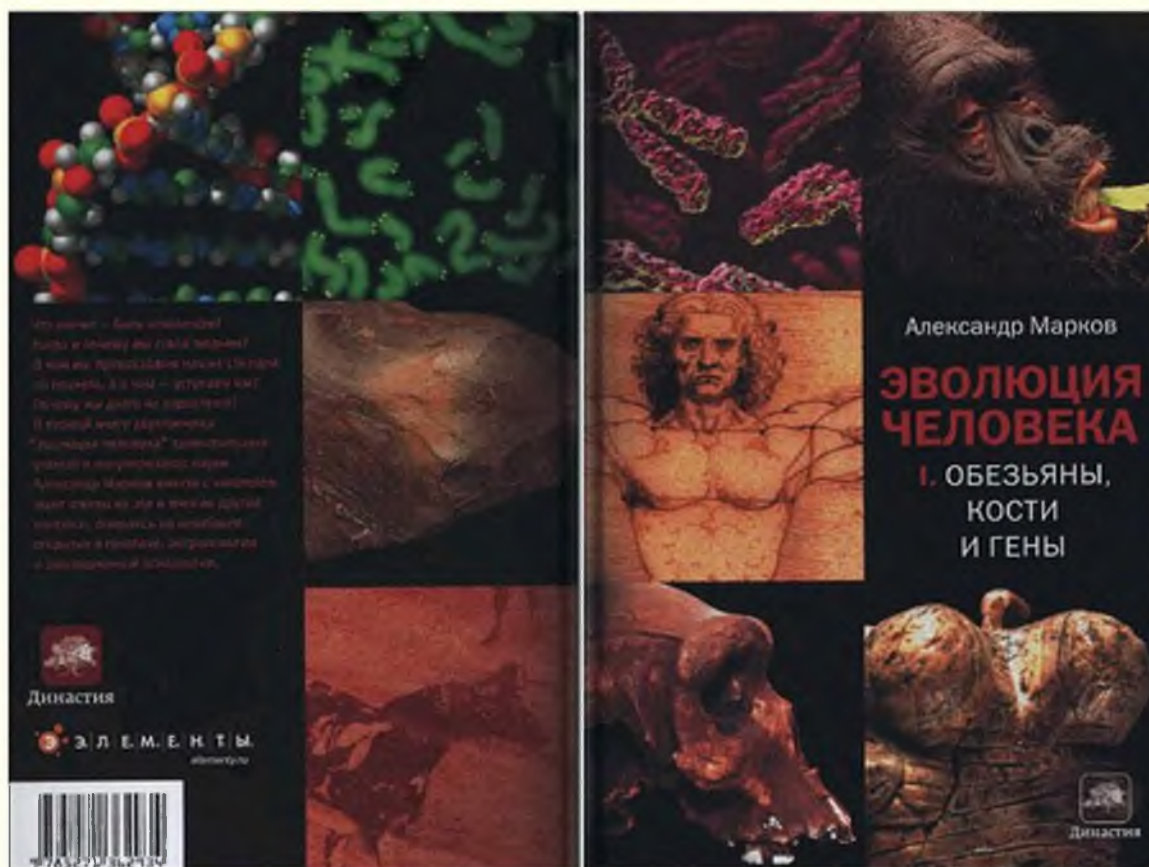




Александр Марков
ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕКА: ОБЕЗЬЯНЫ, КОСТИ И
ГЕНЫ

Книга первая.

При участии Елены Наймарк

ПРЕДИСЛОВИЕ

Образцово-показательный вид ЖИВОТНЫХ

В 2010 году вышла моя первая научно-популярная книга "Рождение сложности". Речь в ней шла в основном о молекулах, генах, вирусах и бактериях. Кое-что было сказано об эволюции растений, грибов и некоторых животных, но ни слова о людях. Книга, которую вы держите в руках, целиком посвящена этим своеобразным млекопитающим.

Нет ли здесь несправедливости и дискриминации? Почему именно люди, а не серебристые чайки или, скажем, енотовидные собаки? Ответ прост: эволюция человека исключительно хорошо изучена. Куда лучше, чем эволюция других классических лабораторных объектов, включая дрозофилу, крысу и розовую хлебную плесень. Слышали ли вы когда-нибудь про ископаемых предков розовой хлебной плесени? Вряд ли. Зато костями ископаемых предков человека можно полюбоваться в каждом приличном естественно-историческом музее. Удалось ли ученым прочесть геном хотя бы одного вымершего родича или предка серебристой чайки? Пока нет, да не особо и пытались. А вот геномы двух вымерших родичей *Homo sapiens* уже прочтены. И так далее. Если нам нужен вид живых существ, на чьем примере можно рассмотреть эволюцию во всех подробностях, во множестве красочных деталей, то лучше человека, пожалуй, не найти.

Нельзя сбрасывать со счетов и то обстоятельство, что видовая принадлежность потенциальных читателей этой книги неизбежно придает определенную направленность их интересам. На моем научно-популярном веб-сайте "Проблемы эволюции" (<http://evolbiol.ru>) страницы, посвященные эволюции человека, по посещаемости сильно опережают все остальные. Вторая по популярности тема — происхождение жизни — отстает примерно на порядок. Это общая закономерность, не связанная с качеством научно-популярных материалов. Так уж мы устроены, что про себя, любимых, нам слушать и читать интереснее, чем про всех остальных. Нам интересно, почему мы такие, какие есть, а не какие-то другие. Поискам ответа на этот вопрос как раз и посвящена книга, которую вы держите в руках.

Повышенный интерес людей к самим себе имеет глубокие эволюционные корни. Он был полезен нашим предкам в том числе и потому, что понимание себя помогает понять других, а понимание других — залог успеха для общественного примата. Но у этого интереса есть досадные побочные следствия, такие как склонность к завышенной самооценке и чрезмерной серьезности. А еще — к проведению четкой разграничительной линии между "людьми" (нашими, своими, такими как я) и "животными" (неразумными, примитивными и волосатыми). Я должен честно предупредить тех читателей, которые еще не избавились от подобных предрассудков: эта книга не собирается щадить ваши чувства. Мы будем опираться на научные факты, а для науки нет ничего святого, кроме правды. Наука — это поиск истины, какой бы эта истина ни была. Впрочем, те истины, которые открываются по мере развития

эволюционной антропологии, могут показаться отталкивающими только с непривычки. На самом деле они удивительны и прекрасны, а картина мира, которая из них постепенно собирается, даже с чисто эстетических позиций гораздо привлекательнее и уж точно интереснее всех тех метафизических и мистических вымыслов, которыми люди привыкли заполнять бреши в рациональном знании. Чтобы оценить эту красоту, нужно лишь набраться мужества и терпения и включить мозги.

Реакция критиков и читающей публики на "Рождение сложности" была в основном положительной. Во многом это объясняется отсутствием конкуренции: не так уж много существует книг, в которых на популярном уровне разбираются те же научные вопросы, что и в "Рождении". Кроме того, эти вопросы не имеют отношения к областям общественной мысли, зараженным политикой и идеологией. Они не задевают чувства тех людей, в чьем сознании политика и идеология занимают важное место. Что бы я ни написал про альтернативный сплайсинг или свойства транспозонов, это вряд ли вызовет у читателя неприятие только потому, что он коммунист или демократ, консерватор или либерал, атеист или приверженец какой-нибудь религии, материалист или идеалист, естественник или гуманитарий. С антропогенезом все иначе. В этой области практически любой научный вывод обязательно заденет чьи-то чувства и убеждения. Автору остается только смириться с этим и не ждать пощады от идеологически мотивированных критиков. Главное — постараться самому не подпасть под влияние тех или иных идеологических схем, избежать необъективности и предвзятости. Это трудно, но я старался.

Дело осложняется тем, что почти каждый из нас в глубине души считает себя большим знатоком человеческой природы. Мы готовы признавать авторитет науки, пока дело касается транспозонов и сплайсинга, но, как только заходит речь о человеческой психике и поведении, у многих доверие к науке сразу резко падает. Психологически это легко объяснимо, настолько легко, что кажется излишним растолковывать. Но это отнюдь не делает более легкой (и более благодарной) задачу автора, взявшегося познакомить публику с научными фактами о происхождении нашего тела и души. Я очень надеюсь, что эта книга поможет читателю понять, почему в попытках разобраться в природе человека "обычный здравый смысл" нас слишком часто подводит и почему в этой области доверие к научным методам (и недоверие к "естественной интуиции", любящей выдавать желаемое за действительное) ничуть не менее оправданно, чем в вопросе о вращении Земли вокруг Солнца.

Научно-популярных книг о сплайсинге и транспозонах мало. Об эволюции человека — хоть отбавляй. Среди них есть очень хорошие, написанные ведущими отечественными биологами, археологами, антропологами, психологами, лингвистами (см. список рекомендуемой литературы в конце книги). К сожалению, многие из этих книг издаются маленькими тиражами и уже вскоре после выхода становятся библиографической редкостью. Попробуйте найти в магазинах — хоть сетевых, хоть офлайновых — "Биологию поведения" Жукова, "Тайны пола" Бутовской, "Говорящих обезьян" Зориной и Смирновой или "Неандертальцев" Вишняцкого. Все эти книги — новые, но уже успели стать раритетами. Это, с одной стороны, грустно, с другой — хорошо,

потому что свидетельствует о неослабевающем интересе публики и дает основания надеяться, что и эта книга, написанная эволюционистом-теоретиком, не являющимся узким специалистом ни в одной из областей антропогенеза, найдет своего читателя.

Эта книга — не учебник, не справочник и не энциклопедия. Полного и всеобъемлющего изложения данных по эволюционной биологии *Homo sapiens* читатель здесь не найдет. Такая задача вообще едва ли по силам одному человеку. К тому же я по возможности старался не повторяться и не разбирать в деталях темы, достаточно хорошо раскрытые в существующей русской научно-популярной литературе. Речь здесь пойдет в основном о недавних открытиях и новых вопросах, возникших в связи с ними.

Изучение антропогенеза в последние годы продвигается семимильными шагами. Сенсационные открытия совершаются чуть ли не ежемесячно. Как и "Рождение сложности", эта книга — нечто вроде мгновенного снимка стремительно развивающейся научной области. Мы поговорим о том, что волнует специалистов сегодня, и о тех научных направлениях, которые добились в последние годы особенно заметных успехов. Я не буду подробно рассказывать о развитии эволюционных идей в антропологии, о курьезах, заблуждениях и подделках вроде "пилтдаунского человека", о знаменитых старых находках — питекантропе Дюбуа, австралопитеке Дарта, Люси (***имя знаменитой самки афарского австралопитека у нас обычно произносят с ударением на последнем слоге. Люси, однако, получила свое имя в честь песни The Beatles Lucy in the sky with diamonds, которая играла в лагере исследователей в момент***

находки. По-английски имя "Люси" произносится с ударением на первом слоге) Джохансона и прочих. Читателям, интересующимся историей вопроса, рекомендую старую добрую книжку Н. Я. Эйдельмана "Ищу предка".

Большинство идей, изложенных в этой книге, находятся в рамках научного мейнстрима: их сегодня обсуждают в самых серьезных и уважаемых научных журналах. Читатель не найдет здесь сенсационных теорий, "опрокидывающих старые представления" и одним махом "объясняющих" все известные факты (хотя на самом деле такие теории, как правило, строятся на тщательном отборе удобных фактов и игнорировании остальных). Хотите верьте, хотите нет, но в задачи этой книги даже не входит что-то кому-то доказывать. Это дело вкуса, но лично мне интереснее разбираться с реальными фактами, чем отстаивать ту или иную точку зрения. Хотя, конечно, претендовать на полную беспристрастность я тоже не могу: некоторые теории мне нравятся больше, чем другие, и о них я, естественно, буду рассказывать немного подробнее. К числу моих любимиц относятся, например, теория полового отбора Дарвина и Фишера, теория родственного отбора Гамильтона, гипотеза о моногамии древних гоминид Лавджоя, гипотеза Боулса о сопряженной эволюции войн и альтруизма. Но в основном речь пойдет все-таки не о теориях, а о фактах. На многие вопросы, ранее казавшиеся неразрешимыми, наука уже успела дать вполне обоснованные и, по-видимому, окончательные ответы. Но там, где фактов пока недостаточно, ученые вынуждены довольствоваться более или менее спорными теоретическими построениями. При этом, как правило, они заполняют своими гипотезами абсолютно все

пространство логических возможностей. А также обширные области за его пределами. Пересказать все гипотезы невозможно, поэтому я выбирал из имеющегося многообразия те идеи, которые мне кажутся более убедительными. Хотя не исключено, что порой я неосознанно пользовался критериями скорее эстетическими, чем логическими. Все авторы так делают, только не признаются.

Можно было бы ограничиться только строго установленными фактами, а о спорных вопросах умолчать. Но тогда книга получилась бы скучной. Интересные, красивые идеи вполне достойны того, чтобы публика о них знала, даже если их доказательная база пока хромает. А есть и такие вопросы, на которые мы, возможно, никогда не получим окончательного, бесспорного ответа. Прежде всего это касается вопросов о причинах. Почему наши предки стали ходить на двух ногах? Почему у них стал увеличиваться мозг? Даже имея машину времени, получить строгие ответы на эти вопросы было бы крайне трудно. Но у нас нет и машины времени. Все, что у нас есть, — это обезьяны, камни, кости и гены. Безусловно, из них можно извлечь море ценнейшей информации, но все-таки вряд ли мы когда-нибудь сможем сказать абсолютно точно, почему два с небольшим миллиона лет назад в некоторых популяциях гоминид особи с чуть более крупным мозгом начали оставлять в среднем больше потомков, чем особи с мозгом меньшего размера. И что же теперь — вовсе не говорить о таких интересных вещах? Я так не считаю. И надеюсь, что большинство читателей в этом со мной согласны.

А еще я надеюсь, что читатели сумеют отличить в книге строго установленные факты от предположений и

догадок. Многие идеи антропологов покоятся на очень шатких основаниях. При этом используется примерно такая логика:

1. Никто понятия не имеет, как было на самом деле. Но есть две альтернативные возможности: было либо так, либо иначе.

2. В пользу первой гипотезы нет вообще никаких фактов.

3. В пользу второй гипотезы можно привести пару аргументов, покоящихся на зыбких, но все же хоть на каких-то фактических основаниях.

4. Вывод: на данный момент вторая гипотеза представляется более вероятной, чем первая.

Такие выводы тоже нужны, без них не обойтись, если мы хотим восстановить прошлое по тем скудным следам, которые оно оставило в настоящем. Пожалуйста, не путайте такие выводы с твердо установленными фактами! Довольно смешно бывает слышать, как люди начинают всерьез оспаривать подобные идеи, указывая на шаткость их оснований. Тоже мне, Америку открыли. Мы знаем, что основания шаткие. И что теперь — вообще исключить вопрос из рассмотрения? Не думать о нем, пока не появятся новые факты?

Нет, господа, это скучно и как-то не по-человечески. Думать всегда полезно, а весь вред проистекает из предвзятости и политической либо идеологической ангажированности. Вот этого я всеми силами старался избежать. Я не являюсь узким специалистом по антропогенезу, и у меня нет своих собственных драгоценных теорий, которые я буду отстаивать любой ценой.

Теоретические вопросы, о которых пойдет речь в книге, не затрагивают ни моих корыстных интересов, ни эмоций, которые могли бы повлиять на объективность. Мне страшно интересно узнать ответы на них, но ответы правильные, а не подогнанные к априорным желаниям.

Например, я очень хотел бы узнать наверняка, отличался ли разум неандертальцев от нашего, и если отличался, то чем. Но из всех возможных ответов на этот вопрос нет такого, о котором я мог бы сказать, что хочу (или не хочу), чтобы он оказался правильным. Если строго обоснованный ответ будет наконец получен, я приду в неопикуемый восторг, каким бы этот ответ ни оказался. Мне хочется узнать правду, превратить незнание в знание. Это тоже чревато необъективностью: есть опасность, что при такой мотивации автор будет неосознанно пытаться выдать спорные выводы за менее спорные. Ну что тут скажешь. Нет в мире совершенства!

Читатель, несомненно, уже понял, что в основе нашего рассказа будут лежать современные представления о путях и механизмах биологической эволюции. Без этой ариадниной нити разобраться в биологических фактах — дело вполне безнадежное. Первая глава вышеупомянутой книги Н. Я. Эйдельмана называется "Человек происходит от Дарвина", и это не просто шутка. Дарвин дал людям ключ к пониманию самих себя — пониманию более полному и точному, чем когда-либо за всю нашу историю. Он дал нам ступеньку, оттолкнувшись от которой мы (как я искренне надеюсь) рано или поздно сможем поднять свое самосознание на качественно новый уровень.

Как ни странно, в главном труде своей жизни, "Происхождении видов путем естественного отбора",

Дарвин уклонился от обсуждения вопроса о происхождении человека — поосторожничал, справедливо полагая, что сначала надо дать людям привыкнуть к самому факту эволюции. Он лишь намекнул, что его теория "прольет свет" на эту проблему. Эта знаменитая дарвиновская фраза по праву считается одним из двух самых скромных высказываний в истории биологии (***вторым по скромности считается замечание Уотсона и Крика, сделанное ими в заключительной части эпохальной статьи о структуре ДНК. По словам авторов, "от их внимания не ускользнуло то обстоятельство", что открытый ими принцип специфического спаривания нуклеотидов позволяет понять, каким образом происходит размножение (репликация) молекул ДНК***). При этом она является и одним из самых удачных научных предсказаний. Свет действительно был пролит, и за прошедшие полтора века эволюционная история человечества в значительной степени прояснилась.

В последние годы наибольший вклад в развитие представлений об антропогенезе вносят три научных направления. Это палеоантропология, генетика и эволюционная психология. Речь в книге пойдет о достижениях именно этих трех дисциплин. Что касается самого Дарвина, то он не имел в своем распоряжении первых двух пунктов этого списка и сам начал закладывать основы третьего. Дарвин полагался на сравнительную анатомию и эмбриологию — и этого ему вполне хватило, чтобы обосновать свою теорию. Мы же поговорим о новых, более современных предметах. В этом отношении человек ничем не отличается от других

животных: с какой стороны на него ни посмотри, эволюционное прошлое так и лезет в глаза.

Изучать эволюцию лучше на человеческих примерах

Многие люди хотя и признают эволюцию, но при этом имеют весьма превратные представления о ее механизмах. Одной из причин недопонимания является присущий нашему мышлению типологический взгляд на животных: мы склонны видеть в каждой особи не индивидуальное существо, а представителя того или иного вида. Из-за этого мы оказываемся слепы к проявлениям внутривидовой изменчивости ("медведь — он и есть медведь"). Данное явление тесно связано с так называемым эссенциализмом — склонностью нашего разума приписывать группам объектов, сходных по каким-то признакам, некую общую для них всех идеальную "сущность". Философы написали о сущностях гигабайты текстов. Я не философ и не считаю это недостатком. Но на одном философском сайте мне попала мудрая мысль, под которой я с радостью подпишусь. Звучит она так: "У вещей нет сущностей".

Дэниел Неттл из Университета Ньюкасла (Великобритания), специалист по эволюции и генетике поведения, провел со своими студентами ряд экспериментов, которые показали, что понимание эволюции может быть улучшено, если в ходе обучения использовать "человеческие" примеры (*Nettle, 2010*). Как и другие преподаватели эволюции, Неттл неоднократно замечал, что студенты с трудом понимают основы дарвиновского эволюционного механизма, несмотря на всю его кажущуюся простоту и вопреки всем усилиям учителей. Некоторые типичные заблуждения основаны

на недооценке внутривидовой изменчивости. Люди склонны думать о том или ином животном прежде всего как о представителе вида. Речь идет, конечно, не о зоологических видах, а о "народных", то есть о таких группировках организмов, которые имеют общеупотребительное название. Народные виды иногда совпадают с зоологическими ("лев"), но могут соответствовать целой группе близких видов ("дельфин", "медведь") или внутривидовым группировкам (например, собака и волк — два народных вида, которые, по современным представлениям, относятся к одному и тому же зоологическому виду).

Такое "типологическое" восприятие животных, вероятно, сформировалось у наших предков под действием отбора как полезная адаптация. У людей есть специализированные участки мозга, расположенные в височной доле (а именно в верхней височной борозде и веретеновидной извилине), отвечающие за классификацию животных и растений. Повреждение этих участков может привести к утрате способности отличить льва от мыши и ромашку от березы при сохранении прочих ментальных функций. Современные охотники-собиратели различают многие сотни видов живых существ — в отличие от горожан, у которых соответствующие участки памяти, по-видимому, забиты сортами шампуней, йогуртов и автомобилей (*Yoon, 2009*).

При встрече с тигром первобытному охотнику нужно было мгновенно осознать, что перед ним — представитель опасного вида хищников. Безусловно, у каждого тигра есть свой индивидуальный характер, о чем опытным охотникам хорошо известно, но на практике это все-таки дело десятое. Контакты с соплеменниками ставили перед людьми совсем другие задачи. Для

эффективного взаимодействия с себе подобным недостаточно знать его видовую принадлежность. Не только люди, но и многие другие приматы знают соплеменников "в лицо" и с каждым имеют определенные отношения. Этнографические исследования показывают, что восприятие зверей как представителей вида, а людей как уникальных индивидуумов характерно для множества культур — от самых архаичных до "передовых".

Нечто подобное обнаружено и у других приматов: по-видимому, они тоже думают об инородцах "типологически", а соплеменников считают уникальными личностями. Это было показано в изящных экспериментах на макаках резусах, интерес которых к различным изображениям зависит от степени новизны картинки. Когда фотографию макаки заменяли портретом другой макаки, подопытные обезьяны с интересом разглядывали новое изображение. Очевидно, они понимали, что перед ними другое существо. Этого не происходило, когда портрет свиньи заменяли портретом другой свиньи. В этом случае макаки не усматривали во второй фотографии ничего нового. Свинья — она свинья и есть. Впрочем, это различие исчезало у тех макак, которым довелось лично познакомиться с множеством разных свиней. Научившись как следует разбираться в свиньях, макаки замечали индивидуальные различия у свиней не хуже, чем у своих соплеменников (*Humphrey, 1974*).

Но вернемся к Неттлу и его педагогическим проблемам. Хорошо известно, что для правильного понимания эволюции необходимо постоянно помнить о внутривидовой изменчивости и уникальности каждой особи в популяции. Неслучайно Дарвин посвятил изменчивости первые две главы "Происхождения видов".

Человеку, который подсознательно считает всех представителей данного вида животных одинаковыми (не различающимися по существенным свойствам), очень трудно понять, как действует отбор.

Преподаватели обычно объясняют студентам базовые принципы эволюции на примере животных и растений. Неттл предположил, что природная склонность людей думать о других животных как о представителях "типа" или воплощениях одной и той же абстрактной "сущности" может быть причиной многих недоразумений. Возможно, дело пойдет на лад, если рассматривать эволюцию на примере человеческих популяций, ведь о людях нам привычнее думать как об уникальных индивидуумах. Казалось бы, это предположение противоречит известному факту, что многим труднее признать эволюционное происхождение человека, чем всех прочих животных.

Чтобы прояснить ситуацию, Неттл провел два эксперимента со своими студентами-первокурсниками (123 человека), которым предстояло слушать курс эволюции и генетики.

Целью первого эксперимента была проверка гипотезы о том, что, думая о людях, мы обращаем больше внимания на индивидуальные различия, а животных воспринимаем как безличных представителей "типа". Испытуемому последовательно показывали на экране пару фотографий, и задача состояла в том, чтобы определить, одинаковые это фотографии или разные. Приняв решение, студент должен был нажать одну из двух клавиш. Картинки были трех типов: люди, другие животные и неодушевленные предметы. Пары картинок тоже делились на три группы: 1) два одинаковых

изображения, 2) разные изображения одного и того же типа (например, два разных человека или два разных стула), 3) изображения объектов разного типа (например, человек и слон).

Неттл нарочно сделал изображения людей более похожими друг на друга, чем изображения медведей или слонов. Все "человеческие картинки были фотографиями женщин анфас, примерно в одинаковом масштабе. Слоны, напротив, были изображены в разных ракурсах и масштабах. Поэтому по формальным критериям фотографии разных людей были больше похожи друг на друга, чем портреты разных слонов или медведей.

Конечно, студенты почти всегда правильно определяли, одинаковые фотографии были показаны или разные. Ключевые различия обнаружились во времени, которое требовалось им для принятия решения. Студенты сильнее всего "тормозили", когда им показывали двух разных животных одного вида (например, двух медведей). По-видимому, именно эта задача оказалась самой трудной. Различить двух медведей оказалось сложнее, чем отличить медведя от льва, хотя разницу между двумя девушками они замечали так же быстро, как и различие между девушкой и слоном.

Эти результаты хорошо согласуются с исходной гипотезой о преобладании типологического мышления при восприятии животных и индивидуального — при восприятии людей. Конечно, данный тест не доказал эту гипотезу с абсолютной строгостью, но ведь она и ранее неоднократно находила подтверждение в ходе других исследований, например этнографических.

Второй эксперимент был поставлен для проверки идеи о том, что использование "человеческих" примеров способствует лучшему пониманию эволюции. Для этого автор разработал два теста, которые отличались друг от друга только тем, что в одном из них речь шла о людях, а в другом — о диких зверях.

Вопросник начинался с того, что студенту предлагалось представить себя марсианским биологом, прибывшим на Землю для изучения популяции малагасийцев (малоизвестных английским студентам коренных жителей Мадагаскара) или фосс (малоизвестных английским студентам мадагаскарских хищников). Далее в задании говорилось, что малагасийцы (фоссы) живут охотой на птиц и мелких млекопитающих. Раньше они жили в густых лесах, но сотни лет назад леса были вырублены, и теперь они живут на открытых пространствах со светлой почвой. Малагасийцы (фоссы) имеют либо белые, либо черные волосы (мех). Во времена лесной жизни почти все малагасийцы (фоссы) имели черные волосы (мех), что обеспечивало им наилучшую маскировку в лесу. Сейчас почти все они имеют белые волосы (мех), что делает их менее заметными на открытых светлых равнинах.

Затем шли три группы вопросов. Вопросы первой группы помогали выяснить представления студентов о внутривидовой изменчивости. Эти вопросы строились по схеме: "Вы исследовали одного малагасийца (фоссу) и обнаружили такое-то свойство. Оцените вероятность того, что второй исследованный вами малагасиец (фосса) будет обладать таким же свойством".

Вопросы второй группы касались деталей эволюционного перехода от преобладания черноволосых

особей к доминированию светловолосых. Вопросов было десять, и они предназначались для выявления десяти типичных заблуждений о механизмах эволюции. Вот список этих заблуждений.

1. ПРИЖИЗНЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ. Особи в течение своей жизни изменяются в том же направлении, что и вся популяция в долгосрочной перспективе (то есть волосы у людей или фосс становятся более светлыми в течение жизни). На самом деле такое в принципе возможно, но вовсе не обязательно.

2. СМЕЩЕННАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ. Дети в среднем оказываются более светловолосыми, чем их родители. На самом деле дети будут примерно такие же, как родители, просто светловолосые родители оставят в среднем больше детей.

3. НАПРАВЛЕННЫЕ МУТАЦИИ. Изменение условий среды ведет к повышению вероятности возникновения мутаций, полезных в новых условиях. На самом деле мутации, как правило, случайны, так что светловолосые мутанты будут появляться с одинаковой частотой независимо от условий.

4. ОТСУТСТВИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ. В каждый момент времени все особи в популяции имеют одинаковый фенотип (***Фенотип в широком смысле — это все, на что влияют гены данного организма (включая, например, устройство бобровых плотин и птичьих гнезд), в узком — строение самого организма, в еще более узком — какие-то отдельные признаки организма, интересующие нас в данный момент, такие как цвет шерсти***), соответствующий среднему по популяции.

5. ПОТРЕБНОСТИ ВИДА. Движущей силой эволюции является то обстоятельство, что виду необходимо измениться, чтобы выжить. В данном случае студенты должны были решить, какая из двух формулировок правильнее описывает процесс: а) "доля светловолосых особей в популяции постепенно росла", б) "вид должен был измениться, чтобы не проиграть конкуренцию другим видам и не вымереть". Более правильной является первая формулировка. Потребности вида безразличны для эволюции. Отбор — это слепой процесс, не имеющий цели. Одни фенотипы оставляют в среднем больше потомства, чем другие, и это автоматически ведет к росту частоты встречаемости генов, обеспечивающих формирование тех фенотипов, которые успешнее размножаются ("более приспособленных").

6. ВЫМИРАНИЕ ВМЕСТО АДАПТАЦИИ. Если условия изменятся, вид, скорее всего, вымрет и будет заменен другим видом. (Правильный ответ: виду не обязательно вымирать, он может адаптироваться к изменившимся условиям.)

7. МЕЖВИДОВАЯ КОНКУРЕНЦИЯ. Главной движущей силой эволюции является конкуренция между видами, а не между особями одного и того же вида. На самом деле отбор особей внутри вида идет быстрее и работает гораздо эффективнее, чем "межвидовой" отбор который тоже существует, но работает медленно и неэффективно (**подробнее см. в заметке "Отбор на уровне видов не позволяет растениям утратить самонесовместимость" на сайте "Элементы". <http://elementy.ru/news/431441>**).

8. ЭВОЛЮЦИЯ "НА БЛАГО ВИДА". Эволюция ведет к развитию признаков, выгодных виду в целом.

(Правильный ответ: эволюция, как правило, ведет к развитию признаков, повышающих эффективность размножения генов, обеспечивающих формирование этих признаков).

9. "МЯГКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ". Представление о том, что если одна особь научится плавать, то эта способность отныне будет присуща всем особям в популяции.

10. РОЖДЕНИЕ ВИДА. Новые виды появляются мгновенно, а не в результате постепенных изменений. Если бы у нас были фотографии представителей всех поколений, мы могли бы точно определить момент, когда один вид превратился в другой. В действительности за редкими исключениями (такими как образование новых видов растений путем межвидовой гибридизации и последующего удвоения числа хромосом) новые виды формируются медленно и постепенно, и провести грань между сменяющимися друг друга во времени видами можно лишь условно.

Третья группа вопросов касалась самого студента: интересуется ли он биологией, проходил ли в старших классах углубленный курс биологии, любит ли животных, признает ли теорию эволюции и т. п. Оказалось, что ответы на вопросы из третьей группы не коррелируют с основными результатами, отражающими характер "эволюционных заблуждений".

Ответы на вопросы первой группы, как и ожидалось, показали, что студенты смелее переносят свойства одной особи на других, если речь идет о фоссах. Тем самым еще раз подтвердилась склонность судить о людях индивидуально, а о других животных — типологически. Ответы на вопросы второй группы тоже

подтвердили ожидания автора. Студенты, которым достался "человеческий" вариант задания, допустили меньше ошибок, чем те, кому пришлось размышлять о судьбах фосс.

Конечно, полученные результаты не являются бесспорными; в методике при желании можно найти изъяны. И все же представляется, что преподавателям эволюции следует обратить внимание на это исследование. Автор подчеркивает, что в его эксперименте одна лишь мысль о людях (а не о диких зверях) существенно снизила число ошибок у первокурсников, еще не начавших изучение эволюции в университете. Поэтому не исключено, что замена части нечеловеческих примеров человеческими может радикально улучшить понимание предмета.

Хочется верить, что и эта книга, основанная на человеческих примерах, поможет кому-то из читателей лучше разобраться в закономерностях эволюции.

Кто же мы такие?

Для начала давайте определим предмет разговора.

Многое можно узнать о человеке, если проследить, как он использует местоимение "мы". Каждое "мы", произнесенное вслух или набранное на клавиатуре, — результат ответственного решения. Осознать и открыто выразить свою принадлежность к некоей группе, неизбежно отрекаясь при этом от принадлежности ко многим другим группам, — не шутка. Мы (современные люди) принимаем такие решения ежеминутно, походя, не отдавая себе отчета в сложнейших калькуляциях, которые наш мозг при этом выполняет.

Но иногда отдать себе отчет бывает полезно: сразу замечаешь много интересного. Например, можно заметить, что в основе этих вычислений часто лежат не логические умозаключения, а эмоции. "Мы животные" звучит обидно. Многие готовы долго и яростно доказывать, что это не так, что люди не животные. "Мы обезьяны" — совсем уж вызывающее заявление, от которого пахнет нигилизмом и общественным вызовом. При этом фразы "мы млекопитающие", "мы позвоночные", "мы многоклеточные" воспринимаются спокойно. В самом деле, кто станет спорить, что наше тело состоит из множества клеток, что у нас есть позвоночник, что мы кормим детенышей молоком? Но не смейте обзывать человека животным, тем более обезьяной!

Между тем с биологической точки зрения все эти утверждения одинаково верны. Вот несколько разных "мы", узаконенных современной биологической наукой. Мы живые существа. Мы эукариоты. Мы заднежгутиковые. Мы животные. Мы вторичноротые. Мы хордовые. Мы позвоночные. Мы челюстноротые. Мы четвероногие. Мы амниоты. Мы синапсиды. Мы млекопитающие. Мы плацентарные. Мы приматы. Мы обезьяны (или, что то же самое, антропоиды). Мы узконосые обезьяны. Мы человекообразные обезьяны, или гоминоиды (по-английски *apes*). Мы большие человекообразные обезьяны (*great apes*). Мы большие африканские человекообразные обезьяны (*african great apes*). Наконец, мы люди.

Как все это может быть верным одновременно? Запросто. Все дело в правилах биологической классификации. Она строится на основе эволюционного дерева — генеалогической схемы, отражающей

родственные связи живых существ. Постоянное уточнение и детализация этой схемы — основное занятие сотен тысяч квалифицированных биологов во всем мире. Среди таксономистов (экспертов по классификации живых организмов) в последние десятилетия действует уговор, согласно которому можно присвоить официальное название любой ветви эволюционного дерева, но только при одном условии. Название должно относиться ко всей ветви целиком: и к ее основанию, и ко всем без исключения вторичным веточкам. Ветвь нельзя общипывать. Иными словами, естественной группой, которой мы (таксономисты) вправе присвоить официальное название, может считаться совокупность всех потомков какого-нибудь предка. С ударением на слове "всех". Это разумное правило. Фактически оно означает, что если мы объединили в одну группу виды А и Б, то мы не имеем права не включить в нее также и виды, родство которых с видом А (или Б) ближе, чем родство между А и Б.

Раньше соглашение было другим. Можно было дать официальное название не всем, а лишь некоторым потомкам данного предка, оставив других его потомков за бортом. Можно было объединить в одну группу виды А и Б, а вид В, более близкий к виду А, чем вид Б, взять и отнести к другой группе. Ветви эволюционного дерева можно было общипывать. Но потом биологи решили, что это произвол, с которым нужно покончить. Хотя бы просто потому, что невозможно придумать универсальный объективный критерий, единую формулу, которая позволила бы в каждом случае однозначно определить, каких потомков данного предка следует, а каких не следует включать в данную группу. Какие

вторичные веточки можно отщипнуть от основной, а какие нельзя.

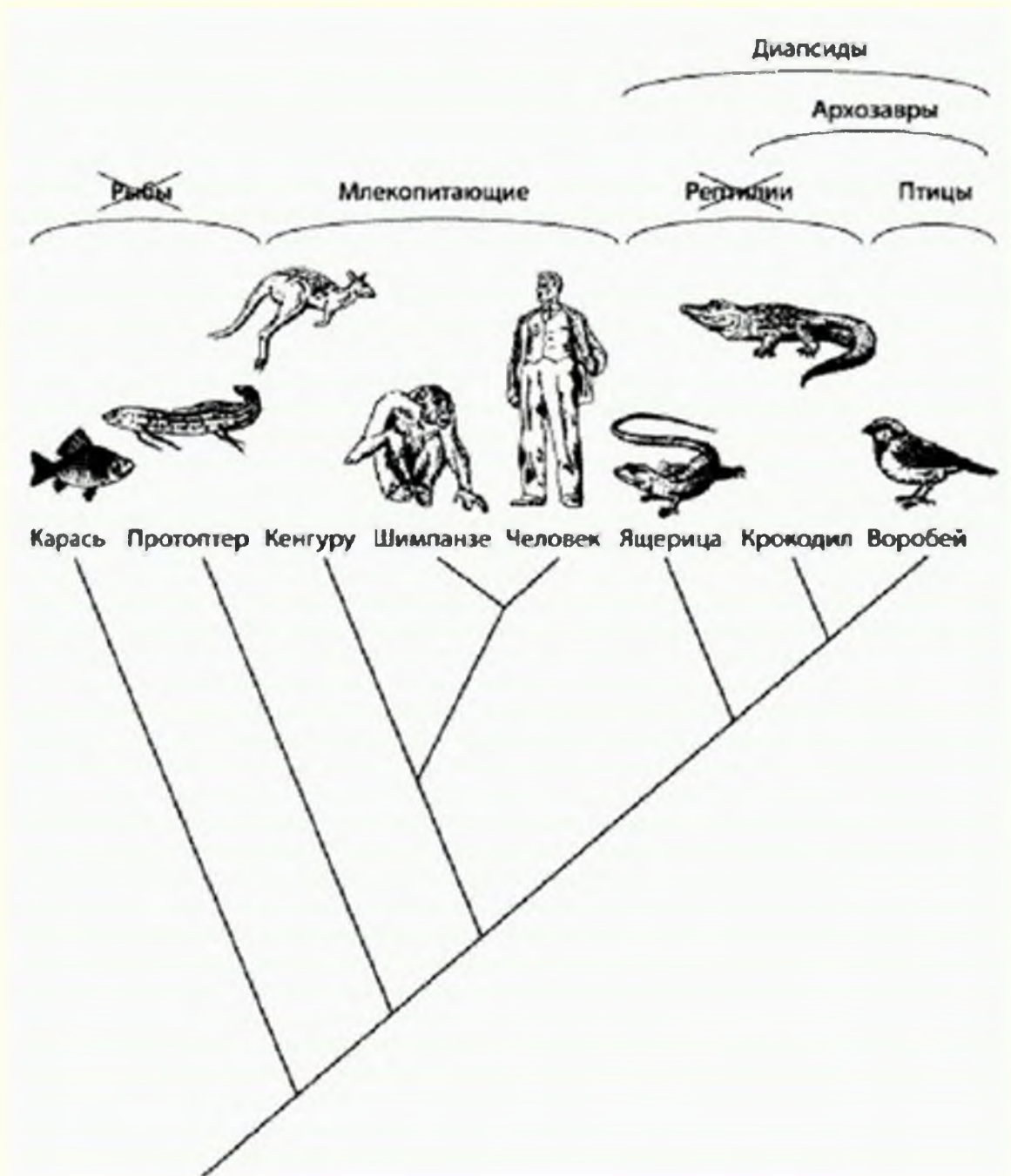
Такие решения раньше принимались на основе "экспертных оценок". Эксперт, специалист по классификации каких-нибудь спатангоидных морских ежей, сначала из всех сил тренировал свою верхнюю височную борозду и веретеновидную извилину, а потом уж давал им волю. У него возникало по отношению к своей группе так называемое шкурное чувство, хорошо знакомое зоологам и ботаникам и по сей день. Опытному таксономисту достаточно беглого взгляда на животное или даже на какую-то его часть, чтобы с уверенностью сказать: это такое-то семейство, такой-то род и, скорее всего, такой-то вид. Решения об отщипывании веточек тоже принимались при помощи "шкурного чувства". Все заинтересованные лица должны были просто довериться авторитету специалиста, который всю жизнь изучал данную группу животных и в конце концов решил, что эти веточки надо отщипнуть, а те — оставить. Все бы хорошо, но, как только оказывалось, что авторитетных специалистов уже не один, а двое и их верхние височные борозды выдают разные результаты, возникала неразрешимая дилемма. Никакого разумного способа выяснить, кто из двух спорящих авторитетов прав, не было. Вопрос решался путем махания руками и присоединения к спору все новых авторитетов. Хорошо еще, никто не додумался меряться верхними височными бороздами при помощи томографии мозга. В конце концов это всем надоело, и отщипывание веточек решили запретить (*Yoon, 2009*).

Изменение правил пошло на пользу науке — критерии классификации стали более объективными, — но привело к странным побочным эффектам. Например,

лишились "официального" статуса такие группы животных, как рыбы и рептилии. Проблема в том, что предки всех наземных позвоночных были рыбами, а предки всех птиц, млекопитающих, крокодилов, ящериц и черепах были рептилиями. У крокодила и воробья был общий предок, который, по свидетельству верхней височной борозды любого зоолога, был самой настоящей рептилией. Поэтому, если мы хотим сохранить официальную группу "рептилии", в которую входил бы этот общий предок вместе с крокодилом, мы обязаны включить в нее также и воробья. Иначе ветвь окажется общипанной, мы оторвем от нее вторичную веточку (птиц), а это произвол. Если разрешено отщипнуть одну веточку, кто запретит поступить так же с любой другой? Придет очередной авторитет и скажет, что крокодилов тоже надо отщипнуть и считать отдельным классом, а статус рептилий сохранить только за ящерицами, змеями и черепахами. И возразить ему будет нечего, раз птиц уже "сдали".

И дело тут не только в том, что последний общий предок крокодила и воробья был устроен как рептилия. Еще важнее, что у него был более древний предок, являвшийся одновременно предком ящерицы. Если мы (то есть в данном случае биологи) хотим считать ящерицу рептилией (а мы этого хотим), то мы обязаны и этого предка, и всех его потомков (включая ящерицу, крокодила и воробья) тоже считать рептилиями. Вывод: либо птицы являются рептилиями, либо рептилий нельзя считать "настоящим", естественным объединением. Без птиц рептилии оказываются произвольной группировкой. Это плохо, потому что вопрос о принадлежности к такой группировке того или иного вида (например, археоптерикса или четырехкрылого микрораптора)

придется решать путем экспертных оценок и споров до хрипоты, без всякой надежды на строгое, объективное и окончательное решение. А еще это плохо, потому что птицы действительно являются более близкой родней крокодилам, чем ящерицы: последний общий предок птиц и крокодилов жил позже, чем последний общий предок крокодилов и ящериц. Крокодилы обидятся, если мы засунем их в одну группу с дальними родственниками, а более близкую родню крокодилов из этой группы исключим.



По современным правилам биологической классификации возможность присвоения официальных групповых названий зависит от структуры эволюционного дерева. Их можно присваивать только целым, "необщипанным" ветвям. Старые группировки "рыбы" и

"рептилии" соответствуют общипанным, неполным ветвям дерева и поэтому не считаются естественными. Группам "млекопитающие" и "птицы" повезло больше: они соответствуют необщипаным ветвям и потому сохранили свой официальный статус.

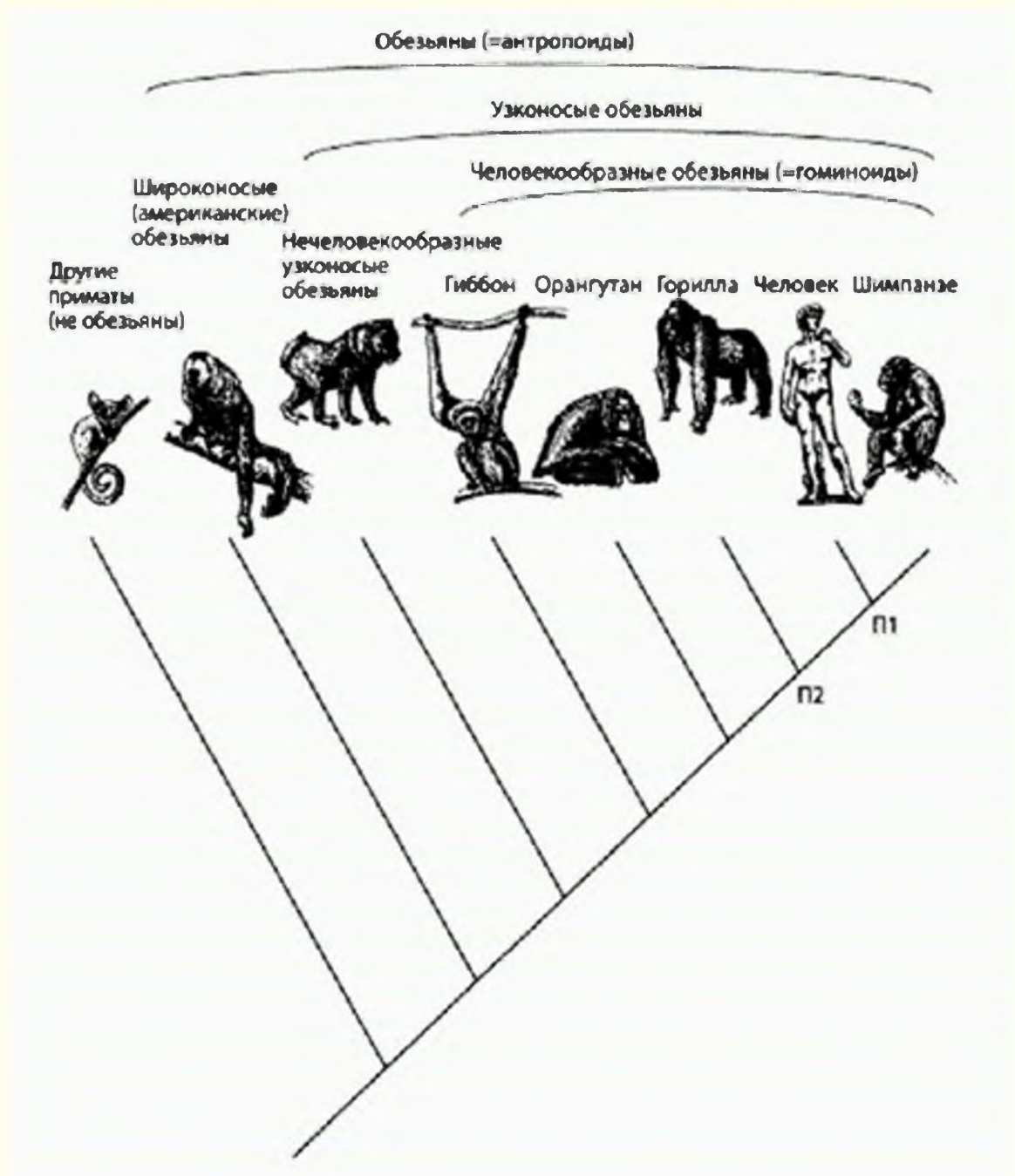
С другой стороны, группа, объединяющая крокодилов и птиц (но не ящериц), — вполне законная и "естественная". Эта группа называется архозавры. Кроме крокодилов и птиц к ней относятся многие вымершие животные, такие как динозавры, текодонты и птерозавры (**группа, объединяющая архозавров и ящериц, тоже вполне естественная и называется диапсиды**). При этом никаких проблем с археоптериксом не возникает: он бесспорный архозавр, а вопрос о том, считать ли его "еще рептилией" или "уже птицей", становится непринципиальным.

Так же и с человеком. Последний общий предок человека и шимпанзе (назовем его П1) имел предка П2, который был по совместительству еще и предком гориллы. Если мы хотим называть шимпанзе и гориллу "человекообразными обезьянами" (а мы этого хотим), то мы просто обязаны включить в эту группу и их общего предка П2, и всех его потомков: гориллу, П1, шимпанзе и человека. Все они (то есть, извините, все мы) — человекообразные обезьяны.

По той же причине все мы — узконосые обезьяны (человекообразные обезьяны входят в эту группу в качестве "подмножества", то есть образуют одну из вторичных ветвей). Наконец, мы просто обезьяны (или, что то же самое, антропоиды), потому что термину "обезьяны" соответствует целая, необщипанная ветвь

эволюционного дерева, подразделяющаяся на две большие вторичные ветви узконосых и широконосых (американских) обезьян.

Таким образом, с точки зрения современной биологии знаменитая фраза "человек произошел от обезьяны" не совсем верна. С одной стороны, она утверждает, что предки людей были обезьянами, и это совершеннейшая правда. Разумеется, речь идет не о современных обезьянах (таких как шимпанзе или горилла), а о древних, вымерших. Но фраза также предполагает, что сам человек не является обезьяной, и вот это уже неверно. С точки зрения биологической классификации человек не произошел от обезьяны — он ею как был, так и остался. Точно так же, как серебристая чайка не перестала быть птицей и архозавром, а енотовидная собака не произошла от млекопитающих, а является таковым. Мы обезьяны, как бы ни травмировал этот факт наше Чувство Собственной Важности (**Чувство Собственной Важности (ЧСВ) — один из смертных грехов. Мне больше нравится термин "ЧСВ", чем "гордыня". Потому что слово "гордыня", на мой вкус, слишком высокопарное: в нем самом чувствуется изрядное количество ЧСВ**), как бы ни ныла от таких слов верхняя височная борозда у таксономистов старой закалки.



Правила биологической классификации не позволяют давать официальные названия неполным, "общипанным" ветвям эволюционного дерева. Если мы хотим объединить гиббонов, орангутанов, горилл и

шимпанзе в группу "человекообразные обезьяны", мы обязаны включить в нее также и человека.

Для того чтобы все-таки сохранить возможность говорить о животных, приматах или обезьянах, не имея при этом в виду человека (иногда это бывает полезно), ученым пришлось пойти на хитрость и придумать замысловатые составные термины: *non-human animals* — нечеловеческие животные, *non-human primates* — нечеловеческие приматы и даже *non-human apes* — нечеловеческие человекообразные обезьяны. Звучит с непривычки довольно дико, зато корректно с точки зрения науки. Будем привыкать.

Впрочем, новые правила биологической классификации подчас не удастся применить на практике, когда дело касается группировок низшего уровня: родов и видов, эволюционная история которых достаточно хорошо известна — по ископаемой летописи или по результатам анализа ДНК. Например, если какая-то популяция или группа популяций плавно и постепенно меняется в ходе эволюции и эти изменения изучены с большой подробностью, палеонтологам приходится методом "волевого решения" проводить условные границы между видами, сменяющими друг друга во времени. Никакого высшего смысла в таких границах и в таких видах нет, но без них не обойтись, иначе классификация получится ужасно неудобной. Есть и другие причины, мешающие новым правилам проникнуть на низшие уровни классификации. Мы о них говорить не будем, потому что это завело бы нас слишком далеко. В итоге биологическая систематика остается противоречивой. На низших уровнях во многих

случаях по-прежнему используются старые правила, на высоких — новые. Уже не полагается говорить, что птицы произошли от динозавров, а люди — от обезьян. Птицы у нас теперь — одна из групп динозавров, а люди (*Homo*) — один из родов обезьян. Однако точно такие же высказывания, относящиеся к более низким этажам иерархии, по-прежнему считаются допустимыми. "Белый медведь произошел от бурого", "люди произошли от австралопитеков", "*Homo heidelbergensis* произошел от *Homo erectus*" — все эти утверждения предполагают произвольное общипывание ветвей эволюционного дерева, но при этом остаются разрешенными.

