие получаются из образцов крови или тканей живых индивидов. Из учебников мы привыкли к виду аккуратной двойной спирали ДНК, в которой чередой идут друг за дружкой нуклеотиды АТГЦ, соединенные попарно — аденин с тиминном и гуанин с цитозином — и пристегнутые к остову из сахара и фосфата. Но на самом деле в клеточном ядре или в митохондриях ДНК все время в движении, ее химическая структура не статична. Напротив, ее упорядоченная организация то и дело нарушается, повреждения хитрыми способами отслеживаются и исправляются. Вдобавок молекула ДНК ужасно длинная. Каждая хромосома представляет собой одну громадную молекулу. В комплекте из 23 хромосом человека собраны в сумме около 3,2 миллиарда нуклеотидов. Так как в ядре у нас два таких комплекта — один от отца, другой от матери, и в каждом по 23 хромосомы, — то всего получается 6,4 миллиарда нуклеотидов (или лучше пар нуклеотидов, так как спираль двойная). По сравнению с ядерной митохондриальная ДНК ничтожна, всего 16 500 пар нуклеотидов. Но и это число велико. Кроме того, не будем забывать, что ДНК нам попалась древняя, а не современная, и как с ней работать, неизвестно.

Самый распространенный тип повреждений ДНК как ядерной, так и митохондриальной — это потеря одной из химических составляющих у цитозина. Цитозин, избавившись от аминогруппы, превращается в урацил (У), другой нуклеотид, который никогда не встречается в природных ДНК. В клетках имеются особые ферментные системы, убирающие урацил и возвращающие цитозин на место. Вырезанные урацилы отправляются на клеточную

свалку. Между прочим, по числу дефектных нуклеотидов в анализах мочи подсчитано, что в каждой клетке ежедневно примерно 10 тысяч цитозинов превращаются в урацилы и затем возвращаются в исходную форму. И это лишь одна из десятка обычных химических опасностей, которые подстерегают наш геном. Например, нуклеотид может выпасть, получается пустое место, по которому происходит разрыв нитей двойной молекулы ДНК. С этой напастью сражаются специальные ферменты, которые вставляют нуклеотиды на место; им нужно успеть до того, как нити разойдутся. А если все же это произошло, то в бой вступают другие ферменты — их задача вновь соединить разошедшиеся нити. В действительности хватит и часа, чтобы клеточный геном изменился, не будь эти ремонтные бригады постоянно на страже.

Для бесперебойной работы ремонтных (или репарационных) систем, понятное дело, необходима энергия. Но после смерти, когда останавливается дыхание, в клетках быстро заканчивается кислород и, соответственно, энергетическая подпитка. В результате система репарации прекращает работу, и начинают накапливаться всевозможные повреждения. К повреждениям, происходящим в живой клетке, добавляются еще и спонтанные посмертные изменения молекул, связанные с процессами разложения. В живой клетке все ферменты и другие вещества содержатся отдельно друг от друга, каждое в предназначенном ему клеточном участке, компартменте. Поддержание компартментов в порядке — это одна из ключевых функций клетки. В одних отделах сконцентрированы ферменты, способные разрезать нить ДНК, они вступают в действие на некоторых этапах репарации. Другие отделы содержат ферменты, которые измельчают ДНК микроорганизмов, так или иначе попадающих в клетку. А когда организм умирает и перестает вырабатывать энергию, эти клеточные компартменты смешиваются, мембраны растворяются, ферменты вытекают наружу и разлагают ДНК каждый своим порядком. За какие-нибудь часы

или дни нити ДНК разрезаются, дробятся на кусочки, все более и более мелкие по мере течения времени. Тут же начинают безудержно расти бактерии — обитатели наших кишок и легких, ведь тело потеряло способность контролировать их размножение. И в конце концов хранившаяся в молекулах ДНК генетическая информация растворяется, та информация, которая некогда сформировала наше тело, поддерживала его, заставляла действовать. И когда этот процесс завершается, уходят последние следы нашей биологической индивидуальности. В некотором смысле так заканчивается процесс физической смерти.