Почему не все обезьяны стали людьми?

Этот вопрос тревожит не только детей, но и взрослых, не очень хорошо разбирающихся в биологии. Не понимая этого, трудно понять все остальное, о чем пойдет речь в книге. Поэтому нужно разобраться с этой важной теоретической проблемой прямо здесь, в предисловии.

Итак, если люди произошли от обезьян... пардон, от древних нечеловеческих обезьян, то почему тогда все остальные нечеловеческие обезьяны не превратились в людей?

Они этого не сделали по той же причине, по которой не все рыбы вышли на сушу и стали четвероногими, не все одноклеточные стали многоклеточными, не все животные стали позвоночными, не все архозавры стали птицами. По той же причине, по которой не все цветы стали ромашками, не все насекомые — муравьями, не все грибы — белыми, не все

вирусы — вирусами гриппа. Каждый вид живых существ уникален и появляется только один раз. Эволюционная история каждого вида определяется множеством причин и зависит от бесчисленных случайностей. Совершенно невероятно, чтобы у двух эволюционирующих видов (например, у двух разных видов обезьян) судьба сложилась абсолютно одинаково и они пришли к одному и тому же результату (например, обе превратились в человека). Это так же невероятно, как то, что два писателя не сговариваясь напишут два одинаковых романа или что на двух разных материках независимо возникнут два одинаковых народа, говорящие на одном и том же языке.

Мне кажется, этот вопрос часто задают просто потому, что думают: ну как же, ведь человеком быть прикольнее, чем скакать по веткам без штанов. Вопрос основан как минимум на двух ошибках. Во-первых, он предполагает, что у эволюции есть некая цель, к которой она упорно стремится или по крайней мере некое "главное направление". Некоторые думают, что эволюция всегда направлена от простого к сложному. Движение от простого к сложному в биологии называют прогрессом. Но эволюционный прогресс — это не общее правило, он характерен не для всех живых существ, а только для небольшой их части. Многие животные и растения в ходе эволюции не усложняются, а, наоборот, упрощаются — и при этом отлично себя чувствуют. Кроме того, в истории развития жизни на земле гораздо чаще бывало так, что новый вид не заменял старые, а добавлялся к ним. В результате общее число видов на планете постепенно росло. Многие виды вымирали, но еще больше появлялось новых. Так и человек — добавился к приматам, к другим обезьянам, а не заменил их.

Во-вторых, многие люди ошибочно считают, что человек как раз и является той целью, к которой всегда стремилась эволюция. Но биологи не нашли никаких подтверждений этому предположению. Конечно, если мы посмотрим на нашу родословную, то увидим что-то очень похожее на движение к заранее намеченной цели — от одноклеточных к первым животным, потом к первым хордовым, первым рыбам, первым четвероногим, потом к древним синапсидам, зверозубым ящерам, первым млекопитающим, плацентарным, приматам, обезьянам, человекообразным и, наконец, к человеку. Но если мы посмотрим на родословную любого другого вида — например, комара или дельфина, — то увидим точно такое же "целенаправленное" движение, но только не к человеку, а к комару или дельфину.

Кстати, наши родословные с комаром совпадают на всем пути от одноклеточных до примитивных червеобразных животных и только потом расходятся. С дельфином у нас больше общих предков: наша родословная начинает отличаться от дельфиновой только на уровне древних плацентарных млекопитающих, а все более древние наши предки одновременно являются и предками дельфина. Нам приятно считать себя "вершиной эволюции", но комар и дельфин имеют не меньше оснований считать вершиной эволюции себя, а не нас. Каждый из ныне живущих видов — такая же вершина эволюции, как и мы. Каждый из них имеет такую же долгую эволюционную историю, каждый может похвастаться множеством разнообразных и удивительных предков.

У человека, конечно, есть кое-что особенное, чего нет у других животных. Например, у нас самый умный (в некоторых отношениях) мозг (**интеллект животных не**

универсален, и человек не исключение. Например, мы сильно уступаем сойкам, кедровкам, белкам и другим животным, запасующим пищу в тайниках, по способности запоминать точки на местности; крыса обставит нас в решении задач по поиску выхода из запутанного лабиринта; некоторые "нечеловеческие" обезьяны быстрее запоминают лица по фотографиям и т.д. (Резникова, 2009)) и самая сложная система общения (речь). Правда, у любого другого вида живых существ тоже есть хотя бы одно уникальное свойство или сочетание свойств (иначе его просто не считали бы особым видом). Например, гепард бежит быстрее всех зверей и гораздо быстрее нас. Докажите ему, что думать и говорить важнее, чем быстро бегать. Он так не считает. Он с голоду помрет, если обменяет быстрые ноги на большой мозг. Ведь мозгом-то еще нужно научиться пользоваться, нужно наполнить его какими-то знаниями, а для этого нужна культура. Много пройдет времени, прежде чем гепарды научатся извлекать пользу из большого мозга, а кушать хочется сейчас.

Большой мозг, кроме человека, появился в ходе эволюции еще у слонов и китообразных. Но ведь они и сами очень большие, куда больше нас. А в целом эволюция до сих пор редко приводила к появлению видов с таким большим мозгом. Ведь этот орган обходится животным очень дорого. Во-первых, мозг потребляет огромное количество калорий, поэтому животному с большим мозгом требуется больше пищи. Во-вторых, большой мозг затрудняет роды: у наших предков до изобретения медицины была поэтому очень большая смертность при родах, причем умирали как дети, так и матери (Мы еще вернемся к обсуждению этих

вопросов). А главное, есть множество способов прекрасно прожить и без большого мозга, чему свидетельством является вся живая природа вокруг нас. Требовалось некое уникальное стечение обстоятельств, чтобы естественный отбор стал поддерживать увеличение мозга у тех обезьян, которые стали нашими предками. Ученые, изучающие эволюцию человека, из всех сил пытаются понять, что это были за обстоятельства. Мы к этой теме обязательно вернемся.

И последнее: кто-то ведь должен быть первым! Мы — первый вид на этой планете, достаточно сообразительный для того, чтобы задаться вопросом: "Откуда я появился и почему другие животные не стали такими же, как я?" Если бы первыми разумными существами стали муравьи, они бы терзались тем же вопросом. Станут ли другие виды животных разумными в будущем? Если мы, люди, им не помешаем, не истребим их и позволим спокойно эволюционировать, то это не исключено. Может быть, вторым видом разумных существ когда-нибудь станут потомки нынешних дельфинов, или слонов, или шимпанзе.

Но эволюция — ужасно медленный процесс. Чтобы заметить хоть какие-то эволюционные изменения у таких медленно размножающихся и медленно взрослеющих животных, как шимпанзе, нужно наблюдать за ними как минимум несколько веков, а лучше — тысячелетий. Но мы начали наблюдать за шимпанзе в природе лишь несколько десятилетий назад. Даже если бы шимпанзе сейчас действительно эволюционировали в сторону "поумнения", мы просто не сумели бы это заметить. Впрочем, я не думаю, что они это делают. Но вот если бы все люди сейчас переселились из Африки на другие материки, а Африку сделали бы одним огромным

заповедником, то в конце концов потомки нынешних шимпанзе, бонобо или горилл вполне могли бы стать разумными. Конечно, это будут вовсе не люди, а другой вид разумных приматов. Только ждать придется очень долго. Может быть, 10 миллионов лет, а может, и все 30.

А мы точно уверены?

Среди откликов на книгу "Рождение сложности" преобладали положительные, но кое-какие упреки тоже были высказаны. Один из них меня сильно удивил. Критику показалось, что, включив в книгу несколько страниц полемики с креационистами (людьми, отрицающими эволюцию), я проявил неуважение к читателю. Дескать, книга рассчитана на грамотных людей, и оскорбительно думать, что кто-то из них может всерьез относиться к таким глупостям, как креационизм.

Так-то оно так, но приверженцы этих глупостей весьма активны, лезут во все щели, а многие пусть и грамотные, но далекие от биологии люди не очень хорошо ориентируются в фактах, на которых основана железобетонная уверенность биологов в реальности эволюции. Дорогие читатели, я вас уважаю. Но на всякий случай все-таки приведу здесь пару фактов, которые могут пригодиться в бытовых спорах с креационистами. Время от времени креационисты попадают на жизненном пути каждого нормального человека.

Недавно мы с коллегами опубликовали в интернете большой текст, фактически целую электронную книгу, под названием "Доказательства эволюции" (*Борисов и др., 2010*). Эта подборка во многом избыточна. Для того чтобы признать реальность эволюции (включая происхождение человека от древних нечеловеческих

обезьян), достаточно десятой доли того, что там изложено. Доказательств так много и они такие разные, что для удобства их обычно делят на тематические группы: эмбриологические доказательства, палеонтологические, биогеографические, сравнительно-анатомические, молекулярно-генетические и т.д. Здесь я приведу лишь несколько фактов из последней группы: они достаточно просты, компактны и неопровержимы. Прочие доказательства доступны по адресу <http://evolbiol.ru/evidence.htm>.

Итак, какие же свидетельства эволюционного происхождения человека от "нечеловеческих животных" дает нам молекулярная генетика? Напомню, что гены — это фрагменты молекул ДНК, а ДНК — это полимер, представляющий собой длинную цепочку последовательно соединенных мономеров — нуклеотидов. В состав ДНК входят нуклеотиды четырех типов, обозначаемых буквами А, Т, Г и Ц (или А, Т, G и C). Из этих букв складываются длинные тексты, примерно такие: .. АТТГГААТАТГЦГЦАТГЦАТАААГ...

Генетические тексты, записанные в молекулах ДНК (хромосомах) **(каждая хромосома состоит из одной молекулы ДНК и множества вспомогательных белков, которые помогают правильно упаковывать ДНК, "считывать" с нее информацию, размножать и т.д. У человека в ядре каждой клетки находится 23 пары хромосом, причем одна хромосома в каждой паре получена от мамы, а другая — от папы. У шимпанзе и других "нечеловеческих человекообразных обезьян" 24 пары хромосом. У предков человека две хромосомы слились в одну (наша вторая хромосома сохранила четкие следы этого**

слияния). Вообще изменение числа хромосом — не редкость в эволюции. Вопреки распространенному среди креационистов заблуждению различия в числе хромосом не являются непреодолимым препятствием для скрещивания и производства плодового потомства. Известны виды организмов (растений, насекомых, млекопитающих), у которых есть внутривидовая изменчивость по числу хромосом, причем особи с разным числом хромосом скрещиваются и дают нормальное плодовитое потомство. Один из примеров — дикие кабаны, у которых имеется значительный хромосомный полиморфизм) в виде последовательностей из четырех нуклеотидов, передаются по наследству от родителей к потомкам. В них особым образом (ужасно сложным) зашифрованы наследственные свойства организма. У каждого организма свой уникальный набор таких текстов, который называется геномом (исключение — однояйцевые близнецы, у них геномы одинаковые).

У близких родственников геномы очень похожи — например, из каждых 10000 букв может различаться в среднем лишь одна, а остальные 9999 будут одинаковы. Чем отдаленнее родство, тем больше различий. Сравнение нуклеотидных последовательностей ДНК — превосходный метод определения степени родства сравниваемых организмов. Это обстоятельство широко применяется на практике, в том числе для установления отцовства (или более отдаленного родства). Например, недавно на основе анализа ДНК из человеческих костей, обнаруженных под Екатеринбургом, удалось доказать, что это действительно (как и предполагалось) останки семьи последнего российского императора Николая II.

При этом для сравнения был использован генетический материал ныне живущих родственников царской семьи (*Rogaev et al. 2009*).

Изучая семьи с известной генеалогией, генетики оценивают скорость накопления различий в ДНК. В частности, большую помощь оказало исследование ДНК населения Исландии — уникальной страны, где по церковным книгам можно выяснить родословную чуть ли не каждого жителя на много веков вспять, порой даже до первопоселенцев, прибывших в Исландию из Норвегии в IX веке. Причем из останков нескольких первых колонистов тоже удалось извлечь ДНК для анализа. Теми же методами можно реконструировать историю целых народов или, к примеру, находить среди современных азиатов потомков Чингисхана. Результаты генетического анализа при этом хорошо согласуются с сохранившимися историческими сведениями. В ходе многочисленных исследований такого рода, где можно было непосредственно сравнить генетические данные с историческими, генетики раз за разом убеждались в достоверности оценок родства на основе сравнения ДНК, а используемые методы развивались и совершенствовались.

Поэтому сегодня мы можем при помощи этих многократно проверенных и "откалиброванных" методов оценивать степень родства и таких организмов, по которым у нас нет летописных данных. Результаты таких исследований позволяют устанавливать степень родства различных видов живых существ с такой же степенью надежности, как и в случае установления отцовства или идентификации останков царской семьи. Спросите у любого квалифицированного специалиста по молекулярной генетике, какие результаты дало

сравнение геномов человека и шимпанзе. Он подтвердит, что близкое родство записано в этих двух геномах аршинными буквами. Рассмотрим три разновидности таких записей.

СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ ГЕНОВ И БЕЛКОВ. Вот пример сравнения нуклеотидных и аминокислотных последовательностей человека и шимпанзе (А — аминокислоты, Ш — шимпанзе, Ч — человек) (**многие (хотя и не все) гены представляют собой инструкции по производству белков. Каждый из 20 типов аминокислот, из которых состоит молекула белка, кодируется тройкой нуклеотидов - триплетом**) .

Здесь показан начальный фрагмент (180 нуклеотидов) одного из генов митохондриального генома шимпанзе и человека (**геном у всех животных делится на две неравные части — основной, или ядерный, и очень маленький митохондриальный. Первый собирается из двух половинок, полученных от матери и отца. Второй наследуется строго по материнской линии — мы получаем его только от матери**). В этом гене закодирована последовательность аминокислот в молекуле очень важного белка, который называется цитохром Ь. Соответственно, сам ген называется ген цитохрома Ь, сокращенно *cytb*. Аминокислоты обозначены буквами М, Т, Р, К и т. д.

```

A  M T P T R K I N P L M K L I N H S F I D
III ATGACCCCGACACGCAAAATTAACCCACTAATAAAATTAATTAATCACTCATTATCGAC 60
    ||||| | ||||| ||||| ||||| ||||| ||||| ||||| |||||
Ч  ATGACCCCAATACGCAAAACTAACCCCTAATAAAATTAATTAACCACTCATTATCGAC 60
A  M T P M R K T N P L M K L I N H S F I D

A  L P T P S N I S A W W N F G S L L G A C
III CTCCCCACCCCATCCAACATTTCCGCATGATGGAACCTTCGGCTCACTTCTCGGCGCCTGC 120
    ||||| ||||| ||||| ||||| ||||| ||||| ||||| |||||
Ч  CTCCCCACCCCATCCAACATCTCCGCATGATGAAACCTTCGGCTCACTCTTGGCGCCTGC 120
A  L P T P S N I S A W W N F G S L L G A C

A  L I L Q I T T G L F L A M H Y S P D A S
III CTAATCCTTCAAATTACCACAGGATTATTCCTAGCTATACACTACTCACCAGACGCCTCA 180
    || ||||| ||||| ||||| ||||| ||||| ||||| ||||| ||||| ||||| |||||
Ч  CTGATCCTTCAAATCACCACAGGACTATTCCTAGCCATCTCACTACTCACCAGACGCCTCA 180
A  L I L Q I T T G L F L A M H Y S P D A S

```

Митохондриальные гены накапливают мутации в 5-10 раз быстрее, чем ядерные. Поэтому митохондриальные гены человека и шимпанзе различаются на 9 %, а ядерные — примерно на 1,2 %. Столько различий они успели накопить с того времени, когда популяции наших предков разошлись, то есть предки шимпанзе перестали скрещиваться с предками людей. Это произошло примерно 6—7 миллионов лет назад.

Здесь показан митохондриальный ген, потому что если бы мы взяли ядерный ген, сходство было бы очень большим, и пришлось бы приводить гораздо более длинную последовательность, чтобы наглядно показать характер различий. А вообще ген можно взять практически любой — картина будет качественно одна и та же.

Из 60 аминокислот, кодируемых этими 180 нуклеотидами, у шимпанзе и человека различаются только две (4-я и 7-я, выделены жирным шрифтом и подчеркиванием). На работу цитохрома Ъ эти различия, скорее всего, влияют очень слабо или не влияют вовсе. Из 60 триплетов (троек нуклеотидов) различаются 16, однако только 2 из 16 различий являются значимыми (несинонимичными), а остальные — синонимичные, не влияющие на структуру белка. Дело в том, что большинству аминокислот соответствует не один, а несколько разных триплетов. Синонимичные нуклеотидные отличия человека от шимпанзе выделены жирным шрифтом, несинонимичные — жирным шрифтом и подчеркиванием.

Генетическое родство человека и шимпанзе доказывается даже не столько сходством последовательностей, сколько характером различий между ними. Легко заметить, что он полностью соответствует предсказаниям эволюционной теории. Больше всего должно быть синонимичных нуклеотидных замен, потому что такие замены не влияют на свойства белка и, следовательно, невидимы для отбора, не отбраковываются им. Именно это мы и наблюдаем.

Еще одно свидетельство генетического родства состоит в том, что в большинстве случаев (44 из 58) для кодирования одной и той же аминокислоты в геноме человека и шимпанзе используется один и тот же триплет. С точки зрения "правильности" генетической инструкции нет абсолютно никакой разницы, каким из нескольких триплетов, соответствующих данной аминокислоте, закодировать ее в каждом конкретном случае. Например, аминокислота Т (треонин) кодируется любым из четырех триплетов: АСА, АСТ, АСГ, АСС. Эта

аминокислота встречается в одинаковых позициях в данном фрагменте белка у человека и шимпанзе четырежды. При этом во всех четырех случаях она закодирована у обоих видов одним и тем же триплетом (три раза используется триплет ACC, один раз — ACA). Вероятность случайности такого совпадения $0,25^4 = 0,0039$. Если собрать все такие случаи по геномам человека и шимпанзе, вероятность случайности получится невообразимо ничтожной, практически неотличимой от нуля.

Таким образом, дело здесь не просто в сходстве ДНК, дело в характере сходства, которое выходит далеко за пределы любой функциональной оправданности. Его невозможно объяснить "пользой для дела". Особенно важно сходство по бессмысленным частям генетического текста (сюда относится и использование одинаковых синонимичных триплетов), а также по характерным ошибкам в нем (см. ниже).

У специалистов по молекулярной генетике кровное родство человека и шимпанзе не вызывает и тени сомнения. Опытный учитель сразу поймет, что один ученик бездумно списал у другого, если заметит в их сочинениях не только одинаковые мысли (это еще можно объяснить одинаковыми намерениями авторов), но и одинаковые фразы, используемые для их выражения, а особенно — одинаковые ошибки и одинаковые сорные словечки в одних и тех же местах текста. Все эти бесспорные признаки единства происхождения (а не независимого сотворения) в изобилии присутствуют в геномах близкородственных видов, каковыми являются человек и шимпанзе. Кстати, на таком же принципе — сопоставлении ошибок, неизбежно возникающих при переписывании, — основаны и методы реконструкции

"генеалогических деревьев" древних летописей и других рукописных текстов.

Сравним теперь аминокислотные последовательности того же самого фрагмента цитохрома Ь у шимпанзе, человека и макаки резуса (Ш — шимпанзе, Ч — человек, М — макака):

```
■ MTPTRKINPLMKLINHSFIDLPTPSNISAWWNFGSLLGACLILQITTGLFLAMHYS PDAS
Ч MTPMRKYNPLMKLINHSFIDLPTPSNISAWWNFGSLLGACLILQITTGLFLAMHYS PDAS
М MTPMRKSNPILKMINSFIDLPAAPPNLSMWWNFGSLLAACLILQITGLLLAMHYS POTS
```

Как видим, у макаки аминокислотная последовательность этого белка сильнее отличается от человеческой и шимпанзиной, чем последовательности первых двух видов друг от друга (14 аминокислотных различий между макакой и шимпанзе, 13 — между макакой и человеком, два — между шимпанзе и человеком). Это полностью соответствует биологической классификации и эволюционному дереву. Шимпанзе — гораздо более близкий родственник человека, чем макака. Предки человека и шимпанзе разошлись 6—7 миллионов лет назад, а предки макаки и человекообразных обезьян (включая человека и шимпанзе) перестали скрещиваться около 20—30 миллионов лет назад. Дольше срок раздельной жизни — больше различий в аминокислотной последовательности белка. То, что по одной аминокислоте (4-й) макака больше похожа на человека, чем на шимпанзе, скорее всего, означает, что у общего предка макаки и человекообразных в этой позиции стояла аминокислота М, которая сохранилась у макаки и человека.

Но в линии шимпанзе, уже после ее отделения от человеческой линии, произошла замена М на Т.

Интересно взглянуть на ситуацию с точки зрения шимпанзе. Для этого вида человек — более близкий родственник, чем любая другая обезьяна. Даже горилла, внешне не так уж сильно отличающаяся от шимпанзе (по крайней мере на наш человеческий взгляд), приходится шимпанзе более дальней родней, чем человек. В свою очередь для гориллы люди и шимпанзе — самые близкие родственники, значительно более близкие, чем любые другие обезьяны.

Результаты сравнения генов и белков в большинстве случаев подтверждают представления о родственных связях между видами (эволюционном древе), сложившиеся задолго до прочтения геномов. Аналогичные результаты получаются при сравнении практически любых генов в любых группах организмов. Каждый читатель может убедиться в этом самостоятельно, поскольку все прочтенные гены и программное обеспечение для их анализа находятся в свободном доступе — например, на сайте Национального центра биотехнологической информации США (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/>).

ЭНДОГЕННЫЕ РЕТРОВИРУСЫ — это следы древних вирусных инфекций в ДНК. Ретровирусы (такие как ВИЧ) встраивают свой собственный геном в хромосомы клеток зараженного организма. Перед каждым клеточным делением хромосомы реплицируются (удваиваются), при этом вместе с хозяйскими генами реплицируется и встроившийся вирусный геном. Если вирусу удалось попасть в геном половой клетки, то встроенную вирусную последовательность могут унаследовать потомки зараженной особи. Такие передающиеся по наследству встроившиеся вирусы и называются эндогенными ретровирусами. Ретровирусы встраиваются в геном более

или менее случайным образом. Вероятность того, что у двух разных организмов один и тот же вирус встроится в одно и то же место генома, ничтожна. Поэтому если мы видим, что у двух животных в одном и том же месте генома сидит один и тот же эндогенный ретровирус, это может означать только одно: наши животные произошли от общего предка, у которого в геноме этот вирус уже присутствовал.

В геноме каждого человека около 30 000 эндогенных ретровирусов; вместе они составляют около 1 % человеческого генома. Некоторые из них встречаются только у человека. Этих вирусов мы "нахватали" за последние 6—7 миллионов лет — уже после отделения наших предков от предков шимпанзе. Другие эндогенные ретровирусы встречаются только у шимпанзе и у человека, причем в одних и тех же позициях в геноме. Тем самым подтверждается происхождение человека и шимпанзе от одного предка. Также есть эндогенные ретровирусы, встречающиеся у горилл, шимпанзе и человека, у орангутанов, горилл, шимпанзе и человека, и т.д. Распределение эндогенных ретровирусов в точности соответствует эволюционному дереву.

ПСЕВДОГЕНЫ — это неработающие, молчащие гены, которые возникают в результате мутаций, выводящих нормальные "рабочие" гены из строя. Псевдогены — настоящие генетические рудименты. Если мутация выведет из строя ген, полезный для организма, такая мутация почти наверняка будет отсеяна отбором. Однако некоторые гены, в прошлом полезные, могут стать ненужными — например, из-за смены образа жизни.

Мутация, выводящая из строя такой ген, не отсеивается отбором и может распространиться в популяции.

Псевдогены могут долго сохраняться в геноме в качестве ненужного балласта. Мутации, которые в дальнейшем будут происходить в псевдогене, безразличны для выживания организма, поэтому они не отсеиваются отбором и свободно накапливаются. В конце концов они могут изменить псевдоген до неузнаваемости. Однако на это, как правило, уходит много времени — десятки или даже сотни миллионов лет. Поэтому в геномах большинства организмов, включая человека, псевдогены на той или иной стадии мутационной деградации присутствуют в больших количествах. Псевдогены представляют собой своеобразную историческую хронику, рассказывающую об образе жизни и адаптациях далеких предков изучаемого организма. Например, в геноме человека в псевдогены превратились многие гены обонятельных рецепторов. Это и понятно, поскольку обоняние не имело существенного значения для выживания наших предков уже давно. Более того, излишнее чутье могло быть даже вредным (см. главу "Двуногие обезьяны").

Ярким доказательством эволюции является присутствие одинаковых псевдогенов в одних и тех же местах генома у родственных видов. Например, у человека есть псевдоген *GULO*, который представляет собой "сломанный" ген фермента глюконо-лактон-оксидазы. Этот фермент необходим для синтеза аскорбиновой кислоты. У других приматов обнаружен точно такой же псевдоген, причем мутационная поломка, нарушившая работу гена, у него такая же, как и в человеческом псевдогене. Причины очевидны: в связи с переходом предков современных

приматов к питанию растительной пищей, богатой витамином С, данный ген перестал быть необходимым для выживания. Мутация, испортившая ген, не была отсеяна отбором, закрепилась и была унаследована человеком и другими обезьянами. У других млекопитающих (например у крысы) *GULO* является не псевдогеном, а работающим геном, и поэтому крысам не нужно получать витамин С с пищей: они синтезируют его сами. У некоторых млекопитающих, которые независимо от приматов перешли к питанию пищей, богатой витамином С (например, у морских свинок), тоже произошла псевдогенизация гена *GULO*, но мутации, выведшие ген из строя, у них были другие.

Вот так выглядит фрагмент нуклеотидной последовательности псевдогена *GULO* у макаки резуса (М), орангутана (О), шимпанзе (Ш) и человека (Ч). Жирным шрифтом выделены различающиеся нуклеотиды, звездочками отмечены нуклеотидные различия, наиболее важные для построения эволюционного дерева (*по Lents et al., 2009*).

M GGAGCTGAAGGCCATGCTGGAGGCCCACTTGAGGTGGTGTCCCACTACCTGGTGGGGGTGCGCTTCACCTAAGGG
O GGAGCTGAAGGCCATGCTGGAGGCCCACTTGAGGTGGTGTCCCACTACCTGGTGGGGGTGCGCTTCACCTAGAGG
III GGAGCTGAAGGCCATGCTGGAGGCCCACTTGAGGTGGTGTCCCACTACCTGGTGGGGGTACGCTTCACCTGAGGG
4 GGAGCTGAAGGCCATGCTGGAGGCCCACTTGAGGTGGTGTCCCACTACCTGGTGGGGGTACGCTTCACCTGGAGG

Еще один пример: у млекопитающих есть три гена, которые у птиц и рептилий отвечают за производство белка вителлогенина, входящего в состав желтка в яйце. Почти у всех млекопитающих эти три гена — мертвые, псевдогенизированные. Только яйцекладущие однопроходные звери (утконос, ехидна) синтезируют

вителлогенин. У однопроходных из трех генов вителлогенина мертвы только два, а третий сохранил функциональность. Между прочим, хотя у плацентарных млекопитающих желток не образуется, в ходе эмбриогенеза развивается рудиментарный желточный мешок (наполненный жидкостью), присоединенный к кишечнику зародыша.

Перечислять доказательства родства человека с нечеловеческими обезьянами можно долго, очень долго. Но я уважаю читателя и поэтому считаю, что сказанного более чем достаточно. Если кто-то хочет ознакомиться с другими фактами такого рода, он может найти их в вышеупомянутом обзоре "Доказательства эволюции" по адресу <http://evolbiol.ru/evidence.htm>.

Слова благодарности

Эта книга не появилась бы на свет без помощи многих людей, которым я глубоко признателен.

Вот уже более пяти лет я пишу статьи для сайта "Элементы большой науки" (www.elementy.ru). Многие из этих статей сразу готовились как кусочки будущей книги. Все это было бы невозможно без моральной и профессиональной поддержки сотрудников "Династии" и "Элементов" — Михаила Воловича, Валентина Кориневского, Елены Мартыновой. Не могу не выразить благодарность бывшим сотрудникам отдела науки и образования радиостанции "Свобода", которые, образно говоря, ввели меня в мир профессиональной научной популяризации, — Владимиру Губайловскому, Александру Костинскому, Ольге Орловой, Александру Сергееву. Хочу поблагодарить также Александра Соколова — создателя замечательного веб-сайта Антропогенез.ру

(<http://antropogenez.ru>), а заодно и порекомендовать этот сайт читателям в качестве надежного источника справочной информации по нашим ископаемым предкам.

Эта книга не была бы написана без помощи моей верной соратницы, коллеги, главной музыки и абсолютно героического человека Елены Наймарк, которая не только предоставила мне возможность ее написать, взвалив на себя многие мои обязанности на то время, пока я работал над книгой, но и сама написала для нее несколько разделов.

Я глубоко признателен художникам, создавшим иллюстрации для этой книги, — Николаю Ковалеву, Елене Мартыненко и Елене Серовой, а также редактору Евгении Лавут, чья тщательная работа над текстом позволила существенно его улучшить.

Не будучи профессиональным антропологом (в настоящее время я считаю себя биологом-теоретиком широкого профиля), браться за написание популярной книги по эволюции человека — шаг рискованный, может быть, даже вызывающий. Вряд ли бы я решился на это, если бы не бесценная возможность общения с ведущими отечественными специалистами: Т.С. Балугеой, С. А. Боринской, А. П. Бужиловой, С. А. Бурлак, М.Л. Бутовской, Е.В. Веселовской, Е.З. Годиной, М.В. Добровольской, С. В. Дробышевским, З.А. Зориной, М.Б. Медниковой, И. И. Полетаевой, Ж. И. Резниковой, В.С. Фридманом.

В работе над рукописью огромную помощь мне оказали замечания рецензентов С. А. Бурлак и С. В. Дробышевского, профессионалов высочайшего уровня. Ответственность за все ошибки и неточности, оставшиеся в книге, безусловно, лежит исключительно на мне.

ГЛАВА 1. ДВУНОГИЕ ОБЕЗЬЯНЫ

Шимпанзе задает точку отсчета

Ближайшими современными (то есть невымершими) родственниками людей являются шимпанзе. Об этом недвусмысленно свидетельствуют данные сравнительной анатомии и молекулярной генетики, о чем мы немного поговорили в Предисловии. Палеонтологические и сравнительно-генетические данные указывают на то, что эволюционные линии, ведущие к человеку и шимпанзе, разделились примерно 6—7 миллионов лет назад.

Шимпанзе делятся на два вида: обыкновенный шимпанзе (*Pan troglodytes*), проживающий к северу от великой реки Конго, и карликовый шимпанзе, или бонобо (*Pan paniscus*), живущий от нее к югу. Эти виды обособились друг от друга не более 1—2 млн лет назад, то есть намного позже, чем "наша", человеческая, линия отделилась от предков шимпанзе. Из этого следует, что оба вида шимпанзе имеют одинаковую степень родства с человеком.

Шимпанзе очень важны для любого популярного рассказа об эволюции человека, потому что они задают точку отсчета. Признаки, имеющиеся и у людей, и у шимпанзе, интересуют нас меньше, чем те, что есть только у нас. Это, конечно, не очень логично и отдает дискриминацией и ксенофобией. Тем не менее книги по эволюции человека редко начинаются с обсуждения важного вопроса о том, почему у нас нет хвоста.

Это мало кому интересно, ведь у шимпанзе тоже нет хвоста. И у горилл нет хвоста, и у орангутанов нет, и у гиббонов нет. Это общий признак всех человекообразных обезьян. Это не наша уникальная особенность. Нам же хочется знать, почему мы такие-растакие особенные и совсем-совсем не такие, как те лохматые и дикие, что в зоопарке.

Рассказ об эволюции человека обычно начинают не с утраты хвоста, а с бипедализма — хождения на двух ногах. Это вроде бы наше, чисто человеческое. Правда, гориллы, шимпанзе и бонобо тоже иногда так ходят, хоть и не очень часто (до 5—10% времени). Но всем, кроме нас, такая походка неудобна. Да особо и ни к чему: руки такие длинные, чуть сгорбился — и ты уже на четвереньках. Нечеловеческим обезьянам легче ходить, опираясь на костяшки пальцев, на кулак или ладонь.

Интерес к бипедализму наглядно показывает, что именно современные обезьяны задают точку отсчета при обсуждении антропогенеза. Сегодня нам хорошо известно, что начиная примерно с 7 млн лет назад в Африке жила и процветала большая и разнообразная группа двуногих человекообразных обезьян. Мозг у них был не больше, чем у шимпанзе, и вряд ли они превосходили шимпанзе по своим умственным способностям. Одним словом, они были еще вполне "нечеловеческие", но уже двуногие. Если бы хоть один из видов этих обезьян — австралопитеков, парантропов, ардипитеков — случайно дожил до наших дней (в каком-нибудь африканском "затерянном мире" — почему бы и нет?), наша двуногость вдохновляла бы нас ничуть не больше, чем бесхвостость. И рассказы об антропогенезе начинались бы с чего-то другого. Может быть, с изготовления каменных орудий (2,6 млн лет

назад). Или с того момента (чуть более 2 млн лет назад), когда начал увеличиваться мозг.

Но все эти двуногие нечеловеческие обезьяны, к сожалению, вымерли (кроме тех, что превратились в людей). И поэтому мы не станем отступать от принятой традиции и начнем с двуногости. Мы будем говорить в основном об истории той группы обезьян, которая включает нас, но не включает шимпанзе. Представителей этой "человеческой" эволюционной линии мы будем называть гоминидами (в единственном числе — гоминида). Вообще-то среди антропологов нет единого мнения по поводу классификации и номенклатуры (официальных групповых названий) вымерших и современных человекообразных. Мы будем придерживаться одного из вариантов, согласно которому к гоминидам относят всех представителей той ветви эволюционного дерева, которая отделилась от предков шимпанзе 6—7 миллионов лет назад и которая включает всех приматов, более близких к человеку, чем к шимпанзе. Все представители этой группы к настоящему времени вымерли, кроме одного-единственного вида *Homo sapiens*. Но в прошлом их было довольно много (см. справочную таблицу).

Встали и пошли

Гоминиды появились в Африке, и вся их ранняя эволюция проходила там же. Догадку о том, что ископаемые предки людей жили именно на Африканском континенте, высказал еще Дарвин в книге "Происхождение человека и половой отбор", изданной в 1871 году, через 12 лет после "Происхождения видов". На тот момент, когда в руках ученых не было еще ни

одной косточки кого-то, хотя бы отдаленно похожего на переходное звено между обезьяной и человеком, дарвиновская догадка выглядела невероятно смелой. То, что она подтвердилась, является, возможно, одним из самых впечатляющих фактов в истории эволюционной биологии. Дарвин написал буквально следующее: "Млекопитающие, живущие в каждом большом регионе мира, связаны близким родством с ископаемыми видами того же региона. Поэтому возможно, что в Африке в прошлом обитали ныне вымершие человекообразные обезьяны, близкие к горилле и шимпанзе. Поскольку эти два вида стоят ближе всех к человеку, представляется несколько более вероятным, что наши ранние предшественники жили на Африканском континенте, нежели где-то еще". Просто, скромно и гениально.

Гоминиды характеризуются важным общим признаком — хождением на двух ногах. Разных гипотез, объясняющих переход к бипедализму, существует как минимум столько же, сколько известно причин, побуждающих обезьян иногда подниматься на ноги. Обезьяны ходят вертикально, пересекая неглубокие водоемы. Может быть, наши предки стали двуногими, потому что много времени проводили в воде? Есть такая гипотеза. Самцы обезьян, заигрывая с самками, встают во весь рост и показывают пенис. Может, наши предки хотели показывать свои гениталии постоянно? Есть такая гипотеза. Самки иногда ходят на двух ногах, прижав к животу детеныша (если детеныш не сидит на маминой спине, вцепившись в шерсть). Может, нашим предкам было важно перетаскивать сразу по два детеныша, для того они и освободили руки? Есть и такая гипотеза...

И это еще не все. Есть предположение, что наши предки стремились увеличить дальность обзора (что

стало особенно актуально после выхода из леса в саванну). Или уменьшить поверхность тела, подставляемую солнечным лучам, опять-таки после выхода в саванну. Или просто вошло в моду так ходить — прикольно и девушкам нравится. Это, кстати, довольно правдоподобно: такое могло произойти за счет механизма "фишеровского убегания", о котором говорится в главе "Происхождение человека и половой отбор". Как выбрать из этого множества идей правильную? Или верными являются сразу несколько? Трудно сказать. Аргументам в пользу каждой из перечисленных гипотез посвящены целые статьи и даже книги, но прямых доказательств нет ни у одной из них.

В таких случаях, на мой взгляд, нужно отдавать предпочтение гипотезам, которые обладают дополнительной объясняющей силой, то есть объясняют не только двуногость, но заодно и какие-то другие уникальные особенности гоминид. В этом случае нам придется принимать меньше спорных допущений. Ниже мы обсудим одну из таких гипотез, которая мне кажется наиболее убедительной. Но сначала нужно поближе познакомиться с фактами.

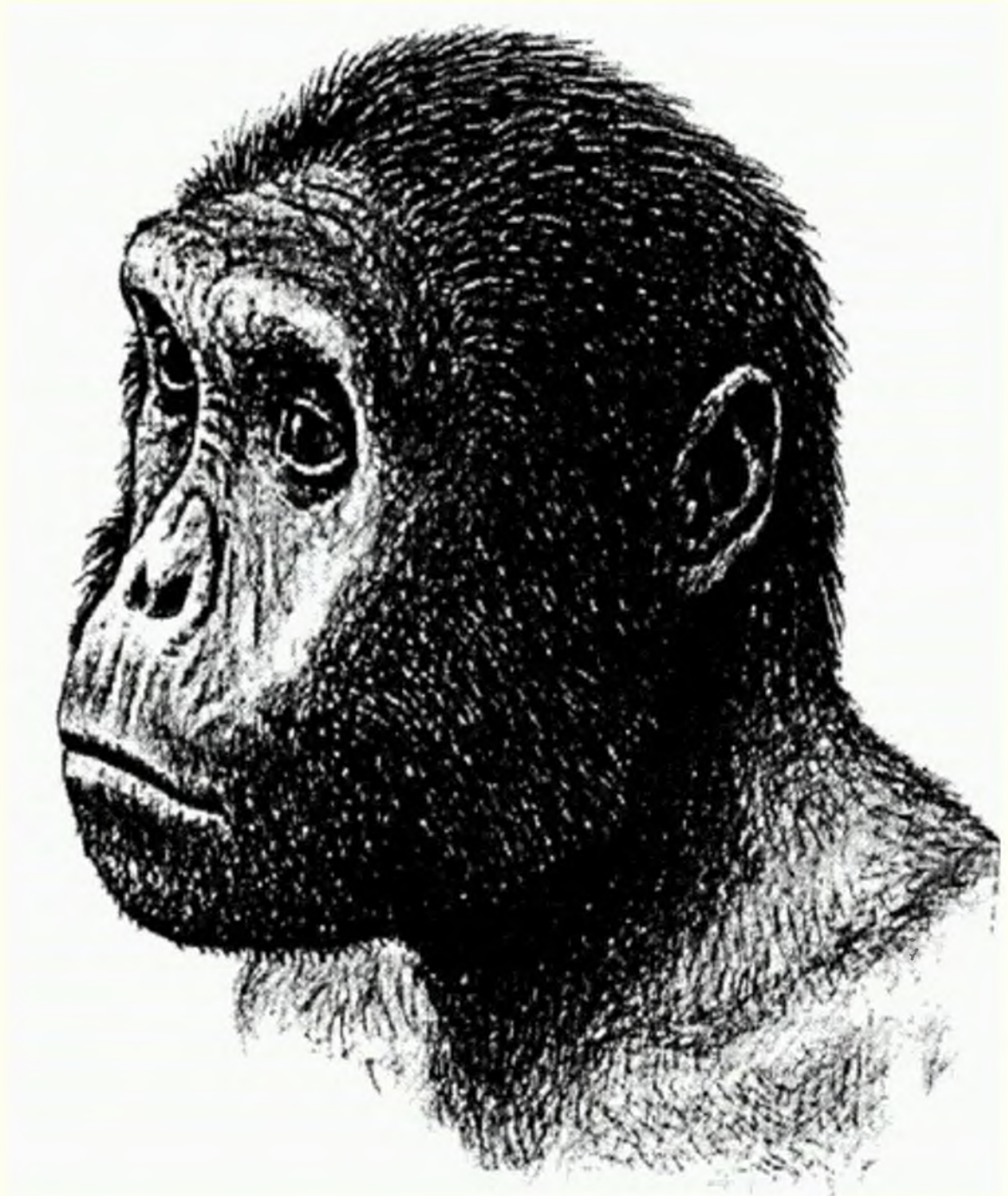
Традиционно считалось, что последний общий предок человека и шимпанзе предпочитал ходить на всех четырех, примерно так, как это делают шимпанзе. Думали, что этот исходный (примитивный) (**слово "примитивный" и его антоним "продвинутый" имеют в биологии вполне четкий смысл. Примитивность относительна. Говорить о примитивном и продвинутом состоянии признака можно, только сравнивая между собой разные организмы. Примитивный — значит более похожий на то, что было у общего предка сравниваемых**

ВИДОВ) способ передвижения сохранился у шимпанзе (а также горилл и орангутанов), а в нашей эволюционной линии он заменился бипедализмом в связи с выходом из леса в открытую саванну. Однако в последнее время появились подозрения, что, возможно, последний общий предок человека и шимпанзе если и не был двуногим, то по крайней мере проявлял больше склонности к прямохождению, чем современные шимпанзе и гориллы. На эту возможность недвусмысленно намекают новые палеоантропологические находки.

В последние годы в Африке обнаружены ископаемые остатки нескольких очень древних гоминид, которые жили примерно в то самое время, когда произошло разделение эволюционных линий, ведущих к шимпанзе и человеку. Классификация этих форм остается спорной. Хотя они описаны как представители трех новых родов (*Sahelanthropus*, *Orrorin*, *Ardipithecus*) у некоторые эксперты считают, что кое-кого из них следовало бы объединить друг с другом или с более поздним родом *Australopithecus*. В частности, предлагалось объединить оррорина, ардипитека и несколько видов примитивных австралопитеков в род *Praeanthropus*. Но эти споры для нас не очень интересны: в конце концов, называйте как хотите, главное — понять, что же это были за существа, как они жили и как менялись с течением поколений.

Интереснее всего в этих древнейших гоминидах то, что все они, вероятно, уже ходили на двух ногах (хоть и не так уверенно, как мы), но жили при этом не в открытой саванне, а в не очень густом лесу или на смешанном ландшафте, где лесные участки чередовались с открытыми. Это в принципе не противоречит старой теории о том, что развитие двуногости было связано с

постепенным переходом исконно лесных обитателей к жизни в открытой местности.



Сахелянтроп (Sahelanthropus chadensis). Чад, около 7 млн лет назад.

САХЕЛЯНТРОП (**справочные данные по упомянутым в тексте видам гоминид суммированы в таблице на с. 449**). К числу важнейших недавно открытых форм относится *Sahelanthropus tchadensis*, описанный по черепу, нескольким фрагментам челюсти и отдельным зубам. Все это нашли в 2001—2002 годах на севере Чада французские антропологи под руководством Мишеля Брюне. Череп получил неофициальное прозвище Тумай, что на местном наречии означает "ребенок, родившийся перед наступлением сезона засухи". Такие прозвища своим находкам палеоантропологии дают в рекламных целях. К сожалению, ни о каких фрагментах посткраниального скелета (**посткраниальный скелет — весь скелет, кроме черепа**) официально не сообщалось, хотя ходят слухи, что найден еще и фрагмент бедренной кости. Возраст находки — 6—7 миллионов лет. Тумай в принципе не противоречит представлениям о том, как мог бы выглядеть общий предок человека и шимпанзе (**хотя по многим признакам черепа Тумай напоминает гориллу (С. В. Дробышевский, личное сообщение)**), а главное, он вполне подходит на эту роль по своему возрасту. Но он может в итоге оказаться древнейшим предком шимпанзе или гориллы либо очень ранним представителем "нашей" линии, то есть гоминид. Объем мозга Тумая очень небольшой (примерно 350 см³). По этому признаку он совершенно не выделяется из других нечеловеческих человекообразных.

Три особенности сахелянтропа представляют особый интерес. Первая — это положение большого затылочного отверстия, которое сдвинуто вперед по сравнению с другими человекообразными. Возможно, это

означает, что Тумай уже довольно часто ходил на двух ногах, и поэтому позвоночник крепился к черепу не сзади, а скорее снизу. Второй интересный момент состоит в том, что сахелянтроп, судя по сопутствующей ископаемой флоре и фауне, жил не в открытой саванне, а на берегу древнего озера, в смешанном ландшафте, где открытые участки чередовались с лесными. По соседству с сахелянтропом найдены ископаемые остатки озерных, лесных и саванных животных. Третий важный признак — небольшой размер клыков. Они сопоставимы с клыками самок шимпанзе, но гораздо меньше, чем у самцов. Размер клыков у самцов человекообразных позволяет судить о некоторых аспектах социальной жизни (подробнее об этом будет рассказано ниже в разделе, посвященном ардипитеку). Но, поскольку череп всего один и мы не знаем, какого пола был Тумай, делать далеко идущие выводы из маленьких клыков пока не стоит.



Череп сахелянтропа и еще одна реконструкция.

Находка показала, что древние гоминиды или близкие к ним формы были распространены в Африке шире, чем считалось: почти все прежние находки были

сделаны в так называемой Великой Рифтовой долине, тянущейся с севера на юг в Восточной и Южной Африке.

ОРРОРИН. Другая важная находка — *Orrorin tugenensis*, найденный в 2000 году в Кении французскими исследователями под руководством Брижит Сеню и Мартина Пикфорда. Прозвище — *Millenium man* (человек миллениума), возраст — около 6 млн лет. Это тоже форма, близкая к общему предку человека и шимпанзе. Как и в случае с сахелянтропом, костный материал по данному виду пока фрагментарный и немногочисленный. Впрочем, профессиональным зоологам и антропологам хорошо известно, как много информации о строении млекопитающего можно извлечь даже из нескольких разрозненных костей (**широко известна байка о том, как великий палеонтолог Жорж Кювье по одной косточке безошибочно восстанавливал облик всего животного. Это, конечно, преувеличение, но доля истины тут есть: разные части животного взаимосвязаны, и поэтому изменения одних частей во многих случаях отражаются на других. Это называется принципом корреляции. Впрочем, его не следует абсолютизировать: в определенных пределах разные части скелета могут меняться и независимо друг от друга**). Черепа оррорина пока не нашли, но по строению бедра антропологи сделали вывод о хождении на двух ногах. Судя по сопутствующей ископаемой флоре и фауне, оррорин жил не в открытой саванне, а в сухом вечнозеленом лесу. Найдена горсть разрозненных зубов, сходных с зубами более поздних гоминид. Среди них — один клык (верхний правый). Он небольшой, примерно как у самок шимпанзе.

В общем, стало ясно, что прямохождение, скорее всего, было освоено нашими предками уже очень давно.

Почти сразу после разделения линий человека и шимпанзе представители "нашей" линии уже ходили на двух ногах. А может, это произошло еще раньше? Что если общие предки человека и шимпанзе уже предпочитали ходить на задних конечностях, а нынешняя манера шимпанзе передвигаться, опираясь на костяшки пальцев рук, развилась позже? Принять это предположение мешает то обстоятельство, что гориллы и орангутаны тоже опираются на руки при ходьбе. Если допустить, что двуногость была исходным, примитивным состоянием для предков шимпанзе, то придется признать, что впоследствии представители этой эволюционной линии независимо от горилл приобрели походку, очень похожую на гориллю. В этом нет ничего невероятного. Правда, биологи по возможности стараются избегать допущений о независимом появлении одного и того же признака в разных эволюционных линиях. Это называется принципом парсимонии, или экономии гипотез. Но в данном случае, по мнению многих антропологов, этот принцип не срабатывает: скорее всего, "костяшкохождение" действительно развилось независимо у орангутанов, горилл и шимпанзе.

ОРАНГУТАНЫ ХОДЯТ КАК ЛЮДИ. В последнее время появляется все больше данных, указывающих на то, что двуногое хождение, возможно, следует выводить вовсе не из манеры шимпанзе и горилл ходить опираясь на костяшки пальцев.

Из чего же его тогда выводить? Может быть, из тех способов передвижения, которые сложились у человекообразных обезьян еще на стадии жизни на деревьях. Например, недавно было показано, что больше всего напоминает человеческую походку манера

орангутанов передвигаться на двух ногах, придерживаясь руками за ветки.

Ранее уже высказывалась идея, согласно которой скелет и мускулатура наших предков оказались преадаптированными (предрасположенными) к двуногому хождению благодаря навыкам залезания на деревья. Тело при этом ориентировано вертикально, а ноги совершают движения, напоминающие те, что делаются при ходьбе. Однако антрополог Робин Кромптон из Ливерпульского университета и его коллеги Сюзанна Торп и Роджер Холдер из университета Бирмингема полагают, что из вертикального залезания на деревья, равно как и из походки шимпанзе и горилл, двуногую походку человека вывести трудно. В механике этих движений есть существенные различия. Например, колени у шимпанзе и горилл практически никогда не разгибаются до конца. Как мы уже знаем, эти обезьяны иногда передвигаются по земле на двух ногах, но ноги при этом остаются полусогнутыми. Их походка отличается от человеческой и рядом других особенностей. Иное дело орангутаны, самые "древесные" из крупных человекообразных (**имеется в виду естественная группа, включающая орангутанов, горилл, шимпанзе и гоминид. По-английски эта группа называется *great apes***), за поведением которых Кромптон и его коллеги в течение года наблюдали в лесах острова Суматра.

Антропологи зарегистрировали 2811 единичных "актов" передвижения орангутанов в кронах деревьев. Для каждого случая было зафиксировано число используемых опор (веток), их толщина, а также способ передвижения. У орангутанов таких способов три: на двух ногах (придерживаясь за что-нибудь рукой), на

четвереньках, обхватывая ветку пальцами рук и ног, и на одних руках, в подвешенном состоянии, время от времени хватаясь за что-нибудь ногами.

Статистический анализ собранных данных показал, что способ передвижения зависит от числа и толщины опор. По одиночным толстым, крепким ветвям орангутаны обычно передвигаются на всех четырех, по ветвям среднего диаметра — на руках. По тонким веточкам они предпочитают осторожно ходить ногами, придерживаясь рукой за какую-нибудь дополнительную опору. При этом походка обезьян весьма похожа на человеческую — в частности, ноги полностью разгибаются в коленях. Именно такой способ передвижения, по-видимому, является наиболее безопасным и эффективным, когда нужно двигаться по тонким, гибким и ненадежным веткам. Дополнительным преимуществом является то, что одна из рук остается свободной для срывания плодов.

Умение ходить по тонким ветвям — совсем не мелочь для древесных обезьян. Благодаря этой способности они могут свободно передвигаться по лесному пологу и переходить с дерева на дерево, не спускаясь на землю. Это существенно экономит силы, то есть снижает энергетические затраты на добычу пропитания. Поэтому такая способность должна поддерживаться естественным отбором.

Орангутаны отделились от общего эволюционного ствола раньше горилл, а гориллы — раньше, чем этот ствол разделился на предков шимпанзе и человека. Исследователи предполагают, что двуногое хождение по тонким ветвям было исходно присуще далеким предкам всех крупных человекообразных. Орангутаны, живущие

во влажных тропических лесах Юго-Восточной Азии, сохранили это умение и развили его, гориллы и шимпанзе — утратили, выработав взамен свое характерное четвероногое хождение на костяшках пальцев и редко используемую двуногую походку "на полусогнутых". Этому могло способствовать периодическое "усыхание" тропических лесов в Африке и распространение саванн. Представители человеческой эволюционной линии научились ходить по земле тем же способом, что и по тонким ветвям, распрямляя колени.

По мнению Кромптона и его коллег, их предположение объясняет две группы фактов, представляющихся довольно загадочными с точки зрения других гипотез происхождения двуногости. Во-первых, становится понятно, почему у форм, близких к общему предку человека и шимпанзе (таких как сахелянтроп, оррорин и ардипитек), уже наблюдаются в строении скелета явные признаки двуногости, и это несмотря на то, что жили эти существа не в саванне, а в лесу. Во-вторых, перестает казаться противоречивым строение рук и ног афарского австралопитека — наиболее хорошо изученного из ранних представителей человеческой линии. У *Australopithecus afarensis* ноги хорошо приспособлены для двуногого хождения, но руки при этом очень длинные, цепкие, более подходящие для жизни на деревьях и хватания за ветки (см. ниже).

По мнению авторов, люди и орангутаны сохранили древнюю двуногую походку своих далеких предков, а гориллы и шимпанзе утратили ее и выработали взамен нечто новое — хождение на костяшках пальцев. Получается, что в этом отношении человека и орангутана

следует считать "примитивными", а шимпанзе и горилл — "эволюционно продвинутыми" (*Thorpe et al., 2007*).

Еще больше ясности в вопрос о происхождении бипедализма вносит великолепная Арди — древнейшая из хорошо изученных (на сегодняшний день) гоминид.

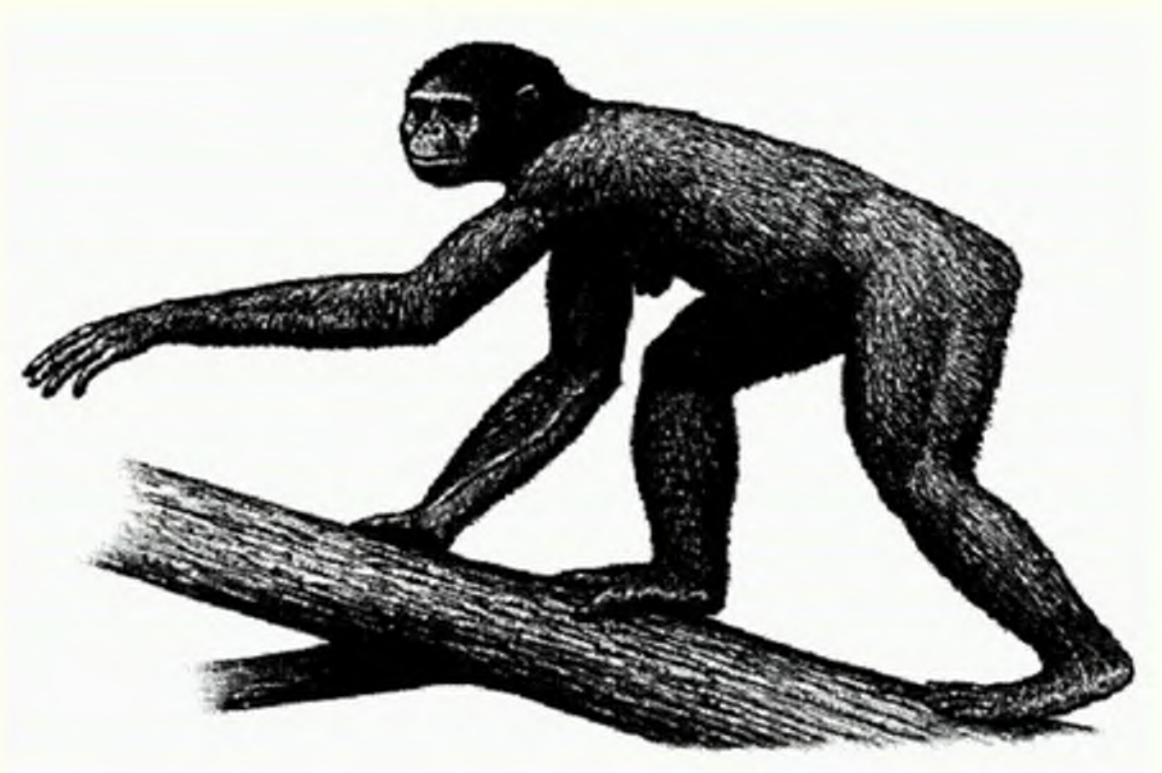
Арди свидетельствует: предки людей не были похожи на шимпанзе

В октябре 2009 года вышел в свет специальный выпуск журнала *Science*, посвященный результатам всестороннего изучения костей ардипитека — двуногой обезьяны, жившей на северо-востоке Эфиопии 4,4 млн лет назад. Вид *Ardipithecus ramidus* был описан в 1994 году по нескольким зубам и фрагментам челюсти. В последующие годы коллекция костных остатков ардипитека значительно пополнилась и сейчас насчитывает 109 образцов. Самой большой удачей стала находка значительной части скелета особи женского пола, которую ученые торжественно представили журналистам и широкой публике под именем Арди. В официальных документах Арди значится как скелет ARA-VP-6/500.

Одиннадцать статей, опубликованных в спецвыпуске *Science*, подвели итоги многолетней работы большого международного исследовательского коллектива. Публикация этих статей и их главная героиня Арди были широко разрекламированы, но это отнюдь не пустая шумиха, потому что изучение костей ардипитека действительно позволило подробнее и

точнее реконструировать ранние этапы эволюции гоминид.

Подтвердилось предположение, высказанное ранее на основе первых фрагментарных находок, что *A. ramidus* — прекрасный кандидат на роль переходного звена (**кандидат, а не просто переходное звено, потому что нельзя строго доказать по ископаемым костям, что кто-то был чьим-то предком или потомком. Однако во многих случаях об этом можно судить с большой степенью уверенности, как, например, в случае Арди**) между общим предком человека и шимпанзе (к этому предку, по-видимому были близки оррорин и сахелянтроп) и более поздними гоминидами — австралопитеками, от которых, в свою очередь, произошли первые представители рода людей (*Homo*).



Ардипитек (Ardipithecus ramidus). Эфиопия, 4,4 млн лет назад.

Вплоть до 2009 года самым древним из детально изученных гоминид была Люси, афарский австралопитек, живший около 3,2 млн лет назад (Джохансон, Иди, 1984). Все более древние виды (в порядке возрастания древности: *Australopithecus anamensis*, *Ardipithecus ramidus*, *Ardipithecus kadabba*, *Orrorin tugenensis*, *Sahelanthropus chadensis*) были изучены на основе фрагментарного материала. Соответственно, наши знания об их строении, образе жизни и эволюции тоже оставались фрагментарными и неточными. И вот теперь почетное звание самой древней из хорошо изученных гоминид торжественно перешло от Люси к Арди.

ДАТИРОВКА И ОСОБЕННОСТИ ЗАХОРОНЕНИЯ. Кости *A. ramidus* происходят из одного слоя осадочных отложений толщиной около 3 м, заключенного между двумя вулканическими прослоями. Возраст этих прослоев был установлен при помощи аргон-аргонового метода (**один из самых надежных способов радиометрического датирования вулканических пород. Является результатом усовершенствования калий-аргонового метода, основанного на постоянстве скорости превращения радиоактивного изотопа ^{40}K в ^{40}Ar**) и оказался одинаковым (в пределах погрешности измерений) — 4,4 млн лет. Это значит, что костеносный слой образовался (в результате наводнений) сравнительно быстро — максимум за 100000 лет, но вероятнее всего — за несколько тысячелетий или даже столетий.



Ардипитек (*Ardipithecus ramidus*). Эфиопия, 4,4 млн лет назад.

Раскопки были начаты в 1981 году. Всего добыто более 140 000 образцов костей позвоночных, из которых 6000 поддаются определению до семейства. Среди них — 109 образцов *A. ramidus*, принадлежавших как минимум 36 индивидуумам. Фрагменты скелета Арди были рассеяны по площади около 3 м². Кости были необычайно хрупкими, поэтому извлечь их из породы стоило немалых трудов. Причина смерти Арди не установлена. Она не была съедена хищниками, но ее останки, судя по всему, были основательно растоптаны крупными травоядными. Особенно досталось черепу, который был раскрошен на множество фрагментов.

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА. Вместе с костями *A. ramidus* найдены остатки разнообразных животных и растений. Среди растений преобладают лесные, среди животных — питающиеся листьями или плодами деревьев (а не травой). Судя по этим находкам, ардипитек жил не в саванне, а в лесистой местности, где участки густого леса чередовались с более разреженными. Соотношение изотопов углерода ¹²C и ¹³C в зубной эмали пяти особей *A. ramidus* свидетельствует о том, что ардипитеки питались в основном дарами леса, а не саванны (для трав саванны характерно повышенное содержание изотопа ¹³C). Этим ардипитеки отличаются от своих потомков — австралопитеков, которые получали от 30 до 80 % углерода из экосистем открытых пространств (ардипитеки — от 10 до 25 %). Однако ардипитеки все-таки не были чисто лесными жителями, как шимпанзе, пища которых имеет лесное происхождение почти на 100 %.

Тот факт, что ардипитеки жили в лесу, на первый взгляд противоречит старой гипотезе, согласно которой ранние этапы эволюции гоминид и развитие двуногого хождения были связаны с выходом из леса в саванну. Аналогичные выводы ранее делались в ходе изучения оррорина и сахелянтропа, которые тоже, по-видимому, ходили на двух ногах, но жили в лесистой местности. Однако на эту ситуацию можно посмотреть и с другой точки зрения, если вспомнить, что леса, в которых жили ранние гоминиды, были не очень густыми, а их двуногое хождение — не очень совершенным. По мнению С. В. Дробышевского, комбинация "переходной среды" с "переходной походкой" не опровергает, а, как раз наоборот, блестяще подтверждает старые взгляды. Гоминиды переходили из густых лесов на открытые пространства постепенно, и столь же постепенно совершенствовалась их походка.

ЧЕРЕП И ЗУБЫ. Череп Арди похож на череп сахелянтропа. Для обоих видов характерен небольшой объем мозга ($300\text{—}350\text{ см}^3$), смещенное вперед большое затылочное отверстие (то есть позвоночник крепился к черепу не сзади, а снизу, что указывает на двуногое хождение), а также менее развитые, чем у шимпанзе и гориллы, коренные и предкоренные зубы. По-видимому, сильно выраженный прогнатизм (выступление челюстей вперед) у современных африканских человекообразных обезьян не является примитивной чертой и развился у них уже после того, как их предки отделились от предков человека.

Зубы ардипитека — это зубы всеядного существа. Вся совокупность признаков (размер зубов, их форма, толщина эмали, характер микроскопических царапин на зубной поверхности, изотопный состав) свидетельствует

о том, что ардипитеки не специализировались на какой-то одной диете — например, на фруктах, как шимпанзе. По-видимому, ардипитеки кормились как на деревьях, так и на земле, и их пища не была слишком жесткой.

Один из важнейших фактов состоит в том, что у самцов *A. ramidus*, в отличие от современных человекообразных (кроме человека), клыки были не крупнее, чем у самок. Самцы обезьян активно используют клыки и для устрашения соперников, и как оружие. У самых древних гоминид (*Ardipithecus kadabba*, *Orrorin*, *Sahelanthropus*) клыки у самцов, возможно, тоже были не больше, чем у самок, хотя для окончательных выводов данных пока недостаточно. Очевидно, в человеческой эволюционной линии половой диморфизм (межполовые различия) по размеру клыков очень рано сошел на нет. Можно сказать, что у самцов произошла "феминизация" клыков. У шимпанзе и гориллы диморфизм, по-видимому, вторично усилился, самцы обзавелись очень крупными клыками. У самцов бонобо клыки меньше, чем у других современных человекообразных. Для бонобо характерен также и самый низкий уровень внутривидовой агрессии. Многие антропологи считают, что между размером клыков у самцов и внутривидовой агрессией существует прямая связь. Иными словами, можно предположить, что уменьшение клыков у наших далеких предков было связано с определенными изменениями в социальном устройстве. Например, с уменьшением конфликтов между самцами.

РАЗМЕР ТЕЛА. Рост Арди составлял примерно 120 см, вес — около 50 кг. Самцы и самки ардипитеков почти не различались по размеру. Слабый половой диморфизм по размеру тела характерен и для современных

шимпанзе и бонобо с их сравнительно равноправными отношениями между полами. У горилл, напротив, диморфизм выражен очень сильно, что обычно связывают с полигамией и гаремной системой. У потомков ардипитеков — австралопитеков — половой диморфизм, возможно, усилился (см. ниже), хотя это не обязательно было связано с доминированием самцов над самками и установлением гаремной системы. Авторы допускают, что самцы могли подрасти, а самки — измельчать в связи с выходом в саванну, где самцам пришлось взять на себя защиту группы от хищников, а самки, может быть, научились лучше кооперироваться между собой, что сделало физическую мощь менее важной для них.

ПОСТКРАНИАЛЬНЫЙ СКЕЛЕТ. Арди передвигалась по земле на двух ногах, хотя и менее уверенно, чем Люси и ее родня — австралопитеки. При этом у Арди сохранились многие специфические адаптации для эффективного лазанья по деревьям. В соответствии с этим в строении таза и ног Арди наблюдается сочетание примитивных (ориентированных на лазанье) и продвинутых (ориентированных на ходьбу) признаков.

Кисти рук Арди сохранились исключительно хорошо (в отличие от рук Люси). Их изучение позволило сделать важные эволюционные выводы. Как мы уже знаем, долго считалось, что предки человека, подобно шимпанзе и гориллам, ходили, опираясь на костяшки пальцев рук. Этот своеобразный способ передвижения характерен только для африканских человекообразных обезьян и орангутанов; прочие обезьяны при ходьбе опираются обычно на ладонь. Однако кисти рук Арди лишены специфических черт, связанных с "костяшкохождением". Кисть ардипитека более гибкая и подвижная, чем у

шимпанзе и гориллы, и по ряду признаков сходна с человеческой. Теперь ясно, что эти признаки являются примитивными, исходными для гоминид (и возможно, для общего предка человека и шимпанзе). Строение кисти, характерное для шимпанзе и горилл (которое, между прочим, не позволяет им так ловко манипулировать предметами, как это делаем мы), напротив, является продвинутым, специализированным. Сильные, цепкие руки шимпанзе и горилл позволяют этим массивным животным эффективно передвигаться по деревьям, но плохо приспособлены для тонких манипуляций. Руки ардипитека позволяли ему ходить по ветвям, опираясь на ладони, и лучше подходили для орудийной деятельности. Поэтому в ходе дальнейшей эволюции нашим предкам пришлось не так уж сильно "переделывать" свои руки.

В строении ступни ардипитека наблюдается мозаика признаков, свидетельствующих о сохранении способности хвататься за ветки (противопоставленный большой палец) и одновременно — об эффективном двуногом хождении (более жесткий, чем у современных человекообразных обезьян, свод стопы). Потомки ардипитеков — австралопитеки — утратили способность хвататься ногами за ветки и приобрели почти совсем человеческое строение стопы.

Ардипитек преподнес антропологам немало сюрпризов. По признанию авторов, такую смесь примитивных и продвинутых черт, которая обнаружилась у ардипитека, никто не смог бы предсказать, не имея в руках реального палеоантропологического материала. Например, никому и в голову не приходило, что наши предки сначала приспособились ходить на двух ногах за счет преобразований таза и лишь после отказались от

противопоставленного большого пальца и хватающей функции ступней.

Таким образом, изучение ардипитека показало, что некоторые популярные гипотезы о путях эволюции гоминид нуждаются в пересмотре. Многие признаки современных человекообразных оказались вовсе не примитивными, а продвинутыми, специфическими чертами шимпанзе и гориллы, связанными с глубокой специализацией к лазанью по деревьям, повисанию на ветвях, "костяшкохождению", специфической диете. Этих признаков не было у наших с ними общих предков. Те обезьяны, от которых произошел человек, были не очень похожи на нынешних.

Скорее всего, это касается не только физического строения, но и поведения и общественного устройства. Возможно, мышление и социальные отношения у шимпанзе — не такая уж хорошая модель для реконструкции мышления и социальных отношений у наших предков. В заключительной статье специального выпуска Science известный американский антрополог Оуэн Лавджой призывает отказаться от привычных представлений, согласно которым австралопитеки были чем-то вроде шимпанзе, научившихся ходить прямо. Лавджой подчеркивает, что в действительности шимпанзе и гориллы — крайне своеобразные, специализированные, реликтовые приматы, укрывшиеся в непролазных тропических лесах и только потому и дожившие до наших дней. На основе новых фактов Лавджой разработал весьма интересную модель ранней эволюции гоминид, о которой пойдет речь в следующем разделе.

Семейные отношения - ключ к пониманию нашей эволюции

Большинство гипотез о путях и механизмах антропогенеза традиционно крутятся вокруг двух уникальных особенностей людей: большого мозга и сложной орудийной деятельности. Оуэн Лавджой принадлежит к числу тех антропологов, которые полагают, что ключом к пониманию нашего происхождения являются не увеличенный мозг и не каменные орудия (эти признаки появились в эволюции гоминид очень поздно), а другие уникальные черты "человеческой" эволюционной линии, связанные с половым поведением, семейными отношениями и социальной организацией. Эту точку зрения Лавджой отстаивал еще в начале 1980-х годов. Тогда же он предположил, что ключевым событием ранней эволюции гоминид был переход к моногамии, то есть к образованию устойчивых брачных пар (*Lovejoy, 1981*). Это предположение затем многократно оспаривалось, пересматривалось, подтверждалось и отрицалось (*Бутовская, 2004*) (**крупнейший российский антрополог М.Л. Бутовская считает, что наши далекие предки, скорее всего, практиковали так называемую сериальную моногамию. Этот тип отношений характерен для современной европейской цивилизации: поженились, прожили вместе несколько лет (в среднем примерно столько, сколько нужно, чтобы подрастить ребенка), потом развелись и сменили партнеров. Сходные обычаи встречаются и у современных**

охотников-собирателей, таких как хадза в Танзании).

Новые данные по ардипитеку укрепили доводы в пользу ведущей роли изменений социального и полового поведения в ранней эволюции гоминид. Изучение ардипитека показало, что шимпанзе и горилла — не лучшие ориентиры для реконструкции мышления и поведения наших предков. До тех пор пока самой древней из хорошо изученных гоминид оставалась Люси, еще можно было допустить, что последний общий предок человека и шимпанзе был в целом похож на шимпанзе. Арди в корне изменила эту ситуацию. Стало ясно, что многие признаки шимпанзе и горилл являются сравнительно недавно приобретенными специфическими особенностями этих реликтовых приматов. У предков человека этих признаков не было. Если сказанное верно для ног, рук и зубов, то вполне может быть верно и для поведения и семейных отношений. Следовательно, мы не должны исходить из убеждения, что социальная жизнь наших предков была примерно такой же, как у нынешних шимпанзе. Отставив в сторону шимпанзе, можно сосредоточиться на той информации, которую дает ископаемый материал.

Лавджой придает большое значение тому факту, что самцы ардипитека, как уже говорилось, не имели крупных клыков, которые могли бы, как у других обезьян, постоянно затачиваться о коренные зубы нижней челюсти и использоваться в качестве оружия и средства устрашения самцов-конкурентов. Уменьшение клыков у более поздних гоминид — австралопитеков и людей — раньше пытались интерпретировать либо как побочный результат увеличения моляров (коренных зубов), либо как следствие развития каменной индустрии, которая

сделала это естественное оружие излишним. Давно уже стало ясно, что клыки уменьшились задолго до начала производства каменных орудий (около 2,6 млн лет назад). Изучение ардипитека показало, что уменьшение клыков произошло также задолго до того, как у австралопитеков увеличились коренные зубы (что было, возможно, связано с выходом в саванну и с включением в рацион жестких корневищ). Поэтому гипотеза о социальных причинах уменьшения клыков стала выглядеть более убедительной. Крупные клыки у самцов приматов — надежный индикатор внутривидовой агрессии. Поэтому их уменьшение у ранних гоминид, скорее всего, свидетельствует о том, что отношения между самцами стали более терпимыми. Они стали меньше враждовать друг с другом из-за самок, территории, доминирования в группе.

Для человекообразных обезьян в целом характерна так называемая К-стратегия (***К-стратеги производят мало детенышей, но вкладывают в каждого отпрыска много ресурсов; г-стратеги, наоборот, стараются произвести побольше потомков и поменьше вкладываться в каждого из них. Как правило, К-стратегия выгоднее в постоянных или надежно контролируемых условиях, когда есть шанс, приложив соответствующие усилия, обеспечить высокую выживаемость потомства; г-стратегия дает преимущество в нестабильной и непредсказуемой обстановке, когда, как ни крутись, от тебя мало что зависит. Резкое и почти одновременное снижение детской смертности и рождаемости в развитых странах в XX веке — типичный пример сдвига репродуктивной стратегии от г- к К-полюсу. Этот сдвиг был***

обусловлен ростом предсказуемости и подконтрольности среды обитания (антибиотики, снижение угрозы голода и т.д.)). Их репродуктивный успех зависит не столько от плодовитости, сколько от выживаемости детенышей. У человекообразных долгое детство, и на то, чтобы вырастить каждого детеныша, самки тратят огромное количество сил и времени. Пока самка выкармливает детеныша, она не способна к зачатию. В результате самцы постоянно сталкиваются с проблемой нехватки "кондиционных" самок. Шимпанзе и гориллы решают эту проблему силовым путем. Самцы шимпанзе объединяются в боевые отряды и совершают рейды по территориям соседних группировок, пытаются расширить свои владения и получить доступ к новым самкам. Гориллы- самцы изгоняют потенциальных конкурентов из семьи и стремятся стать единовластными хозяевами гарема. Для тех и других крупные клыки — не роскошь, а средство оставить больше потомства. Почему же ранние гоминиды отказались от них?

Еще один важный компонент репродуктивной стратегии многих приматов — так называемые спермовые войны. Они характерны для видов, практикующих свободные половые отношения в группах, включающих много самцов и самок. Надежным индикатором спермовых войн являются большие семенники. У горилл с их надежно охраняемыми гаремами и одиночек-орангутанов (тоже закоренелых многоженцев, хотя их подруги обычно живут порознь, а не единой группой) семенники относительно небольшие, как и у людей. У сексуально раскрепощенных шимпанзе семенники громадные. Важными индикаторами являются также скорость производства спермы, концентрация в ней сперматозоидов и наличие в семенной жидкости

специальных белков, создающих препятствия для чужих сперматозоидов. По совокупности всех этих признаков можно заключить, что в эволюционной истории человека регулярные спермовые войны были когда-то, но уже давно не играют существенной роли.

Если самцы ранних гоминид не грызлись друг с другом из-за самок и не ввязывались в спермовые войны, значит, они нашли какой-то иной способ обеспечивать себе репродуктивный успех. Такой способ известен, но он довольно экзотический — его практикуют лишь около 5 % млекопитающих. Это моногамия — формирование прочных семейных пар. Самцы моногамных видов, как правило, принимают активное участие в заботе о потомстве.

Лавджой полагает, что моногамия могла развиваться на основе поведения, встречающегося у некоторых приматов, в том числе (хотя и нечасто) у шимпанзе. Речь идет о "взаимовыгодном сотрудничестве" полов на основе принципа "секс в обмен на пищу". Такое поведение могло получить особенно сильное развитие у ранних гоминид в связи с особенностями их диеты. Ардипитеки были всеядными, пищу они добывали как на деревьях, так и на земле, и их диета была намного разнообразнее, чем у шимпанзе и горилл. Нужно иметь в виду, что у обезьян всеядность не является синонимом неразборчивости в еде — как раз наоборот, она предполагает высокую избирательность, градацию пищевых предпочтений, рост привлекательности некоторых редких и ценных пищевых ресурсов. Гориллы, питающиеся листьями и фруктами, могут позволить себе лениво блуждать по лесу, перемещаясь всего на несколько сотен метров в день. Всеядные ардипитеки должны были действовать энергичнее и преодолевать

гораздо большие расстояния, чтобы раздобыть что-нибудь вкусненькое. При этом возрастала опасность угодить в зубы хищнику. Особенно тяжело было самкам с детенышами. В таких условиях стратегия "секс в обмен на пищу" становилась для самок очень выигрышной. Самцы, кормившие самок, тоже повышали свой репродуктивный успех, поскольку у их потомства улучшались шансы на выживание.

Шимпанзе воруют фрукты из чужих садов, чтобы соблазнять самок

Международная группа зоологов из США, Великобритании, Португалии и Японии в течение двух лет вели наблюдения за семьей диких шимпанзе в лесах вокруг деревни Боссу в Гвинее, недалеко от границы с Кот-д'Ивуар и Либерией. Эти наблюдения позволили судить об отношениях среди диких шимпанзе, не испорченных назойливым человеческим вниманием и обучением.

Территория семьи занимала площадь примерно 15 км² и тесно соседствовала с человеческим жильем. Хозяйство людей включало и плантации фруктовых деревьев. Семейство шимпанзе в разное время насчитывало от 12 до 22 особей, из них всегда только трое самцов. Эти самцы постоянно совершали набеги на фруктовые плантации. В среднем каждый самец залезал в чужой сад 22 раза в месяц. Самцы понимали всю опасность незаконного предприятия, выказывая свою тревогу характерным почесыванием. Отправляясь на дело, самец все время оглядывался — нет ли слежки, потом быстро залезал на дерево, мгновенно срывал два плода — один в зубы, другой в руку — и быстрее-быстрее с опасной территории.

Воровские рейды шимпанзе выглядят совсем как мальчишеские вылазки в соседний сад за яблоками. Да и цель этих набегов, как выяснилось, не слишком отличается от мальчишеских помыслов: похвастаться добычей перед товарищами и предстать героями перед девчонками. Шимпанзе приносят ворованные фрукты в свою семью вовсе не для того, чтобы в уголке потихоньку их слопать. Самцы угощают ими самок!

Нужно помнить, что шимпанзе, как, впрочем, и другие обезьяны, редко делятся пищей друг с другом (за исключением, конечно, матерей и детенышей). И угощение это не безвозмездное. Его самцы предлагают самкам, готовым к спариванию. Самки ведут себя корректно и на угощение не напрашиваются, самец сам выбирает, кого угостить. Как видим, стратегия "секс в обмен на пищу" в промискуитетных коллективах шимпанзе тоже может работать, хоть и не так эффективно, как при моногамии.

В этой семье одна из самок явно превосходила других по привлекательности. В 83% случаев самцы угощали фруктами именно ее. После этого самка, принимая ухаживания, удалялась с избранником к границам территории. При этом она явно предпочитала ухаживания одного из претендентов, и это был вовсе не доминантный альфа-самец, а подчиненный бета-самец: с ним она проводила больше половины своего времени. Доминантный самец реже других делился с ней несправедливо добытыми фруктами: только в 14% случаев он приглашал ее угоститься.

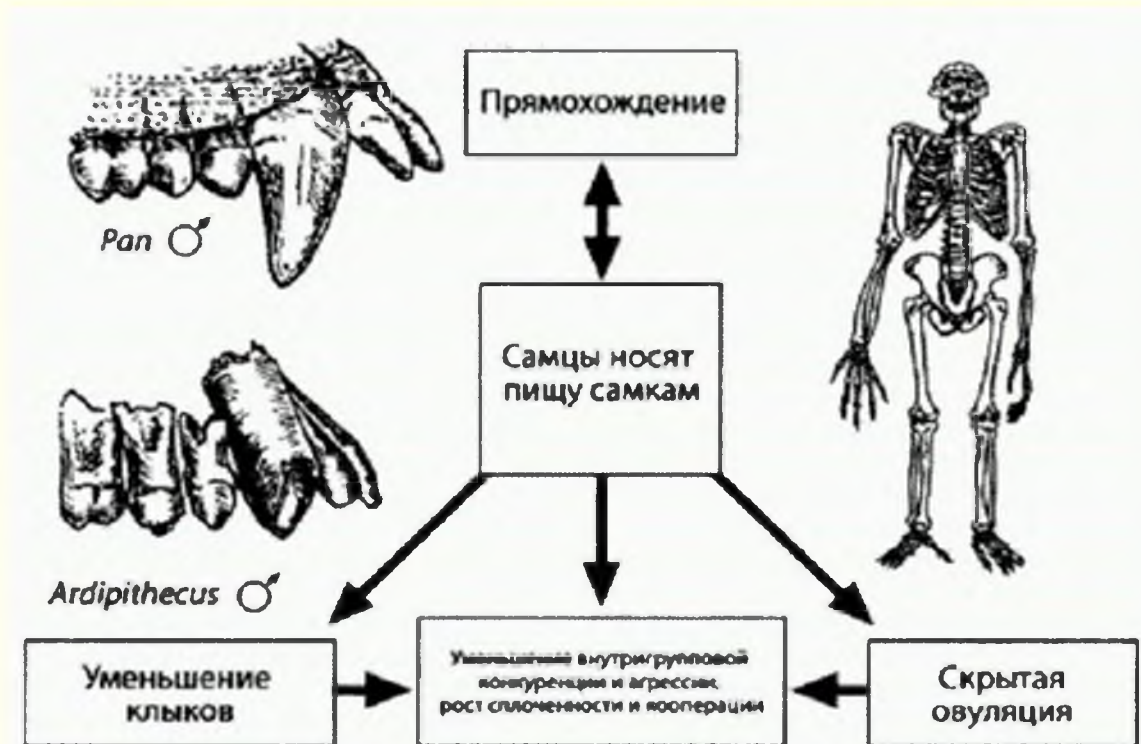
Наблюдатели отмечают и такой факт: самцы предпочитали эту конкретную самку, несмотря на то что в семье была и другая, физиологически более

подготовленная к размножению. Тут же в голову приходит непрошенная мысль, что самцы шимпанзе оценивали своих друзей не только по готовности к размножению, но и по другим субъективным критериям, но, естественно, авторы публикации воздержались от подобных домыслов. Эти замечательные наблюдения привели их тем не менее к вполне обоснованному выводу, что для шимпанзе воровство — это не способ добывать себе пищу. Ведь "настоящей", лесной пищей они не делятся. Это способ поддержать свой авторитет, как это свойственно доминантному самцу, или завоевать симпатии самок (*Hockings et al., 2007*).

Если самцы древних гоминид взяли за правило носить пищу самкам, то со временем должны были развиться специальные адаптации, облегчающие такое поведение (***у таких умных животных, как обезьяны, сначала может измениться поведение, причем изменения будут сохраняться в череде поколений путем подражания и обучения, как культурная традиция. Это ведет к изменению направленности отбора, потому что мутации, облегчающие жизнь именно при таком поведении, будут теперь поддерживаться и распространяться. В итоге это может привести к закреплению новых психологических, физиологических и морфологических признаков. Такой путь формирования эволюционных новшеств называется эффектом Болдуина. Мы поговорим о нем подробнее в следующих главах***). Добытые лакомые кусочки нужно было переносить на значительные расстояния. Это непросто, если ходишь на четвереньках. Лавджой считает, что двуногость — самая яркая отличительная черта гоминид — развилась именно

в связи с обычаем снабжать самок продовольствием. Дополнительным стимулом могло быть использование примитивных орудий (например, палок) для выковыривания труднодоступных пищевых объектов.

Изменившееся поведение должно было повлиять и на характер социальных отношений в группе. Самка была заинтересована прежде всего в том, чтобы самец ее не бросил, самец — чтобы самка ему не изменяла. Достижению обеих целей отчаянно мешала принятая у самок приматов манера "рекламировать" овуляцию, или время, когда самка способна к зачатию. Такая реклама выгодна, если социум организован как у шимпанзе. Но в обществе с преобладанием устойчивых парных связей, развившихся на базе стратегии "секс в обмен на пищу", самка абсолютно не заинтересована в том, чтобы устраивать своему самцу долгие периоды воздержания (кормить перестанет или вовсе к другой уйдет, подлец!). Более того, самке выгодно, чтобы самец вообще никак не мог определить, возможно ли в данный момент зачатие. Многие млекопитающие определяют это по запаху, но у гоминид отбор способствовал редукции множества обонятельных рецепторов. Самцы с ухудшенным обонянием лучше кормили свою семью — и становились более желанными брачными партнерами.



Логика начальных этапов эволюции гоминид по Оуэну Лавджою. По рисунку из Lovejoy, 2009.

Самец, со своей стороны, тоже не заинтересован в том, чтобы его самка рекламировала свою готовность к зачатию и создавала ненужный ажиотаж среди других самцов — особенно если сам он в данный момент находится "на промысле". Самки, скрывающие овуляцию, становились предпочтительными партнершами, потому что у них было меньше поводов для супружеских измен.

В результате у самок гоминид пропали все внешние признаки готовности (или неготовности) к зачатию; в том числе, стало невозможно определить по размеру молочных желез, есть ли сейчас у самки грудной детеныш. У шимпанзе, как и у других приматов (кроме людей), размер молочных желез показывает, способна ли самка к зачатию. Увеличенные груди — знак того, что

самка сейчас кормит детеныша и не может зачать нового. Самцы шимпанзе редко спариваются с кормящими самками, увеличенная грудь их не привлекает.

Люди — единственные приматы, у которых самки имеют постоянно увеличенные груди (и некоторым самцам это нравится). Но для чего развился этот признак изначально — чтобы привлекать самцов или, может быть, чтобы их расхолаживать? Лавджой считает второй вариант более правдоподобным. Он полагает, что постоянно увеличенная грудь, не дающая никакой информации о способности самки к зачатию, входила в комплекс мер по укреплению моногамии и снижению враждебности между самцами.

По мере укрепления парных связей предпочтения самок должны были постепенно сместиться от самых агрессивных и доминантных самцов к самым заботливым. У тех видов животных, у которых самцы не заботятся о семье, выбор самого "крутого" (доминантного, мужественного) самца часто оказывается для самки наилучшей стратегией. Отцовская забота о потомстве в корне меняет ситуацию. Теперь самке (и ее потомству) гораздо важнее, чтобы самец был надежным кормильцем. Внешние признаки маскулинности (мужественности) и агрессивности, такие как крупные клыки, начинают не привлекать, а отталкивать самок. Самец с крупными клыками с большей вероятностью будет повышать свой репродуктивный успех силовыми методами, при помощи драк с другими самцами. Такие мужья выходят из моды, когда для выживания потомства необходим старательный и надежный муж-кормилец. Самки, выбирающие мужей-драчунов, выращивают меньше детенышей, чем те, кто выбрал неагрессивных работяг. В итоге самки начинают предпочитать самцов с

маленькими клыками — и под действием полового отбора клыки быстро уменьшаются.

Грустные дамы выбирают не самых мужественных кавалеров

Мало кто из биологов станет отрицать, что адаптации, связанные с выбором брачного партнера, играют в эволюции огромную роль (см. главу "Происхождение человека и половой отбор"). Однако в наших знаниях об этих адаптациях до сих пор много белых пятен. Помимо чисто технических трудностей их изучению мешают стереотипы. Например, исследователи часто упускают из виду такую, казалось бы, очевидную возможность, что брачные предпочтения у разных особей одного и того же вида вовсе не обязательно должны быть одинаковыми. Нам кажется естественным думать, что если, к примеру, среднестатистическая павлиниха предпочитает самцов с большими и яркими хвостами, то это непременно должно быть справедливо для всех павлиних во все времена. Но это не обязательно так. В частности, возможен так называемый выбор с оглядкой на себя — когда особь предпочитает партнеров, чем-то похожих или, наоборот, не похожих на нее саму. Более того, даже у одной и той же особи предпочтения могут меняться в зависимости от ситуации — например, от степени стрессированности или от фазы эстрального цикла.

Удачный выбор полового партнера — это вопрос жизни и смерти для ваших генов, которым в следующем поколении предстоит смешаться с генами вашего избранника. Это значит, что любые наследственные изменения, хоть немного влияющие на оптимальность выбора, будут крайне интенсивно поддерживаться или,

наоборот, отбраковываться естественным отбором. Поэтому мы вправе ожидать, что алгоритмы выбора партнера, сложившиеся в ходе эволюции у разных организмов, могут быть весьма изощренными и гибкими. Эти рассуждения вполне применимы и к людям. Исследования в данной области могут помочь найти научный подход к пониманию самых тонких нюансов человеческих взаимоотношений и чувств. Впрочем, таких исследований пока проведено немного.

Недавно в журналах *Evolutionary Psychology* и *BMC Evolutionary Biology* вышли две, казалось бы, абсолютно не связанные друг с другом статьи. Одна работа выполнена на людях, другая — на домовых воробьях, однако выявленные в них закономерности сходны. Это по меньшей мере заставляет задуматься.

Начнем с воробьев. Эти птицы моногамны, то есть образуют устойчивые пары, и оба родителя заботятся о потомстве, однако супружеские измены встречаются сплошь и рядом. Короче говоря, семейные отношения у воробьев мало отличаются от принятых в большинстве человеческих популяций. У самцов домового воробья главным признаком мужественности является черное пятно на груди.

Показано, что размер пятна является "честным" индикатором здоровья и силы самца (которые зависят от качества генов) и напрямую связан с его социальным статусом. Самцы с большим пятном занимают лучшие участки, успешнее обороняют свою самку от посягательств других самцов и производят в среднем больше потомства, чем самцы с маленьким пятном. Также показано, что репродуктивный успех самок, связавших свою жизнь с обладателем большого пятна, в

большинстве популяций в среднем выше, чем у "неудачниц", которым достался в мужья менее яркий самец.

Из этих фактов, казалось бы, следует, что воробьям всегда и при любых обстоятельствах должно быть выгодно отдавать предпочтение самцам с большим пятном. Проверить это попытались австрийские ученые из Института этологии им. Конрада Лоренца в Вене. Они предположили, что предпочтения самок могут зависеть от их собственного состояния. В частности, ожидалось, что самки, находящиеся в плохой физической форме, могут оказаться менее разборчивыми. Пониженная избирательность у малопривлекательных особей ранее была отмечена у нескольких видов животных.

В качестве меры физического состояния самки использовалось отношение массы тела к длине плюсны, возведенной в куб. Этот показатель отражает просто-напросто упитанность птицы, которая, в свою очередь, зависит от ее здоровья и от условий, в которых она росла. Известно, что данная величина у воробьиных птиц положительно коррелирует с показателями репродуктивного успеха самки, такими как размер кладки и число выживших птенцов.

В эксперименте приняли участие 96 воробьев и 85 воробьи, пойманных в Венском зоопарке. Исходный размер (длина) черного пятна у всех отобранных для эксперимента самцов был менее 35 мм. Половине самцов пятно подрисовали черным маркером до 35 мм, что примерно соответствует среднему размеру пятна у самцов этого вида, а другой половине — до 50 мм, что соответствует максимальному размеру. Предпочтения самок определяли стандартным методом, который

обычно используется в подобных исследованиях. В два крайних вольера сажали двух самцов с разным размером пятна, а в центральный вольер — самку и смотрели, рядом с каким из самцов самка проведет больше времени.

Оказалось, что между упитанностью самки и временем, которое она проводит рядом с "худшим" из двух самцов, существует строгая отрицательная корреляция. Иными словами, чем хуже состояние самки, тем меньше времени она проводит рядом с обладателем большого пятна и тем сильнее ее тяга к самцу с пятном среднего размера. При этом, вопреки теоретическим ожиданиям, хорошо упитанные самки четкой избирательности не продемонстрировали. Они проводили в среднем примерно одинаковое время возле каждого из двух самцов. Чахлые самки, напротив, показали строгую избирательность: они решительно предпочитали "средненьких" самцов и избегали обладателей огромного пятна.

Это, по-видимому, одно из первых этологических исследований, в котором было продемонстрировано предпочтение "второсортными" самками низкокачественных самцов. Похожий результат был получен на птичках зебровых амадинах, причем эта работа тоже опубликована совсем недавно (*Holveck, Riebel, 2010*). Ранее нечто подобное было замечено у рыбок колюшек (*Bakker et al., 1999*). В отличие от венских воробьев самки амадин и колюшек, находящиеся в хорошей форме, однозначно предпочитают "высококачественных" самцов.

Авторы предполагают, что странные предпочтения тощих воробьев могут объясняться тем обстоятельством,

что самцы с небольшим пятном являются более заботливыми отцами. Некоторые факты и наблюдения указывают на то, что слабые самцы с небольшим пятном пытаются скомпенсировать свои недостатки тем, что берут на себя больше родительских хлопот. Сильная воробьица в принципе может вырастить птенцов и без помощи супруга, поэтому она может позволить себе взять в мужья здорового и сильного самца с большим пятном, даже если он плохой отец, — в надежде, что потомство унаследует его здоровье и силу. Слабой самке в одиночку не справиться, поэтому ей выгоднее выбрать менее "престижного" супруга, если есть надежда, что он будет больше сил тратить на семью. Не правда ли, это чем-то напоминает ситуацию, сложившуюся, согласно Лавджоу, у ардипитеков?

Прежние исследования показали, что предпочтения самок могут различаться в разных популяциях воробьев. В одних популяциях самки в среднем, как и положено по теории, предпочитают самцов с самыми большими пятнами. В других этого не наблюдается (как в популяции Венского зоопарка). По мнению авторов, такая изменчивость отчасти объясняется тем, что в разных популяциях может быть разное численное соотношение самок, находящихся в хорошей и плохой физической форме (*Griggio, Hoi, 2010*).

Аналогичное исследование, но уже не на воробьях, а на людях, было выполнено психологами из Университета штата Оклахома. Они изучили влияние мыслей о смерти на то, как женщины оценивают привлекательность мужских лиц, различающихся по степени маскулинности (мужественности).

Если говорить о "среднестатистических" предпочтениях, то женщины, как правило, предпочитают более мужественные лица, если сами находятся в той фазе менструального цикла, когда вероятность зачатия велика. При низкой вероятности зачатия женщины обычно предпочитают мужчин с более фемининными (женственными) лицами.

Интерес психологов к эффектам напоминаний о смерти связан с тем, что, как показали многочисленные наблюдения и эксперименты, такие напоминания оказывают глубокое влияние на репродуктивное поведение людей. Одним из проявлений этого влияния являются всплески рождаемости, часто наблюдающиеся после крупных катастроф или стихийных бедствий. Напоминания о неизбежности смерти обостряют интерес людей к репродуктивной сфере и стимулируют желание завести детей. Например, если перед тестированием напомнить испытуемым о том, что они смертны, процент положительных ответов на вопросы типа "хотели бы вы завести еще одного ребенка?" заметно увеличивается. Таких исследований было проведено довольно много, и все они дали сходные результаты. В Китае испытуемые после напоминания о смерти становились менее склонны поддерживать политику контроля рождаемости, в Америке и Израиле подобные напоминания повысили готовность барышень вступить в "рискованные" сексуальные отношения с опасностью забеременеть.

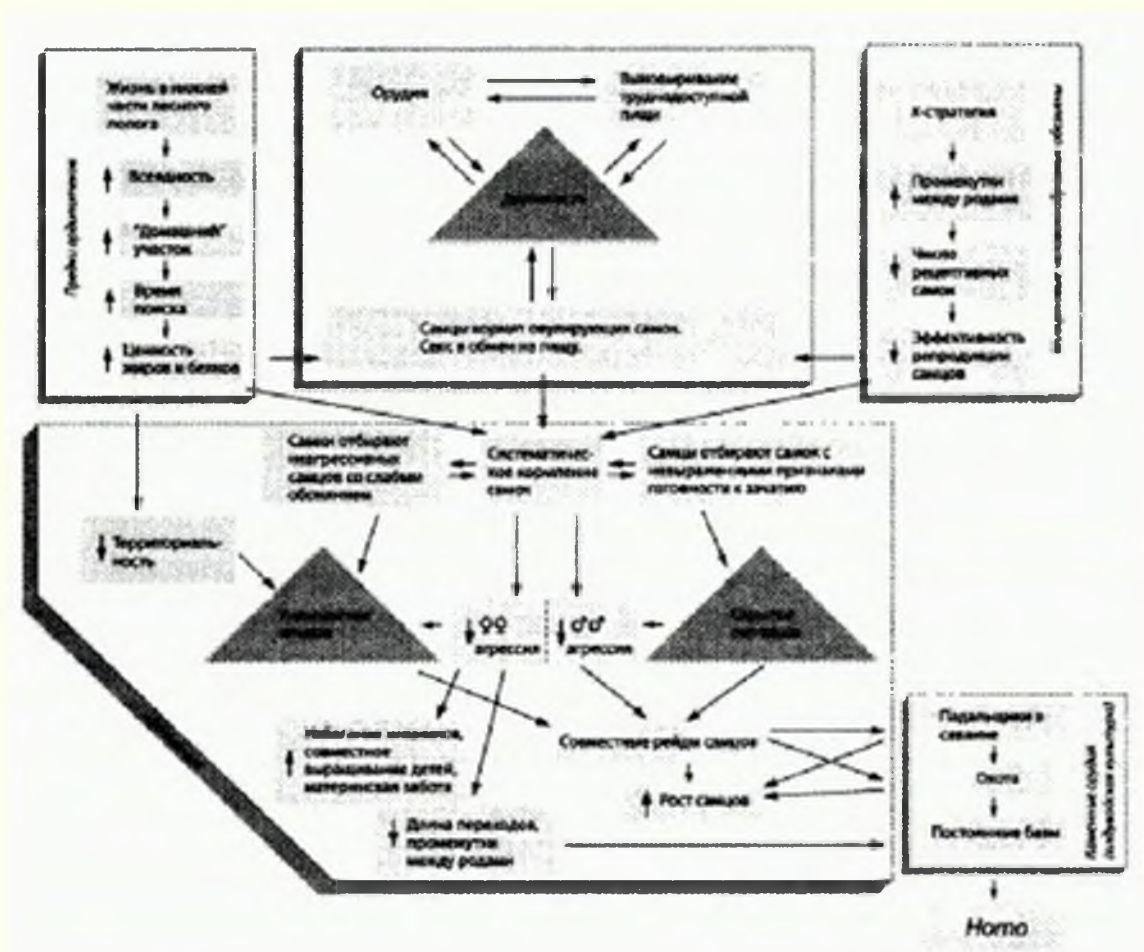
Психологи из Университета Оклахомы решили проверить, влияет ли напоминание о смерти на женские предпочтения при оценке мужских лиц. В исследовании приняли участие 139 студенток, не принимающих гормональные препараты. Испытуемых случайным образом разделили на две группы — опытную и

контрольную. Студенток из первой группы перед тестированием попросили написать краткое сочинение на тему "Мои чувства по поводу собственной смерти и что со мной будет, когда я умру". Для контрольной группы в теме сочинения "смерть" заменили на "предстоящий экзамен". Затем в соответствии с принятыми методиками студентки выполнили небольшое "отвлекающее" задание, чтобы между напоминанием о смерти и тестированием прошло какое-то время. После этого испытуемым предъявляли сгенерированные на компьютере последовательности лиц — от крайне мужественных до предельно женственных. Нужно было выбрать из этих лиц "самое привлекательное".

Оказалось, что напоминание о смерти сильно влияет на женские предпочтения. Студентки из контрольной группы, как и во всех предыдущих исследованиях такого рода, предпочитали более мужественные лица, если сами были готовы к зачатию, и менее мужественные, если находились в той фазе цикла, когда зачатие маловероятно. Но у студенток, которым пришлось писать сочинение о собственной смерти, вкусы резко изменились: им нравились менее мужественные лица в фертильной фазе и более мужественные — в нефертильной.

Авторы обсуждают несколько возможных интерпретаций полученных результатов (понятно, что придумывать их можно немало). Одно из предложенных объяснений представляется наиболее интересным в свете описанных выше данных по воробьям и ардипитекам. Возможно, напоминание о смерти склоняет женщин к тому, чтобы выбирать не "хорошие гены" для своих потенциальных детей, а "заботливого отца". Дело в том, что у мужчин, как и у воробьев,

имеется отрицательная корреляция между выраженностью маскулинных признаков и склонностью к заботе о жене и детях. Кроме того, мужчины с наиболее мужественными лицами в среднем менее склонны к просоциальному (общественно полезному) поведению и соблюдению общественных норм. Они более агрессивны, и поэтому жизнь с ними сопряжена с известным риском. Вероятно, мысли о неотвратимости смерти могут действовать на женщин примерно так же, как на воробьих — осознание собственной слабости. То и другое побуждает самок делать ставку не на "хорошие гены", а на потенциально более заботливого отца (*Vaughn et al. 2010*). Может быть, то же самое чувствовали и обремененные детворой, всеядные, вечно голодные сестры Арди?



Модель Лавджоя — "адаптивный комплекс" ранних гоминид. Стрелки между прямоугольниками обозначают причинно-следственные связи, стрелки внутри прямоугольников — рост или уменьшение соответствующих показателей. У последнего общего предка людей и шимпанзе коллективы, вероятно, состояли из многих самцов и самок, относительно свободно скрещивавшихся друг с другом. У них был умеренный полиморфизм по размеру клыков и низкий уровень агрессии между самцами; имели место спермовые войны. Ранние гоминиды выработали три уникальных признака (темные треугольники), два из которых документированы в ископаемой летописи

*(двуногость и уменьшение клыков). Предполагаемые причинно-следственные связи: 1) необходимость переносить пищу привела к развитию двуногости; 2) выбор самками неагрессивных партнеров ведет к уменьшению клыков; 3) потребность защититься от "супружеской неверности" (у обоих полов) ведет к развитию скрытой овуляции. Такой ход эволюции порождается двумя группами факторов: пищевой стратегией ранних гоминид (левая колонка) и "демографической дилеммой", обусловленной интенсификацией К-стратегии (правая колонка). Давление отбора, вызываемое этими факторами, ведет к развитию стратегии "секс в обмен на пищу". Последующее увеличение роста самцов и эффективная кооперация между самцами у *Australopithecus afarensis* обеспечили эффективность коллективных рейдов по добыче пропитания. Это позволило в дальнейшем освоить добычу падали в саванне, а затем и коллективную охоту (род *Номо*). Такая "экономическая революция" способствовала совершенствованию адаптаций к двуногому хождению, дальнейшему усилению внутригрупповой кооперации и снижению внутригрупповой агрессии, увеличению количества энергии, которую можно было выделить на выращивание потомства, росту рождаемости и выживаемости детей. Она также ослабила ограничения, препятствующие развитию "дорогостоящих" тканей (мозга). По рисунку из Lovejoy, 2009.*

В результате описанных событий у наших предков сформировался социум с пониженным уровнем внутригрупповой агрессии. Возможно, уменьшилась и межгрупповая агрессия, потому что при том образе

жизни, который предположительно вели ардипитеки, трудно предполагать развитое территориальное поведение. Неравномерность распределения ресурсов по территории, необходимость преодолевать большие расстояния в поисках ценных пищевых объектов, высокий риск попасть на обед хищнику — все это делало затруднительным (хотя и не исключало полностью) существование четких границ между группами и их охрану.