Но вспомним: практически каждая из триллионов клеток тела содержит полный комплект индивидуальной ДНК. Поэтому даже если в одних клетках ДНК полностью исчезнет, то в других, запрятанных в укромных тайниках тела, могут и сохраниться кое-какие генетические следы. К примеру, любые процессы разложения идут в присутствии воды. А если какой-то участок тела высохнет, не дожидаясь полного разложения ДНК? Тогда разрушение ДНК остановится, и отдельные фрагменты могут законсервироваться. Так происходит, если тело оказывается в сухом месте и мумифицируется. Тело может высохнуть случайно — мало ли, где настигает смерть, — или же труп подвергается намеренному обезвоживанию. Более всего этим знаменит Древний Египет, где примерно от 5000 до 1500 лет назад тела сотен тысяч умерших подвергались ритуальной мумификации, чтобы их души и после смерти имели пристанище.

Пусть даже никакой мумификации не происходит, но некоторые части тела, такие как зубы и кости, продолжают существовать еще долго после захоронения. Живые клетки в этих твердых тканях устроены в крошечных полостях минеральной матрицы; без живых клеток не было бы никакой возможности наращивать новую костную ткань, например при переломах. Когда костная клетка умирает и ее содержимое растекается, то ДНК может связаться с минеральной основой. Минеральные комплексы обес-

печивают химическую защиту молекулам ДНК. И за счет этого некоторой части ДНК может посчастливиться избежать немедленного разрушения.

Предположим, что часть ДНК пережила посмертный телесный хаос. Но есть и другие процессы, которые набрасываются на генетическую молекулу, действуя, правда, гораздо медленнее. Отнесем к ним фоновую космическую радиацию, постоянно создающую активные радикалы, трансформирующие и разрушающие ДНК. И другие химические процессы, идущие в присутствии воды — такие как превращение Ц в У, — как мы уже знаем, не останавливаются при высушивании. В огромной ДНК всегда присутствуют молекулы воды, пристроенные между двумя нитями, потому что составляющие нитей имеют сильное сродство, афинность, с водой. Эти молекулы воды вступают в самопроизвольные водозависимые реакции. Самая быстрая из таких реакций — деаминация, потеря аминогруппы цитозином. В результате этой реакции — и не только этой, но и многих других, пока еще не расшифрованных, — молекула ДНК дестабилизируется, и нити рвутся. Так что мало опустошения, какое производит смерть в генетическом хозяйстве, ДНК продолжает убывать и дробиться, даже если удалось пережить клеточную смерть. Понятно, что темпы утраты генетической информации зависят от многих факторов: от температуры, кислотности и прочего. Но даже при самом благоприятном стечении обстоятельств генетическая программа, которая строила шаг за шагом свой персонаж, в конце концов разрушается и исчезает. Получается, что нам с коллегами удалось захватить еще не заверченный процесс деградации неандертальской ДНК: за 40 тысяч лет природные силы еще не до конца справились со своей разрушительной задачей.

Матиас прочитал кусочек последовательности мтДНК длиной в 61 нуклеотид. Для этого он должен был произвести манипу-

ляцию, которая называется “полимеразная цепная реакция” (ПЦР). Чтобы подтвердить результат, он начал с нее, повторив в точности все свои действия шаг за шагом. Для начала ему понадобились так называемые праймеры, два искусственных коротких кусочка ДНК. Они были нарочно так сконструированы, чтобы связываться с одним из концов конкретного отрезка мтДНК, того самого, длиной в 61 нуклеотид. Раствор праймеров смешивался с ничтожным количеством ДНК из кости, и в смесь добавлялась ДНК-полимераза. Этот фермент синтезирует новую нить ДНК, комплементарно пристраивая нуклеотиды к уже имеющимся нитям, ограниченным двумя праймерами, каждый со своей стороны. Смесь сначала подогревается, чтобы сдвоенные нити разъединились. Праймеры находят на одиночных нитях комплементарные себе участки и по мере охлаждения смеси связываются с ними: А с Т, а Г с Ц. Необходимые ферменты затем находят праймеры и, отталкиваясь от них, достраивают нуклеотид за нуклеотидом две комплементарные цепочки, одну на первой из разъединившихся нитей, вторую — на второй. И тогда получается уже четыре нити. Четыре нити из костей неандертальца. И этот процесс размножения нитей, или амплификации, повторяется — и вот уже имеем 8 нитей, а затем и 16, и 32 и так далее. Всего можно производить тридцать-сорок циклов дубликации нитей.