Снижение внутригрупповой агрессии создало предпосылки для развития кооперации, взаимопомощи. Уменьшение антагонизма между самками позволило им кооперироваться для совместной заботы о детенышах. Уменьшение антагонизма между самцами облегчило организацию совместных рейдов для добычи пропитания. Шимпанзе тоже изредка практикуют коллективную охоту, а также коллективные боевые действия против соседних групп шимпанзе. У ранних гоминид такое поведение, вероятно, получило значительно большее развитие.

Это открыло перед гоминидами новые экологические возможности. Ценные пищевые ресурсы, которые невозможно или крайне опасно добывать в одиночку (или маленькими, плохо организованными, готовыми в любой миг разбежаться группами), вдруг стали доступными, когда самцы гоминид научились объединяться в сплоченные отряды, где каждый мог положиться на товарища.

Отсюда нетрудно вывести последующее освоение потомками ардипитеков совершенно новых типов ресурсов — в том числе переход к питанию падалью в саванне (это было, несомненно, весьма рискованным делом, требующим высокого уровня кооперации самцов;

см. ниже), а затем и к коллективной охоте на крупную дичь.

Последующее увеличение мозга и развитие каменной индустрии в модели Лавджоя предстает как побочное — и даже в известной мере случайное — следствие того направления специализации, по которому пошли ранние гоминиды. Предки шимпанзе и горилл имели те же исходные возможности, но их "повело" по другому эволюционному маршруту: они сделали ставку на силовое решение матримониальных проблем, и поэтому уровень внутригруппового антагонизма у них остался высоким, а уровень кооперации — низким. Сложные задачи, решение которых требует слаженных действий сплоченных и дружных коллективов, так и остались для них недоступными, и в итоге эти обезьяны так и не стали разумными. Гоминиды "избрали" нестандартное решение — моногамию, довольно редкую стратегию среди млекопитающих, и это в конечном счете привело их к развитию разума.

Модель Лавджоя связывает воедино три уникальные особенности гоминид: двуногость, маленькие клыки и скрытую овуляцию. Главное ее достоинство как раз в том и состоит, что она дает единое объяснение этим трем особенностям, а не ищет отдельных причин для каждой из них.

Модель Лавджоя существует уже 30 лет. Все ее составные части уже давно являются предметом оживленной дискуссии в научной литературе. Лавджой опирается на множество фактов и теоретических разработок, а не только на те скудные сведения и простейшие рассуждения, которые можно изложить в популярной книге. Новые данные по ардипитеку на

редкость хорошо вписались в теорию Лавджоя и позволили уточнить ее детали. Лавджой прекрасно понимает, что его модель умозрительна и некоторые ее аспекты будет нелегко подтвердить или опровергнуть (*Lovejoy, 2009*). Тем не менее это, по-моему, хорошая теория, согласующаяся с большинством известных фактов. Можно надеяться, что последующие антропологические находки постепенно сделают некоторые ее положения общепризнанными.

Назад в детство?

Выше мы говорили, что уменьшение клыков у самцов ранних гоминид можно рассматривать как "феминизацию". Действительно, редукция одного из характерных "мужских" обезьяньих признаков сделала самцов гоминид больше похожими на самок. Возможно, это было связано с уменьшением выработки мужских половых гормонов или со снижением чувствительности некоторых тканей к этим гормонам.

Посмотрите в зоопарке на орангутанов и горилл. В Московском зоопарке, например, сейчас живет одно гориллье и два орангутаньих семейства. Живут они в просторных вольерах, чувствуют там себя неплохо, и за ними можно наблюдать часами, чем я иногда и занимаюсь. Не нужно быть биологом, чтобы заметить, насколько самки этих двух видов больше похожи на людей, чем самцы. Матерый самец орангутана или гориллы выглядит жутковато, он весь обвешан вторичными половыми признаками, демонстрирующими мужественность и силу: горбатая серебристая спина, зверский взгляд, немыслимые блинообразные щеки, огромные складки черной кожи на груди. Человеческого

в них мало. А вот девушки у них довольно симпатичные. В жены такую, пожалуй, не возьмешь, но так, погулять, в кафе посидеть, поболтать о том о сем...

Кроме феминизации в эволюции наших предков была еще одна важная тенденция. По форме черепа, структуре волосяного покрова, размеру челюстей и зубов человек больше похож на детенышей обезьян, чем на взрослых. Многие из нас надолго сохраняют любознательность и игривость — черты, свойственные большинству млекопитающих только в детстве, тогда как взрослые звери обычно угрюмы и нелюбопытны. Поэтому некоторые антропологи считают, что важную роль в эволюции человека сыграла неотения, или ювенилизация, — задержка развития некоторых признаков, ведущая к сохранению детских черт у взрослых животных.

Можно говорить также о более широком понятии — гетерохронии. Так называют любые изменения в скорости и последовательности формирования разных признаков в ходе развития (неотения — частный случай гетерохронии). Например, согласно одной из теорий, важную роль в эволюции человека сыграло ускоренное развитие социально ориентированных умственных способностей (см. главу "Общественный мозг", кн. 2).

Ювенилизация могла способствовать и переходу к моногамии. Ведь для того, чтобы семейные пары стали хоть сколько-нибудь устойчивыми, партнеры должны испытывать друг к другу особые чувства, между ними должна сформироваться взаимная привязанность. В эволюции новые признаки редко возникают из ничего, обычно используется какой-нибудь старый признак, который под действием отбора подвергается

определенной модификации. Самой подходящей "заготовкой" (преадаптацией) для формирования стойкой супружеской привязанности является эмоциональная связь между матерью и ребенком. Изучение моно- и полигамных видов грызунов дает основания полагать, что система формирования прочных семейных уз неоднократно развивалась в ходе эволюции именно на основе более древней системы формирования эмоциональной связи между матерью и ее потомством (см. главу "Генетика души", кн. 2).

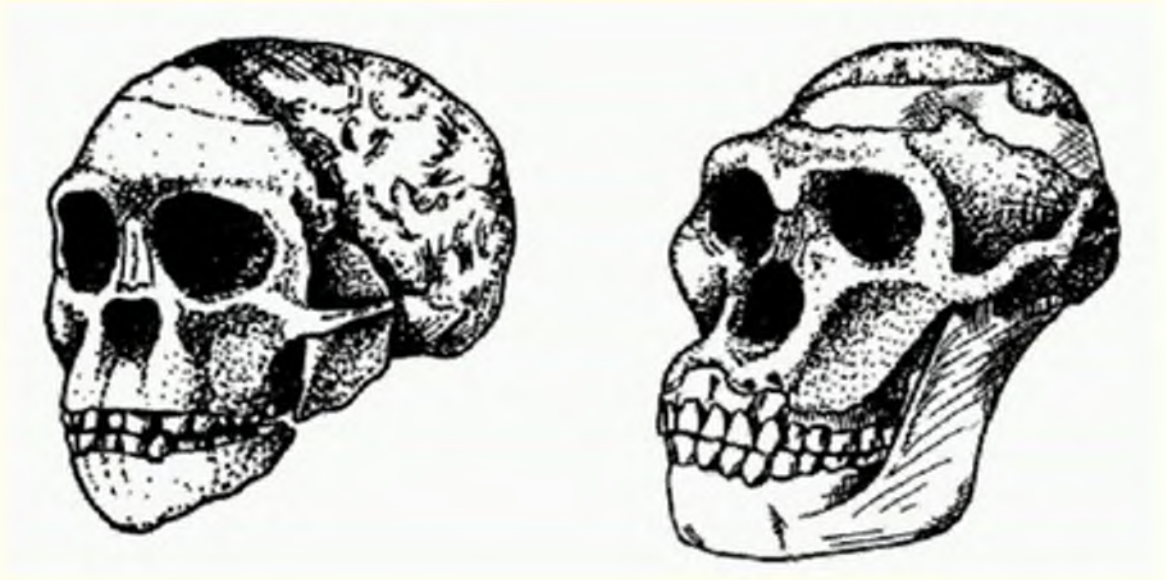
Нечто подобное, возможно, произошло и в сравнительно недавней истории человечества, около 10—15 тыс. лет назад, когда наши предки начали приручать диких животных.

В 2006 году Эмануэла Прато-Превиде и ее коллеги из Миланского института психологии провели серию наблюдений за поведением собак и их хозяев в непривычных, стрессовых условиях. Сначала каждую парочку (собаку и ее хозяина) помещали в полупустую комнату со странной обстановкой, состоящей из пары стульев, чашки с водой, пустой пластиковой бутылки, двух мячиков, игрушки на веревочке, игрушки-пищалки и видеокамеры, которая фиксировала все происходящее. Затем хозяина уводили в соседнюю комнату, где он мог наблюдать на мониторе страдания оставшейся в одиночестве собаки. После недолгой разлуки хозяина пускали обратно. Затем следовала вторая, более длительная разлука и новое счастливое воссоединение.

Людам — участникам эксперимента (среди них было 15 женщин и 10 мужчин) хитрые психологи сказали, что их интересует поведение собаки, и попросили вести себя как можно естественнее. На самом деле объектом

исследования были не собаки, а их хозяева. Каждое действие подопытных тщательно фиксировалось и классифицировалось. Было подсчитано точное число поглаживаний, объятий, поцелуев, игровых действий и так далее. Особое внимание уделялось произнесенным словам.

Выяснилось, что как мужчины, так и женщины в общении с четвероногим другом использовали множество поведенческих элементов, характерных для общения родителей с маленькими детьми. Особенно показательными были речи испытуемых, изобиловавшие повторами, уменьшительными формами слов, ласковыми именами и другими характерными чертами так называемого материнского языка. После долгой разлуки (сопровождаясь более сильным стрессом и для "брошенной" собаки, и для наблюдавшего за ее переживаниями хозяина) игровая активность испытуемых заметно снижалась, зато возрастало число объятий и прочих сюсюканий. Мужчины болтали со своими собаками несколько меньше, чем женщины, но это могло быть связано с тем, что мужчины острее реагируют на присутствие видеокамеры: возможно, они боялись показаться смешными, разговаривая с собакой. Других существенных различий в поведении мужчин и женщин не выявилось.



Австралопитек африканский (3,3—2,4 млн лет назад). Череп детеныша (слева) выглядит почти по-человечески, чего не скажешь о черепе взрослого (справа).

В этом чисто наблюдательно-описательном исследовании не было ни контроля, ни большой статистики, никому не вводили в мозг искусственных вирусов, не отключали никаких генов и не заставляли светиться зеленым флюоресцирующим белком медузы. Тем не менее авторы считают, что их результаты — серьезный довод в пользу гипотезы о том, что собачье-человечий симбиоз изначально был построен на перенесении родительского" стереотипа поведения на новых четвероногих друзей (*Prato-Previde et al., 2006*). Эту гипотезу подтверждают и другие факты. Например, в некоторых традиционных культурах, не затронутых цивилизацией, принято держать массу совершенно бесполезных домашних питомцев, причем во многих случаях с ними обращаются в точности как с детьми, женщины даже кормят их грудью (*Serpell, 1986*). Может

быть, и первые волчата, поселившиеся в жилище палеолитического человека, не выполняли никаких утилитарных функций и приютили их наши предки не для помощи на охоте, охраны пещеры или поедания объедков, а лишь для душевного комфорта, для дружбы, для взаимопонимания? Романтическая, но вполне уважаемая многими психологами гипотеза.

Способность переносить на других социальных партнеров стиль поведения, выработанный для общения с детьми, могла сыграть важную роль в эволюции человека. Не исключено, что ювенилизация облика и поведения взрослых гоминид поддерживалась отбором, потому что к таким особям, слегка похожим на детей, их брачные партнеры испытывали более нежные чувства. Это могло повысить их репродуктивный успех, если жены реже изменяли таким мужьям (которые, скорее всего, были при этом еще и менее агрессивными и более надежными), а мужья реже уходили от жен-девочек, весь вид которых говорил о том, как они нуждаются в защите и поддержке. Пока это лишь гадание на кофейной гуще, но все-таки кое-какие косвенные аргументы в пользу этой догадки можно привести.

Если в эволюции человеческого мышления и поведения действительно имела место ювенилизация, то нечто подобное вполне могло быть и в эволюции наших ближайших родственников — шимпанзе и бонобо. Эти два вида заметно различаются по своему характеру, поведению и общественному устройству. Шимпанзе довольно угрюмы, агрессивны и воинственны, в их группах обычно верховодят самцы. Бонобо живут в более изобильных местах, чем шимпанзе. Возможно, поэтому они более беззаботны и добродушны, легче мирятся, их самки лучше умеют кооперироваться и имеют больший

"политический вес" в коллективе. Кроме того, в строении черепа бонобо, как и у человека, есть признаки ювенилизации. Может быть, и в поведении бонобо можно обнаружить такие признаки?

Недавно американские антропологи из Гарвардского университета и Университета Дьюка решили проверить, различаются ли шимпанзе и бонобо по хронологии развития некоторых особенностей мышления и поведения, связанных с общественной жизнью (*Wobber et al., 2010*). Для этого были проведены три серии экспериментов с шимпанзе и бонобо, ведущими полудикий (или "полусвободный") образ жизни в специальных "убежищах", одно из которых находится на северном берегу Конго (там живут шимпанзе), другое — на южном, в вотчине бонобо. Большинство этих обезьян были в раннем возрасте конфискованы у браконьеров, и лишь немногие родились уже в убежище.

В первой серии экспериментов обезьян попарно впускали в комнату, где находилось что-нибудь вкусненькое. Разбиение на пары проводилось так, чтобы в каждой паре были обезьяны примерно одного возраста и чтобы было примерно равное количество одно- и разнополых пар. Использовались три вида угощения, различающиеся по легкости "монополизации" (одни было легче целиком присвоить себе, другие — труднее). Исследователи следили за тем, будут ли обезьяны лакомиться вместе или одна из них все ухватит себе. Кроме того, регистрировались случаи игрового и сексуального поведения.

Оказалось, что молодые шимпанзе и бонобо одинаково охотно делятся пищей с товарищами. С возрастом, однако, шимпанзе становятся более жадными,

а у бонобо этого не происходит. Таким образом, бонобо сохраняют в зрелом возрасте "детскую" черту — отсутствие жадности.

Бонобо чаще, чем шимпанзе, затевали в этом эксперименте игры, в том числе сексуальные. У обоих видов игривость снижалась с возрастом, но у шимпанзе это происходило быстрее, чем у бонобо. Таким образом, в этом отношении бонобо тоже ведут себя "по-детски", если сравнивать их с шимпанзе.

Во второй серии экспериментов обезьян проверяли на способность воздерживаться от бессмысленных действий в специфическом социальном контексте. Трех людей ставили плечом к плечу перед обезьяной. Два крайних человека брали угощение из недоступного для обезьяны контейнера, а средний ничего не брал. Затем все трое протягивали к обезьяне руку, сжатую в кулак, так что не было видно, у кого кулак пустой, а у кого — с угощением. Обезьяна могла попросить пищу у каждого из троих. Считалось, что обезьяна правильно решила задачу, если она просила только у двух крайних, которые на ее глазах взяли лакомство из контейнера, и не просила у среднего.

Шимпанзе, как выяснилось, уже в трехлетнем возрасте отлично справляются с этой задачей и сохраняют это умение на всю жизнь. Маленькие бонобо, напротив, часто "ошибаются" и просят пищу у всех троих. Только к 5-6 годам бонобо догоняют шимпанзе по частоте правильных решений. Таким образом, и в этом случае можно говорить о задержке психического развития бонобо по сравнению с шимпанзе. Конечно, речь идет не об умственной отсталости. Бонобо не глупее

шимпанзе, они просто беззаботнее и не так суровы в социальной жизни.

В третьей серии экспериментов перед обезьянами была поставлена более сложная задача — приспособиться к перемене в поведении людей. Нужно было попросить пищу у одного из двух экспериментаторов. Во время предварительных тестов один из двоих всегда угощал обезьяну, а второй — никогда. Обезьяна, естественно, привыкала к этому и начинала раз за разом выбирать "доброго" экспериментатора. Затем роли внезапно менялись: добрый экспериментатор становился жадным, и наоборот. Ученые следили за тем, насколько быстро обезьяна поймет, что случилось, и изменит свое поведение в соответствии с изменившейся обстановкой. Результаты получились примерно такие же, как и в предыдущей серии опытов. Начиная с пятилетнего возраста шимпанзе быстро переучивались и начинали выбирать того экспериментатора, который угощал их сейчас, а не в прошлом. Молодые бонобо справлялись с задачей хуже и догоняли шимпанзе только к 10-12 годам.

Эти результаты хорошо согласуются с гипотезами о важной роли гетерохроний в эволюции мышления высших приматов и о том, что для бонобо характерна задержка развития (ювенилизация) некоторых психических черт по сравнению с шимпанзе. Возможно, первопричиной обнаруженных различий является пониженный уровень внутривидовой агрессии у бонобо. Это в свою очередь может быть связано с тем, что бонобо обитают в более изобильных краях, и у них не так остра конкуренция за пищу.

Авторы обращают внимание на то, что искусственный отбор на пониженную агрессивность в ходе одомашнивания у некоторых млекопитающих привел к ювенилизации ряда признаков. В частности, они упоминают знаменитые эксперименты Д. К. Беляева и его коллег по одомашниванию лисиц (*Трут, 2007*). В этих экспериментах лисиц отбирали на пониженную агрессивность. В результате получились дружелюбные животные, у которых во взрослом состоянии сохранялись некоторые "детские" признаки, такие как вислоухость и укороченная морда. Похоже на то, что отбор на дружелюбие (у многих зверей это "детский" признак) может в качестве побочного эффекта приводить к ювенилизации некоторых других особенностей морфологии, мышления и поведения. Эти признаки могут быть взаимосвязаны — например, через гормональную регуляцию.

Пока мы не можем сказать наверняка, насколько был актуален отбор на пониженную агрессивность у наших предков и можно ли наши ювенильные черты (высокий лоб, укороченную лицевую часть черепа, характер волосяного покрова, любознательность) объяснить таким отбором. Но предположение выглядит заманчиво. По-видимому, снижение внутригрупповой агрессии сыграло важную роль на ранних этапах эволюции гоминид. Но есть также немало фактов, косвенно указывающих, наоборот, на рост враждебности между группами охотников-собирателей (причем это рассматривается как одна из причин развития внутригрупповой кооперации; к этой теме мы вернемся в главе "Эволюция альтруизма", кн. 2). Но в этом случае речь уже идет о поздних этапах эволюции и о

межгрупповой агрессии. Так что эти гипотезы не противоречат друг другу.

Австралопитеки

Вернемся к истории. Если длинная серия лирических отступлений не сбила читателя с толку, то он еще помнит, что мы остановились на ардипитеках, живших в Восточной Африке 4,4 млн лет назад. Вскоре после этого, примерно 4,2 млн лет назад, на африканскую сцену выходят преемники Арди — чуть более "продвинутые", чуть более "человеческие" двуногие обезьяны, объединяемые большинством антропологов в род австралопитеков. Древнейший из известных видов этого рода, австралопитек анамский (*Australopithecus anamensis*, 4,2—3,9 млн лет назад), описан по фрагментарному материалу. Поэтому о нем трудно сказать что-то определенное кроме того, что его строение действительно было промежуточным между ардипитеками и более поздними — и лучше изученными — австралопитеками. Он вполне мог быть потомком Арди и предком Люси.

Афарские австралопитеки — вид, к которому принадлежала Люси — жили в Восточной Африке примерно от 4,0 до 2,9 млн лет назад. Найдены остатки множества особей этого вида. *A. afarensis* почти наверняка был в числе наших предков или по крайней мере находился с ними в очень близком родстве. Примитивные признаки (например, мозг объемом всего 375—430 см³, как у шимпанзе) сочетались у него с продвинутыми, "человеческими" (например, строение таза и нижних конечностей, свидетельствующее о прямохождении).

Про Люси, описанную в 1978 году Дональдом Джохансоном, Тимом Уайтом и Ивом Коппенем, подробно рассказал сам Джохансон в книге "Люси: истоки рода человеческого". Эта книга издана на русском языке в 1984 году. Мы же ограничимся кратким рассказом о двух новых важных находках.

Поиск ископаемых остатков гоминид в Восточной Африке — колыбели человечества — давно перестал быть уделом энтузиастов-одиночек. Работа поставлена на широкую ногу, перспективные участки поделены между конкурирующими группами антропологов, раскопки ведутся систематически и очень целенаправленно. В 2000 году в одном из таких "исследовательских районов" — в Дикике (Эфиопия) — была сделана уникальная находка: хорошо сохранившийся скелет юного афарского австралопитека, скорее всего девочки трехлетнего возраста, жившей 3,3 млн лет назад. Антропологи присвоили ей неофициальное прозвище "дочка Люси" (*Alemseged et al. 2006; Wynn et al., 2006*). Большинство костей было замуровано в твердом песчанике, и на препарирование скелета (очистку костей от вмещающей породы) ушло целых пять лет.

Район Дикика и в особенности те слои, в которых обнаружен скелет, досконально изучены в палеонтологическом отношении, что позволило реконструировать среду обитания "дочки Люси". Похоже, это было райское местечко: речная долина с пышной пойменной растительностью, озера, мозаичный ландшафт с чередованием лесных участков и открытых пространств, обилие травоядных, в том числе крупных, характерных как для лесных, так и для степных местообитаний (антилопы, носороги, гиппопотамы, ископаемые трехпалые лошадки гиппарионы, множество

слонов), и почти полное — насколько можно судить по ископаемым остаткам — отсутствие хищников (найлены лишь многочисленные кости крупной ископаемой выдры *Enhydriodon* и нижняя челюсть, возможно, принадлежавшая енотовидной собаке). В целом здесь было меньше леса и больше саванны, чем в местообитаниях более древних гоминид — ардипитеков, австралопитека анамского и кениантропа.

Австралопитек афарский — один из наиболее хорошо изученных видов гоминид. Его остатки найдены во множестве мест в Эфиопии, Кении и Танзании. В одном только местонахождении Хадар в центральной Эфиопии обнаружены кости как минимум 35 особей. Однако до того, как нашли и отпрепарировали "дочку Люси", ученым не было известно почти ничего о том, как происходило развитие этих обезьян и как выглядели их дети.

Геологический возраст находки (3,31—3,35 млн лет) был определен стратиграфическим методом (**Стратиграфия — наука о расчленении толщ осадочных пород на слои, определении их относительного геологического возраста (как правило, молодые слои залегают поверх более древних) и о корреляции (соотнесении друг с другом) одновозрастных слоев из разных мест и осадочных толщ. Для корреляции слоев используют много методов, включая палеонтологический (сравнение комплексов ископаемых остатков живых организмов)**). Это значит, что по комплексу палеонтологических и других признаков порода, в которой найден скелет, была отнесена к строго определенному стратиграфическому горизонту (слою), абсолютный возраст которого был

установлен ранее при помощи нескольких независимых радиометрических методов (***Подробнее о методах определения возраста горных пород и заключенных в них окаменелостей см.: Марков А. В. Хронология далекого прошлого. <http://elementy.ru/lib/430055>***).

Индивидуальный возраст самой девочки (около трех лет) определили по ее зубам. Кроме хорошо сохранившихся молочных зубов при помощи компьютерной томографии удалось обнаружить в челюстях формирующиеся взрослые зубы. Их форма и относительные размеры позволили определить и пол ребенка (известно, что у афарских австралопитеков мужчины и женщины отличались друг от друга по ряду признаков, включая зубы, сильнее, чем у позднейших гоминид).

Авторы находки сравнили ее с другим юным австралопитеком — "ребенком из Таунга", найденным в 1920-е годы в Южной Африке Раймондом Дартом (с этого началось изучение австралопитеков). "Ребенок из Таунга" жил значительно позже и принадлежал к другому виду — *Australopithecus africanus*. Оказалось, что девочка из Дикики, несмотря на юный возраст, уже имела ряд характерных отличительных признаков своего вида *A. afarensis*, так что ее видовая принадлежность сомнений не вызывает.



*Афарский австралопитек (Australopithecus afarensis).
Восточная Африка, 4,0—2,9 млн лет назад.*

Объем мозга девочки оценивается в 275—330 см³. Это чуть меньше, чем можно было бы ожидать исходя из среднего объема мозга у взрослых австралопитеков. Возможно, это говорит о несколько более медленном росте мозга по сравнению с современными человекообразными. Очень редко сохраняющаяся у ископаемых гоминид подъязычная кость похожа на таковую у молодых горилл и шимпанзе и сильно отличается от человеческой и орангутаньей. Это аргумент в пользу отсутствия у австралопитеков речи, что, впрочем, и так не вызывало особых сомнений (**Вопрос о происхождении речи у гоминид подробно рассмотрен в книге С. А. Бурлак "Происхождение языка" (2011), поэтому здесь мы эту тему почти не затрагиваем**).

Ноги девочки, как и у других афарских австралопитеков, имеют много продвинутых ("человеческих") признаков. Это еще раз подтверждает, что *A. afarensis* был прямоходящим существом. Кости рук и плечевого пояса, по мнению авторов, сближают юного австралопитека скорее с гориллой, чем с человеком, хотя некоторый сдвиг в "человеческую" сторону все же наблюдается.

В целом находка подтвердила "функциональную дихотомию" строения афарских австралопитеков: весьма продвинутая, почти человеческая нижняя часть тела сочеталась у них со сравнительно примитивной, "обезьяньей" верхней частью. Этот "обезьяний верх" одни исследователи интерпретировали просто как

наследие предков, от которого австралопитеки еще не успели избавиться, другие — как свидетельство полудревесного образа жизни. Впрочем, обе интерпретации вполне могут быть верными одновременно.

Лопатка "дочки Люси" — первая найденная целая лопатка *A. afarensis* — лишь сильнее запутала дело, поскольку она напоминает лопатку гориллы (точнее, она выглядит как нечто промежуточное между горилллой и человеческой лопатками), а гориллы — не самые большие любители лазать по деревьям. Они активно пользуются руками при ходьбе, опираясь на костяшки пальцев, как и шимпанзе. Авторы, описавшие дочку Люси, все же склоняются к мнению о том, что афарские австралопитеки много времени проводили на деревьях и поэтому сохранили адаптации для лазанья.

Разнообразные сочетания примитивных и продвинутых признаков вообще очень характерны для ископаемых организмов, чью примитивность и продвинутость мы оцениваем задним числом — путем сравнения с далекими потомками и предками. Эволюционные изменения разных органов и частей тела всегда идут с разной скоростью — просто нет никаких причин, почему бы все они должны были меняться абсолютно синхронно. Поэтому, какую бы переходную форму мы ни взяли, всегда окажется, что какие-то признаки у нее уже "почти как у потомка", а другие еще "совсем как у предка".

Юные австралопитеки были добычей хищных птиц

Австралопитек африканский (*Australopithecus africanus*) жил в Южной Африке между 3,3—3,0 и 2,4 млн

лет назад. Именно с этого вида началось изучение австралопитеков.

Знаменитый череп "ребенка из Таунга" был найден шахтером известкового рудника в Южной Африке в 1924 году. Череп попал в руки Раймонда Дарта, одного из пионеров палеоантропологии. Уже в следующем году в журнале *Nature* появилась сенсационная статья Дарта, озаглавленная "Австралопитек африканский: человекообезьяна из Южной Африки" (*Dart, 1925*). Так человечество впервые узнало об австралопитеках — долгожданном "недостающем звене" между обезьянами и уже известными к тому времени питекантропами (*Homo erectus*).

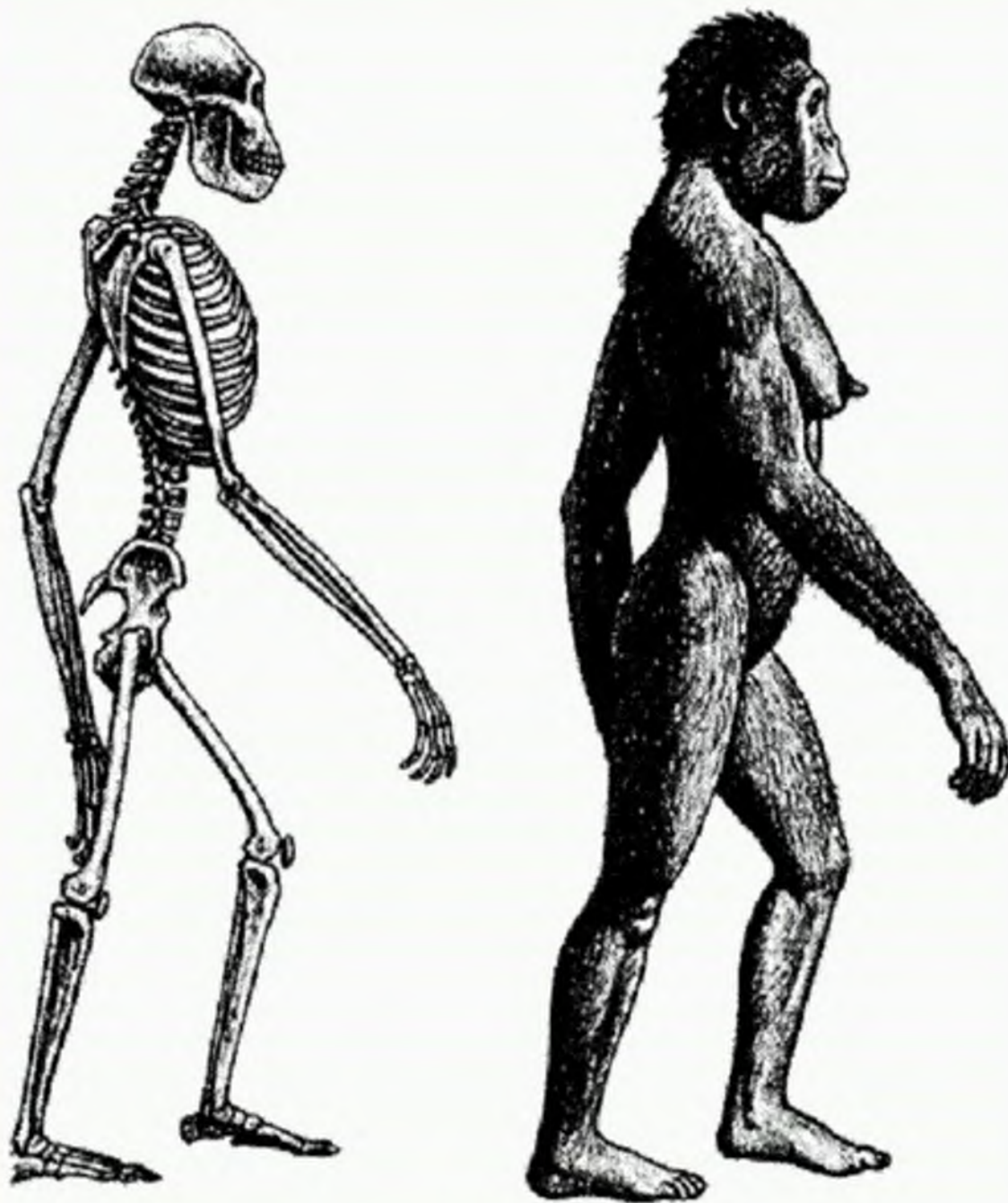
Вместе с черепом юного австралопитека в пещере Таунг были обнаружены кости павианов, антилоп, черепах и других животных. Черепа павианов были как будто проломлены неким тупым орудием. Дарт предположил, что вся эта фауна — остатки пиршеств человекообезьян. Так возник образ австралопитека — умелого охотника, бегавшего по саванне за павианами и убивавшего их ударом дубины по голове. Впоследствии были найдены и взрослые особи *A. africanus*, также в комплексе с разнообразной ископаемой фауной.

Детальное изучение этих палеокомплексов привело ученых к выводу, что найденные скопления костей — действительно остатки пиршеств, но не человекообезьян, а каких-то других хищников. Австралопитеки оказались не охотниками, а жертвами. Подозрение вначале пало на крупных кошачьих, таких как саблезуб мегантереон (*Megantereon*). В числе возможных охотников на человекообезьян называли также леопарда и пятнистую гиену. Эти предположения основывались, в частности, на

сравнении микроэлементного и изотопного состава костей хищников и древних гоминид, а также на характерных повреждениях на костях последних, в точности соответствующих клыкам леопарда.

В 1995 году было впервые высказано предположение, что "ребенок из Таунга" вместе с павианами и другим зверьем пал жертвой крупной хищной птицы, подобной современному африканскому венценосному орлу (*Berger, Clarke, 1995*). Гипотеза была подвергнута резкой критике. В частности, высказывалось мнение, что ни один орел не в состоянии поднять в воздух такую крупную добычу, как детеныш австралопитека.

За последние годы о повадках крупных хищных птиц — охотников на обезьян — стало известно намного больше. Например, выяснилось, что подъемную силу этих птиц до сих пор сильно недооценивали. Однако "птичьей гипотезе" не хватало решающего доказательства — явных следов того, что "ребенок из Таунга" побывал в когтях огромного орла. Получить такое доказательство удалось в 2006 году, после того как были детально исследованы черепа современных обезьян, убитых венценосным орлом. Ознакомившись с новыми данными, южноафриканский антрополог Ли Бергер, один из авторов "птичьей гипотезы", обратил внимание на описание характерных отверстий и проломов в верхних частях глазниц, оставляемых орлиными когтями. Ученый немедленно переисследовал череп "ребенка из Таунга" и обнаружил такие же повреждения в обеих глазницах.



Африканский австралопитек (Australopithecus africanus). Южная Африка, 3,3—2,4 млн лет назад.

На них никто не обращал внимания, что и не удивительно — ведь до сих пор эти повреждения все

равно не удалось бы интерпретировать. В правой глазнице "ребенка из Таунга" заметно круглое отверстие диаметром 1,5 мм, в верхней части левой глазницы — большой пролом с неровными краями. Вместе с описанной еще в 1995 году вмятиной на верхней части черепа эти повреждения являются достаточным доказательством того, что юный австралопитек был пойман, убит и съеден крупной хищной птицей.

Бергер указывает, что орлы, скорее всего, были далеко не единственными врагами австралопитеков. Четвероногие и пернатые хищники — важнейший фактор смертности у современных африканских обезьян, и, по-видимому, у наших далеких предков дела обстояли не лучше. Многие антропологи считают угрозу со стороны хищных зверей и птиц одной из важных причин развития социальности у древних гоминид (а высокая социальность в свою очередь могла способствовать ускоренному развитию разума), поэтому для того, чтобы понять эволюцию наших предков, важно знать, кто на них охотился (*Berger, 2006*).

Точка зрения о полудревесной жизни афарских австралопитеков, а также об их не совсем человеческой, неуклюжей походке в последнее время оспаривается многими антропологами. Против нее свидетельствуют новые данные, полученные в ходе исследования знаменитых следов из Лаэтоли (Танзания), а также недавняя находка посткраниального скелета очень крупного представителя *A. afarensis* — Большого человека.

Следы Лаэтоли обнаружила Мэри Лики в 1978 году. Это отпечатавшаяся в древнем вулканическом пепле цепочка следов трех гоминид: двух взрослых и одного

ребенка. Древнейшие следы двуногих приматов прославили не только саму Мэри Лики, но и место находки — деревню Лаэтоли, расположенную в Восточной Африке, в Танзании, в заповеднике Нгоронгоро. На краю плато Серенгети, недалеко от Лаэтоли, находится ныне потухший вулкан Садиман — именно его пепел и увековечил следы австралопитеков.

Извержение вулкана, от которого, возможно, пытались уйти эти трое, произошло 3,6 млн лет назад. В тех краях из известных науке гоминид жили тогда только афарские австралопитеки. Скорее всего, они и оставили следы. По отпечаткам ступней видно, что большой палец у них уже не был противопоставлен всем остальным, как у Арди, а прилегал к ним — почти как у нас. Значит, афарские австралопитеки распрощались со старым обезьяньим обычаем хвататься ногами за ветки.

Но как они все-таки ходили — неуклюже ковыляли на полусогнутых, подобно современным гориллам или бонобо, когда на них находят блажь прогуляться "без рук", или уверенной, твердой походкой, выпрямляя ноги — по-человечески? Недавно американские антропологи занялись этим вопросом всерьез (*Raichlen et al., 2010*). Они заставляли людей-добровольцев ходить разными походками по песку, по-разному распределяя вес тела и по-разному ставя ноги, а затем сравнивали полученные следы со следами из Лаэтоли. Вывод: походка афарских австралопитеков практически не отличалась от нашей. Они шагали уверенно и ногами двигали как мы, полностью распрямляя колени.

Крупного афарского австралопитека по прозвищу Кадануумуу (что на местном наречии означает большой человек) описала в 2010 году группа антропологов из

США и Эфиопии (*Haile-Selassie et al., 2010*). В состав исследовательского коллектива входил уже известный нам Оуэн Лавджой. Находка была сделана в районе Афар в Эфиопии, там же, откуда происходят и многие другие ископаемые гоминиды. Череп найти так и не удалось, зато нашлись кости левой ноги и правой руки (без стопы и кисти), значительная часть таза, пять ребер, несколько позвонков, левая ключица и правая лопатка. Скорее всего, это был самец (или пора уже говорить — мужчина?), причем весьма крупный. Если рост Люси был около 1,1 м, то Большой человек был примерно на полметра выше, то есть его рост находился в пределах нормы современных людей. Жил он 3,6 млн лет назад — на 400 000 лет раньше Люси и практически одновременно с тремя неизвестными, оставившими следы на вулканическом пепле в Лаэтоли.

Строение скелета Большого человека, по мнению авторов, указывает на высокую приспособленность к полноценной двуногой ходьбе и отсутствие адаптаций для древолазания. Лопатка Кадануумуу значительно меньше похожа на гориллью, чем лопатка "дочки Люси", и выглядит почти по-человечески. Из этого авторы заключают, что лазать по деревьям Большой человек умел немногим лучше нас. Ребра, таз и кости конечностей тоже демонстрируют множество продвинутых признаков. Даже соотношение длины рук и ног хоть и с трудом, но вписывается в диапазон нормальной изменчивости *Homo sapiens*. Среди современных людей таких длинноруких и коротконогих особей мало, но все же они попадаются. По-видимому, это означает, что афарские австралопитеки по размерам и пропорциям своего тела были довольно изменчивы — может быть, почти так же, как современные люди.

Признаки, которые раньше условно считались присущими всем афарцам (например, очень короткие ноги, как у Люси), в действительности могли зависеть от возраста, пола и широко варьировать в пределах популяции.

Что касается полового диморфизма (различий в размере и пропорциях тела между мужчинами и женщинами), то по этому поводу идут ожесточенные споры. Одни авторы (пожалуй, большинство), считают, что диморфизм у афарских австралопитеков был выражен намного сильнее, чем у современных людей. У обезьян сильный половой диморфизм (когда самцы намного крупнее самок) является верным признаком гаремной системы, что, казалось бы, противоречит предполагаемой моногамности австралопитеков. Другие авторы, включая Лавджоя, доказывают, что половой диморфизм у афарцев был примерно таким же, как у нас. Разумеется, дискуссия основана не на рассуждениях, а на реальных костях и тщательных измерениях, но собранного материала, по-видимому, пока еще маловато для достоверных выводов.

По мнению антрополога С. В. Дробышевского (2010) изучившего большое количество эндокранов (слепков мозговой полости) ископаемых гоминид, мозг австралопитеков по своему строению был похож на мозг шимпанзе, горилл и орангутанов, но отличался более удлиненной формой за счет увеличенной теменной доли. Возможно, это было связано с тем, что австралопитеки обладали большей подвижностью и чувствительностью рук. Что вообще-то логично, учитывая их манеру ходьбы.

Парантропы

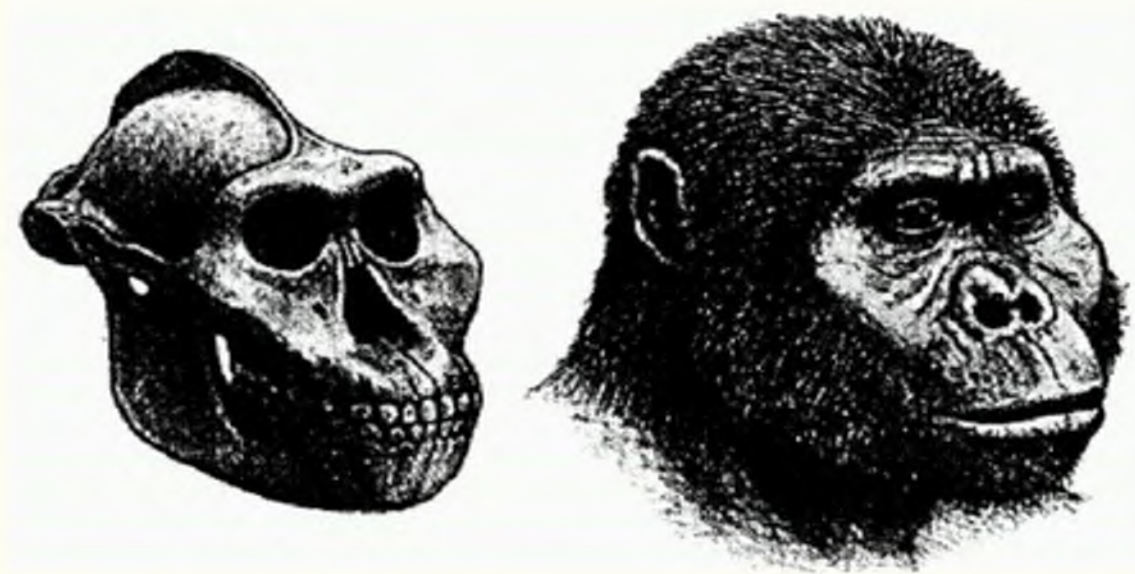
Парантропы, называемые также массивными австралопитеками, — одна из тупиковых ветвей на эволюционном дереве гоминид. Описано три вида парантропов: *P. aethiopicus* (2,6—2,3 млн лет назад, Восточная Африка), *P. boisei*, он же зинджантроп (2,3—1,2 млн лет назад, Восточная Африка), и *P. robustus* (1,9—1,2 млн лет назад, Южная Африка). Они жили одновременно с другими представителями гоминид — обычными, или грацильными (более миниатюрными), австралопитеками, такими как *A. garhi* из Восточной Африки и южноафриканский *A. sediba*, и древнейшими представителями рода людей (*Homo*).

В начальный период своей истории представители рода человеческого жили в Африке в окружении разнообразных родственников, которые отличались от древних людей намного меньше, чем современные шимпанзе отличаются от современного человека. Межвидовые взаимоотношения внутри группы гоминид, несомненно, наложили свой отпечаток на ранние этапы эволюции людей. Присутствие на одной территории нескольких близкородственных видов, вероятно, требовало выработки специальных адаптаций для предотвращения межвидовой гибридизации и для разделения экологических ниш (близким видам трудно ужиться вместе, если их диеты и образы жизни совпадают). Поэтому для понимания ранних этапов истории рода *Ното* важно знать, как жили и чем питались наши вымершие двуногие кузены — даже если известно, что они не были нашими предками.

Парантропы, по-видимому, произошли от обычных, или грацильных, австралопитеков (как и первые люди), но их эволюция пошла в другую сторону. Первые *Ното* включали в свой рацион остатки трапез хищников и научились соскребать остатки мяса и раскалывать кости при помощи примитивных каменных орудий; у них стал увеличиваться мозг, а челюсти и зубы, наоборот, постепенно уменьшались. Парантропы пошли иным путем: мозг у них остался небольшим (примерно как у шимпанзе и грацильных австралопитеков), зато зубы, челюсти и жевательная мускулатура достигли небывалого для гоминид уровня развития. Клыки, впрочем, так и остались относительно маленькими: наверное, это было уже необратимо.

Традиционно считалось, что движущей силой этих изменений было приспособление к питанию грубой растительной пищей — жесткими корнями, стеблями, листьями или орехами с твердой скорлупой. Опираясь на морфологические данные, ученые резонно полагали, что парантропы были специализированными потребителями самых жестких и твердых пищевых объектов, недоступных другим гоминидам в силу относительной слабости их челюстей и зубов. Предполагалось также, что узкая пищевая специализация, возможно, была одной из причин вымирания парантропов. Первые люди, напротив, сохранили всеядность, свойственную их предкам — грацильным австралопитекам. Ясно, что всеядные формы имеют больше шансов выжить при изменении среды, чем узкие специалисты. История повторилась в более поздние времена, когда узкоспециализированный вид людей, питавшийся преимущественно мясом, — неандертальцы — был вытеснен всеядным *Ното sapiens* (**Лишь в конце 2010**

года выяснилось, что ни азиатские, ни европейские неандертальцы в действительности не были стопроцентными мясоедами, как вроде бы следовало из изотопного состава зубной эмали. В зубном камне неандертальцев обнаружены крахмальные гранулы, свидетельствующие о том, что время от времени они ели ячмень, финики, бобовые (в Азии), корневища водяных лилий и, возможно, злаки (в Европе). Более того, судя по форме этих гранул, неандертальцы умели даже варить растительную пищу) (Добровольская, 2005).



Paranthropus aethiopicus. Эфиопия, 2,5 млн лет назад.

В дальнейшем были обнаружены факты, противоречащие гипотезе об узкой пищевой специализации парантропов. Анализ изотопного состава зубной эмали показал, что они, по-видимому, были всеядными существами (*Lee-Thorp et al., 2000*). В

частности, в их рацион входили термиты, которых парантропы добывали при помощи примитивных костяных орудий (*d'Errico, Backwell, 2009*).

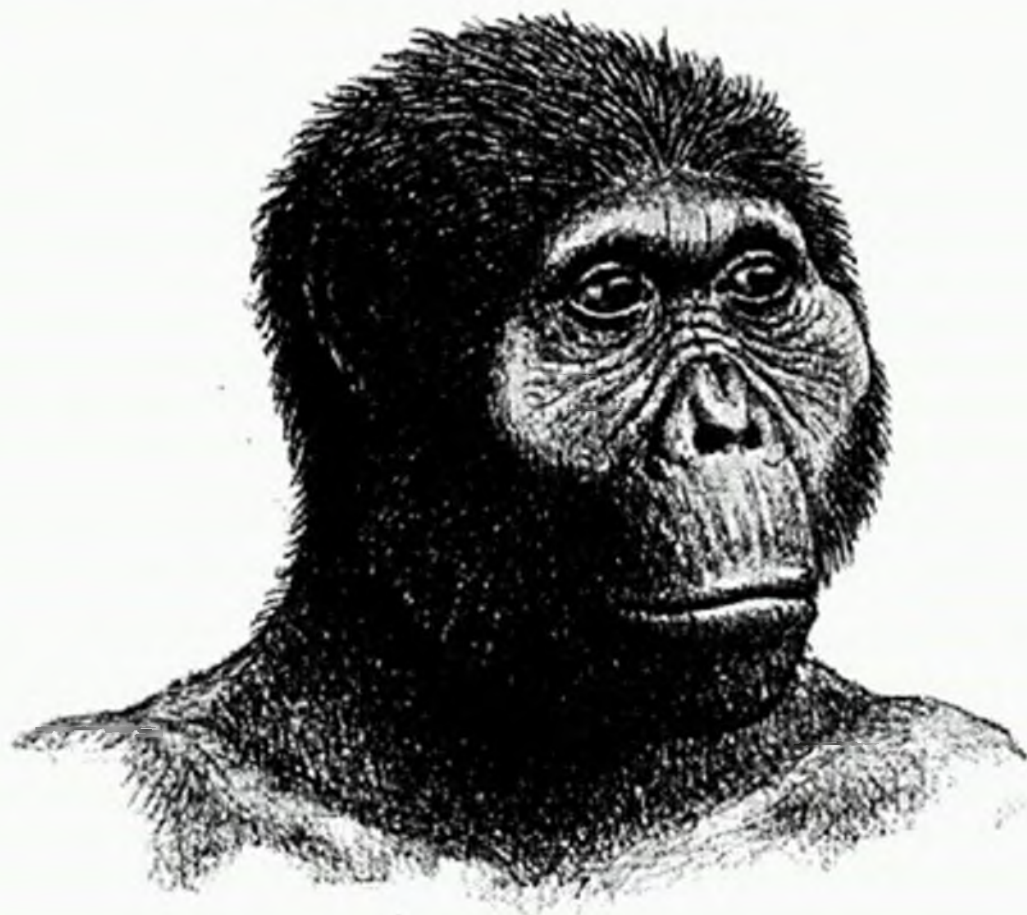
Но оставалось неизменным мнение, что грубая растительная пища составляла важную часть рациона парантропов. Иначе зачем им такие могучие челюсти и огромные зубы? Однако в 2008 году было поставлено под сомнение и это казавшееся самоочевидным предположение (*Ungar et al., 2008*).

Американские антропологи изучили микроскопические следы износа зубной эмали, сохранившиеся на коренных зубах семи особей *Paranthropus boisei*. Этот вид обитал в восточноафриканской саванне, часто вблизи рек и озер. Характерные для парантропов черты специализации (большие плоские коренные зубы, толстая зубная эмаль, мощная жевательная мускулатура) выражены у этого вида наиболее сильно. Неудивительно, что первый найденный череп этого вида прозвали Щелкунчиком. Из 53 исследованных особей детали строения зубной поверхности хорошо сохранились только у семерых. Однако эти семь индивидуумов являются вполне представительной выборкой. Они происходят из трех стран (Эфиопия, Кения, Танзания) и охватывают большую часть времени существования данного вида. Самому старому из черепов около 2,27 млн лет, самому молодому — 1,4 млн лет.

Авторы использовали две характеристики поверхности эмали, отражающие характер пищевых предпочтений: фрактальная сложность (разнообразие размеров микроскопических углублений и бороздок) и анизотропность (соотношение параллельных и

хаотически ориентированных микроцарапин). Изучение зубов современных приматов, придерживающихся различных диет, показало, что высокая фрактальная сложность связана с питанием очень твердой пищей (например, с разгрызанием орехов), тогда как высокая анизотропность отражает питание жесткой пищей (корни, стебли, листья). Важно, что следы микроизноса зубной эмали эфемерны — они не накапливаются в течение жизни, а появляются и исчезают за несколько дней. Таким образом, по этим следам можно судить о том, чем питалось животное в последние дни своей жизни. Для сравнения авторы использовали зубы четырех видов современных приматов, в диету которых входят твердые и жесткие объекты, а также двух ископаемых гоминид: *Australopithecus africanus* и *Paranthropus robustus*.

Результаты удивили исследователей. Исцарапанность зубной эмали у *P. boisei* оказалась весьма невысокой. Никаких признаков питания особо твердыми или жесткими объектами обнаружить не удалось. У современных обезьян, питающихся твердой пищей, наблюдаются заметно более высокие показатели фрактальной сложности, а для приматов, специализирующихся на жесткой пище, характерны более высокие показатели анизотропности.



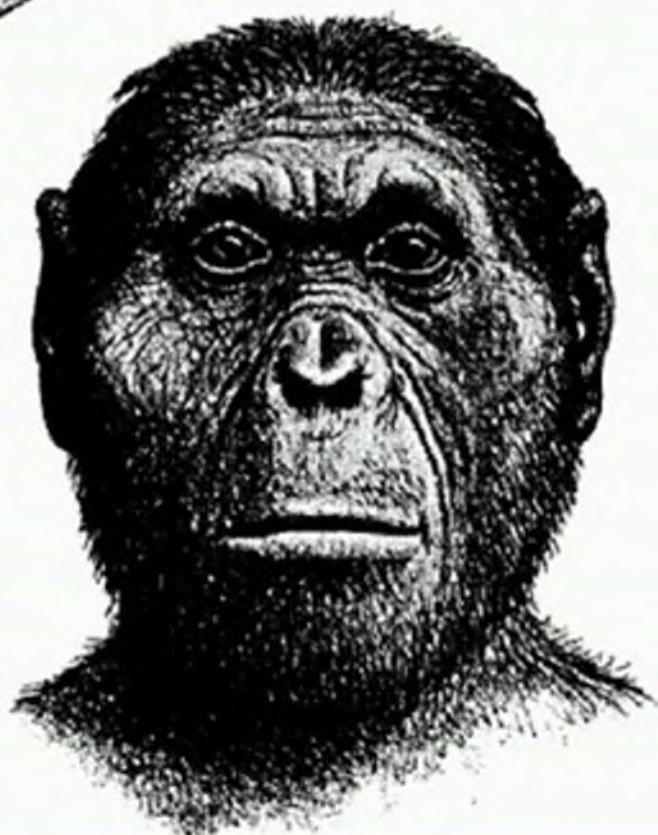
Paranthropus boisei. Восточная Африка, 2,3—1,2 млн лет назад.

Щелкунчики, похоже, редко грызли орехи или пережевывали жесткую растительность. Они предпочитали что-то более мягкое и питательное — например, сочные фрукты или насекомых. По крайней мере ни один из семи изученных индивидуумов в последние дни перед смертью не ел ничего твердого или жесткого. Текстура поверхности их зубной эмали похожа на таковую у обезьян, питающихся мягкими фруктами.

Ранее подобный анализ был проведен для другого вида парантропов — южноафриканского *P. robustus*. Оказалось, что этот вид тоже употреблял в пищу твердые и жесткие объекты далеко не всегда — по-видимому, лишь в определенное время года (*Scott et al., 2005*). Удивительно, что *P. boisei*, у которого зубы и челюсти развиты сильнее, чем у *P. robustus*, ел твердую пищу реже. Жесткую пищу он, похоже, ел чаще, чем *P. robustus*, но не чаще, чем грацильный австралопитек *Australopithecus africanus*, не имевший таких могучих зубов и челюстей, как у парантропов.

Получается, что парантропы предпочитали употреблять в пищу совсем не то, к чему были приспособлены их зубы и челюсти. Это кажется парадоксальным — и действительно, данное явление известно науке как парадокс Лайэма. Несоответствие между морфологическими адаптациями и реальными пищевыми предпочтениями иногда встречается, например, у рыб, и причины этого явления на сегодняшний день в общих чертах понятны (*Robinson, Wilson, 1998*). Так бывает, когда предпочтительные виды

пищи легкоусваиваемы и не требуют развития специальных адаптаций, но иногда "хорошей" еды начинает не хватать, и тогда животным приходится переходить на другую, менее качественную или плохо усваиваемую пищу. В такие критические периоды выживание будет зависеть от способности эффективно добывать и усваивать "плохую" пищу — ту, к которой животное в нормальных условиях и близко не подойдет. Поэтому нет ничего противоестественного в том, что у некоторых животных развиты морфологические адаптации к питанию той пищей, которую они обычно не едят. Нечто подобное наблюдается и у некоторых современных приматов — к примеру, у горилл, которые предпочитают фрукты, но в голодные времена переходят на жесткие листья и побеги.



Paranthropus robustus. Южная Африка, 1,9—1,2 млн лет, назад.

Возможно, парантропы представляют собой один из примеров парадокса Лайэма. Мягкие фрукты или насекомых гоминиды могут есть любыми зубами и челюстями, а вот для пережевывания жестких корней в периоды голодовок необходимы крупные зубы и могучие челюсти. Даже если такие голодовки случаются редко, этого достаточно, чтобы естественный отбор начал благоприятствовать усилению зубов и челюстей.

Скорее всего, не обошлось здесь и без полового отбора — особенно если учесть последние данные о том, что у парантропов был сильно развит половой диморфизм, самцы были гораздо крупнее самок и имели гаремы (см. ниже). Могучие челюсти и зубы могли увеличивать шансы самца на победу в конкурентной борьбе с другими самцами и повышать их привлекательность в глазах самок. У наших прародительниц вкусы, очевидно, были иными. Их привлекало в самцах что-то другое — может быть, заботливость, способность добыть для любимой вкусную мозговую косточку из-под носа у гиен и грифов, сложное и изобретательное поведение во время ухаживания?

Таким образом, парантропы не только не были пищевыми специалистами — они, возможно, были даже более всеядными, чем грацильные австралопитеки. Ведь последние, похоже, не могли питаться жесткими частями растений, а парантропы могли, хотя и не любили. С другой стороны, все пищевые ресурсы, доступные грацильным австралопитекам, были доступны также и парантропам. Если пищевая специализация повышает

вероятность вымирания, то скорее следовало бы ожидать, что парантропы выживут, а линия грацильных австралопитеков пресечется. Этого не случилось, вероятно, лишь потому, что потомки грацильных австралопитеков — первые люди — нашли другой, более универсальный и многообещающий способ расширить свою диету. Вместо мощных зубов и челюстей в ход пошли острые камни, сложное поведение и умная голова, вместо жестких и малосъедобных корней — мясо и костный мозг мертвых животных.

Полученные результаты помимо прочего показывают, что по одному лишь строению зубов и челюстей нельзя с уверенностью судить о диете вымерших животных. Морфологические адаптации иногда могут отражать не предпочтительную диету, а такие способы питания, которых животное в нормальных условиях всеми силами старается избегать.

В последние годы ученым удалось кое-что выяснить и о социальной жизни парантропов. Антропологи из Южной Африки, Великобритании и Италии придумали новый метод сравнительного анализа ископаемых костей, помогающий понять, как шло развитие самцов и самок вымерших гоминид после достижения ими половой зрелости. Дело в том, что у современных приматов, практикующих гаремный тип семейных отношений (например, у горилл и павианов), самки, достигнув зрелости, больше почти не растут, тогда как самцы продолжают расти еще довольно долго. Это связано с тем, что у таких видов очень сильна конкуренция между самцами за право доступа к коллективу самок. Молодые самцы почти не имеют шансов на успех в борьбе с матерыми особями, поэтому они откладывают

решительные действия до тех пор, пока не войдут в полную силу.

У гаремных видов матерые самцы гораздо крупнее и самок, и молодых половозрелых самцов; часто они вдобавок отличаются еще и по окраске. У видов, практикующих более демократичные варианты семейных отношений, таких как люди и шимпанзе, половой диморфизм выражен слабее (самцы не так сильно отличаются от самок по размеру и окраске), а у самцов достижение половой и социальной зрелости примерно совпадает во времени. В этом случае период "дополнительного" роста половозрелых самцов сокращен или не выражен.

Исследователи рассудили, что если сопоставить размер особей (определяемый по размеру костей) с их возрастом (определяемым по стертости зубов), то при достаточно обильном материале можно будет понять, как долго продолжался у самцов данного вида рост после достижения половой зрелости. Южноафриканский вид *Paranthropus robustus* привлек внимание исследователей прежде всего из-за обилия материала. Авторы обследовали фрагменты черепов 35 особей и 19 из них отобрали для своего анализа.

Использовались три критерия отбора: 1) прорезавшиеся зубы мудрости — свидетельство половой зрелости; 2) сохранность значительной части лицевых или челюстных костей, чтобы можно было оценить размер особи; 3) хорошо сохранившиеся коренные зубы, чтобы по стертости эмали можно было оценить возраст.

Оказалось, что исследованная выборка распадается на две неравные части. В первой из них (четыре особи) размер тела не увеличивался с возрастом — этап

"дополнительного" роста отсутствовал. Исследователи рассудили, что это самки. Во второй группе (15 особей) рост был, причем весьма значительный. Это, скорее всего, самцы. Молодые самцы мало отличались по размеру от самок, тогда как матерые самцы были намного крупнее. Это дает основания полагать, что у парантропов были гаремы, а между самцами была острая конкуренция за самок.

Возникает естественный вопрос: почему найдено гораздо больше мужских черепов, чем женских? Авторы дают на это изящный ответ, благодаря которому неравное соотношение полов среди найденных черепов становится дополнительным подтверждением предложенной теории. Дело в том, что исследованные черепа принадлежат в основном тем особям, которые пали жертвами хищников. Например, местонахождение костей в пещере Сварткранс, где найдено много костных остатков *P. robustus*, считается классическим примером ископаемого комплекса, образовавшегося в результате деятельности хищников. Многие кости из Сварткранса несут на себе недвусмысленные следы зубов.

Почему же самцы парантропов попадали в лапы саблезубов или гиен втрое чаще самок? Оказывается, именно такая картина наблюдается у современных "гаремных" приматов. Самки этих видов всегда живут группами, обычно под защитой матерого "мужа", а самцы, особенно молодые, которым пока не удалось обзавестись собственным гаремом, бродят поодиночке или маленькими группками. Это существенно повышает шансы попасть на обед хищнику. Например, самцы павианов в период одиночной жизни втрое чаще

становятся жертвами хищников по сравнению с самками и самцами, живущими в коллективе.

Авторы проанализировали также материал по южноафриканским грацильным австралопитекам (*A. africanus*), которые ближе к предкам человека, чем парантропы. Материал по этому виду не такой богатый, поэтому и выводы получились менее надежные. Тем не менее, судя по имеющимся фактам, у *A. africanus* половой диморфизм был выражен намного слабее, чем у парантропов, а самки и самцы становились жертвами хищников примерно с одинаковой частотой. Это дополнительный аргумент в пользу того, что у грацильных австралопитеков гаремная система отсутствовала и семейные отношения были более равноправными (*Lockwood et al., 2007*).

Повышенная смертность молодых самцов при гаремной системе вряд ли идет на пользу группе и виду в целом. В этом можно усмотреть одну из причин того, почему парантропы в конечном счете проиграли эволюционное соревнование своим ближайшим родственникам — грацильным австралопитекам и их потомкам, людям.

ГЛАВА 2.

ОЧЕЛОВЕЧИВАНИЕ

Обезьяна берет каменный нож

У австралопитеков, с которыми мы познакомились в предыдущей главе, мозг был не больше, чем у шимпанзе. Поэтому кажется естественным думать, что и по уровню интеллекта они не превосходили нынешних "нечеловеческих человекообразных". С другой стороны, размер мозга — не идеальный показатель ума. У современных людей положительная корреляция между интеллектом и объемом мозга хоть и существует, но не является абсолютно строгой. Есть гении с маленьким мозгом, есть глупцы с большим (см. ниже). К тому же у австралопитеков, по данным С. В. Дробышевского, была увеличена теменная доля по сравнению с шимпанзе и другими "нечеловеческими" гоминидами. Это может указывать на улучшенную координацию движений рук и способность совершать более тонкие манипуляции.

Точно ли мы уверены, что австралопитеки и другие ранние гоминиды третьего — четвертого миллионелетия до нашей эры (парантропы, кениантропы) не делали ничего такого, что оказалось бы не под силу шимпанзе и гориллам; что им не приходилось решать интеллектуальных задач, перед которыми современные обезьяны, возможно, спасовали бы?

В первой главе мы упоминали примитивные костяные орудия — обломки мелких костей, при помощи которых парантропы, по-видимому, охотились на термитов. Замечательный факт, но шимпанзе тоже

добывают термитов при помощи палочек двух типов — "пробойников" и "удочек", которые предварительно подвергаются обработке: обезьяны удаляют лишние сучки, листья, а у "удочек" размочаливают конец, то есть не просто пользуются готовым орудием, а изготавливают его.

Лишь в 2010 году стали известны факты, прямо указывающие на то, что австралопитеки все же делали нечто, не укладывающееся в рамки нормального поведения современных обезьян, кроме человека. Это сенсационное открытие сделано большим коллективом палеоантропологов из США, Германии и Франции. Начиная с 1999 года авторы проводили систематические раскопки в районе Дикика в Эфиопии. Самая известная из их находок — "дочка Люси", с которой мы познакомились в предыдущей главе.

В январе 2009 года неподалеку от того места, где нашли "дочку Люси", ученые обнаружили две кости с царапинами от каменных орудий — фрагмент ребра крупного копытного размером с корову и обломок бедренной кости зверя помельче, размером с козу. Детальное исследование находок при помощи сканирующего электронного микроскопа и рентгеновской спектроскопии подтвердило, что царапины были оставлены на костях после смерти животных, но до фоссилизации (окаменения). Отметины недвусмысленно свидетельствуют о том, что каменные орудия использовались для срезания и соскребания мяса, а также для раскалывания костей (чтобы добраться до костного мозга) (*McPherron et al., 2010*).

Главное в этих находках — их чрезвычайно древний возраст, который удалось определить при

помощи комплекса радиометрических и стратиграфических методов: от 3,39 до 3,42 млн лет. До сих пор древнейшими свидетельствами использования гоминидами каменных орудий считались находки возрастом 2,5—2,6 млн лет, сделанные в районе Гона в нескольких километрах к западу от Дикики (*Semaw et al., 1997*), а также в ряде других районов Эфиопии и Кении (см. ниже).



Australopithecus garhi. Эфиопия, 2,5 млн лет назад.

Таким образом, новые данные удревнили начало использования каменных орудий — а также употребления в пищу мяса крупных травоядных — примерно на 800 тыс. лет.

Долгое время считалось, что первооткрывателями каменной индустрии почти наверняка были ранние представители рода *Homo*, такие как *Homo habilis* (человек умелый) или *H. rudolfensis*, а их предшественники — австралопитеки — каменных орудий делать не умели. Правда, древнейшие из известных орудий (около 2,6 млн лет назад) несколько старше самых старых костей, более или менее уверенно относимых к ранним *Homo* (около 2,3 млн лет назад). Однако это несоответствие списывали на то, что камни сохраняются гораздо лучше, чем кости. Новые находки сделали временной разрыв между первыми следами использования каменных орудий и древнейшими костными остатками хабилисов и рудольфензисов слишком большим, чтобы его можно было заполнять отговорками о редкой сохраняемости костей.

Единственным представителем гоминид, обитавшим 3,4 млн лет назад в данном районе Африки, был австралопитек афарский — вид, к которому относится Люси, ее "дочка", Большой человек и многие другие неплохо сохранившиеся окаменелости. Таким образом, напрашивается вывод, что афарские австралопитеки научились использовать острые камни для разделки туш за миллион лет до появления хабилисов.

К сожалению, ни орудий, ни каких-либо острых камней рядом с исцарапанными костями авторы не нашли. Поэтому вопрос о том, пользовались ли австралопитеки "готовыми" природными камнями с заостренным краем или сами изготавливали примитивные орудия, остается открытым. Кроме того, ясно, что если австралопитеки и умели делать примитивные каменные орудия уже 3,4 млн лет назад, то занимались они этим очень редко, иначе их изделия давно были бы найдены.

Не исключено, что австралопитеки все-таки занялись всерьез изготовлением каменных орудий, но позже — 2,5—2,6 млн лет назад, незадолго до появления первых *Homo*. Каменные орудия этого возраста найдены в Эфиопии вместе с ископаемыми костями одного из поздних видов грацильных австралопитеков — *Australopithecus garhi* (этот вид был описан в 1997 году). Там же найдены кости травоядных животных, с которых этими орудиями сдирали мясо. Поскольку никаких следов присутствия других гоминид, кроме *A. garhi*, поблизости не наблюдается, логично предположить, что именно *A. garhi* и были изготовителями орудий. По объему мозга (около 450 см³) *A. garhi* не выделяется из общего ряда грацильных австралопитеков.

***Australopithecus sediba* - австралопитек, похожий на человека**

Серия замечательных открытий, сделанных палеоантропологами в последние десятилетия, показала, что эволюционная история африканских гоминид была сложной и многоплановой. Современные схемы эволюции

гоминид напоминают скорее пышно ветвящийся куст, чем прямую и стройную линию, ведущую "от обезьяны к человеку". Многие признаки, характерные для *Homo erectus* и других продвинутых представителей рода людей, по-видимому, появлялись независимо в разных эволюционных линиях гоминид, стоявших на австралопитековом уровне развития (австралопитеки, парантропы, кениантроп) и на уровне ранних *Homo* (*H. habilis*, *H. rudolfensis*, а также ряд форм, известных по фрагментарному материалу и условно относимых к "ранним *Homo*"). Подобная мозаичность в распределении признаков и многочисленные параллелизмы при их формировании часто наблюдаются во время крупных эволюционных преобразований (см. главу "Направленность эволюции" в книге "Рождение сложности" (Марков, 2010)). Поэтому новые находки часто не столько проясняют, сколько усложняют картину.

Первые *Homo*, несомненно, произошли от грацильных австралопитеков или близких к ним форм. Однако остается неясным, какой из видов австралопитеков был нашим прямым предком. На эту роль с переменным успехом претендуют *Australopithecus africanus* ("ребенок из Таунга"), *A. afarensis* (Люси с "дочкой"), *A. garhi* и *Kenyanthropus platyops*. Конечно, сохраняется некоторая (не слишком большая) вероятность того, что прямой предок первых *Homo* еще не найден, а известные науке формы являются боковыми веточками — более или менее близкими родственниками искомого предка. Неясно также, кто именно из ранних *Homo* (*H. habilis*, *H. rudolfensis* или какой-то пока не открытый вид) дал начало человеку прямоходящему (*H. erectus*), который уж точно был нашим предком (а также предком гейдельбергского человека и неандертальца).

Морфологические различия между австралопитеками и ранними *Homo* не очень велики. О непреодолимой пропасти говорить явно не приходится. Граница между родами *Australopithecus* и *Homo* была проведена условно, методом "волевого решения". Эксперты договорились (с подачи знаменитого антрополога Луиса Лики, одного из первооткрывателей хабилисов), что все формы, у которых мозг больше 600 см³, будут считаться людьми, у кого меньше — австралопитеками. Но и это различие "поплыло", когда обнаружили особи *H. habilis* с объемом мозга всего 510 см³. Это меньше, чем у некоторых парантропов. По мнению ряда антропологов, *H. habilis* лучше было бы относить к роду *Australopithecus*. Другие предлагают "разбросать" образцы, ныне относимые к хабилисам, на несколько видов, кого-то включив в род людей, кого-то — в род австралопитеков. Это лишний раз показывает, насколько условны границы между родами и видами ископаемых гоминид.

Но все-таки австралопитеков можно отличить от ранних *Homo* по некоторым деталям строения черепа, зубов и посткраниального скелета. Именно этот разрыв и заполнила новая находка, сделанная южноафриканскими палеоантропологами под руководством Ли Бергера (того самого, который доказал, что "ребенок из Таунга" погиб в когтях орла).

Неполные скелеты двух представителей нового вида гоминид — мальчика и взрослой женщины — найдены в пещере Малапа в 15 км к северо-востоку от знаменитых местонахождений Стеркфонтейн и Сварткранс (*Berger et al., 2010*). Чуть позже там нашли еще и фрагменты костей рук маленького ребенка.

Первую кость нового вида гоминид — правую ключицу мальчика-подростка — нашел 15 августа 2008 года девятилетний Мэтью, сын Ли Бергера. Отец включил Мэтью в список соавторов, но рецензенты журнала Science не одобрили эту идею.

Возраст находки — от 1,95 до 1,78 млн лет. Эти цифры можно считать вполне надежными, потому что определение возраста проводилось при помощи трех разных методов: радиометрического уран-свинцового датирования (анализы проводились независимо в двух лабораториях — в Берне и Мельбурне), палеомагнитного и биостратиграфического (по сопутствующей фауне). Вместе со скелетами мальчика и женщины обнаружены кости двух видов саблезубых кошек (*Dinofelis* и *Megantereon*), лесного кота, бурой гиены, гиеновидной собаки, двух видов мангустов, лошади, зайца и пяти видов вымерших и доживших до наших дней антилоп. Все эти животные погибли, провалившись в естественную ловушку — узкий провал, ведущий в глубокую подземную полость. Попав в пещеру, их тела стали недоступными для хищников и падальщиков. Из верхней части пещеры частично разложившиеся тела были смыты вниз потоком, образовавшимся в результате сильных ливней. В яме на дне подземной реки останки были быстро погребены под слоем осадка.

Мальчику было по человеческим меркам 12—13 лет (это определили по состоянию коренных зубов). Он был немного выше взрослой женщины и имел более развитую мускулатуру. Очевидно, мужчины этого вида были крупнее женщин, но ненамного. Половой диморфизм у этих гоминид был примерно таким же, как у современных людей.

Авторы не без колебаний включили новооткрытый вид в род *Australopithecus* под видовым названием *sediba*, что означает "родник" на местном африканском языке сесото. Некоторые антропологи, в том числе Дональд Джохансон, первооткрыватель Люси, видевший кости *A. sediba*, выразили сомнения в правильности такого решения. По их мнению, эту гоминиду следовало отнести к роду *Homo*.

Основная часть статьи Бергера и его коллег посвящена скрупулезному анализу признаков черепа, зубов и посткраниального скелета *A. sediba*. В статье приведена огромная, занимающая четыре с половиной страницы таблица признаков, по которым новый вид можно отличить от других видов австралопитеков и ранних людей. Из 130 рассмотренных признаков 23 отличают *A. sediba* от австралопитеков и сближают с людьми, семь, наоборот, сближают новый вид с австралопитеками и отличают от людей. Из всех австралопитеков *A. sediba* больше всего похож на *A. africanus*. В приведенной таблице есть пять признаков, по которым *A. sediba* сходен с *A. africanus* и ранними *Homo*, но отличается от других австралопитеков. Остальные признаки позволяют отличить *A. sediba* от некоторых австралопитеков и людей, но не дают дополнительных доводов в пользу отнесения его к тому или другому роду.

Самым важным "австралопитековым" признаком *A. sediba* является маленький объем мозга (420 см³ у мальчика; в ходе дальнейшего роста его мозг должен был увеличиться еще примерно на 5%). По строению рук и ног *A. sediba* тоже больше похож на австралопитеков, чем на людей. Однако в строении черепа, зубов и таза наблюдается много человеческих черт. К их числу относятся надглазничный валик, очень похожий на

таковой у *H. habilis* и *H. erectus*, другие детали строения лобных костей, слабо выступающие скулы, характерная форма носовых костей, свидетельствующая о более выступающем (по сравнению с австралопитеками) носе, небольшие по размеру коренные зубы и ряд особенностей таза. По-видимому, *A. sediba* ходил на двух ногах еще быстрее и увереннее, чем его предки австралопитеки. Его походка, по мнению авторов, была почти такая же, как у эректусов, которые были превосходными ходоками.

Те признаки в строении таза, которые отличают *A. sediba* от австралопитеков и сближают с *H. erectus*, говорят о более эффективном распределении нагрузок при ходьбе и более развитых мышцах — разгибателях бедра. По-видимому, у *A. sediba* уже были почти человеческие ягодицы (у человекообразных обезьян эта часть тела развита гораздо слабее, чем у людей). Таким образом, находка подтвердила, что в эволюции гоминид полноценная человеческая походка сформировалась раньше, чем началось увеличение мозга.

Предком *A. sediba*, скорее всего, был *A. africanus*. Авторы предполагают, что новый вид мог отделиться от своего предка значительно раньше, чем 2 млн лет назад. Найденные скелеты не могут принадлежать прямым предкам *Homo*, потому что древнейшие представители рода людей, найденные в Эфиопии и предположительно относящиеся к виду *H. habilis*, имеют более почтенный возраст — 2,33 млн лет. Однако первые *Homo* могли произойти от более древних популяций *A. sediba*.

Точно определить положение *A. sediba* на эволюционном древе гоминид пока невозможно, для этого потребуются дополнительные находки. Не

исключено, что ранние представители этого вида или их близкие родственники дали начало первым людям — *H. habilis* или *H. rudolfensis*, а может быть, даже напрямую *H. erectus*, потому что несколько второстепенных признаков сближают *A. sediba* с эректусами "через голову" хабилисов и рудольфензисов. Распутать этот клубок трудно, потому что все формы, о которых идет речь, — и поздние австралопитеки, и ранние люди — приходились друг другу очень близкой родней (примерно как современные шимпанзе и бонобо, если не ближе).

По-видимому, в период между 2,5 и 1,8 млн лет назад в Южной и Восточной Африке жили разнообразные популяции продвинутых гоминид, подвергавшиеся сходному действию отбора и эволюционировавшие более или менее в одном направлении, но с разной скоростью. Какие-то из этих популяций скрещивались друг с другом, какие-то нет. Подразделить эту разношерстную компанию на "еще обезьян" (австралопитеков) и "уже людей" (ранних *Homo*) можно лишь чисто условно. Никаких "объективных критериев" для такого разделения найти не удастся.

Мозг начинает расти. Зачем?

К концу третьего миллионолетия до н. э. у некоторых представителей многочисленной и разнообразной группы африканских двуногих обезьян наметилась новая эволюционная тенденция — началось увеличение мозга. Первых гоминид, у которых мозг стал больше, чем у современного шимпанзе, традиционно относят к виду *Homo habilis* (человек умелый). Ископаемые остатки этого вида имеют возраст примерно от 2,3 до 1,5 млн лет. Многие антропологи выделяют

часть "ранних *Homo*" с более крупными зубами, чем у типичных хабилисов, и уплощенным лицом в отдельный вид *Homo rudolfensis*. Рудольфензисы жили одновременно с хабилисами в тех же районах Восточной Африки, и вообще-то не исключено, что это были не две разных популяции, а одна и та же, просто ее представители отличались высокой вариабельностью. Хабилисы, по всей видимости, произошли от грацильных австралопитеков, таких как *A. afarensis*, *A. garhi*, *A. africanus* или *A. sediba*. Рудольфензисов некоторые авторы сближают с кениантропом, который жил 3,5 млн лет назад (одновременно с *A. afarensis*). Иногда кениантропа не выделяют в отдельный род, а рассматривают как одного из грацильных австралопитеков. Главный общий признак рудольфензисов и кениантропов — уплощенное лицо. По поводу многих находок, относящихся ко второй половине третьего миллионолетия, нет полной ясности, относить ли их к австралопитекам или ранним *Homo*. Впрочем, для нашего рассказа эти подробности не очень важны. Мы позволим себе впредь для простоты называть всю пеструю компанию ранних *Homo* просто хабилисами.

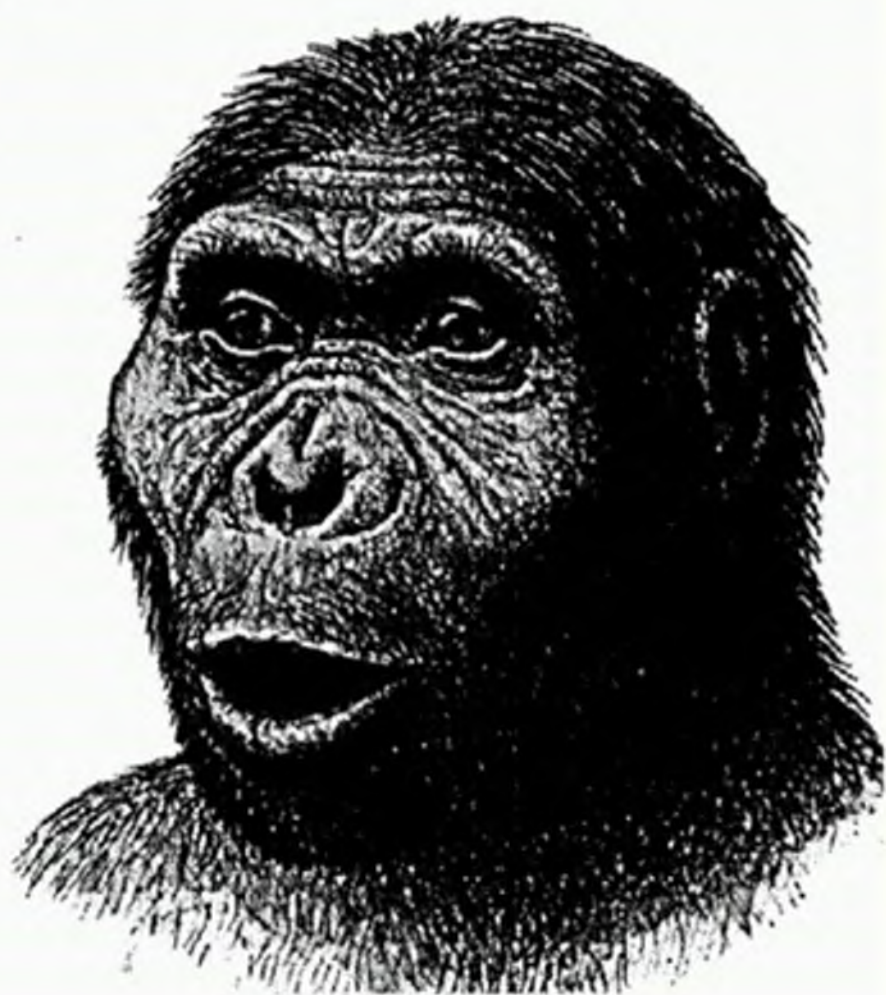
По данным С. В. Дробышевского (2007, 2010), для мозга хабилисов по сравнению с австралопитеками характерно усиленное развитие участков, которые у современных людей связаны с речью и координацией движений рук. Таким образом, хабилисы — первые гоминиды, у которых заметны признаки эволюционного движения в сторону развития речи.

Все, что происходило в эволюции гоминид до начала увеличения мозга — уменьшение клыков, совершенствование двуногого хождения, изменения стопы, предполагаемые изменения в социальной жизни,

— можно рассматривать как чисто "обезьяньи дела". Если бы какие-то из этих гоминид, не изменившись, дожили до наших дней, — можете не сомневаться, они бы сейчас сидели в зоопарке. Ходили бы по вольеру на своих двоих, заводили моногамные семьи, жевали фрукты и бифштексы. И даже их маленькие, почти совсем человеческие клыки не вызывали бы у публики чувства общности с этими "животными". Пропуск в мир людей дает интеллект, а для интеллекта нужны мозги.

О том, почему у хабилисов начал расти мозг, существует не меньше гипотез, чем о происхождении бипедализма. Мы еще вернемся к этой теме (см. главу "Общественный мозг", кн. 2). Но несколько первых, самых очевидных соображений нужно упомянуть сразу.

Рост мозга при всех оговорках, исключениях и отступлениях от общего правила все-таки предполагает поумнение. Исходя из того, что известно на сегодняшний день о работе мозга, можно заключить, что простое увеличение числа нейронов в коре — даже без какой-то особой реструктуризации и прочих хитростей — может автоматически вести к росту интеллекта, то есть к способности решать более сложные задачи. Память "записывается" в межнейронных контактах (синапсах) (см. главу "Душевная механика", кн. 2). Больше нейронов — больше возможностей для формирования таких контактов — больше объем памяти. Больше информации в голове — больше возможностей принимать умные решения.



Kenyanthropus platyops. Кения, 3,5 млн назад.

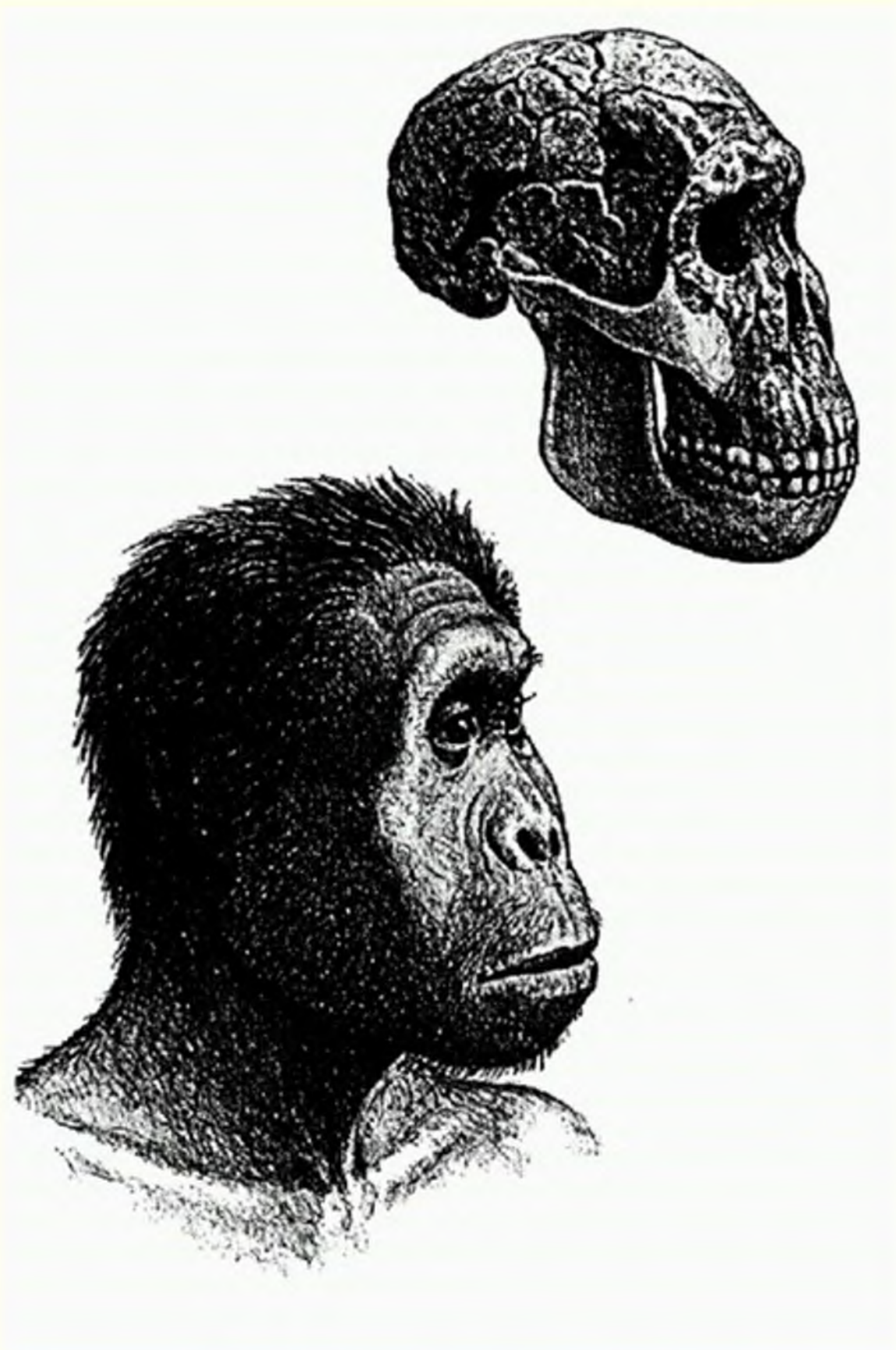
Пусть это рассуждение не является строгим научным доказательством, но все же едва ли рост мозга у ранних *Homo* мог иметь какой-то иной адаптивный смысл, кроме развития когнитивных (то есть умственных, познавательных) способностей.

Анатоль Франс ничего не доказывает

Положительная корреляция между размером мозга и интеллектом бесспорно существует. Она не является абсолютно строгой (коэффициент корреляции меньше единицы), но из этого вовсе не следует, что "размер не имеет значения". Корреляции такого рода никогда не бывают абсолютно строгими. Коэффициент корреляции всегда меньше единицы, какую бы зависимость мы ни взяли: между массой мышцы и ее силой, между длиной ног и скоростью ходьбы и так далее.

Действительно, встречаются очень умные люди с небольшим мозгом и глупые — с крупным. Часто в этом контексте поминают Анатоля Франса, у которого объем мозга был всего 1017 см³ — нормальный объем для *Homo erectus* и гораздо ниже среднего для *Homo sapiens*. Это, однако, вовсе не противоречит тому, что интенсивный отбор на интеллект способствует увеличению мозга. Для такого эффекта вполне достаточно, чтобы увеличение мозга хоть немного повышало вероятность того, что особь окажется умнее. А вероятность, безусловно, повышается. Внимательно рассмотрев таблицы объема мозга великих людей, часто приводимые в качестве опровержения зависимости ума от размера мозга, нетрудно убедиться, что у подавляющего большинства

гениев мозг все-таки крупнее среднего. Анатолий Франс и несколько других известных людей с маленьким мозгом на этом фоне выглядят самыми обычными статистическими "выбросами" (outliers), без которых не обходится никакая закономерность в биологии. Так, например, курение вызывает рак легких, невзирая на то, что кто-то курил всю жизнь и дожил до 90, а кто-то не курил и умер от рака легких.



Homo rudolfensis. Восточная Африка, 2,3—млн лет назад.

По-видимому, нестрогость рассматриваемой корреляции во многом объясняется неизбежным элементом стохастики (случайности) в процессе роста мозга у эмбрионов и детенышей. Откуда берется стохастика в индивидуальном развитии — вопрос сложный и явно выходящий за рамки этой книги. Я ограничусь тем, что напому читателю об одном очевидном факте. Мозг устроен гораздо сложнее (для его описания нужно больше бит информации), чем геном, который с некоторыми оговорками можно рассматривать как "программу" развития организма, в том числе и мозга. В геноме человека лишь 3×10^9 нуклеотидов, каждый из которых содержит два бита информации. Не будем мелочиться: для ровного счета пусть будет 10^{10} бит. Структура межнейронных связей мозга, от которой, собственно, и зависит его производительность, требует для своего описания как минимум в миллион раз большего носителя: в ней не менее 10^{16} бит информации (на самом деле, вероятно, на несколько порядков больше, см. главу "Душевная механика", кн. 2). Таким образом, в геноме физически невозможно записать структуру мозга во всех деталях (даже если речь идет о мозге новорожденного). В геноме закодированы лишь общие принципы формирования и роста нейронов. Все остальное является результатом процессов самоорганизации на манер тех, что приводят к образованию снежинок из маленьких и одинаковых молекул воды. Все снежинки сложные и красивые, и все чуть-чуть разные, хотя и сходные в общих чертах. Это

пример неизбежной стохастики в процессах самоорганизации. При реализации генетической программы развития некоторый элемент стохастики неизбежен еще и потому, что любые две клетки хоть чуть-чуть, но отличаются друг от друга как по числу молекул ключевых белков, так и по поведению (второе является следствием первого). А если вспомнить о существовании наследственной изменчивости по множеству генов, не влияющих на размер мозга, но влияющих на тонкие детали функционирования нейронов (см. главу "Генетика души", кн. 2), то становится очевидно, что положительная корреляция между размером мозга и уровнем интеллекта никак не может быть абсолютной.



Homo habilis. Восточная Африка, 2,3-1,5 млн лет назад.

Размер мозга связан не только с интеллектом, но и с размером организма: крупному животному при прочих равных требуется более крупный мозг. Ученые, разумеется, учитывают это обстоятельство в своих расчетах. Например, во многих случаях вместо абсолютного объема мозга рассматривают вычисляемый по специальной формуле коэффициент энцефализации, отражающий соотношение объема мозга и размеров тела.

Рост мозга у ранних *Homo* свидетельствует о том, что отбор стал благоприятствовать особям с более крупным мозгом. Иными словами, более умные особи стали иметь больший репродуктивный успех — оставлять в среднем больше потомков, чем их менее сообразительные сородичи. Учитывая социальность гоминид, можно предположить, что действие естественного отбора опосредовалось социумом: коллективы, в которых было больше умных индивидов, возможно, предоставляли более благоприятные условия для размножения своих членов, чем коллективы, состоявшие из недоумков.

Выигрыш от ума наверняка был существенным, потому что мозг — орган дорогостоящий. Его рост кроме пользы приносит и очевидный вред. Иначе, надо полагать, многие животные давно стали бы мудрецами. Мозг потребляет много энергии — значит, животному нужно больше пищи. Большеголовых детенышей трудно рожать (повышается смертность при родах). Эти недостатки должны перевешиваться пользой от ума,

иначе мутации, ведущие к увеличению мозга, будут отбраковываться отбором.

Очевидно, предки ранних *Ното* столкнулись с некими новыми жизненными задачами, успешное решение которых, во-первых, приносило значительную пользу (повышало репродуктивный успех), во-вторых, требовало экстраординарных умственных усилий по сравнению с тем, что до сих пор привычно делали австралопитеки.

Теперь, когда мы корректно сформулировали проблему, нужно просто посмотреть, что же изменилось в жизни ранних *Ното* или их ближайших предков по сравнению с более ранними австралопитеками — насколько об этом можно судить по имеющимся скудным данным.

Два новшества определенно появились в их жизни. Во-первых, судя по археологическим находкам, с середины третьего миллиония до н. э. началось систематическое изготовление каменных орудий. Мы помним, что пользоваться острыми камнями, по-видимому, могли еще афарские австралопитеки 3,4 млн лет назад, но изготовление орудий началось много позже. Самые старые орудия примерно на 0,2—0,3 млн лет древнее самых старых костей хабилисов. Возможно, более древних хабилисов просто еще не нашли, но, как уже говорилось, может быть и так, что начали изготавливать орудия еще австралопитеки. Тем более что кости *A. garhi* найдены по соседству с древнейшими орудиями, а костей других гоминид там нет. В любом случае наши предки, по-видимому, сначала стали делать орудия, а потом у них начал расти мозг.

Это абсолютно нормально. Сначала изобретается новая сложная манера поведения, сохраняющаяся в популяции как культурная традиция. Новый навык дается с трудом, на него едва хватает мозгов, ему учатся полжизни, зато в случае успеха он приносит большую пользу. Похожая ситуация наблюдается в тех популяциях шимпанзе, где существует традиция колки орехов при помощи молота и наковальни (см. главу "В поисках душевной грани", кн. 2). Если шимпанзе додумались колоть орехи, то и австралопитеки вполне могли додуматься раскалывать кости крупных травоядных, чтобы извлечь мозг. Может быть, с этого все и началось, а идея соскребать с костей остатки мяса острым каменным обломком появилась позже.

Закрепление новой культурной традиции меняет характер отбора: теперь мутации, повышающие скорость обучения новому поведению или эффективность его осуществления, будут закрепляться. Культурное новшество меняет направленность эволюции. Между изменившимся поведением и закреплением облегчающих его морфологических адаптаций, таких как увеличенный мозг, вполне может быть заметный временной зазор. Подробнее об этом механизме, который называется эффектом Болдуина, мы поговорим в главе "Генетика души" (кн. 2).

Древнейшая, так называемая олдувайская (***См. сводную таблицу этапов развития палеолитической культуры в конце первого тома на с. 452***), каменная индустрия была примитивна — нужно было просто найти два подходящих камня и бить один о другой, чтобы отколоть отщеп с острым краем. Форма изделия не имела значения — как отколется, так и ладно, лишь бы край получился острым. Но все же такая

деятельность, по-видимому, лежит за пределами умственных способностей современных нечеловеческих обезьян.

Например, антропологи несколько лет пытались научить бонобо Канзи — настоящего обезьяньего гения, который добился замечательных успехов в освоении человеческой речи (*Зорина, Смирнова, 2006*), — изготавливать каменные орудия, похожие на олдувайские. Несмотря на все усилия экспериментаторов, успехи Канзи в производстве орудий были довольно скромными. Он научился раскалывать камни, бросая один на другой сверху. При этом действительно получаются обломки с острыми краями, которыми можно пользоваться как орудиями. Но технология, применявшаяся хабилисами, — держать в одной руке "ядрище", в другой "молот" и откалывать отщепы точными ударами, — по-видимому, оказалась для Канзи слишком заумной. Он пытался так работать, подражая экспериментаторам, но удары получались слишком слабыми. Исследователям так и не удалось научить Канзи производить изделия, полностью схожие с олдувайскими (*Schick et al., 1999*).

Итак, вот первая новая задача, которая могла стимулировать рост мозга у ранних *Номо*. Пресловутый тезис "труд сделал из обезьяны человека" имеет право на существование. Но этим дело не исчерпывается.

Кроме появления каменных орудий было еще одно важное изменение, которое состояло в том, что ранние *Номо*, по-видимому, начали систематически включать в свой рацион мясо крупных животных. Каменные орудия они использовали для разделки туш и соскребания мяса с костей. Для того-то их и делали.

Австралопитеки почти наверняка не охотились на крупных животных, а лишь иногда подбирали остатки трапез хищников. Вопрос о том, когда гоминиды из падальщиков превратились в охотников, крайне спорный. В 1950—1960-е годы Луис Лики на основе находок, сделанных им в Олдувайском ущелье на севере Танзании, отстаивал точку зрения, согласно которой древние люди (хабилисы, а затем и ранние эректусы) охотились на крупную дичь уже 1,8 млн лет назад. Впоследствии более тщательный анализ следов, оставленных на костях травоядных зубами хищников и каменными орудиями, привел многих экспертов к выводу, что олдувайские гоминиды все-таки добирались до туш травоядных после хищников, то есть были падальщиками. Об этом свидетельствует тот факт, что следы от каменных орудий на костях крупных травоядных идут поверх следов зубов крупных хищников. Это значит, что хищники первыми добирались до жертвы, а людям доставались объедки.

Добыча падали в плейстоценовой африканской саванне вряд ли была похожа на увеселительную прогулку. Не стоит называть ее "сбором падали", как делают некоторые авторы. Это вам не сбор грибов и ягод. Конкуренция за мертвые туши крупных травоядных в те времена, скорее всего, была устрашающей. Особенно в конце сухого сезона: это самый голодный период в саванне, когда пригодной для гоминид растительной пищи почти не оставалось. Двухногие обезьяны должны были соперничать с опасными хищниками, включая саблезубых кошек и крупных гиен. Кроме того, им наверняка приходилось жестоко конкурировать с другими группами себе подобных. Нужны были хитрость, смелость, готовность идти на риск

ради коллектива, нужна была четкая слаженность действий. Все это — новые задачи, которые тоже можно смело включить в список вероятных стимулов увеличения мозга.

Средневековые падальщики

Тезис о том, что добыча падали в саванне была для ранних *Ното* делом нервным и опасным, трудно проиллюстрировать конкретными живыми примерами. Среди современных охотников-собирателей такое поведение встречается редко, а главное, все они прекрасно умеют охотиться и в основном этим и занимаются. Да и падаль нынче не та, что в плейстоценовой африканской саванне.

Довольно адекватное, как мне кажется, представление о психологической обстановке, которая складывается вокруг дармовой горы мяса — туши крупного животного, — когда за нее конкурируют несколько человеческих групп, можно получить из фрагмента древнеисландской "Саги о Греттире" (перевод О. А. Смирницкой):

Весною подул с севера сильный ветер и дул почти неделю. Когда же он стих, люди пошли посмотреть, что им выбросило на берег.

Торстейном звали человека, жившего на Мысе Дымов. Он нашел кита, прибитого к южному берегу мыса, в месте, что зовется Реберные Скалы. Это был большой синий кит. Торстейн сразу же послал человека в Залив, к Флоси, и на ближние хутора. Эйнарм звали человека, жившего на Дворе Расселина. Он жил на земле людей Холодной Спины и должен был смотреть за всем, что прибывало к берегу по ту сторону фьорда. Он

заметил, что прибило кита, тут же взял лодку и стал грести через фьорд к Загонному Заливу. Оттуда он послал человека на Холодную Спину. Узнав про это, Торгрим с братьями спешно собрались, их было двенадцать человек на десятивесельной лодке. Поехали с ними и сыновья Кольбейна, Ивар с Лейвом, числом всего шестеро. Добравшись до места, все пошли к киту.

Теперь надо рассказать про Флоси. Он послал за своими родичами на север, к Ингольвову Фьорду и Офейгову Фьорду, и за Олавом, сыном Эйвинда, который тогда жил у Столбов. Флоси и люди с Залива первыми подошли к киту. Они взялись разделывать тушу, а отрезанные куски оттаскивали на берег.

Сперва их было человек двадцать, но скоро народу прибавилось. Тут подоспели на четырех лодках и люди с Холодной Спины. Торгрим заявил свои права на кита и запретил людям с Залива разделывать, делить и увозить тушу. Флоси потребовал от него доказательств, что Эйрик передал Энунду Деревянная Нога право на плавщину. Иначе, мол, он не отдаст кита без боя. Торгрим увидел, что сила не на их стороне, и не стал нападать. Тут с юга показалась лодка. Гребцы налегли на весла и скоро подошли к берегу. Это был Сван с Холма, что у Медвежьего Фьорда, и его работники. Приблизившись, Сван сказал, чтобы Торгрим не давал себя грабить, — а они давно уже были большими друзьями, — и предложил ему поддержку. Братья сказали, что охотно ее примут. Стали они всею силой наступать. Торгейр Бутылочная Спина первым вскочил на кита и

напал на работников Флоси. Торфинн, о котором уже рассказывалось, разделывал тушу. Он стоял у головы в углублении, которое сам для себя вырезал. Торгейр сказал:

— Вот тебе твоя секира!