Эта простая и изящная методика, предложенная в 1983 году независимым исследователем Кэри Муллисом, работает чрезвычайно мощно. Из одного-единственного фрагмента ДНК за сорок циклов дубликации можно в принципе получить около триллиона его копий. И это именно то, с чем мы работаем, так что, на мой взгляд, Муллис определенно заслужил свою Нобелевскую премию по химии, которой его наградили в 1993 году. Однако исключительная чувствительность ПЦР оборачивается против нас. В вытяжках из древней кости, где, как мы надеемся, имеется несколько выживших древних молекул (а может,

и не имеется), болтается и немалое число молекул ДНК от современных людей. Это загрязнения, сопровождающие эксперимент, — из реактивов, из лабораторной посуды, из воздушной пыли. Пылинки, летающие по комнате, где живут и работают люди, это большей частью частички человеческой кожи. И они, понятное дело, содержат клетки с полным набором ДНК. Также человеческая ДНК попадает в образец, когда человеческие руки извлекают его из земли или берут для музейного изучения. Поэтому мы и решили поискать в древних костях необычный фрагмент мтДНК, а именно такой, который у людей сильно варьирует. Такой, что если мы получим после ПЦР неоднородный набор фрагментов, то это должно насторожить нас: ага, тут ДНК от нескольких индивидов, а не единственного, ископаемого; значит, что-то мы упустили (или, скорее, набрали лишнего). Но мы-то обнаружили такой фрагмент, которого никогда ни у кого из современных людей не находили! Нам было от чего возликовать. Если бы мы увидели последовательность, зарегистрированную у современных людей, мы бы никогда не смогли сказать, откуда она взялась. Может, от древнего неандертальца, если у него она была похожа на нашу современную, а может, от какого-то прохожего, залетела в наш эксперимент с частичкой пыли.

К тому времени я был отлично знаком с загрязнениями. В течение двенадцати лет я анализировал древнюю ДНК из вымерших млекопитающих — пещерных медведей, мамонтов, гигантских ленивцев. Раз за разом получая унылые результаты (практически во всех костях после ПЦР я обнаруживал человеческую мтДНК), я обдумывал и изобретал способы, как уменьшить загрязнение. Поэтому Матиас выполнял все приготовления к ПЦР операции (обработка образцов, вытяжки и все такое — вплоть до первого нагревания смеси) в особой комнатке, сверхчистой, отделенной с абсолютной надежностью от остальных лабораторных помещений. А когда древняя ДНК вместе с праймерами и другими необходимыми для ПЦР ком-

понентами наливались в пробирку, пробирка запечатывалась, ее относили в лабораторию и там уже с ней дальше работали. В “чистой комнате” раз в неделю все поверхности мыли хлоркой и каждую ночь включали ультрафиолет, чтобы разрушить всю занесенную с пылью ДНК. Чтобы туда зайти, нужно было в специальном предбаннике облачиться в защитную робу, надеть на лицо маску, на волосы специальную шапочку, на руки перчатки. Это проделывал и Матиас, и любой, кто работал в “чистой комнате”. Все реактивы и инструменты доставлялись прямо в эту комнату, минуя любые другие институтские помещения. Если кто должен был здесь работать, то здесь же и должен был начаться его день. Раз выйдя (за какой угодно надобностью), вернуться уже было нельзя, ведь мы в лаборатории анализировали огромное количество разнообразных ДНК, и их можно ненароком занести в “чистую комнату”. Мягко выражаясь, у меня развилась паранойя на почве загрязнений, и тому, честно, были причины.

И даже со всеми предосторожностями в тех первых экспериментах нашлись следы загрязнений. После ПЦР всю полученную из кости партию ДНК — а это были предположительно однотипные фрагменты из 61 нуклеотида — Матиас клонировал в бактериальных носителях. Это делалось для того, чтобы проверить, действительно ли получился только один тип фрагментов или там их несколько. В бактерию с помощью специального носителя — плазмиды — встраивался один 61-нуклеотидный фрагмент, в другую бактерию следующий, в третью бактерию следующий далее и т. д. Затем бактерии размножались, и вместе с ними клонировались и встроенные фрагменты ДНК. Таким образом, отсекуивая ДНК бактерий из выросших колоний, можно было увидеть, какие типы ДНК присутствовали в полученной от ПЦР партии фрагментов. В самых первых Матиасовых экспериментах мы получили 17 колоний с идентичными фрагментами, которые при этом отличались от всех двух тысяч с хвостиком доселе известных современных. И вдобавок к ним