Он ударил Торфинна по шее, и голова слетела с плеч. Флоси был выше на каменистом берегу, когда это увидел, и стал подстрекать своих людей дать отпор. Долго они так бьются, и у людей с Холодной Спины дела идут лучше. Мало кто имел там другое оружие, кроме топоров, которыми они разделывали кита, и широких ножей. Люди с Залива отступили от кита на берег. У норвежцев было оружие, и они разили направо и налево. Стейн кормчий отрубил ногу у Ивара, сына Кольбейна, а Лейв, брат Ивара, пристукнул китовым ребром сотоварища Стейна. Тут они стали драться всем, что подвернется под руку, и были убитые с обеих сторон. Вскоре пришли на многих лодках Олав со Столбов и его люди. Они примкнули к Флоси, и люди с Холодной Спины оказались теперь в меньшинстве. Они уже успели, однако, нагрузить свои корабли. Сван велел им идти на корабли. Они стали пробиваться к морю, а люди с Залива их преследовали. Достигнув моря, Сван ударил Стейна-кормчего и нанес ему большую рану, а сам вскочил на свой корабль. Торgrim сильно ранил Флоси, сам же ускользнул от удара. Олав ударил Офейга Греттира и смертельно его ранил. Торгейр обхватил Офейга и прыгнул с ним на корабль. Люди с Холодной

Спины пустились через фьорд в обратный путь. На том они и расстались.

Вот что сочинили об этой стычке:

Кто о жестокой битве

У Реберных Скал не слышал?

Рьяно бойцы безоружные

Ребрами там рубились.

Асы металла лихие

Швырялись ошметками мяса

Метко. Да только мало

Славы в делах подобных!

Конечно, викингов не назовешь мирными, добродушными людьми. Однако степень озверения, до которой они дошли в этой ситуации, явно выходит за рамки нормального поведения средневековых скандинавов. Слава (*то есть репутация, повышающая социальный статус в соответствии с принципом "непрямой реципрокности" (см. главу "Эволюция альтруизма" кн. 2)*) была их первейшей целью, и навлекать на себя насмешки скальдов уж точно не входило в круг их жизненных задач.

Саблезубые кошки помогли становлению человека?

Итак, первые люди, по-видимому, были падальщиками: они питались остатками добычи крупных хищников, отгоняя от желанной мясной добычи самих хищников и других падальщиков. Увеличенный мозг и сложное коллективное поведение, вероятно,

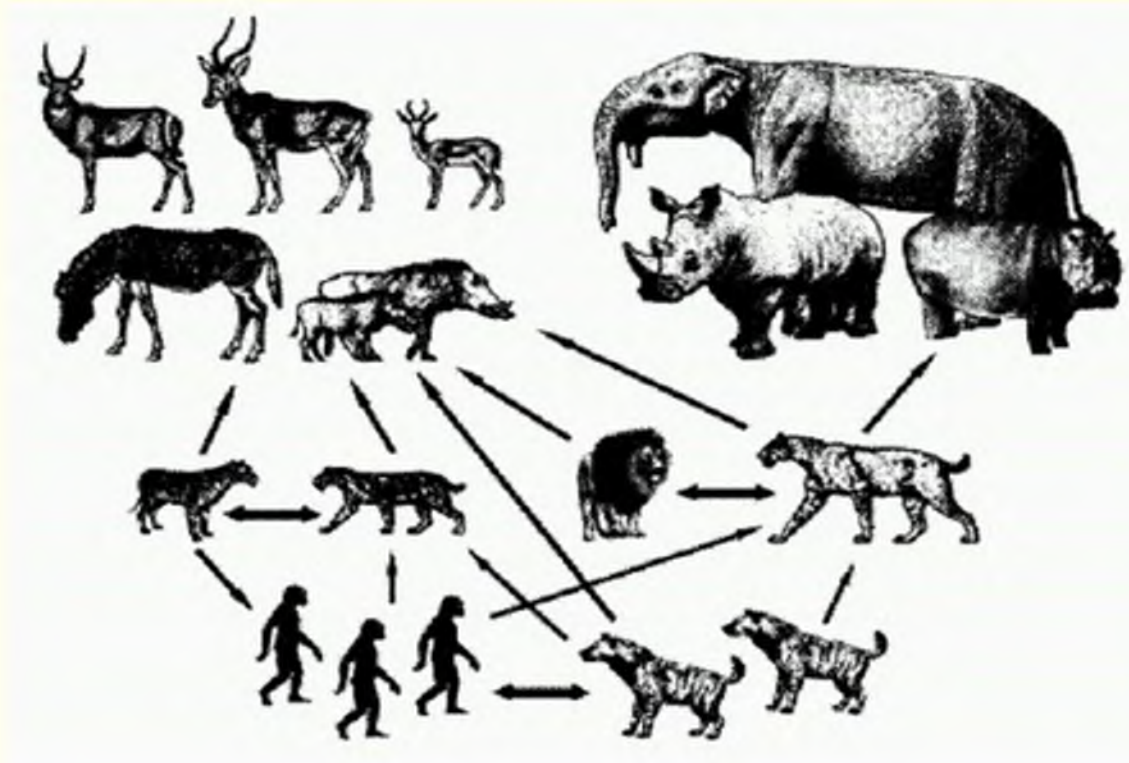
способствовали выполнению этой опасной и трудной задачи. Помимо увеличения объема мозга и коллективного поведения развивались и такие важнейшие адаптации, как двуногое хождение (вплоть до быстрого длительного бега) и орудийная деятельность. Интересную гипотезу, увязывающую воедино все перечисленные адаптации, предложил Алексей Лопатин из Московского палеонтологического института (*Лопатин, 2010*).

Он рассмотрел развитие гоминид на фоне изменчивого животного и растительного мира — ведь для понимания движущих мотивов эволюции важно оценить, как формировалась и изменялась экологическая ниша человека. Первые гоминиды еще не были падальщиками, их диета была широка и разнообразна. Но около 2,3 млн лет назад климат стал более засушливым (см. ниже), изменились ландшафты, количество и спектр объектов питания стали другими, в новых местообитаниях появились и новые хищники.

Древние гоминиды были представлены несколькими видами, так что в условиях межвидовой конкуренции приходилось вырабатывать более узкую экологическую специализацию. Два миллиона лет назад на просторах саванн паслись многочисленные стада крупных травоядных животных — зебр, антилоп. Значительный сегмент растительноядной фауны составляли гигантские свиньи и родственные им виды. Присутствовали и более крупные растительноядные животные — слоны, носороги, гиппопотамы. На них охотились хищники, как очень крупные, так и среднего размера.

Наиболее эффективным охотником был мегантереон — саблезубая кошка весом около 100 кг. Более крупные и страшные хищники — лев и гомотерий (другая саблезубая кошка, весившая до 190 кг, примерно как львица) — могли охотиться даже на слонов и носорогов. Саблезубые хищники в силу устройства своего зубного аппарата оставляли после пиршества богатые остатки. Их зубы были приспособлены для раздиранья толстой шкуры добычи, отрывания мышц и пожирания внутренностей, но они не могли обгладывать кости, счищать мясо с позвоночника и ребер. Так что свите падальщиков было чем поживиться. Эту свиту составляли стаи гигантских гиен и семьи древних людей. Люди конкурировали с гиенами за право первыми оказаться рядом с обильными объедками удачливого саблезубого охотника. Лопатин не первым высказал мысль о тесной экологической связи между древними гоминидами и саблезубыми кошками: эта идея достаточно популярна среди палеоантропологов (*Lewis, 1997*).

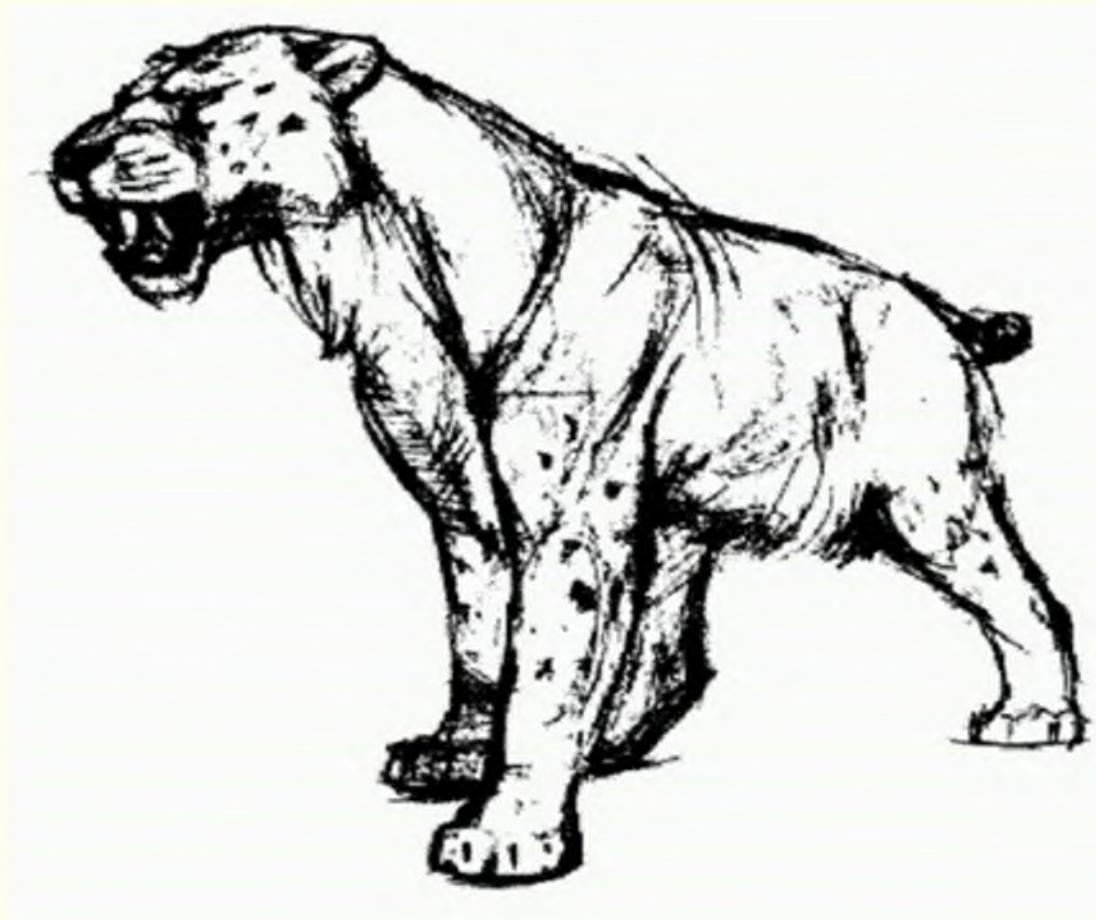
Следуя за саблезубыми охотниками, человек должен был, во-первых, не стать обедом сам, во-вторых, успеть захватить добычу быстрее гиен. Эффективное избегание хищника и осторожность вырабатывались за счет развития мозга и коллективного поведения. Гиены предпочитают активную ночную жизнь — человек стал дневным падальщиком. Гиены не слишком быстро бегают (у них короткие задние лапы) и не очень выносливы — человеку пришлось совершенствовать технику движения и длительного бега. Благодаря этому он успевал на место оставленного пиршества раньше гиен и мог как следует поживиться.



Упрощенная схема пищевой цепи млекопитающих около 2 млн лет назад. Показаны блоки среднеразмерных и крупных растительноядных животных, средних и крупных хищников и падальщиков. Черные стрелки указывают на хищнические связи, светло-серые — на следование за охотником в расчете поживиться остатками, темно-серые — на конкурентов, (из статьи А. В. Лопатина, 2010, с изм.)

Судя по следам зубов на костях олдувайских копытных (2 млн лет), сначала добычей пользовался хищник, затем человек и только в последнюю очередь — гиены. Кроме того, владея орудиями разделки туш, человек мог сначала на месте разделить добычу на части, а потом унести ее в укромное место. От мастерства разделки добычи зависело выживание всей

семьи. По-видимому, это и было главным стимулом развития орудийной деятельности человека.



Гомотерий.

Таким образом, человек занял экологическую нишу дневного, быстро бегущего, стайного падальщика. Конкурентные отношения должны были породить агрессивное поведение, учитывая размеры и свирепость гигантских гиен, которые, случалось, нападали на человека. Как можно заключить по следам зубов на костях, останки *Homo erectus* в пещере Чжоукоу-дянь в Северном Китае (см. ниже о заселении эректусами

Евразии) погрызены и принесены туда именно гигантскими гиенами.

Агрессивность в дальнейшем способствовала тому, что люди ушли от экологической ниши падальщиков и перешли к стратегии активных охотников. Для этого людям понадобились и новые навыки коллективного поведения, и усовершенствованные заостренные каменные орудия.

Пока люди были спутниками мегантереонов и других крупных хищников, им достаточно было примитивных олдувайских орудий. Действительно, в Африке мегантереоны существовали до 1,5 млн лет назад — примерно до этого времени люди использовали олдувайские технологии. Затем, после вымирания этих хищников, людям пришлось менять экологическую нишу и изобретать другой орудийный набор — ашельский. В Европе мегантереоны вымерли существенно позже — 0,5 млн лет назад, тогда и древнейшие европейцы сменили набор орудий.

Итак, возможно, люди и кошки были связаны гораздо раньше и намного теснее, чем обычно предполагают. Только раньше кошки "заботились" о нас, добывая нам пищу, а теперь мы заботимся о кошках.

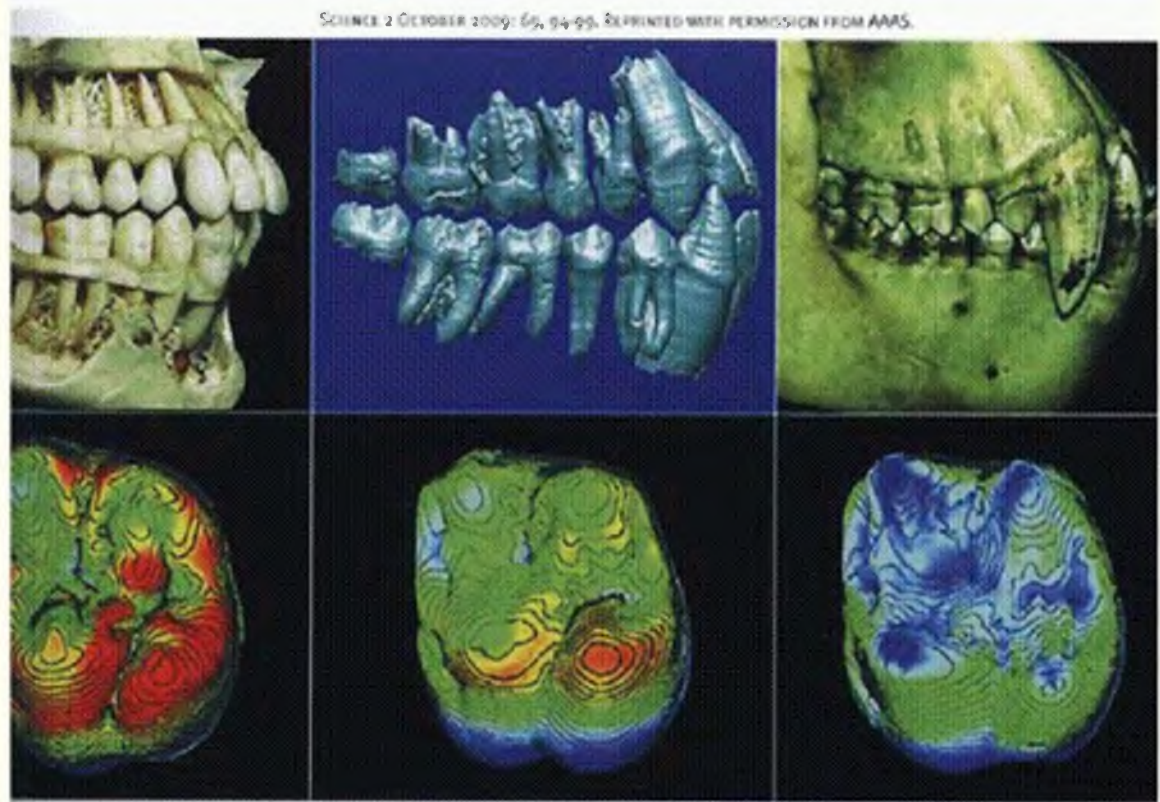
Эректусы

Хабилисы не очень долго оставались "самыми человечными" из двуногих африканских приматов. В начале второго миллионолетия до н. э. к ним присоединилась другая, более продвинутая форма, отличавшаяся еще более крупным мозгом (порядка 800—1000 см³), высоким ростом и, возможно, еще более твердой и совсем уже человеческой походкой. Этих

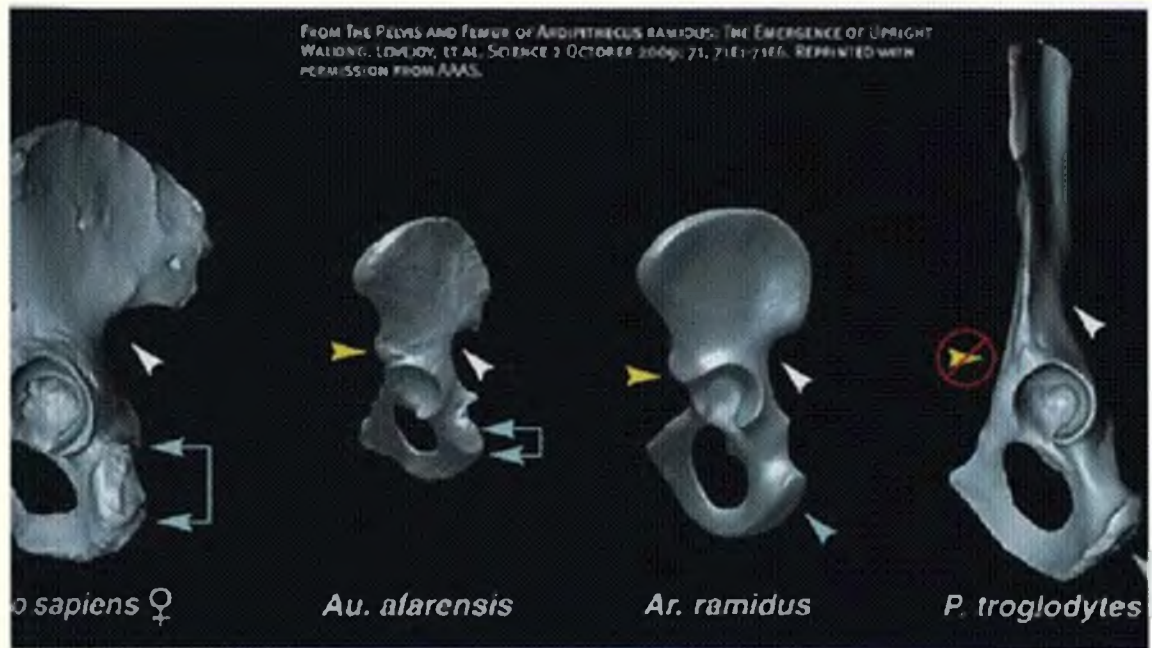
людей называют либо ранними африканскими *Homo erectus* ("человек прямоходящий"), либо выделяют в особый вид *Homo ergaster* ("человек работающий"). Как их ни называй, произошли они, очевидно, от хабилисов, причем не вытеснили их сразу, а довольно долго — примерно полмиллиона лет, до 1,5 млн лет назад — жили с ними бок о бок в Восточной и, возможно, Южной Африке. Современниками их также были *Paranthropus boisei* и *P. robustus*. Так что в начале и середине второго миллионолетия до н. э. сообщество африканских двуногих приматов оставалось не менее разношерстным, чем раньше, в третьем миллионолетии.

Рост мозга и размеров тела у эректусов, вероятно, был связан с увеличением доли мясной пищи в их рационе. Впрочем, такая формулировка может навлечь на автора обвинение в ламаркизме, поэтому сформулирую точнее. Эректусы научились добывать больше мяса, то есть обеспечили себе более калорийный рацион. Скорее всего, более крупный мозг и хабилисам был бы выгоден, но хабилисы были сильнее ограничены в средствах: у них было меньше мяса на обед. Поэтому хабилисы-мутанты с более крупным мозгом страдали от голода сильнее, чем выигрывали от ума. Ведь мозг потребляет много калорий, мозговитым животным нужно больше хорошей пищи. Иными словами, мутации, увеличивающие мозг выше определенного порога, в итоге (по сумме плюсов и минусов) оказывались вредными и отсеивались отбором. С появлением более эффективных способов добычи пропитания баланс плюсов и минусов сместился (возможно, плюсы остались те же, а вот минусы уменьшились), и в результате те же самые мутации, которые для хабилисов были вредными, для эректусов стали полезными. Особи с большим мозгом

стали оставлять больше потомков, и в череде поколений мозг увеличился.



Зубы человека (слева), ардипитека (в центре) и шимпанзе (справа). Все особи — самцы. Внизу: первый моляр. Цвет отражает толщину эмали: красный — толстая эмаль (около 2 мм), синий — тонкая (около 0,5 мм). См. главу "Двуногие обезьяны".



Строение таза, слева направо: человек, Люси, Арди, шимпанзе. Таз Арди имеет промежуточное строение между шимпанзе и австралопитеком. См. главу "Двуногие обезьяны".



Ступни современных человекообразных обезьян хороши для лазанья и хватания за ветки, они очень гибкие и плохо приспособлены для ходьбы по земле (см. главу "Двуногие обезьяны"). Слева вверху: шимпанзе

лезет на дерево. Справа вверху: ступни шимпанзе и человека. Внизу: ступня ардипитека.



*Вверху: орангутаны — самец и самка с детенышем.
Внизу: гориллы — самец и самка с детенышем.*



Люси, афарский австралопитек (Australopithecus afarensis). Восточная Африка, 3,2 млн лет. Реконструкция М. Л. Бутовской.



"Ребенок из Таунга": череп 6-летнего детеныша австралопитека африканского (Australopithecus africanus). Южная Африка, 2,5 млн лет. С этой находки, сделанной в 1924 году, началось изучение австралопитеков. Судя по характерным повреждениям глазниц (на фотографии они не видны), ребенок из Таунга был убит крупной хищной птицей. См. главу "Двуногие обезьяны".



*Череп и тазовая кость австралопитека
африканского. Южная Африка, 3,3-2,4 млн лет.*



*Австралопитек африканский. Южная Африка, 3,3-2,4
млн лет. Реконструкция М. М. Герасимова.*



Череп макаки (вверху) и африканского австралопитека (*Australopithecus africanus*): детеныша (в центре) и взрослого (внизу). Детеныш австралопитека по некоторым признакам (выступающий лоб, укороченная лицевая часть черепа) больше похож на человека, чем взрослый представитель того же вида. См. главу "Двуногие обезьяны".



Череп "Щелкунчика" (*Paranthropus boisei*). В задней части черепа видны остатки костного гребня, к которому крепились мощные жевательные мышцы.



Могучие коренные зубы P. boisei. В отличие от других человекообразных обезьян, даже у самых зубастых гоминид клыки имели весьма скромные размеры. Это, скорее всего, говорит о радикальных отличиях в половом и социальном поведении, поскольку крупные клыки самцов у человекообразных играют важную роль в конкуренции за самок и служат своего рода символом мужественности. См. главу "Двуногие обезьяны".



Босхенскава и Дармштерскава

Череп парантропа *Paranthropus boisei*. Восточная Африка, 2,3-1,2 млн лет.



*Орудия олдувайской культуры. См. главу
«Очеловечивание»*



Ашельские орудия Homo erectus. См. главу "Очеловечивание".



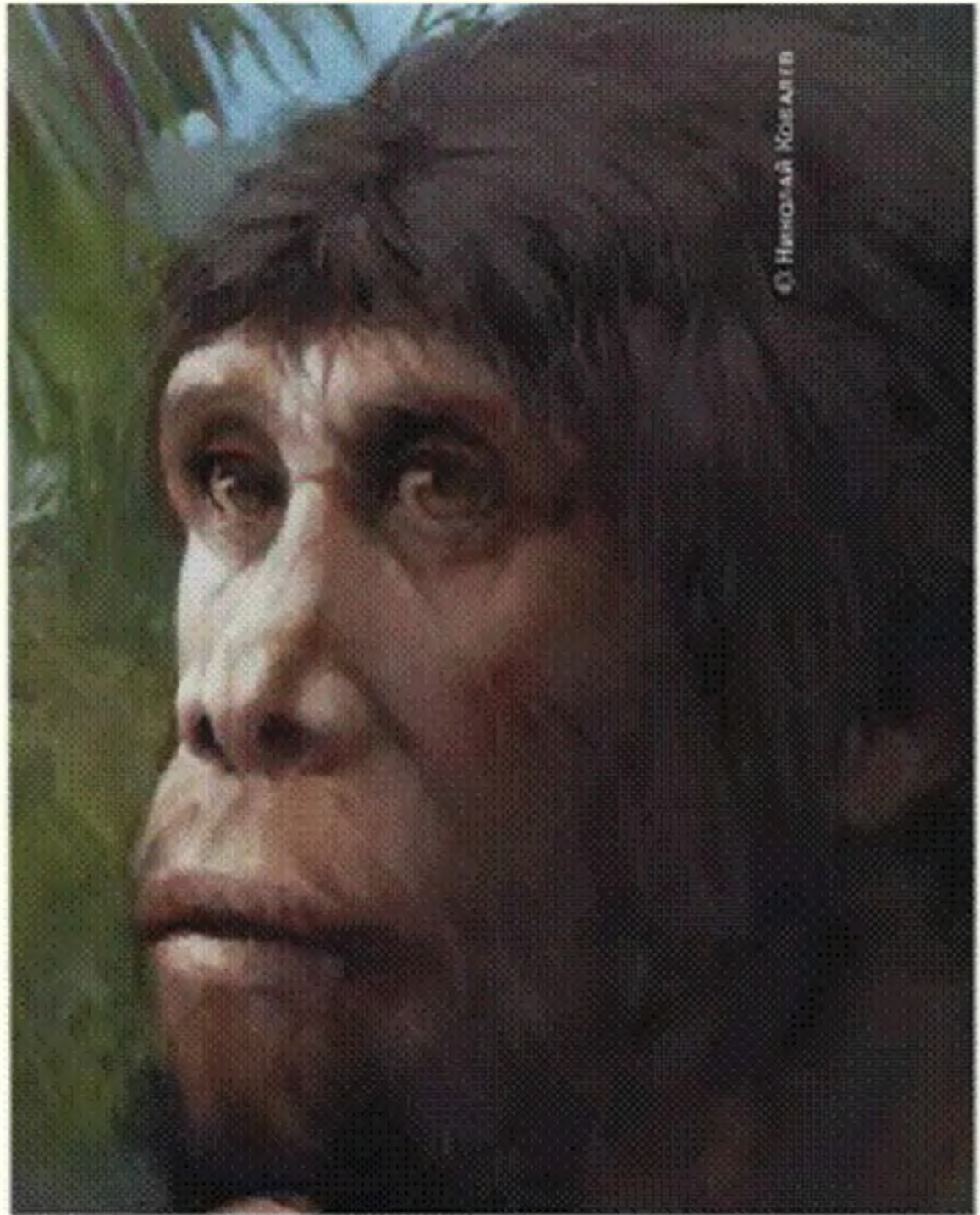
Homo erectus: питекантроп с острова Ява, около 1 млн лет. Реконструкция М. Я. Бутовской. См. главу "Очеловечивание".



Черепная крышка, эндокран (слепок мозговой полости) и бедренная кость питекантропа с острова Ява.



Синантроп (поздний Homo erectus из Северного Китая). Около 0,5 млн лет. Реконструкция М. М. Герасимова. См. главу "Очеловечивание".



*Хоббит с острова Флорес (Homo floresiensis). См.
главу «Очеловечивание»*

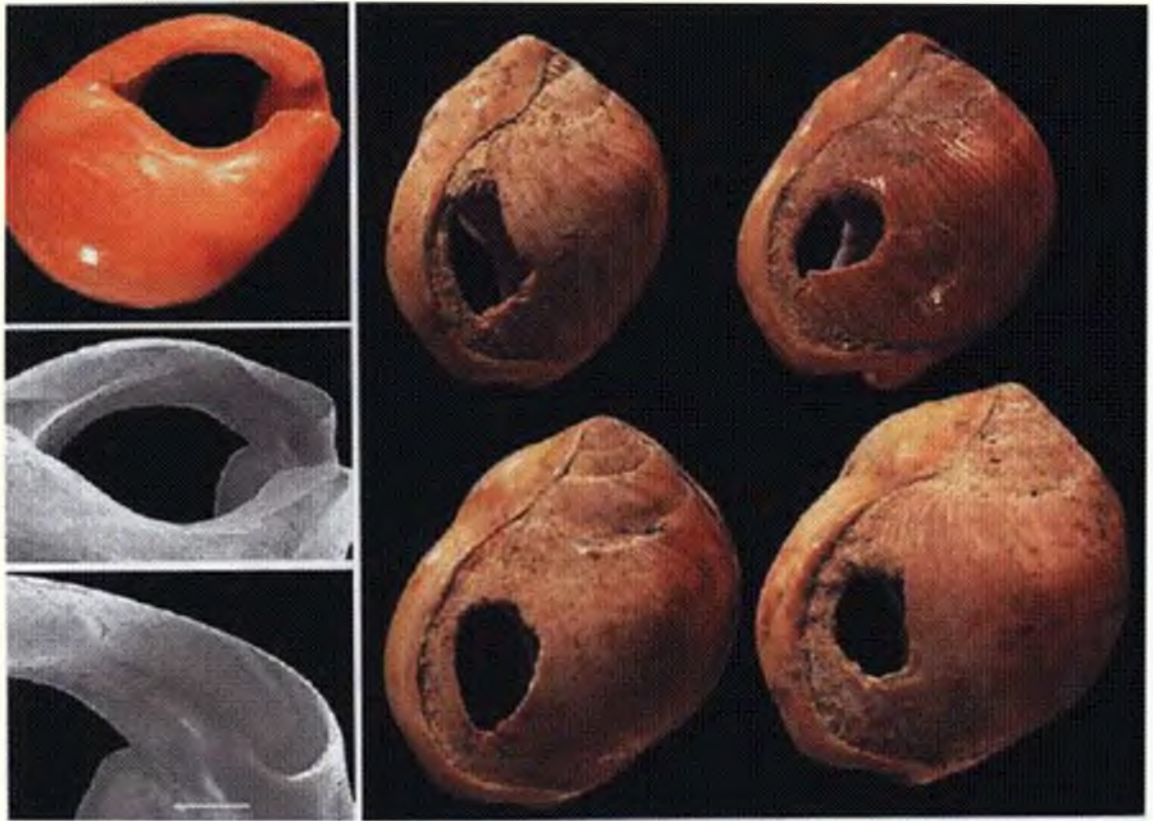


Государственный дактилологический музей

Ранний Homo sapiens, мужчина из пещеры Схул (Схул-5). Реконструкция М.М.Герасимова. См. главу "От эректусов к сапиенсам".



Древнейший костяной наконечник стрелы. Культура ховьесонс пурт, пещера Сибуду, Южная Африка, около 61 тыс. лет (см. главу "От эректусов к сапиенсам"). Похожие наконечники для стрел в историческое время изготавливали бушмены.



Продырявленные ракушки, из которых делались ожерелья. Стилбейская культура, пещера Бломбос, Южная Африка, около 71 тыс. лет. См. главу "От эректусов к сапиенсам".



ГОРЯЧЕВСКИЙ ПАЛЕОНТОЛОГИЧЕСКИЙ МУЗЕЙ

Череп классического неандертальца из Ля-Шапель-о-Сен (Франция). Около 60 тыс. лет. См. главу "Другое человечество".

У эректусов значительно усилился рельеф в области зоны Брока — моторного центра речи (Кочеткова, 1973). Похоже, коммуникация успешно развивалась. Увеличилась также надкраевая часть теменной доли, что может быть связано с ростом чувствительности рук и более совершенным контролем их движений (о возможной связи этой области мозга с производством ашельских каменных орудий см. в главе "Душевная механика", кн. 2). Кроме того, увеличилась затылочная доля, отвечающая за первичную обработку зрительной информации. Возможно, это было связано с дальнейшей адаптацией к жизни в открытой саванне, что, очевидно, требовало расширения кругозора.



Мозг австралопитека (вверху) был вдвое меньше, чем у Homo erectus (в центре), и втрое меньше, чем у Homo sapiens (внизу).

Мозг, мясо и огонь

Что ни говори, а главным нашим отличием от ближайших родственников — шимпанзе или, скажем, австралопитеков — является огромный мозг. При всех очевидных преимуществах этого эволюционного приобретения оно имеет и оборотную сторону: мозг потребляет уйму калорий, которые надо где-то добывать. На содержание мозга уходит 60% всей энергии, используемой новорожденным младенцем. У взрослых расходы снижаются до 20—25%, но и это непомерно много по сравнению с другими человекообразными обезьянами (8%). При этом, однако, люди в целом потребляют не больше калорий, чем обезьяны того же размера. За счет чего достигается экономия? В случае с современным человеком ответ хорошо известен: мы питаемся пищей, которая гораздо легче усваивается, — это позволяет снизить энергетические затраты на пережевывание и переваривание. А как обстояло дело у наших предков?

Антропологи давно предполагали, что наблюдаемое в эволюции гоминид поэтапное увеличение мозга должно было сопровождаться соответствующими изменениями рациона.

У австралопитеков, как мы знаем, мозг был не больше, чем у шимпанзе (примерно 400—450 см³). Чуть более 2 млн лет назад он начал увеличиваться у ранних *Ното* (до 500—800 см³), а затем снова подрос (до

800—1000 см³) у ранних эректусов (они же эргастеры) около 1,8 млн лет назад. Последний этап быстрого увеличения мозга (до 1300—1500 см³) приходится на время между 500 и 200 тыс. лет назад, то есть на период становления двух наиболее продвинутых видов, венчающих эволюционное дерево гоминид: *Homo sapiens* и *Homo neanderthalensis*.

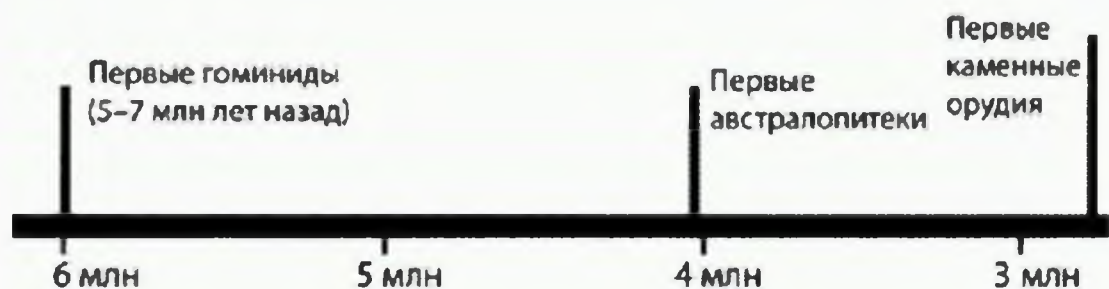
Увеличение мозга у ранних эректусов традиционно связывают с ростом потребления мясной пищи. Действительно, есть прямые археологические свидетельства того, что мясо играло заметную роль в рационе эректусов. Например, в Кении найдены кости взрослой женщины-эректуса (экземпляр KNM-ER 1808) с патологическими разрастаниями костной ткани, характерными для гипервитаминоза А. Этот гипервитаминоз развивается при употреблении в пищу слишком большого количества животных жиров (Добровольская, 2005). Особенно легко его заработать, систематически поедая печень хищных зверей. Были ли эректусы умелыми охотниками или только собирали падаль — этот вопрос активно дискутируется, но факт остается фактом: они действительно притаскивали на свои стоянки туши животных или их части и скребли кости каменными орудиями.

Но только ли в мясной пище тут дело? В 1999 году Ричард Рэнгем с коллегами выдвинули гипотезу о том, что ранние эректусы, появившиеся около 1,9 млн лет назад, уже умели готовить пищу на огне, что позволило резко снизить затраты организма на ее усвоение (Wrangham et al., 1999). Из этого предположения можно вывести множество занимательных следствий: разделение труда между полами (мужчина на охоте,

женщина на кухне); рост статуса женщины-кормилицы в обществе, что можно увязать с предполагаемым уменьшением полового диморфизма у эректусов по сравнению с хабилисами; формирование ассоциативной связи между едой и сексом (*Добровольская, 2005*).

Гипотеза Рэнгема основывалась на косвенных данных. Например, на том, что у ранних эректусов увеличился не только мозг, но и общий размер тела. Кроме того, у них уменьшились зубы. Это означает, что им теперь приходилось меньше работать челюстями. Для сравнения, шимпанзе тратят на жевание в среднем пять часов в сутки, а современные охотники-собиратели, готовящие пищу на огне, — только один час.

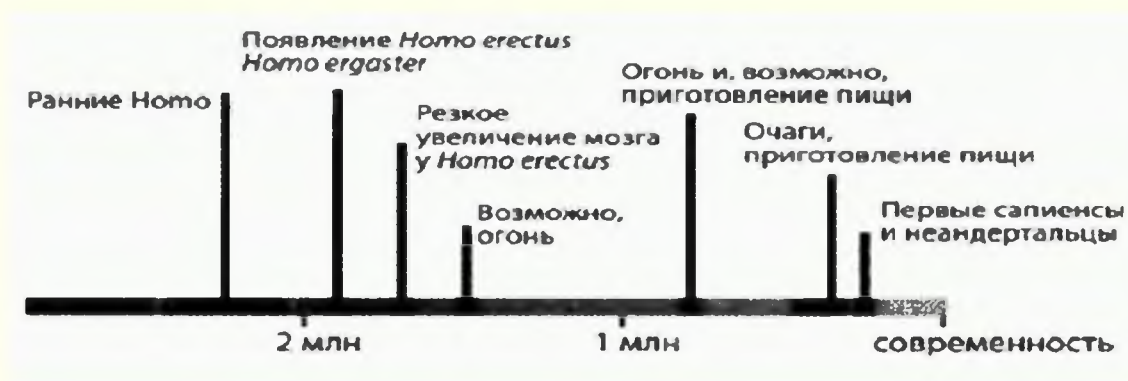
В последующие годы Рэнгем и его коллеги провели ряд любопытных экспериментов для подтверждения этой идеи. Они кормили разных животных (например, мышей и бирманских питонов) сырым и вареным мясом. Питоны на переваривание вареного мяса тратили на 12,7% меньше энергии, а если мясо еще и пропустить через мясорубку, экономия достигала 23,4%. Энергетический выигрыш такого масштаба вполне ощутимо сказывается на конкурентоспособности животных и должен поддерживаться отбором. Группы древних людей, научившиеся готовить пищу, должны были размножаться быстрее, чем их отсталые сородичи-сыроядцы.



Мыши, питавшиеся вареным мясом, за пять недель набрали на 29% больше веса, чем такие же мыши, которых кормили сырым мясом (при одинаковой калорийности рациона). Это означает, что смена рациона у древних людей могла практически мгновенно - даже без всякой эволюции — сказаться на их размерах.

Гипотеза представляется вполне логичной, но есть одна проблема: прямых свидетельств использования огня ранними эректусами пока не обнаружено. На сегодняшний день самое древнее абсолютно бесспорное кострище (с обгорелыми камнями, семенами и деревяшками) обнаружено в Палестине и имеет возраст 790 тыс. лет (см. главу "От эректусов к сапиенсам"). Правда, известно около десятка более ранних свидетельств использования огня. Например, в двух местах в Восточной Африке — в Кении (Кооби-фора) и Танзании (Олдувайское ущелье) — найдены обгорелые кремневые орудия и куски обожженной глины возрастом 1,5 млн лет, и в обоих случаях поблизости обнаружены кости *Homo erectus*. В Северной Кении (Чесованжа) известны следы употребления огня возрастом 1,37—1,46 млн лет. Здесь, похоже, был и очаг, обложенный камнями (Isaac, 1982). Аналогичные находки примерно того же возраста сделаны и в Южной Африке. К

сожалению, во всех этих случаях исследователям не удалось окончательно доказать, что огонь, оставивший свои метки на камнях и костях, находился под контролем человека. Некоторые эксперты допускают, что это все-таки могут быть следы естественных пожаров.



Отношение коллег-антропологов к гипотезе Рэнгема неоднозначно. Некоторые специалисты полагают, что сама по себе идея хороша, но вот с датировкой автор ошибся. Более вероятно, что люди начали готовить пищу на огне значительно позже, примерно 200—300 тыс. лет назад. Для этого времени уже есть прямые археологические свидетельства кулинарной активности наших предков. В этом случае "кулинарная революция" помогает объяснить не второй, а третий период быстрого роста мозга и уменьшения зубов — тот, который был связан со становлением сапиенсов и неандертальцев. Что же касается второго периода, связанного с появлением эректусов, то для его объяснения, вероятно, вполне достаточно увеличения доли мяса в рационе — пусть и сырого (или, может быть, слегка протухшего — этот метод "кулинарной обработки"

мяса до сих пор практикуется народами Севера и, скажем, бурыми медведями).

Последовательный переход ко все более легко усваиваемой пище не только снизил энергетические затраты на жевание и пищеварение, но и создал предпосылки для уменьшения объема пищеварительной системы, что тоже дало немалую экономию. У приматов обнаружена обратная корреляция между размерами мозга и пищеварительной системы. Обезьяны поумнее, как выяснилось, едят больше высококалорийной пищи (насекомые, птичьи яйца и т. п.), и пищеварительная система у них меньше.

Виды с небольшим мозгом налегают в основном на легкодоступную, но малопитательную пищу (листья, плоды), и пищеварительный тракт у них длиннее. Сначала предполагали, что это всеобщая закономерность, но потом оказалось, что у многих других животных данная корреляция не прослеживается.

В ходе дальнейших исследований было показано, что обратная корреляция между размером мозга и длиной пищеварительного тракта выявляется только у животных с замедленным развитием, иначе говоря, с долгим детством. Долгое детство, по-видимому, является важным условием формирования крупного мозга.

Что касается наших предков, то у ранних эректусов, по мнению антропологов, как раз и произошло значительное замедление роста и созревания, сопровождавшееся увеличением продолжительности жизни. Это, в свою очередь, косвенно свидетельствует о существенных изменениях образа жизни и взаимоотношений с окружающей средой, поскольку замедленное развитие и долгое детство могут позволить

себе только существа, имеющие очень хорошие шансы на выживание (низкую смертность) во взрослом состоянии (*Gibbons, 2007*).

Помимо энергетических затрат рост мозга имел еще один негативный побочный эффект: увеличение смертности при родах. Большеголовых детенышей трудно рожать. Проблема усугубляется двуногостью: антропологи утверждают, что изменения таза, которые могли бы облегчить рождение большеголовых детей, вступают в конфликт с нуждами двуногой локомоции. Если бы мозг начал расти у обезьян, передвигающихся на всех четырех, как гориллы и шимпанзе, решить эту проблему было бы легче. Но случилось так, что большой мозг "понадобился" как раз двуногим, а не четвероногим обезьянам. В качестве компенсирующей адаптации детеныши гоминид стали рождаться на более ранних стадиях развития по сравнению с другими человекообразными. Это позволило перенести большую часть роста мозга в постнатальный период.

Эволюция — это бесконечный поиск компромиссов, и в ней ничего не дается даром (см. главу "Жертвы эволюции", кн. 2).

Рождение недоразвитых детенышей повлекло за собой целую цепочку последствий, в том числе удлинение детства и рост нагрузки на родителей. Детеныши людей намного беспомощнее и требуют несравненно больше заботы, чем детеныши шимпанзе или горилл (*Бутовская, 2004*). Это в свою очередь должно было способствовать отбору на более сильную материнскую привязанность и любовь к детям. Выживаемость потомства стала еще сильнее, чем раньше, зависеть от МВП (мужского вклада в потомство).

А значит, должен был усиливаться отбор на способность отцов испытывать сильную эмоциональную привязанность к своему семейству. А еще — отбор на способность самок стимулировать формирование такой привязанности у партнера. Таким образом, увеличение мозга должно было способствовать эволюции любви (см. главу "Генетика души", кн. 2).

Антропологи пока не пришли к единому мнению по поводу того, на каком этапе своей эволюции гоминиды начали рожать детенышей с недоразвитым мозгом. Изучение единственного прилично сохранившегося черепа младенца *Homo erectus*, найденного на острове Ява ("ребенок из Моджокерто"), дало противоречивые результаты. Сначала было объявлено, что мозг у юных эректусов рос скорее по "обезьяньей", чем по "человеческой" траектории. Иными словами, эректусы, подобно шимпанзе и гориллам, рождались уже с довольно большим мозгом, а период постнатального роста мозга был выражен сравнительно слабо и продолжался недолго (что затрудняло развитие речи, культуры и способности к обучению). Однако другие эксперты, переизучив череп, оспарили выводы предшественников. Возможно, эректусы все-таки развивались уже по "человеческой" траектории, то есть имели недоразвитый мозг при рождении, долгий период интенсивного постнатального роста мозга и, как следствие, долгое детство, усиленную родительскую заботу и так далее (Leigh, 2006). Проблема в том, что материала по младенцам эректусов пока явно недостаточно для окончательных выводов.

Как мы уже знаем, в рационе эректусов выросла доля мясной пищи. Как им это удалось? Научились они охотиться на крупную дичь или, оставаясь

падальщиками, стали успешнее конкурировать с другими падальщиками? На прошедшей в 2010 году в Париже конференции по археозоологии испанский антрополог Мануэль Домингес-Родриго доложил о результатах раскопок в местонахождении ВК (от слов Peter Bell's karongo, "овраг Питера Белла") в Олдувае. В общей сложности там было найдено более тысячи фрагментов костей животных возрастом около 1,3 млн лет, в том числе кости 30 ископаемых быков *Pelorovis* и двух сиватериев — ископаемых родичей жирафа. Эти животные весили не менее 400 кг. На 181 кости обнаружены царапины от каменных орудий, 172 кости раскалывались для извлечения мозга. При этом следов от зубов хищников обнаружено в общей сложности лишь 45.

Самое главное, что следы от каменных орудий распределены довольно равномерно по всем частям скелета (в особенности это относится к скелетам быков). Если бы эректусам доставались лишь объедки со стола крупных хищников, а не целые туши, то царапины на костях распределялись бы иначе. Следовательно, эректусы умели охотиться на крупную дичь (*Balter, 2010*).

Впрочем, остается еще и такой вариант: люди могли научиться отгонять хищников от убитой ими добычи и таким образом завладевать целыми тушами, даже не умея охотиться на крупных травоядных. Особенно если 1,3 млн лет назад они уже владели огнем (что, как мы помним, вполне возможно, хотя и не доказано окончательно). Не очень понятно, как эректусы могли бы завалить быка или сиватерия своими ручными рубилами (нет данных, указывающих на наличие у них копий с наконечниками или тем более луков), но ведь

они могли использовать какие-нибудь западни, ловушки, деревянные колья.

Хотя вопрос о времени перехода людей к активной охоте на крупную дичь остается открытым, новые находки показывают, что мясо крупных животных вошло в рацион наших предков уже 3,4 млн лет назад, а два миллиона лет спустя люди уже были в состоянии добывать целые бычьи туши.

У Homo erectus была походка Homo sapiens

В 1978—79 гг. на берегу озера Туркана (в прошлом Рудольф) в Кении были найдены следы древних людей возрастом 1,43 млн лет (то есть на 2,2 млн лет моложе открытых Мэри Лики следов австралопитеков в Лаэтоли). В 2009 году там нашли еще три цепочки следов: две последовательности больших отпечатков — одна из семи, другая из двух следов и одна поменьше. Кроме того, ученые нашли и одиночные отпечатки. Цепочка из маленьких следов (два следа) находилась ниже по геологическому разрезу, этим следам примерно 1,53—1,52 млн лет. Другие две цепочки из более крупных следов немного моложе по геологическому возрасту: 1,52—1,51 млн лет. Хорошая сохранность следов позволила оценить рост, походку и особенности телосложения оставивших их людей.

Походка *Homo sapiens* резко отличается по своей механике от четвероногого хождения других млекопитающих. Она должна способствовать амортизации толчков при шагах, увеличению подвижности тела при поворотах, ускорению бега. Амортизация толчков достигается перераспределением

нагрузки на изгибы позвоночника и арки стопы; увеличение степеней свободы при движении — это результат изменения строения суставов ног. Механика шага суммирует все эти изменения, добавляя к этому увеличение эффективности движения при ходьбе и беге.

Животные делают шаг, ступая на пальцы ног, затем вес тела переносится на плюсну. Человек делает все наоборот: сначала он ступает на пятку, затем максимальное давление переносит на наружный край стопы, затем на первую и пятую кости плюсны, а потом на пальцы ног. Пальцами ног человек отталкивается, делая следующий шаг. В связи с этим распределение давления при четвероногом и двуногом хождении совершенно различно. Это хорошо видно по глубине вмятин в разных частях следов. Оказалось, что походка людей, приходивших к берегу озера Туркана полтора миллиона лет назад, напоминала походку современного человека. К такому заключению ученые пришли, изучив распределение вмятин по площади следа.

Размер больших следов составляет около 28 см, длина шага — от 43 до 53 см. По длине ступни можно оценить рост человека (использовались соотношения для австралийских аборигенов). Если бы такие следы оставил австралийский абориген, то он имел бы рост $1,75 \pm 0,26$ м. Вероятнее всего, древний пешеход принадлежал к виду *Homo erectus*. Следы поменьше принадлежали человеческому существу ростом около метра.

Морфология следа представляет собой промежуточный вариант между австралопитеком и современным человеком. Большой палец прижат к остальным пальцам больше, чем у австралопитека, но все же меньше, чем у современного человека (угол

между осью стопы и осью большого пальца у австралопитеков, эректусов с озера Туркана и современного человека соответственно 24, 14 и 8 градусов). Свод стопы уже имеется, но не настолько хорошо развит, как у современного человека. Это показывает постепенное совершенствование эффективности двуногой ходьбы и бега в линии от австралопитеков к человеку разумному. Человек, имевший такую походку и рост, как древние пешеходы с озера Туркана, мог преодолевать большие расстояния и носить тяжести. Вот так постепенно, из мельчайших деталей, и складывается реальный портрет нашего предка — человека прямоходящего (*Bennett et al., 2009*).

Пара слов о влиянии климата

Если честно, я недолюбливаю "климатические" гипотезы, объясняющие эволюционные события переменами погоды. Мне было бы приятнее думать, что естественный отбор гордо и уверенно вел гоминид по пути очеловечивания без оглядки на такие пустяки, как колебания среднегодовой температуры и количество осадков. Но я вынужден пойти наперекор своим эстетическим предпочтениям, потому что факты с ними не согласуются. Конечно, изменения климата не были первопричиной появления человека. Утверждать, как это делали раньше некоторые авторы, что "появление человека было следствием наступления ледникового периода", — это уж слишком.

И все же погодные условия влияли, и еще как влияли, на направленность отбора, действовавшего на древних гоминид. В других климатических условиях все могло сложиться иначе.

Реальность такова, что восходящая еще к Дарвину идея о роли климатических изменений в эволюции предков человека не только подтверждается новейшими данными, но и обрастает важными новыми подробностями. Прогресс в этой области обеспечивается, с одной стороны, успехами палеоантропологии, благодаря которым эволюционная история африканских гоминид известна сегодня гораздо лучше, чем 15-20 лет назад, с другой — появлением более надежных палеоклиматических реконструкций (*deMenocal, 2011*).

Антропологи давно предполагали, что наши предки вышли из лесов в саванну и научились ходить на двух ногах в связи с аридизацией (ростом засушливости) климата, сокращением площади лесов и распространением открытых саванных ландшафтов. Сегодня мы знаем, что уже самые древние из известных гоминид (сахелянтроп, оррорин, ардипитек), жившие от 7 до 4,4 млн лет назад, по-видимому, передвигались преимущественно на задних конечностях, хотя жили вовсе не в открытой саванне, а в негустых лесах или на смешанных ландшафтах, где лесные участки чередовались с открытыми. Переход из густых лесов на открытые пространства, так же как и совершенствование двуногой походки, происходили постепенно. Начались эти процессы, по-видимому, задолго до периода быстрой аридизации климата, распространения саванн и сокращения лесов.

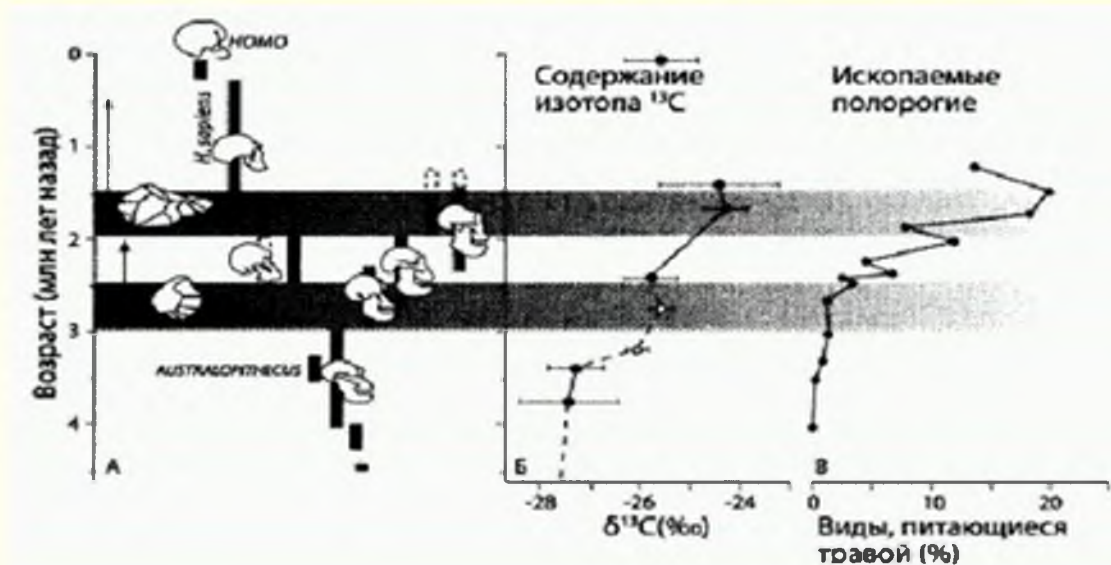
Этот период начался позже, 3—2,5 млн лет назад, когда гоминиды были уже вполне сформировавшейся и процветающей группой двуногих человекообразных обезьян. Об этом свидетельствуют следующие факты.

ИСКОПАЕМАЯ ЛЕТОПИСЬ ПОЛОРОГИХ (*BOVIDAE*). К этому обширному семейству парнокопытных относятся всевозможные буйволы, быки, антилопы, газели, козлы и бараны. Полорогие составляют около трети всех находок ископаемых африканских млекопитающих (гоминиды — менее 1 %). За последние 6 млн лет в эволюции африканских полорогих было два периода наиболее быстрой смены видового состава: около 2,8 и 1,8 млн лет назад. В обоих случаях появилось много новых видов с высококоронковыми (гипсодонтными) коренными зубами, приспособленными для пережевывания жесткой саванной растительности. Доля таких видов среди африканских полорогих начала расти около 3 млн лет назад и достигла максимума 1,5 млн лет назад. По-видимому, это указывает на распространение саванных ландшафтов в этот период и на активное их освоение полорогими.

Оба этапа быстрого изменения видового состава полорогих совпадают с важными событиями в эволюции гоминид. Около 2,9 млн лет назад исчезает из палеонтологической летописи вид *Australopithecus afarensis* (к которому относится Люси), около 2,6 млн лет назад появляются первые каменные орудия олдувайского типа, около 2,5 млн лет назад на эволюционной сцене появляются парантропы со своими необычайно мощными зубами и челюстями. Второй период смены видового состава полорогих (около 1,8 млн лет назад) примерно совпадает с появлением *Homo erectus/ergaster*, у которых вскоре стал быстро увеличиваться мозг. Немного позже (1,7—1,6 млн лет назад) эректусы изобрели более сложную — ашельскую технологию изготовления каменных орудий. Все эти изменения можно интерпретировать как поэтапную адаптацию гоминид к

жизни в открытой саванне, сопровождавшуюся включением в рацион жесткой растительной пищи (парантропы) или мяса крупных травоядных (*Homo*).

МУССОННЫЕ ЦИКЛЫ. Африканский климат в течение последних 5 млн лет многократно менялся с засушливого на влажный и обратно. Одной из причин этих изменений является прецессия (изменение наклона) земной оси с периодом около 25 тыс. лет. Наклон оси влияет на интенсивность муссонов, от которых зависит количество дождей, проливающих на Африку. В дождливые периоды в Средиземном море возле дельты Нила откладываются слои сапропеля — богатого органикой ила. В последовательности из сотен таких слоев, образовавшихся за миллионы лет, прослеживается более крупномасштабная периодичность — 100- и 412-тысячелетние циклы, связанные с изменением эксцентриситета земной орбиты. Некоторые (хотя и не все) периоды более интенсивного отложения сапропеля совпадают с увеличением глубины больших восточноафриканских озер, о чем свидетельствуют глубоководные озерные отложения. Один из периодов максимальной глубины озер совпадает с появлением олдувайских орудий, а следующий такой период приходится на момент перехода к ашелю. Возможно, кратковременные дождливые периоды на фоне общего нарастания аридизации стимулировали эволюцию гоминид.



Изменения африканского климата и эволюция гоминид. По вертикальной оси — время в млн лет назад. Двумя темными горизонтальными полосами обозначены этапы "сгущения" важных событий в эволюции гоминид (А). Олдувайская обработанная галька и ашельское рубило маркируют моменты появления соответствующих каменных индустрий. Б — изменения содержания изотопа ^{13}C в компонентах растительного воска (по результатам подводного бурения в Аденском заливе); рост этой величины свидетельствует о распространении саванной растительности. В — процент видов ископаемых полорогих, приспособленных к питанию саванной растительностью. По рисунку из deMenocal, 2011.

РАСШИРЕНИЕ САВАНН. На фоне циклических колебаний влажности происходил также и направленный сдвиг в сторону аридизации климата в Восточной Африке. Его причиной было развитие периодических оледенений в высоких широтах (то самое "наступление ледникового периода"), а результатом — расширение площади саванн и сокращение лесов. Помимо эволюции

полорогих, о которой говорилось выше, на усиливающуюся аридизацию указывает рост количества пыли, сдуваемой ветром с африканского континента в океан. Судя по этому показателю, аридизация началась около 2,8 и достигла максимума 1,8—1,6 млн. лет назад (*deMenocal, 2004*).

Еще один источник данных о палеоклимате восточной Африки — соотношение стабильных изотопов углерода ^{13}C и ^{12}C в ископаемых растительных остатках. Саванная растительность из-за особенностей биохимических систем фотосинтеза содержит больше изотопа ^{13}C , чем лесная. Анализ изотопного состава растительных остатков в древних почвах и в морских отложениях Аденоского залива (это ближайшее к области распространения древних гоминид место, где проводилось подводное бурение) показал значительный рост содержания ^{13}C начиная с 3—2,5 млн лет назад; максимум был достигнут около 1,5 млн лет назад. Таким образом, несколько независимых источников данных подтверждают аридизацию и распространение саванн в этот период.

Все эти факты свидетельствуют о том, что климатические изменения, по-видимому, действительно оказали существенное влияние на эволюцию африканских гоминид. Значит ли это, что древние афарские австралопитеки и близкие к ним формы так и не дали бы начала ни парантропам, ни людям, если бы 3 млн лет назад климат в Африке не начал становиться более засушливым? Точного ответа на этот вопрос никто не знает (одним из аргументов против, на мой взгляд, являются приведенные в начале главы данные об использовании австралопитеками каменных орудий уже

3,4 млн лет назад). Но вряд ли можно сомневаться в том, что в иной климатической обстановке эволюция гоминид (а также бовид и других африканских животных) протекала бы иначе.

Покорение Евразии

Ранние эректусы были первыми гоминидами, сумевшими выбраться за пределы родного африканского континента и освоить просторы Евразии. Причем произошло это уже вскоре после их появления, о чем свидетельствуют, в частности, находки грузинских археологов.

Обнаружение останков "людей из Дманиси" стало одной из самых громких сенсаций в палеоантропологии конца XX века. Впервые кости древних людей, обитавших на территории Грузии 1,77 млн лет назад, были найдены в 1991 году, и с тех пор грузинские археологи, возглавляемые Давидом Лордкипанидзе, то и дело выкапывают там что-то новенькое. Сначала больше везло на черепа: их найдено и описано уже четыре. Особенно интересен один из них, принадлежащий глубокому старику (или, может быть, старухе). Владелец этого черепа лишился почти всех зубов задолго до смерти. Находка показывает, что люди из Дманиси заботились о своих стариках. Впоследствии были опубликованы и описания посткраниального скелета.

Грузинские находки интересны прежде всего тем, что это самые древние ископаемые остатки людей (и вообще гоминид), найденные за пределами Африки. В строении их черепов сочетаются примитивные признаки, характерные для древнейших представителей

человеческого рода — *Homo habilis* (в том числе маленький мозг объемом около 600— 680 см³), и более прогрессивные черты, сближающие людей из Дманиси с типичными *Homo erectus*. Такая же мозаика примитивных и продвинутых черт выявилась и в строении посткраниального скелета.

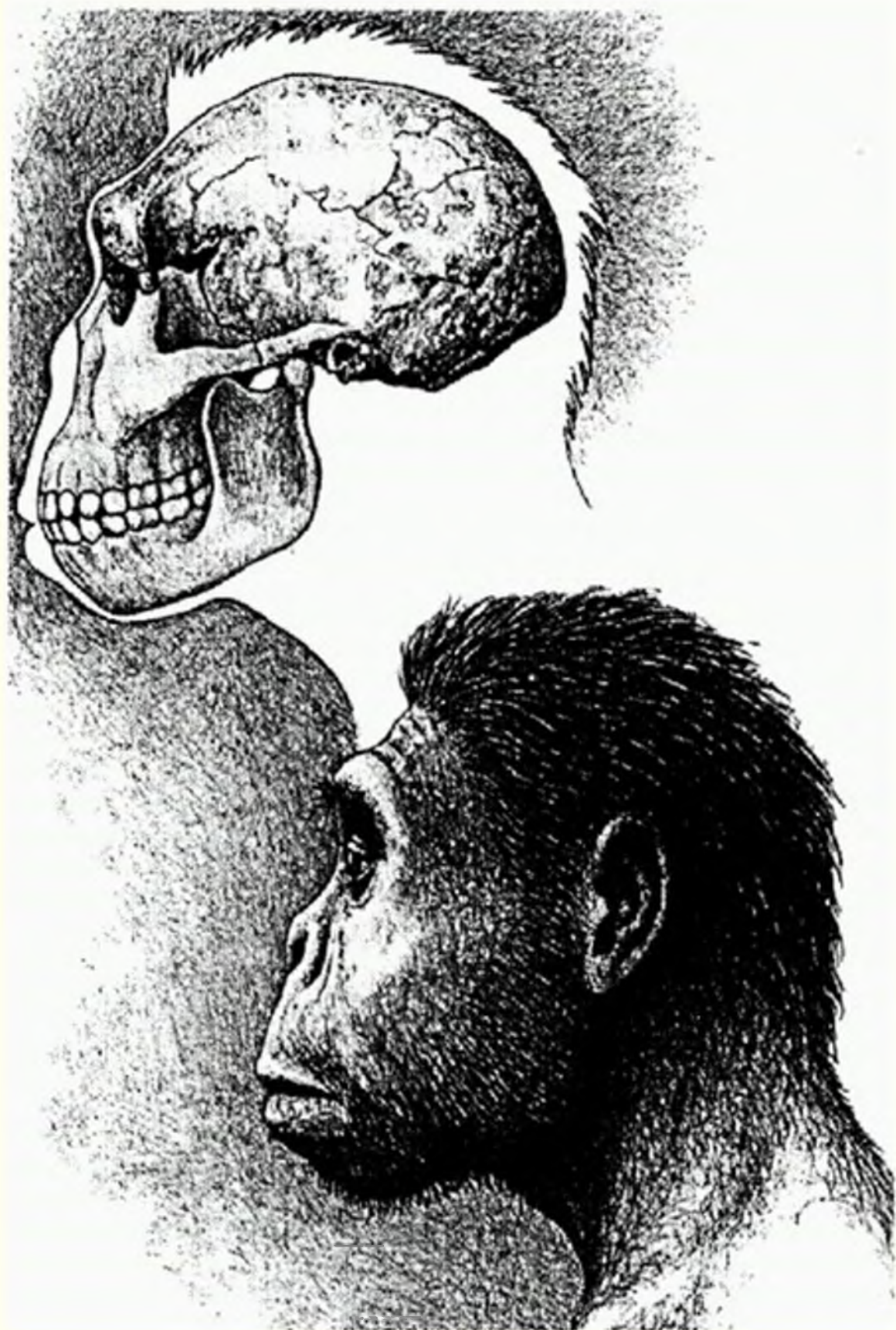
Древнейший достаточно полный посткраниальный скелет "настоящего" эректуса (возраст 1,55 млн лет) по всем основным признакам очень близок к нашему. Строение посткраниального скелета у хабилисов, к сожалению, до сих пор изучено слабо. Таким образом, детали преобразований скелета из того состояния, которое было у австралопитеков, в то, которое сформировалось у эректусов, проследить не удавалось, и в этом смысле грузинские находки представляют исключительный интерес.

Ноги у людей из Дманиси были почти такие же длинные, как у эректусов и современных людей, и заметно длиннее, чем у австралопитеков. По-видимому, эти люди отлично бегали и могли проходить пешком большие расстояния. Об этом же свидетельствует и строение позвонков. Судя по пропорциям и форме костей, ноги у людей из Дманиси были почти человеческие, не считая отдельных примитивных черт. Руки у них, однако, были скорее как у австралопитеков, что особенно заметно в строении плечевого сустава (по этому признаку люди из Дманиси напоминают также "хоббитов" с острова Флорес, о которых речь пойдет ниже).

По коэффициенту энцефализации, отражающему соотношение объема мозга и размеров тела, люди из Дманиси ближе к хабилисам, чем к эректусам. По

строению позвоночника они, наоборот, ближе к эректусам.

В целом по строению скелета люди из Дманиси занимают промежуточное положение между хабилисами и эректусами. Авторы находок сначала предложили выделять их в особый вид *Homo georgicus*, но не все антропологи с этим согласились. В принципе это дело вкуса: их можно называть примитивными эректусами, продвинутыми хабилисами или выделить в отдельный вид, а можно и вовсе оставить без названия, подчеркнув тем самым их переходный статус. Именно по такому пути и идут в последнее время многие эксперты, называя этих людей просто ранними *Homo* из Дманиси. Пожалуй, это лучше, чем называть их ранними эректусами: по мнению грузинских археологов, до настоящих эректусов людям из Дманиси еще довольно далеко.



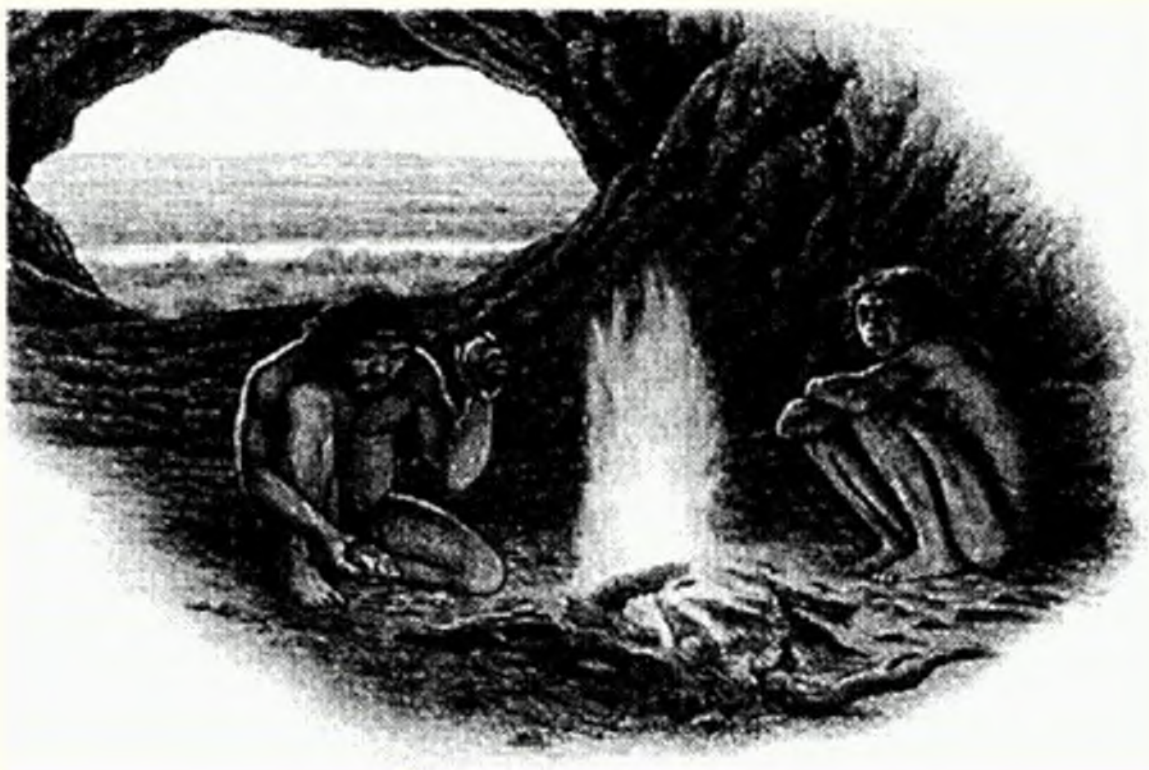
"Человек из Дманиси (рассматриваемый как примитивный представитель Homo erectus в широком смысле или выделяется в особый вид Homo georgicus,). Грузия, 1,77 млн лет назад.

Вопреки высказанным ранее догадкам на костях не обнаружено никаких признаков того, что их обладатели были жертвами хищников. В частности, сохранились целиком некоторые мелкие косточки, которые почти никогда не сохраняются в таком виде после трапезы хищного зверя.

В Дманиси найдены не только человеческие кости, но и довольно много одновозрастных скелетных остатков всевозможного крупного и мелкого зверья. На некоторых костях сохранились царапины, оставленные каменными орудиями. Одна кость, принадлежавшая большому травоядному животному, была разгрызена крупным хищником уже после того, как люди соскребли с нее мясо. Эта находка не может служить строгим доказательством того, что люди из Дманиси уже умели охотиться на крупных животных, но она по крайней мере показывает, что они могли получать доступ к тушам раньше своих конкурентов — медведей, гиен, леопардов и саблезубых тигров (*Lordkipanidze et al., 2007*). Каменные орудия, найденные вместе с костями людей из Дманиси, — олдувайские, самые примитивные.

Вскоре после своего появления в Грузии древние люди начали расселяться по югу Азии. На крайний юго-восток континента эректусы проникли, вероятно, около 1,5 млн лет назад. Несколько позже, около 1,2—1,3 млн лет назад, они объявились на северо-востоке Китая (судя по найденным там каменным орудиям). Не

исключено, что эти две популяции — китайская и юго-восточная — были изолированы друг от друга. Обе популяции жили в районах с преобладанием степных ландшафтов и множеством крупных травоядных животных. Между ними простирались густые субтропические леса, занимавшие значительную часть южного Китая и Индокитая. Эти леса, населенные орангутанами, гиббонами, вымершими огромными обезьянами гигантопитеками и гигантскими пандами, по-видимому, были непригодны для жизни *Homo erectus*, предпочитавших открытые пространства.



Homo erectus. Африка, Азия, Европа, 1,9—0,4-?0,05 лет назад.

Северо-китайская популяция, известная под названием синантропов, приспособилась к жизни вдали

от тропической зоны (около 40° северной широты) в то время, когда периодические оледенения были сравнительно невелики и непродолжительны. И все же это ясно указывает на высокую приспособляемость эректусов по сравнению с более ранними гоминидами. Конечно, ледники никогда не доходили до Северо-Восточного Китая, но во время оледенений здесь становилось значительно суше и холоднее. В дальнейшем (около 900 тыс. лет назад) оледенения стали сильнее и продолжительнее. Северная популяция эректусов тем не менее продержалась еще несколько сот тысячелетий и закончила свое существование не ранее чем 400—350 тыс. лет назад (*Shen et al., 2009*). Южная популяция, приспособившаяся к жизни в экваториальной зоне, продержалась существенно дольше: последние представители *Homo erectus*, возможно, жили на острове Ява еще 50 тыс. лет назад (по поводу этой датировки идут споры).

"Хоббиты" с острова Флорес

В октябре 2004 года в журнале Nature было опубликовано описание неизвестного ранее вида ископаемых людей — *Homo floresiensis*, живших на острове Флорес (Индонезия) менее 20 тыс. лет назад (то есть совсем недавно, когда неандертальцы уже вымерли, а сапиенсы широко расселились по Старому Свету). Находка была сделана в пещере Лянг Буа. Эти странные люди, прозванные хоббитами за маленький рост (не более метра), имели крошечный мозг (около 400 см³, примерно как у шимпанзе или даже немного меньше) и при этом изготавливали довольно совершенные каменные орудия. Авторы уникальной находки указали на сходство "хоббитов" с *Homo erectus*. По их мнению,

"хоббиты" скорее всего являются измельчавшими потомками эректусов, поселившихся на острове более 800 тыс. лет назад (судя по находкам орудий). Эта точка зрения многим экспертам с самого начала представлялась наиболее обоснованной.

Однако предлагались и другие интерпретации. Некоторые авторы допускали, что *Homo floresiensis* произошел не от эректусов, а от более архаичных гоминид — австралопитеков, остатки которых до сих пор известны только из Африки. Другие вообще утверждали, что "хоббит" был просто-напросто необыкновенно уродливым представителем *H. sapiens*, страдавшим микроцефалией в тяжелой форме.

Вокруг "хоббитов" развернулась бурная дискуссия. Я расскажу о ней поподробнее, чтобы читатели могли получить общее представление о том, как палеонтологи решают спорные вопросы при отсутствии прямых доказательств.

В апреле 2006 года в Пуэрто-Рико прошло совещание Палеоантропологического общества, на котором было сделано несколько важных докладов (Culotta, 2006). Сюзан Ларсон из Университета штата Нью-Йорк сообщила о новых анатомических деталях строения скелета *H. floresiensis*, подтверждающих исходную версию о происхождении этого вида от *H. erectus*.

Плечевая кость "хоббита", как выяснилось, существенно отличается от нашей. Если у нас головка плечевой кости повернута относительно локтевого сустава на 145—165 градусов, благодаря чему наши локти направлены назад и нам удобно работать руками перед собой в положении стоя, то у "хоббита" головка

плеча повернута лишь на 110 градусов. Эта особенность сама по себе могла бы затруднить орудийную деятельность *H. floresiensis*, однако ее компенсирует несколько иная, чем у нас, форма и ориентация лопатки. По-видимому, "хоббиты" могли работать руками так же эффективно, как и современные люди, однако удобное положение рук достигалось несколько иным способом, и "хоббитам" во время работы приходилось немного горбиться. А вот бросать предметы на большие расстояния они, скорее всего, не могли.

Ларсон изучила также скелеты других ископаемых гоминид и обнаружила, что у единственного более или менее полного скелета *H. erectus*, найденного в Кении, плечевая кость устроена так же, как у *H. floresiensis*. Раньше на это не обращали внимания. Ларсон пришла к выводу, что преобразования плеча на пути от первых гоминид к современному человеку проходили в два этапа, причем "хоббит" и эректус соответствуют первому из них.

В другом докладе на том же совещании Уильям Джангерс, коллега Ларсон по университету, рассказал о результатах реконструкции таза "хоббита". Хотя в ранних публикациях сообщалось о сходстве тазовых костей *H. floresiensis* с таковыми австралопитеков, Джангерс обнаружил ряд продвинутых признаков, что подтверждает версию о происхождении "хоббитов" от *H. erectus*.

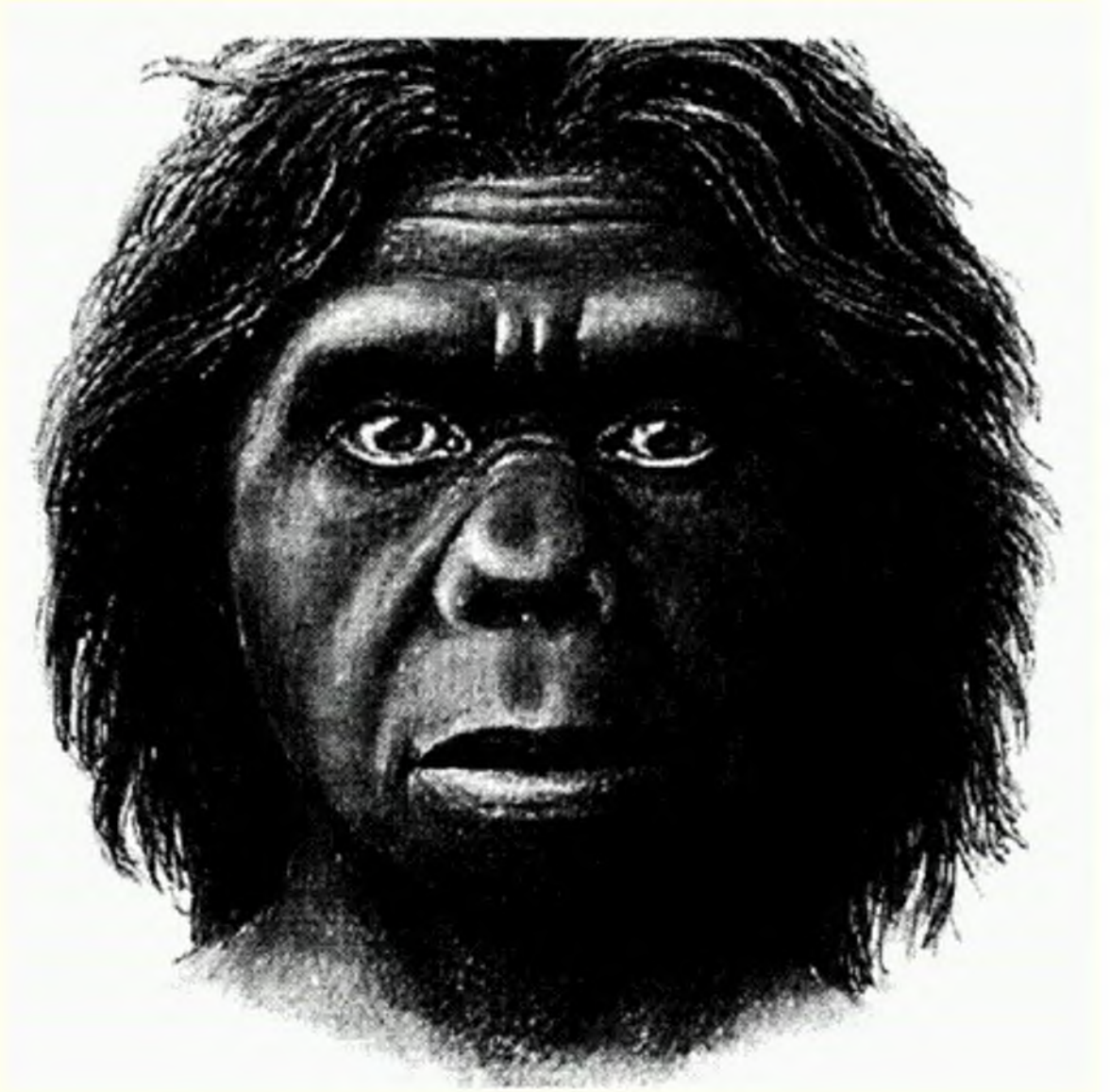
Авторы сенсационной находки считали, что найденный ими скелет принадлежал особи женского пола, однако впоследствии некоторые специалисты усомнились в этом. Джангерс сообщил, что кости конечностей других индивидуумов, обнаруженные рядом

с первым скелетом, заметно меньше по размеру. Это наводит на мысль, что, возможно, у этого вида имелся половой диморфизм (мужчины были крупнее женщин). Не исключено, что скелет принадлежал мужчине, а отдельные кости конечностей — женщинам.

Джангерс также сообщил, что среди найденных костей имеется и хорошо сохранившаяся ступня, которая до сих пор должным образом не исследована. Обращает на себя внимание ее крупный размер: не исключено, что "хоббиты" с острова Флорес, как и герои романа Толкина, были обладателями внушительных волосатых ступней.

В целом по мере изучения "хоббитов" позиции скептиков становятся все более шаткими. Однако некоторые из них продолжают упорствовать. Например, палеоантрополог Роберт Мартин и его коллеги полагают, что мозг "хоббитов" слишком мал для того, чтобы принадлежать полноценной гоминиде таких размеров (*Martin et al., 2006*). "Я не уверен на 100 %, что это микроцефалия, — говорит Мартин. — Я лишь утверждаю, что мозг у него все-таки слишком маленький".

Самый веский аргумент против "микроцефальной" версии состоит в том, что помимо исходного скелета в пещере Лянг Буа на острове Флорес обнаружены остатки еще нескольких индивидуумов, явно относящихся к тому же виду. По справедливому замечанию Джангерса, Мартин фактически настаивает на том, что на острове существовала целая деревня идиотов-микроцефалов. Правда, черепная коробка сохранилась только у одного экземпляра (LB1), но имеются нижние челюсти, строение которых позволяет предполагать, что у других обитателей Лянг Буа мозг был не крупнее, чем у LB1.



*Homo floresiensis. Остров Флорес (Индонезия),
95—12 тыс. лет назад.*

Любопытно, что и после открытия неандертальцев некоторые ученые пытались доказать, что найденные кости принадлежат не особой разновидности древних людей, а людям современного типа, страдавшим олигофренией. Похоже, ситуация повторяется, причем

исход дискуссии, похоже, снова будет не в пользу скептиков.

Вскоре после публикации комментария Мартина и его коллег большая международная группа археологов сообщила о новом весомом аргументе в пользу того, что *Homo floresiensis* — не микроцефал, не пигмей и не галлюцинация, а особый карликовый вид человека.

Вместе с костями девяти особей *Homo floresiensis* в пещере Лянг Буа первооткрыватели нашли многочисленные каменные орудия. Скептики утверждали, что эти орудия слишком совершенны, чтобы их могло изготовить существо с объемом мозга 400 см³, и что на самом деле это изделия сапиенсов — людей современного типа.

Древнейшие скелетные остатки *Homo sapiens*, обнаруженные на Флоресе, имеют возраст 11,5 тыс. лет — они немного моложе самых молодых костей "хоббитов". Вместе с костями сапиенсов найдены куда более совершенные орудия с полированными лезвиями, а также бусины и другие артефакты, свидетельствующие о принципиально ином (верхнепалеолитическом) уровне культуры.

Кроме сравнительно примитивных орудий "хоббитов" и изысканных верхнепалеолитических изделий людей современного типа на острове были найдены очень древние орудия, принадлежавшие, по-видимому, представителям вида *Homo erectus*, заселившим остров более 800 тыс. лет назад. Кости самих эректусов пока не найдены. Если правы скептики, считающие "хоббитов" уродливыми людьми современного типа, то орудия, найденные вместе с "хоббитами", должны сильно отличаться от продукции эректусов. Если

же правы первооткрыватели "хоббитов", то *Homo floresiensis* — прямые потомки заселивших остров эректусов, и их орудия должны быть схожи между собой и резко отличаться от изделий *H. sapiens*. Исследование, проведенное группой ученых из Австралии, Индонезии и Нидерландов, подтвердило вторую версию (*Brumm et al., 2006*).

Впервые древние орудия (в количестве нескольких десятков) были найдены в 1994 году в 50 км к востоку от пещеры Лянг Буа. В 2004—2005 годах археологи в ходе интенсивных раскопок в этом районе добыли еще около 500 артефактов. В Лянг Буа вместе с костями хоббитов нашли 3264 каменных артефакта.



Череп "хоббита". Фото из Brown et al., 2004.

Древние орудия происходят из слоя озерно-речных отложений, который в некоторых местах ограничен сверху и снизу вулканическими прослоями, что позволяет с большой точностью определить возраст артефактов. Нижний вулканический прослой имеет возраст 880 ± 70 , верхний — 800 ± 70 тыс. лет. Орудия, следовательно, были изготовлены между этими датами.

Каменная индустрия первопоселенцев острова была довольно примитивна — недалеко ушла от олдувайской. Большая часть артефактов сделана из низкокачественного материала — гальки вулканического происхождения, которую подбирали прямо на месте, но попадаются и изделия из более высококачественного тонкозернистого кремнистого известняка (27 артефактов) и халцедона. Материал для этих изделий, по-видимому, был принесен издалека.

Технология заключалась в откалывании отщепов от ядра. Для этого просто колотили одной галькой другую или использовали в качестве молотка отработанное ядро. Отщепы получались в основном мелкого и среднего размера. Большую часть "продукции" бросали на месте изготовления и никогда не использовали. Некоторые (в основном крупные) отщепы подвергались дополнительной обработке — ретушированию. Например, край отщепа мог быть заострен путем откалывания от него более мелких отщепов. Пять орудий были обработаны особенно тщательно — от них откалывали маленькие кусочки до тех пор, пока не получили некое подобие остроконечника, который можно было

использовать, например, для прокалывания дырок в шкурах.

Каменная индустрия первопоселенцев острова оказалась очень похожа на изделия *H. floresiensis* по основным качественным и количественным параметрам. Проколки, найденные среди древних орудий, напоминают аналогичные инструменты из Лянг Буа, а отработанные ядра из двух местонахождений во многих случаях практически неразличимы. Пожалуй, единственное существенное отличие двух наборов каменного инвентаря состоит в том, что среди находок из Лянг Буа есть 12 артефактов, раскрошившихся под воздействием огня, а среди древних орудий этого не наблюдается.

Эти результаты подтверждают гипотезу о происхождении *H. floresiensis* от эректусов, заселивших остров около 800 тыс. лет назад или ранее. За сотни тысяч лет спокойной жизни на острове среди экзотических карликовых слонов — стегодонов, гигантских крыс и варанов островитяне измельчали, а их технологическое развитие почти полностью остановилось. Появление на Флоресе людей современного типа — рослых верхнепалеолитических охотников с высокоразвитой каменной индустрией — обрекло маленький отсталый народец на неизбежную гибель. Впрочем, судя по легендам о маленьких лесных людях, бытующим среди современных островитян, последние "хоббиты", возможно, вымерли лишь несколько столетий назад.

Дискуссия на этом не завершилась. Вскоре в журнале *Proceedings of the National Academy of Sciences* появилась очередная статья скептиков (*Jacob et al., 2006*), в которой рассматривались следующие аргументы.

1. Главный отличительный признак *H. floresiensis* — маленький объем мозга (около 400 см³). Однако череп был найден только один; кости других индивидуумов не дают веских оснований утверждать, что у них тоже был маленький мозг.

2. Каменные орудия, найденные вместе с костями "хоббитов", отличаются большой сложностью. В частности, найдены мелкие лезвия, бывшие частями составных орудий. Такими технологиями владели только люди современного типа. Сходство орудий "хоббитов" с обнаруженными на острове древними изделиями эректусов, по мнению авторов, является весьма поверхностным.

3. Чтобы на острове сформировался новый вид людей, необходима полная изоляция. Однако нет веских оснований утверждать, что архантропы проникли на остров только единожды и в дальнейшем не было никаких контактов между обитателями Флореса и другими человеческими популяциями. Про карликовых слонов — стегодонов известно, что они проникали на Флорес как минимум дважды. А если контакты между островитянами и другими людьми сохранялись, как можно утверждать, что островитяне действительно были обособленным видом? Люди, по-видимому, могли многократно проникать на Флорес во время ледниковых максимумов, когда уровень моря падал и проливы между островами Малайского архипелага сужались или вовсе исчезали.

4. Остров Флорес слишком мал, чтобы изолированная популяция охотников-собирателей могла просуществовать на нем в течение 40 тыс. поколений. Площадь острова (14 200 км²), по имеющимся оценкам,

достаточна для существования лишь 570—5700 первобытных людей, тогда как, по другим имеющимся оценкам, популяция крупных позвоночных должна начитывать как минимум 5816— 7316 взрослых особей, чтобы у нее был реальный шанс продержаться 40 тыс. поколений.

5. Карликовость сама по себе не может служить аргументом в пользу выделения "хоббитов" в особый вид, поскольку подобные вариации размеров широко распространены у многих млекопитающих, в том числе у человека. Например, африканские пигмеи вовсе не являются отдельным видом, и генетически они не изолированы от соседних племен.

6. Ни один из морфологических признаков единственного черепа "хоббита" и обеих нижних челюстей не выходит за пределы индивидуальной изменчивости, характерной для современных жителей Меланезии и Австралии. Даже те признаки, которые в первоописании были особо отмечены как "не встречающиеся у современных людей" (например, некоторые особенности строения барабанной кости), в действительности встречаются у аборигенов Австралии и недавно вымерших тасманийцев. Отсутствие у "хоббитов" подбородочного выступа также ни о чем не говорит, поскольку у пигмеев рампасаса, живущих неподалеку от пещеры Лянг Буа и специально исследованных авторами статьи, этот признак встречается весьма часто (**С. В. Дробышевский по этому поводу замечает, что из опубликованных данных не понятно, как определяли отсутствие подбородочного выступа. Похоже, что это делали на глазок или даже по фотографии, а это неправильно. Для рампасасцев, как и для других меланезийцев, характерен**

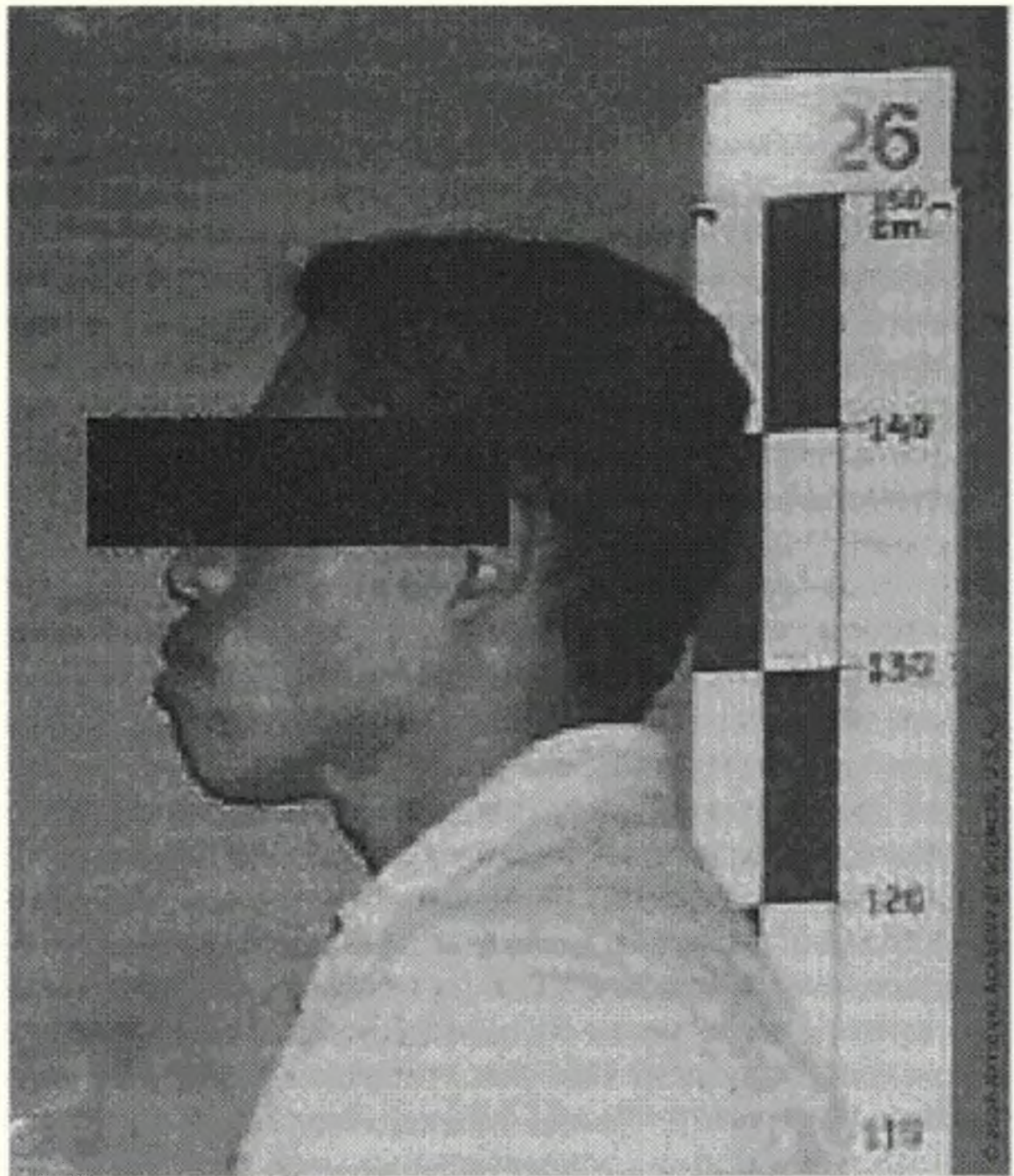
прогнатизм (выступление вперед челюстей), поэтому сильно выступающие губы могут маскировать подбородочный выступ).

7. Главная отличительная особенность "хоббитов" — маленький мозг в сочетании с низким ростом — по мнению авторов, является следствием микроцефалии. Авторы сообщают, что микроцефалия обычно сопровождается целым комплексом других отклонений, среди которых одним из самых обычных является карликовость. Чрезвычайно высокая степень зарастания черепных швов, характерная для черепа "хоббита", могла быть первопричиной целого комплекса аномалий, включая малый объем мозга. В частности, авторы отмечают сильно выраженную асимметрию черепа, в особенности его лицевой части. Эта асимметрия выходит за пределы того, что считается клинической нормой, и говорит о том, что череп из Лянг Буа принадлежал индивиду с серьезными нарушениями развития.

8. Первооткрыватели "хоббитов" указали особенности строения зубов, которые отличают их находку от современных людей. Авторы детально разбирают эти особенности и показывают, что все они с той или иной частотой встречаются в современных человеческих популяциях, причем некоторые черты указывают на близость "хоббита" к современным флоресийским пигмеям рампасаса.

9. Рассматривая строение посткраниального скелета (то есть всех костей, не относящихся к черепу), авторы указывают на ряд черт, свидетельствующих о том, что типовой экземпляр *H. floresiensis* страдал тяжелыми пороками развития. О посткраниальных костях других индивидуумов, относимых к тому же виду, авторы

упоминают лишь вскользь, отмечая, что "они в целом соответствуют представлению о том, что популяция из Лянг Буа была карликовой" и, самое главное, "эти кости ничего не говорят о размерах черепной коробки их обладателей".



В большинстве учебников по антропологии можно прочесть, что подбородочный выступ - одна из самых характерных отличительных черт Homo sapiens, по которой челюсть современного человека всегда можно отличить от челюсти неандертальца или питекантропа. Однако среди пигмеев рампасаса с острова Флорес встречаются индивидуумы, лишенные подбородочного выступа. Фото из Jacob et al., 2006.

Многие из перечисленных аргументов (в особенности третий, четвертый и седьмой), по-моему, весьма уязвимы для критики. Тем не менее статья стала серьезным ударом по позициям "оптимистов". Несомненно, вся аргументация скептиков мгновенно рассыплется в пух и прах, если удастся откопать на Флоресе еще один маленький череп с теми же чертами. Но этого пока не произошло.

Однако в последние 2-3 года "оптимисты" явно стали одерживать верх. Это видно из того, что другие антропологи, сами не изучавшие "хоббитов", все чаще используют *Homo floresiensis* как материал для сравнения и основу для эволюционных гипотез. Выдвигаются и новые "оптимистические" аргументы.

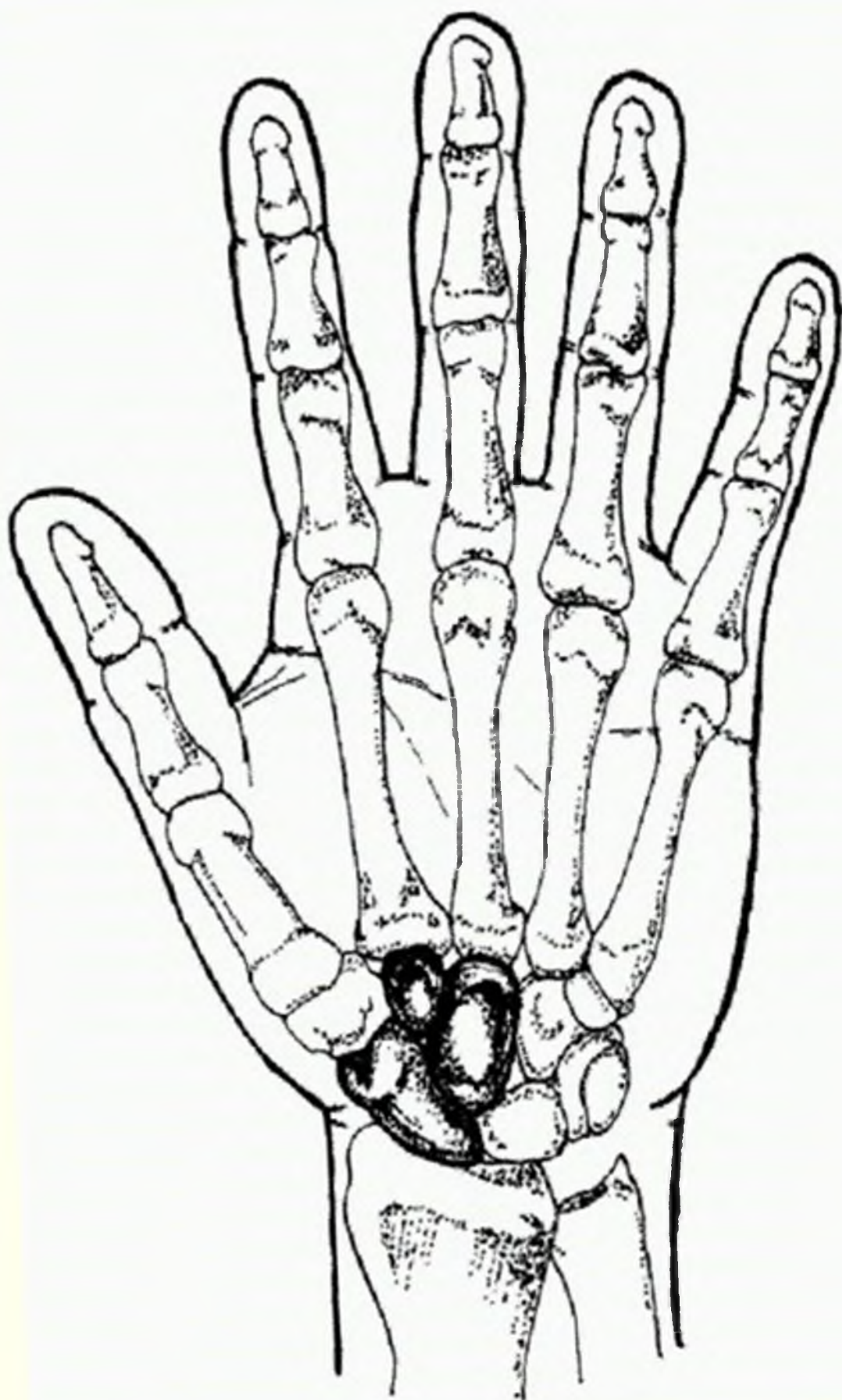
В 2007 году "оптимисты" опубликовали статью в Science, в которой обратили внимание на то, что до сих пор дискуссия шла в основном вокруг строения черепа и зубов, хотя кости конечностей у приматов тоже могут служить важным источником информации о родственных связях и групповой принадлежности. В частности, кости запястья *Homo sapiens* имеют ряд продвинутых черт, которых нет у других современных приматов.

Авторы показали, что эти "человеческие" признаки характерны также и для наших ближайших ископаемых родственников: верхнепалеолитических сапиенсов (кроманьонцев) и неандертальцев, а также для *Homo antecessor* — вида, который считается близким к общему предку неандертальцев и сапиенсов (см. ниже). Поскольку *Homo antecessor* жил около 1,0— 0,8 млн лет назад, авторы полагают, что и этот комплекс признаков запястья сформировался не позже (*Tocheri et al., 2007*). Ученые исследовали три косточки левого запястья, принадлежащие типовому экземпляру *Homo floresiensis* (экземпляр LB1). Косточки были выкопаны в сентябре 2003 года, хорошо сохранились и не несут признаков патологии.

Выяснилось, что все три косточки не имеют продвинутых признаков, характерных для сапиенсов и неандертальцев, и находятся в том исходном, примитивном состоянии, которое наблюдается у шимпанзе, горилл, орангутанов, австралопитеков и хабилисов.

Авторы привлекли для сравнения 252 кости запястий современных людей со всех концов Земли, в том числе лиц, страдающих различными нарушениями развития скелета; 117 костей шимпанзе, 116 гориллых, 40 орангутаньих, 19 павианьих, четыре кости верхнепалеолитических сапиенсов, 13 костей неандертальцев, три кости австралопитеков и одну косточку хабилиса. Кроме того, они использовали обширные литературные данные по различным аномалиям в строении запястья, которые встречаются у современных людей. Ученые пришли к выводу, что примитивные признаки, наблюдаемые у хоббита LB1, не могут быть результатом известных болезней или

аномалий развития. По их мнению, прогрессивные черты в строении запястья, характерные для современного человека, появились в промежутке между 0,8 и 1,8 млн лет назад в эволюционной линии, включающей сапиенсов, неандертальцев и их общего предка. Что же касается "хоббитов", то они произошли от каких-то более примитивных гоминид, у которых эти признаки еще находились в исходном, "обезьяньем" состоянии, как у австралопитеков и хабилисов.



Скелет кисти. Выделены косточки запястья, сохранившиеся у "хоббита" (слева направо: ладьевидная, трапециевидная, головчатая).

К сожалению, кости запястья *Homo erectus* — вероятного предка "хоббитов" — до сих пор не найдены.

Еще одна порция "оптимистических" аргументов появилась в 2009 году. Изучение эндокрана (слепка мозговой полости) единственного черепа *Homo floresiensis* показало, что, хотя размер мозга у "хоббита" был такой же, как у шимпанзе, его структура подверглась существенной реорганизации. В частности, изменились размеры и форма некоторых отделов коры, связанных с "высшими" мыслительными функциями. Это не обезьяний мозг, но и не мозг современного человека, страдающего микроцефалией (***Ранее на сходство эндокрана "хоббита" с эндокранами австралопитеков указывал С. В. Дробышевский (2007).*** Обнаруженные особенности помогают понять, как удавалось "хоббитам" при таком маленьком мозге иметь довольно высокую культуру, в частности изготавливать каменные орудия (*Falk et al., 2009*). Археологические данные также свидетельствуют о том, что прибывшие на Флорес около 12 тыс. лет назад современные люди, возможно, переняли некоторые приемы обработки камня у аборигенов — "хоббитов" (возраст найденных костей "хоббитов", по последним данным, составляет от 95 до 12 тыс. лет. Скорее всего, "хоббиты" дожили до прихода сапиенсов) (*Moore et al., 2009*).

Важные факты, проливающие свет на происхождение и родственные связи "хоббитов", были получены в ходе изучения стопы LB1 (*Jungers et al.,*

2009). По некоторым признакам стопа "хоббита" напоминает человеческую: большой палец прилегает к остальным (а не противопоставлен им, как у шимпанзе); верхняя часть свода укреплена, что позволяет эффективно отталкиваться при ходьбе; кости плюсны тоже похожи на человеческие по ряду признаков. Но в других отношениях стопа "хоббита" сильно отличается от нашей. Прежде всего, она слишком большая для человека такого роста. По относительному размеру стопы "хоббит" соответствует шимпанзе и австралопитекам, но не сапиенсам. К примитивным признакам относятся также очень длинные пальцы, кроме большого, который, напротив, укорочен (это тоже сближает "хоббитов" не с сапиенсами, а с ранними гоминидами). Стопа "хоббита" хорошо приспособлена для хождения на двух ногах, но она плохо подходит для быстрого бега. Например, ее свод не имеет особого пружинящего механизма, характерного для *Homo sapiens*. Длинные пальцы могли быть удобны при размеренном шаге, но были бы помехой при беге.

Найденные в Кении следы *Homo erectus*, возраст которых составляет 1,43 млн лет (см. выше), показывают, что к тому времени наши предки уже имели вполне современную походку и строение стопы. Следовательно, эволюционные пути предков "хоббитов" и современных людей разошлись, скорее всего, раньше этой даты (если только примитивная стопа не развилась у хоббитов вторично).

До сих пор наиболее вероятными предками "хоббитов" считали эректусов, которые предположительно проникли на Флорес 800-900 тыс. лет назад и постепенно измельчали, превратившись в условиях островной изоляции в особый карликовый вид

людей. Новые данные свидетельствуют в пользу другой версии, которая тоже высказывалась, но представлялась менее вероятной, — о происхождении "хоббитов" от более примитивных гоминид, близких к австралопитекам или хабилисам. Эта версия, между прочим, лучше согласуется с маленьким размером мозга хоббитов. Закономерности изменения относительных размеров мозга и тела в ходе эволюции млекопитающих, в том числе приматов, хорошо изучены. На основе этих закономерностей можно заключить, что карлики метрового роста, произошедшие от сапиенсов, должны были бы иметь мозг объемом около 1100 см^3 , от эректусов — около $500\text{-}650 \text{ см}^3$. Но объем мозга у LB1 — всего 400 см^3 , так что в этом отношении хабилисы и австралопитеки лучше подходят на роль предков "хоббитов", чем эректусы или тем более современные люди.

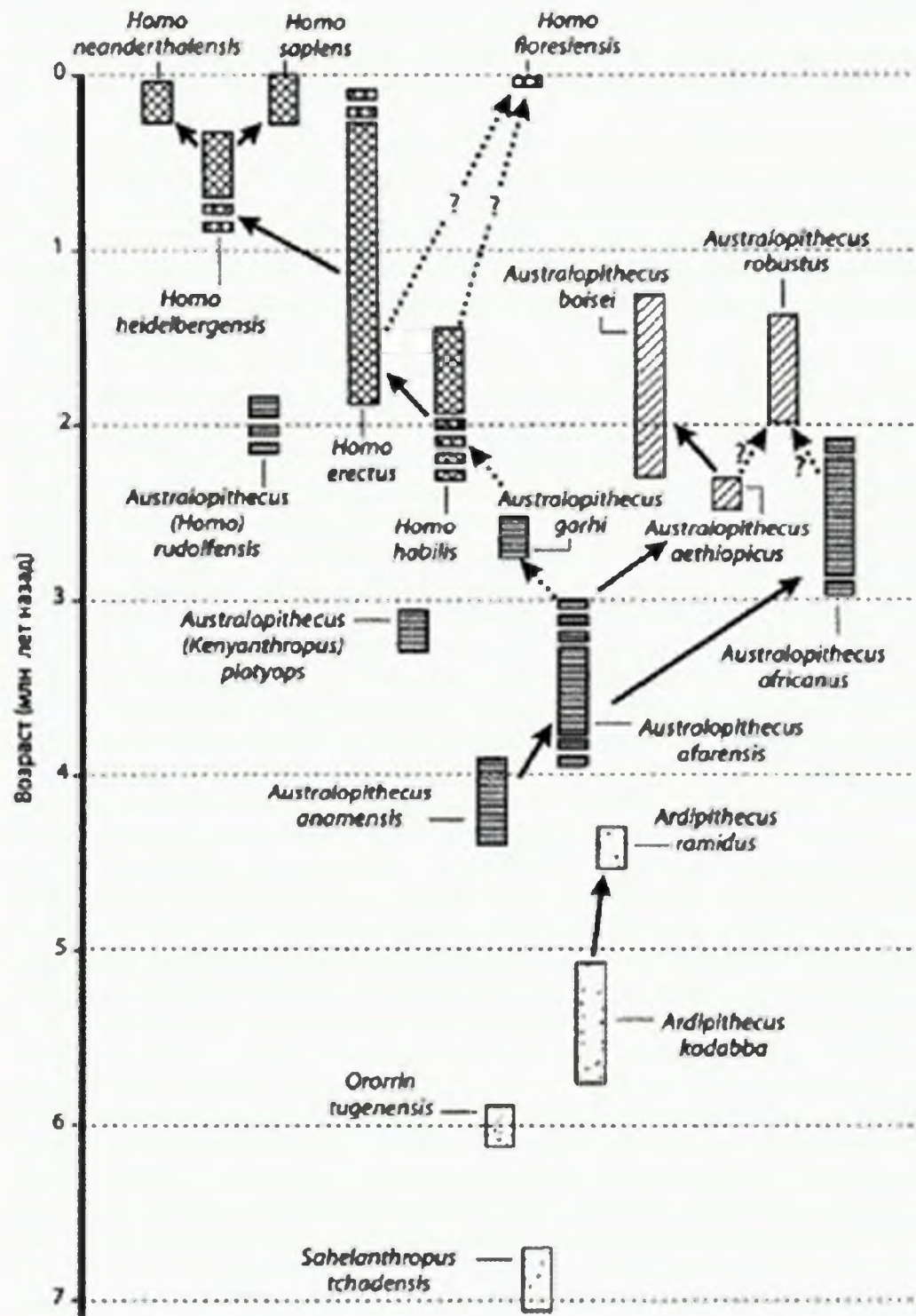
Проблема, однако, в том, что ни австралопитеки, ни хабилисы никогда не выходили за пределы своего родного африканского континента — по крайней мере никаких фактов, указывающих на такую возможность, до сих пор не обнаружено. Чтобы добраться до далекого Флореса, примитивным африканским гоминидам пришлось бы проделать громадный путь, в том числе по таким ландшафтам, к которым они вряд ли сумели бы приспособиться. Как же предки "хоббитов" попали на Флорес?

В принципе предками "хоббитов" могли быть ранние представители человеческого рода, промежуточные между хабилисами и типичными эректусами. Именно на этом этапе развития, около 1,77 млн лет назад, люди впервые вышли за пределы родного

африканского континента, о чем свидетельствуют находки в Дманиси. Но объем мозга у людей из Дманиси был равен 600—650 см³ при весе около 40 кг ("хоббиты" весили примерно 30 кг). Расчеты, проведенные на основе вышеупомянутых закономерностей, показывают, что люди из Дманиси все-таки были слишком "мозговитыми", чтобы претендовать на роль предков хоббитов.

Решить эту проблему неожиданным образом помогли... гиппопотамы. Правда, не современные, а ископаемые карликовые гиппопотамы, еще сравнительно недавно (тысячу лет назад) жившие на острове Мадагаскар. В условиях островной изоляции гиппопотамы, подобно предкам "хоббитов" и многим другим млекопитающим, оказавшимся в подобной ситуации, стали мельчать. При этом объем их мозга, как выяснилось, уменьшался быстрее, чем ему было "положено" в соответствии с установленными ранее закономерностями. В пределах одного вида у млекопитающих объем мозга обычно меняется пропорционально объему тела, возведенному в степень 0,25 или менее; для групп близкородственных видов этот показатель колеблется от 0,2 до 0,4. Иными словами, объем тела обычно меняется гораздо быстрее, чем объем мозга. Поэтому относительный размер мозга у карликовых форм, как правило, больше, чем у крупных. Однако в случае быстрого уменьшения размеров тела в условиях островной изоляции этот показатель, как выяснилось, может приближаться к 0,5. Это означает, что островная карликовость может вести к аномально быстрому уменьшению мозга (*Weston, Lister, 2009*). Если экстраполировать данную закономерность на людей из Дманиси и "хоббитов", то получается, что первые вполне могли быть предками вторых. Произошедшее при этом

уменьшение мозга сопоставимо с тем, что наблюдалось у мадагаскарских гиппопотамов.



Время существования и предполагаемые родственные связи ископаемых гоминид. По вертикальной оси — время в млн лет назад. Сплошными

стрелками показаны более или менее точно установленные родственные связи, пунктирными — гипотетические. Показаны два возможных варианта происхождения Homo floresiensis — от ранних эректусов и от хабилисов. По рисунку из Lieberman, 2009.

Под давлением новых фактов многие эксперты, до сих пор сомневавшиеся в том, что "хоббиты" являются особым видом людей, а не выродившимся карликовым племенем сапиенсов, пересматривают свои взгляды. Среди них — Дэниел Либерман из Гарвардского университета. По мнению Либермана, наиболее вероятными предками "хоббитов" на сегодняшний день следует считать ранних эректусов, близких к людям из Дманиси, однако и хабилисов нельзя сбрасывать со счетов. Не исключено, что ранние представители человеческого рода (хабилисы, ранние эректусы и им подобные) были намного разнообразнее, а область их распространения — куда шире, чем это нам сегодня известно (*Lieberman, 2009*).

ГЛАВА 3. ОТ ЭРЕКТУСОВ К САПИЕНСАМ

Эректусы осваивают мир

В течение второго миллионолетия до н. э. эректусы постепенно расселялись по просторам Евразии, неся с собой древнейшую технологию обработки камня — олдувайскую. Технические усовершенствования если и появлялись кое-где за пределами Африки, то редко и незначительные. Археологи полагают, что евразийские популяции эректусов были немногочисленны и сильно разобщены, хотя эпизодические встречи и обмен генами между ними, возможно, все-таки происходили, так что в масштабе сотен тысячелетий могла поддерживаться относительная генетическая общность человечества. Но разобщенность была достаточной для того, чтобы эректусы смогли подразделиться на несколько географических рас (что они, возможно, и сделали).

В Африке плотность населения и разнообразие гоминид были куда выше, чем в Евразии. Здесь еще долго бок о бок с эректусами жили хабилисы и парантропы (и вовсе не факт, что представители некоторых популяций, относимых к разным видам, не могли иногда друг с другом скрещиваться) (***К тому времени (1,9-1,5 млн лет назад) с момента разделения эволюционных линий хабилисов, эректусов и парантропов прошло, по-видимому, не более 1-2 млн лет. Этого недостаточно, чтобы считать полностью исключенной возможность межвидовой гибридизации. Обычно для***

достижения полной генетической несовместимости между разобщенными популяциями требуется в среднем около 3 млн лет. К тому же у приматов известны как межвидовые, так и межродовые гибриды: например, между геладями (*Theropithecus gelada*) и гамадрилами (*Papio hamadryas*). Судя по палеонтологическим данным, эти два рода разошлись более 3,5 млн лет назад (Jolly et al., 199/). Межродовые гибриды обычно бесплодны, но межвидовые (например, между разными видами макак) могут быть плодовитыми), да и самих эректусов было больше. В такой разнообразной и насыщенной среде эволюция шла быстрее. Вероятно, сказывались и более острая конкуренция — стимул для эволюционной "гонки вооружений", и возможности для культурного обмена. Проявилось это прежде всего в развитии каменных технологий.

Олдувайская технология основана на производстве острых отщепов случайной формы, которые используются в качестве орудий, тогда как остающиеся "ядра" (нуклеусы), как правило, представляют собой производственные отходы. Около 1,7 млн лет назад в Африке появляются первые орудия нового, ашельского типа, изготовление которых требовало куда большего мастерства. Это событие приблизительно совпадает во времени с периодом быстрого увеличения мозга у эректусов, так что причинная связь между двумя событиями кажется вполне вероятной. Правда, что здесь было причиной, а что следствием, сказать трудно: можно привести доводы в пользу обеих точек зрения, но все — чисто умозрительные. Главное отличие ашельских орудий состоит в том, что им целенаправленно

придавали определенную форму. Основным изделием стал нуклеус, причем его заостряли по периметру, так что получалось обоюдоострое ручное рубило, или бифас. Иногда рубила делались не из природного куса камня, а из предварительно отколотых кремневых отщепов.

Вопрос о том, насколько резким или постепенным был переход от олдувая к ашелю, остается спорным. С одной стороны, известен так называемый развитой олдувай, трактуемый некоторыми экспертами как переходная культура, однако другие авторы оспаривают его переходный статус (*Semaw et al., 2009*).

К позднеашельской эпохе (примерно 0,5 млн лет назад) форма орудий становится весьма совершенной и стандартизированной.

Историк Б. Ф. Поршнев полагал, что эректусы делали свои орудия бессознательно, инстинктивно. В свете того, что мы знаем сегодня о поведении приматов, эту гипотезу можно смело отвергнуть. Даже умение колоть орехи камнями у шимпанзе не может стать инстинктивным — оно сохраняется в ряду поколений как культурная традиция, и каждой обезьяне приходится долго учиться этому искусству, подражая старшим. Несомненно, мастерство изготовления каменных орудий — и олдувайских, и ашельских — тоже было культурной традицией, знанием, передававшимся путем обучения и подражания.

На слабость связей между африканскими и евразийскими популяциями эректусов указывает тот факт, что ашельские технологии долго не покидали пределов Африки. Многие популяции евразийских эректусов и их потомков продолжали пользоваться примитивными олдувайскими орудиями спустя сотни

тысяч, даже миллион лет после того, как в Африке были изобретены бифасы. Например, галечные орудия олдувайского типа найдены на стоянках Бильцингслебен в Германии (400—300 тыс. лет назад) и Вертешсёллэш в Венгрии (300-200 тыс. лет назад). Есть аналогичные находки и в России (стоянка Карама в Горном Алтае).

Лишь 500—350 тыс. лет назад позднеашельские орудия проникли через Ближний Восток на просторы Евразии (*Деревянко, 2005*). Скорее всего, это был не просто культурный обмен, а новая волна расселения выходцев из Африки. Причем это были уже не эректусы, а их более продвинутые потомки, которых сейчас классифицируют как "гейдельбергских людей (*Homo heidelbergensis*) в широком смысле". К сожалению, археологи находят каменные орудия на много порядков чаще, чем кости их производителей (камни лучше сохраняются), поэтому часто бывает трудно понять, кто какие орудия изготавливал. Но можно заметить, что время позднеашельской экспансии совпадает со временем разделения популяций предков сапиенсов и неандертальцев, которое определили недавно на основе анализа неандертальского генома (см. главу "Другое человечество"). Может быть, люди, принесшие позднеашельские технологии с Ближнего Востока в Европу, как раз и были представителями той предковой, еще не разделившейся популяции, от которой впоследствии произошли в Европе неандертальцы, а в Африке сапиенсы? Впрочем, если и так, то они, скорее всего, смешивались и с другими популяциями, то есть не были единственными предками двух "высших" видов людей.

Первые европейцы

В раннем палеолите (*ранний палеолит, он же нижний палеолит или ранний древнекаменный век, — период, охватывающий почти всю историю человечества от начала олдувайской культуры, зародившейся 2,6 млн лет назад, и вплоть до конца позднеашельской, которая начала сменяться среднепалеолитическими технологиями где-то около 0,2 млн лет назад*) Европа никак не могла претендовать на статус центра цивилизации. Она была скорее задворками Ойкумены, "медвежьим углом". Но все же и сюда добирались отголоски прогресса, ковавшегося в те времена в основном в Африке.

Древнейшим бесспорным свидетельством присутствия человека в Европе на сегодняшний день являются, по-видимому, человеческие кости, обнаруженные недавно в пещере Сима-дель-Элефанте ("Слоновая яма") в районе Атапуэрка на севере Испании. В 2008 году большая группа исследователей из Испании и США сообщила в журнала Nature о найденных здесь 32 примитивных каменных орудиях и части нижней челюсти человека с несколькими сохранившимися зубами (*Carbonell et al., 2008*).

Самое замечательное в находке — это, конечно, ее возраст: 1,1—1,2 млн лет. Для определения возраста ученые сумели применить три независимых метода: биостратиграфический, палеомагнитный и радиометрический (*О методах геохронологии см.: Марков А. В. Хронология далекого прошлого. <http://elementy.ru/lib/430055>*).

Высота пещеры Сима-дель-Элефанте составляет около 16 м, и в настоящее время она заполнена грунтом до потолка. Глина, песок и обломки камней заносились в пещеру с дождевыми потоками в течение нескольких сотен тысячелетий, пока не забили ее целиком. В пещерных отложениях выделено 13 последовательных слоев. Следы присутствия человека обнаружены в третьем слое снизу, примерно в четырех метрах от каменного дна пещеры. В одном слое с человеческой челюстью найдены кости мелких млекопитающих, в том числе мышевидных грызунов и хищников из семейства куньих. Среди этих зверьков есть виды, вымершие более миллиона лет назад. Значительно выше — на высоте и метров, между слоями 10 и 11 — удалось провести надежную магнитостратиграфическую границу, возраст которой составляет 0,78 млн лет. Человеческая челюсть, следовательно, намного древнее указанной даты.

Кроме того, удалось использовать сравнительно малоизвестный радиометрический метод, основанный на распаде "космогенных" радиоактивных изотопов ^{26}Al и ^{10}Be . Эти изотопы образуются с постоянной скоростью под воздействием космических лучей в кристаллах кварца, находящихся на поверхности земли. Если камень попадает в пещеру, изотопы ^{26}Al и ^{10}Be перестают образовываться и только распадаются. По содержанию этих изотопов можно определить время, проведенное данным кусочком кварца в защищенном от космических лучей месте. При помощи этого метода ученые определили возраст двух образцов, один из которых был взят на 40 см выше человеческой челюсти, а другой на 4 м ниже, у самого дна пещеры. Возраст захоронения этих камней оказался равен $1,22 \pm 0,16$ и $1,13 \pm 0,18$ млн лет. На основании всего комплекса данных авторы

заклучили, что наиболее вероятный возраст человеческих останков из Сима-дель-Элефанте — от 1,1 до 1,2 млн лет.

Вместе с человеческой челюстью найдены примитивные каменные орудия олдувайского типа, а также кости крупных млекопитающих из семейства полорогих, расколотые, чтобы извлечь мозг, и несущие характерные царапины от каменных орудий.

До сих пор древнейшими ископаемыми остатками людей на территории Европы считались кости *Homo antecessor* возрастом около 0,8 млн лет, найденные той же бригадой ученых в том же районе Северной Испании в 1995 году (*Carbonell et al., 1995*). Правда, в других районах Южной Европы найдены каменные орудия, которые, возможно, являются еще более древними, однако возраст этих археологических находок не удалось определить с той же степенью точности, как находку из Сима-дель-Элефанте.

По единственному обломку нижней челюсти трудно определить видовую принадлежность находки. По некоторым признакам эта челюсть напоминает эректусов и даже более примитивных людей из Дманиси. Другие признаки, напротив, являются более продвинутыми. В целом, по мнению авторов, лучше всего челюсть соответствует характеристикам вида *Homo antecessor*, описанного ими же в 1995 году. Впрочем, назвать этот вид "одной из популяций поздних, продвинутых эректусов" тоже не будет большой ошибкой. Не под запретом и версия "ранние *Homo heidelbergensis*".

Ученые предполагают, что поздние эректусы, скорее всего, пришли в Западную Европу с востока. К тому времени, когда в Испании появились первые люди

(1,1—1,2 млн лет назад), эректусы, по-видимому, уже были широко распространены в южных районах Азии. Кто-то из них мигрировал в Западную Европу, и здесь, на дальних задворках тогдашней Ойкумены, дал начало новому виду (расе, популяции?) людей — *H. antecessor*.

Череп *H. antecessor* демонстрирует необычную смесь черт неандертальцев и сапиенсов. Крупные надбровные дуги, длинная и низкая черепная коробка, массивная нижняя челюсть без подбородка и крупные зубы сближают его с неандертальцами. Лицо, напротив, было относительно плоским и не выдавалось вперед, что сближает антецессоров с сапиенсами. Объем мозга около 1000 см^3 — скорее как у эректусов и гораздо ниже средних значений для сапиенсов и неандертальцев.

Ископаемые остатки животных, найденные вместе с костями *H. antecessor*, говорят о том, что эти люди были умелыми охотниками на крупных зверей. Кроме того, они, несомненно, были каннибалами. Человеческие тела разделялись теми же приемами, а кости так же раскалывались для извлечения мозга, что и кости диких животных. Те и другие свалены древними обитателями пещеры в Атапуэрке в одну мусорную кучу. Это древнейшие бесспорные свидетельства каннибализма у людей. Детальный анализ находок привел исследователей к выводу, что каннибализм у *H. antecessor*, по-видимому, не был связан с какими-либо ритуалами. Людей свежевали и разделявали теми же методами, что и другую добычу. Это не было и крайним средством выживания в голодные времена. Каннибализм был обыденностью и служил целям чисто гастрономическим. Среди съеденных были и дети, и взрослые. Вероятно, группы антецессоров конкурировали друг с другом и при случае с удовольствием пополняли

свой рацион мясом соседей. Такое поведение иногда встречается и у шимпанзе (см. раздел "Обезьяньи войны" в главе "Эволюция альтруизма", кн. 2).

Может быть, антецессоры впоследствии внесли вклад (наряду с носителями позднеашельских технологий?) в становление европейских популяций гейдельбергского человека, а те, в свою очередь, дали начало неандертальцам. *Homo antecessor*, судя по его морфологии, мог бы претендовать и на роль предка *H. sapiens*, однако необходимо помнить, что первый вид жил в Европе, а второй родом из Африки.

Вперед, на север.

Недавно выяснилось, что и север Европы был заселен людьми гораздо раньше, чем принято было считать. Об этом свидетельствует находка, сделанная археологами в Пейкфилде (Восточная Англия) в 2005 году. В речных отложениях возрастом около 700 тыс. лет обнаружено 32 обработанных кремня. Орудия уже не олдувайские, а скорее ашельские, значительно более совершенные (*Parfitt et al., 2005*).

Это самые древние следы присутствия человека в Северной Европе. В то время Британия соединялась с материком, а климат там был мягче, чем сейчас. В одном слое с орудиями обнаружены кости гиппопотама, льва, гигантского большеротого оленя *Megaloceros dawkinsi*, вымершего слона *Palaeoloxodon antiquus*, ископаемые остатки многих других млекопитающих, насекомых и растений. Обильный палеонтологический материал вкупе с рядом других независимых источников данных (стратиграфических, палеомагнитных) позволил достаточно надежно определить возраст пейкфилдской находки. Помимо прочего, авторы применили

аминокислотный метод определения возраста, основанный на том, что "левые" аминокислоты, из которых состоят белки всех живых организмов, течением времени рацемизируются, т.е. превращаются в смесь "правых" и "левых" форм.

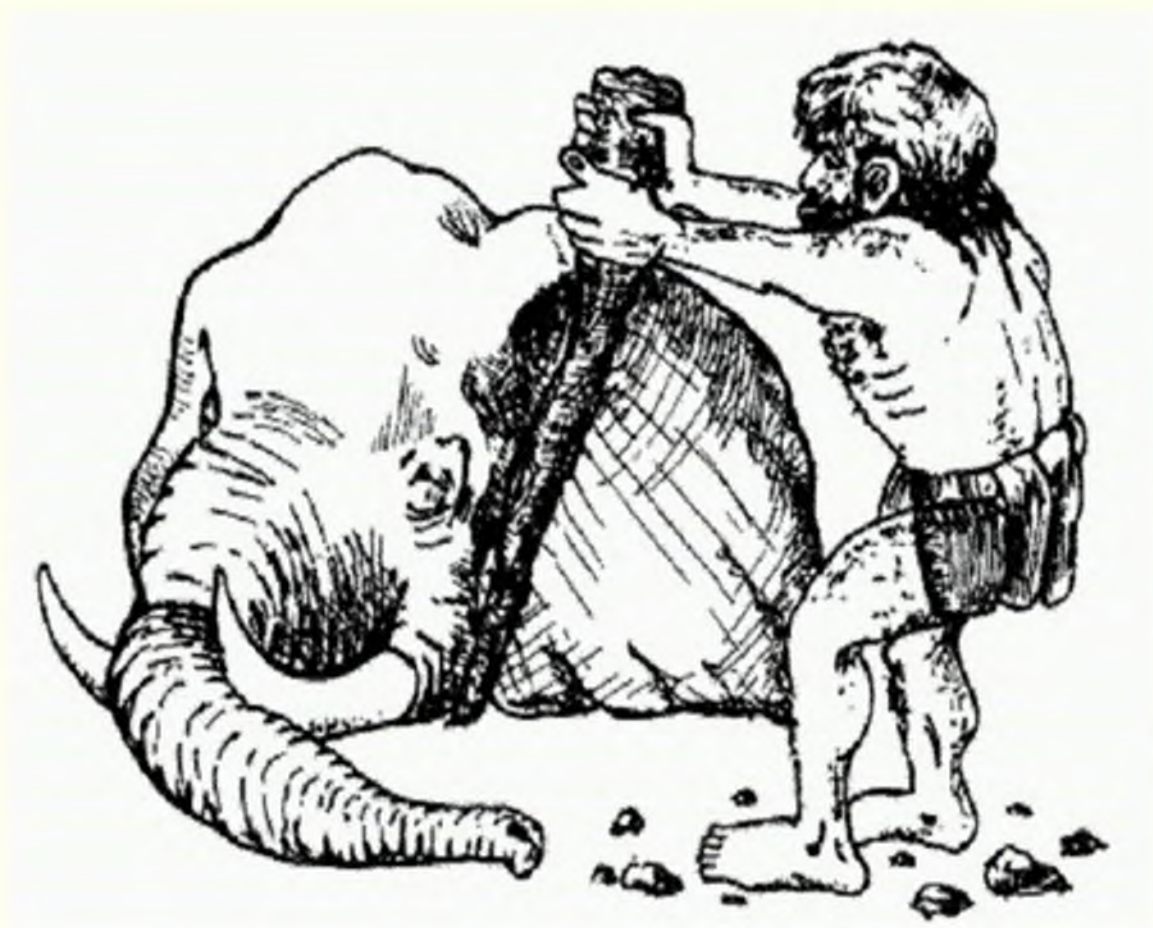
Находка показала, что древнее европейское человечество обладало высоким расселительным потенциалом. Все ранее известные следы присутствия человека к северу от Альп имеют возраст не более 500 тыс. лет. Пейкфилдские орудия, очевидно, были изготовлены поздними *H. antecessor* или ранними *H. heidelbergensis* (многие антропологи, впрочем, сомневаются в целесообразности разделения древнейших европейцев на два вида).

Жизнь вокруг очага

Гешер Бенот Яков — знаменитая ашельская стоянка на территории Израиля в северной части рифта Мертвого моря. Люди ("гейдельбергские" в широком смысле) жили там 750— 790 тыс. лет назад. Это была болотистая местность на берегу древнего озера. Уже многие десятилетия там работают археологи, добывая все новые сведения о жизни людей в те далекие времена. Превосходная сохранность органического материала позволила сделать выводы об ассортименте питания наших предков: кроме мясной пищи они употребляли разнообразные растения, включая орехи, зерна злаков, оливы, фрукты (среди прочих остатков ученые даже нашли изюминки).

Древние обитатели этих мест пользовались различными орудиями труда — бифасами, отщепами, палками, некоторые из которых были отшлифованы (это

древнейшие шлифованные деревянные предметы, известные на сегодняшний день). Кроме того, уже тогда люди пользовались огнем и умели поддерживать его в течение долгого времени. Об этом можно судить по обожженным предметам, найденным на стоянке. Не все предметы несут следы огня, а только их малая часть — значит, предметы обрабатывались огнем намеренно, а не вследствие пожаров (*Goren-Inbar et al., 2004*).



Предки современных людей, жившие 700—800 тыс. лет назад в долине Мертвого моря, разделявали слоновьи головы с помощью деревянных кольев и каменных орудий. По материалам сайта Института

археологии Еврейского университета в Иерусалиме.
<http://www.archaeology.huji.ac.il>.

Результаты исследований дают неожиданно объемную картину жизни древних людей. Было обследовано более 80 тыс. микро- и макроартефактов и естественных остатков — орудия труда из кремня, известняка и базальта, их осколки, деревянные орудия, кусочки коры, древесины, скорлупа орехов, желуди, семена растений, раковины моллюсков, панцири крабов, остатки водных и наземных позвоночных.

В одном из культурных слоев имеются свидетельства быстрого и внезапного захоронения. Это значит, что ископаемые остатки сохранили приблизительно такое расположение, какое им придали древние обитатели прибрежной стоянки. Жилое пространство стоянки неоднородно: оно делится на две части. В этих частях — юго-восточной, где располагался очаг (древнейший бесспорный очаг на сегодняшний день), и северо-западной — находок очень много. А между ними на пространстве в 5—6 метров плотность находок заметно ниже.

Ассортимент предметов в этих частях неодинаков. Около очага концентрируются базальтовые и известняковые орудия труда — рубила, отщепы, скребки, наковальни и "молотки" для колки орехов. Кремневых орудий и кремневых осколков немного. Вокруг очага довольно много и древесных остатков, но, как ни удивительно, среди них почти нет кусочков со следами огня (таких найдено всего два). Также весьма впечатляет набор съедобных растений, среди которых нашлись водяные орехи, колючая кувшинка (*Euryale ferox*),

желуди, оливы, лесной виноград (*Vitis sylvestris*), а также стиракс лекарственный (*Styrax officinalis*). За этими растениями приходилось ходить в лес, до которого от стоянки был неблизкий путь. Скорлупа орехов и желудей обожжена — значит, прежде чем расколоть орехи, люди обрабатывали их огнем, так орехи легче трескаются. Вокруг очага ученые нашли и остатки нескольких крупных крабов.

В северо-западной части стоянки концентрируются кремневые отщепы, большей частью необожженные, и базальтовые осколки. А еще там много рыбьих костей. Добычей древних рыболовов были в основном крупные усачи-барбусы (до 1 м). Сравнение с естественным разнообразием рыб древнего озера говорит то ли о привередливости древних рыболовов, то ли об умении ловить лишь определенные виды рыб. Кроме того, их добычей были и черепахи.

Останков млекопитающих довольно много: слоны, представители собачьих и парнокопытных и, естественно, вездесущие грызуны. Но они распределены по площади более или менее равномерно.

Ясно, что около огня предки людей кололи орехи, ели крабов, использовали каменные орудия. А отойдя от костра на некоторое расстояние, они могли заняться изготовлением орудий, раскалывали камни, ели рыбу и — иногда — припасенные орехи. Зато обглоданные кости бросали повсюду (*Alperson-Afil et al., 2009*).

Таким образом, функциональное разграничение жилья возникло еще в нижнем палеолите, задолго до появления "высших" представителей рода человеческого, сапиенсов и неандертальцев (древние обитатели Гешер Бенот Яков вполне могли иметь отношение к предкам

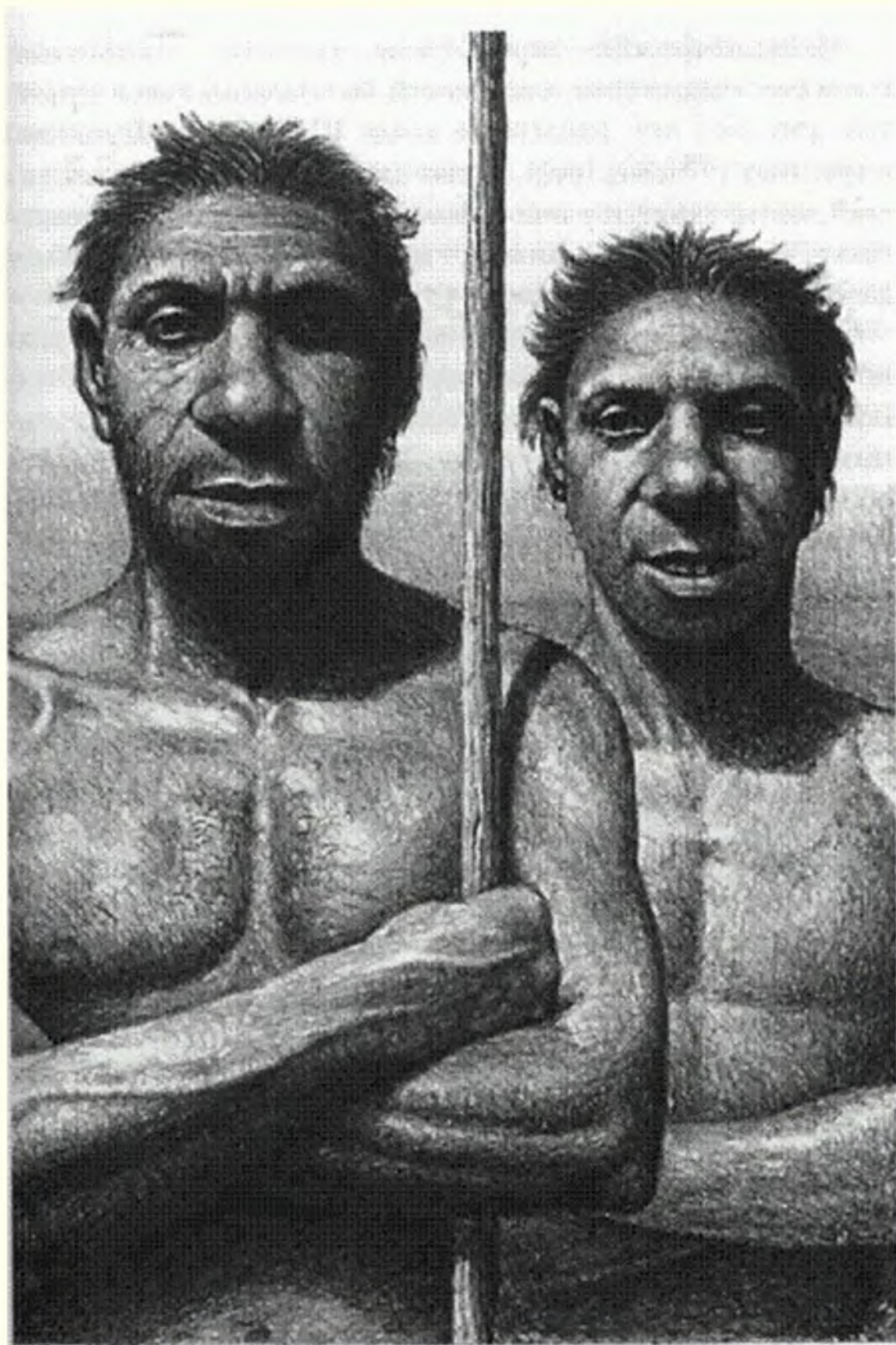
обоих видов). В каждой части жилого пространства принято было выполнять определенные действия. Очаг служил средоточием жизни социума, а подальше от него нужно было делать менее разнообразную, "черновую" работу. Едва ли такая сложная и организованная жизнь была бы возможна без членораздельной речи или хотя бы какого-то ее прообраза.

"Анатомически современные люди"

По-видимому, примерно от 800 до 300—200 тыс. лет назад большая и разношерстная совокупность полуразобщенных человеческих популяций, условно объединяемых под общим ярлыком *Homo heidelbergensis*, развивалась на просторах Африки, Европы, юго-западной и центральной Азии. Средний объем мозга этих людей был почти таким же, как у нас с неандертальцами (до 1100—1400 см³). С.В. Дробышевский (2010) отмечает, что особенно сильно у гейдельбергских людей развилась теменная доля, в первую очередь ее надкраевая область. Любопытно, что надкраевая извилина теменной доли — это один из участков мозга, который возбуждается у современных экспертов, овладевших палеолитическими технологиями, когда они изготавливают ашельские рубила, но не когда они мастерят более примитивные олдувайские орудия (см. главу "Душевная механика", кн. 2).

Форма мозга *H. heidelbergensis* свидетельствует о резком прогрессе в области контроля за движениями, в том числе способностей к прогнозированию и планированию своих будущих действий. Необходимо также отметить бурное развитие области,

обеспечивающей согласование речи и движений рук, а также рельефное выступание зоны Брока, свидетельствующее о начале использования речи (*Дробышевский, 2010*).



Гейдельбергские люди (Homo heidelbergensis). Африка, Европа, Азия, 0,8—0,13 млн лет назад.

Гейдельбергские люди были умелыми охотниками, о чем свидетельствуют, в частности, метательные копья возрастом 400 тыс. лет, найденные возле Шёнингена (Германия) в 1995 году (*Thieme, 1997*). Копья сделаны из стволов молодых елей, центр тяжести у них расположен так же, как у современных метательных копий, острые концы обожжены для твердости.

Примерно 300—200 тыс. лет назад в некоторых из этих популяций начался плавный переход от позднеашельских технологий (относимых еще к нижнему палеолиту) к более сложным — среднепалеолитическим. В среднем палеолите двусторонние ручные рубила — бифасы, характерные для ашеля, — по-прежнему оставались в моде, но к ним добавилось много нового. Главным отличием среднепалеолитической каменной индустрии является широкое распространение орудий, изготовленных из отщепов, предварительно отколотых от "ядрища". В частности, вошло в моду изобретенное несколько раньше "леваллуазское расщепление" — весьма хитрый способ производства плоских каменных орудий с острыми краями (***Древнейшие образцы леваллуазских изделий найдены на нижнепалеолитической (ашельской) стоянке Гешер Бенот Яков, о которой говорилось выше***). Камень сначала аккуратно обтесывали по краям, делая выпуклую заготовку, напоминающую черепаху (следы сколов похожи на пластины черепашьего панциря). Затем сбоку готовили "ударную площадку" и, наконец, точным ударом по этой площадке "черепаху" откалывали от

основного камня. Получалось почти (или совсем) готовое плоское лезвие с одной гладкой стороной и одной — "черепашковой".

Кроме новых методов изготовления орудий из специально подготовленных ядрищ и отщепов к числу важных среднепалеолитических новшеств относятся составные орудия — копья с каменными наконечниками (хотя достоверных находок таких орудий в среднем палеолите немного). В это время широко распространилось использование огня, а заодно и обычай готовить на нем пищу. Смена технологий имела место и в Африке, и в Европе, и в Азии, хотя в разных регионах были свои особенности.

В Европе переход от раннего к среднему палеолиту примерно совпадает с важным эволюционным событием: на смену гейдельбергским людям пришли их потомки — неандертальцы. О них мы поговорим подробнее в главе "Другое человечество". В Африке приблизительно в это же время появляются первые люди, анатомически почти неотличимые от нас с вами. Их относят к виду *Homo sapiens*, но чаще называют осторожно "анатомически современными людьми". Тем самым подчеркивается то обстоятельство, что, хотя их анатомия была уже почти совсем как у нас, по своей культуре они еще до нас "не дотягивали". В частности, не было украшений, признаков наличия искусства и религиозных обрядов. Все это появилось несколько позже.

Каменных дел мастера

По-видимому, для того чтобы в совершенстве овладеть левааллуазской технологией — одним из важнейших "ноу-хау" среднего палеолита, — требовались годы упорного труда. Почти каждый современный

специалист по палеолиту в общих чертах представляет, как делались леваллуазские лезвия, но лишь единицы в состоянии изготовить их сами, и эти единицы долго тренировались. Дело это непростое, требующее самого настоящего мастерства, что само по себе уже заставляет задуматься, так ли уж сильно уступали нам люди среднего палеолита в умственном развитии. По мнению антрополога Томаса Винна и психолога Фредерика Кулиджа из университета Колорадо, люди, способные овладеть этой технологией (придумали ее гейдельбержцы, но в совершенстве овладели неандертальцы и сапиенсы), должны были обладать совершенно определенными интеллектуальными способностями. У них, вероятно, была уже вполне современная по своей мощности долговременная рабочая память (ДРП) (*Wynn, Coolidge, 2004*). Так называют ту часть памяти, на которую полагаются эксперты в своей профессиональной деятельности, изумляя окружающих своим "невероятным" мастерством. В ДРП хранятся сложные блоки информации о методах решения конкретных задач. В состав этих блоков входят как "процедурные", так и "декларативные" элементы, то есть как моторные (двигательные) навыки и умения, так и понимание причинно-следственных связей в рамках данного круга задач, что позволяет успешно решать их в самых разнообразных условиях. Для извлечения нужного блока и перевода его в кратковременную рабочую память (КРП; о ней мы поговорим подробнее в главе "В поисках душевной грани") используются так называемые поисковые ключи и поисковые структуры (retrieval structures). Например, когда опытный шахматист ведет вслепую сеанс одновременной игры на 20 досках, он не запоминает по отдельности положение каждой фигуры

на каждой доске. Он использует выработанные с годами тренировок "ключи", или "структуры", примерно такие: "доска №2 — сицилианская защита". На самом деле, конечно, экспертные поисковые структуры значительно более сложны, и для их выработки действительно требуются годы тренировок.

КРП локализуется в лобных долях и отвечает за удержание внимания на тех идеях и блоках информации, с которыми сознание работает в данный момент. Некоторые авторы предполагают (и мне эта идея кажется правдоподобной), что "последний эволюционный штрих", сделавший разум уже совершенно таким, какой он у нас сейчас, состоял в небольшом увеличении объема КРП. Это не только позволило совершать более сложные действия, требующие одновременного внимания к нескольким объектам или идеям, но и открыло дополнительную свободу для мысленных экспериментов, новаторства и творчества.

Но стать настоящим мастером в каком-то ремесле — будь то изготовление леваллуазских орудий или ковка по железу — можно и без "расширенной" КРП. Главное, что для этого нужно, — могучая и надежная ДРП, где хранятся необходимые мастеру навыки. Как и положено долговременной памяти, ДРП не локализована в каком-то одном отделе мозга, а рассеяна по многим участкам коры (почему это так, мы обсудим в главе "Душевная механика", кн. 2). Высочайшее мастерство среднепалеолитических каменных дел мастеров в сочетании с медленным техническим прогрессом и редкостью инноваций хорошо согласуется с идеей о том, что с ДРП у них уже все было в порядке, а вот с КРП — еще не очень.

Впрочем, в таких рассуждениях всегда необходимо помнить, что умными нас делает не мозг сам по себе, а мозг в сочетании с культурой, то есть с теми знаниями, которые в него записываются в ходе общения с родителями и прочими соплеменниками. Можно иметь совершенно такой же, как у нас, сапиентный мозг, но, попав в неблагоприятные для сохранения культуры условия, деградировать чуть ли не до нижнепалеолитического уровня — аборигены Тасмании тому пример (см. ниже). Я почти уверен, что можно было бы и эректуса с мозгом в 900 кубиков приобщить к современной культуре, так что он мало отличался бы по умственному развитию от нас, сапиенсов постиндустриальной эпохи. Конечно, если взять на воспитание ребенка, а не взрослого с уже сложившимися стереотипами и чувством собственной важности. О гейдельбергцах с неандертальцами и говорить нечего. Объем КРП и у современных людей сильно варьирует. Ну были бы эти неандертальцы в среднем чуть менее блистательными новаторами, чем мы. Среди нас тоже блистательных новаторов не густо.

Но ведь и культура не с неба падает. Вполне возможно, что в течение среднего палеолита ситуация висела на волоске. В какой из человеческих популяций начнется культурный перелом, известный нам как верхнепалеолитическая революция, могло зависеть от множества случайностей, в том числе культурно-социальных и демографических. Может, и не было никаких различий в объеме КРП между сапиенсами и неандертальцами. Может, уже у общих предков неандертальцев и сапиенсов мозг был по своему интеллектуальному потенциалу абсолютно таким же, как у нас сегодняшних. Не хватало только культуры.

Возможно, мы в какой-то момент начали обгонять неандертальцев в развитии просто потому, что нам "повезло": мы жили в Африке, нас было больше, а численность и плотность населения способствуют культурному прогрессу. А может, у нас действительно развилась чуть более эффективная КРП, и это повысило вероятность того, что мы их обгоним, а не они нас. Или сначала мы получили крошечное преимущество из-за "африканской прописки" и плотности населения, наше поведение немного усложнилось, а уже потом благодаря эффекту Болдуина это повлекло за собой небольшое расширение КРП.

Как узнать правильный ответ — трудно даже вообразить. Но в науке уже не раз так бывало, что кто-то торжественно объявит о принципиальной неразрешимости той или иной научной проблемы, а пройдет несколько лет — и все замечательно разрешается. Именно такая история произошла с химическим составом Солнца (кто бы мог подумать, что люди научатся определять состав звезд по их спектру!). Так что не будем отчаиваться.

Мы еще вернемся к вопросу о сравнении интеллектуального потенциала сапиенсов и неандертальцев в главе "Другое человечество".

История открытия древнейших сапиенсов была довольно драматичной. Уникальные находки были сделаны в районе поселка Кибиш на берегу реки Омо в Южной Эфиопии. Это местонахождение было обнаружено в 1967 году экспедицией Кенийских национальных музеев под руководством Ричарда Лики, которому тогда было всего 23 года. Тогда же были сделаны и главные находки — два человеческих черепа, названные Омо I и Омо II.

Посланный на разведку в труднодоступный в то время район своим отцом, знаменитым палеоантропологом Луисом Лики, двадцатитрехлетний Ричард получил исчерпывающее представление об "африканской экзотике" — достаточно сказать, что при переправе через реку Омо экспедиция едва не досталась на обед крокодилам.

Выкопанные сотрудниками экспедиции у селения Кибиш человеческие кости привели юного исследователя в полный восторг. Каково же было его разочарование, когда прибывшие на место раскопок родители — Луис и Мэри Лики (та самая, что описала следы австралопитеков в Лаэтоли) — вместо похвал и поздравлений устроили ему нагоняй, заявив, что он совершенно напрасно тратит деньги с их гранта на откапывание "анатомически современных" людей. По их мнению, ему следовало сосредоточиться на поисках более древних гоминид — австралопитеков, хабилисов и им подобных.

С годами значение находки было переосмыслено. В сентябре 2008 года вышел специальный выпуск журнала *Journal of Human Evolution*, посвященный результатам их многолетнего изучения. Пожалуй, самое главное достижение состоит в уточнении датировок.

Возраст черепов Омо I и Омо II долго оставался спорным. Это было связано прежде всего с несовершенством тогдашних методов радиометрического датирования. Результат первых радиоуглеродных датировок был — "старше 40 тыс. лет". Это означало просто-напросто, что кости слишком древние для радиоуглеродного анализа. По соотношению изотопов $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ в раковинах нильских устриц был определен возраст 130 тыс. лет (раковины были найдены чуть выше

человеческих костей), но эта датировка признавалась ненадежной даже ее авторами. Привлечение дополнительных данных, в том числе биостратиграфических (по сопутствующим остаткам животных и растений) тоже не помогало прояснить ситуацию. Так продолжалось вплоть до самого конца прошлого века. Наконец в 1999 году большая команда американских антропологов решила взяться за дело всерьез. В течение четырех сезонов (1999, 2001, 2002, 2003) исследователи проводили в районе Кибиш широкомасштабные полевые работы. На анализ собранных материалов ушло еще несколько лет.

Стратиграфия формации Кибиш теперь разработана с величайшей подробностью и точностью. Вся изученная толща делится на четыре части (пачки), причем человеческие кости происходят из первой, самой нижней. Отложения эти образовались в результате разливов реки Омо, полноводность которой менялась циклически с периодом около 25 тыс. лет (каждая пачка соответствует одному циклу). Цикличность связана с колебаниями климата, которые, в свою очередь, были обусловлены регулярными изменениями наклона земной оси. Такие же циклические колебания величины разливов были характерны и для Нила. Ученым удалось скоррелировать осадочные толщи в устье Нила (о них мы говорили в предыдущей главе) с соответствующими слоями формации Кибиш, и это стало одной из основ для новой уточненной датировки черепов Омо I и Омо II.

Другим важным достижением стало датирование двух прослоев вулканического пепла, один из которых расположен непосредственно под костеносным слоем, а другой — значительно выше. Возраст нижнего прослоя, определенный по соотношению изотопов аргона,

оказался равным 196 ± 2 тыс. лет, верхнего — 104 ± 1 тыс. лет. Вся совокупность данных свидетельствует о том, что наиболее вероятный возраст обоих черепов — 195 тыс. лет, причем величина возможной ошибки не превышает 5 тыс. лет. Это означает, что человеческие кости из формации Кибиш являются самыми древними костными остатками "анатомически современного человека", известными на сегодняшний день.

Ранее основное внимание уделялось черепам, хотя, кроме них, было выкопано также несколько фрагментов посткраниального скелета Омо I. В 1999—2003 годах было найдено много новых костей, в том числе фаланги пальцев и часть бедра того же индивидуума. Скрупулезное изучение всех этих костей подтвердило, что Омо I, Омо II и их сородичи были "анатомически современными" людьми, то есть представителями вида *Homo sapiens*, но с отдельными архаичными чертами, которые сближают их с неандертальцами (**Не все эксперты разделяют точку зрения о "сапиентности" черепов Омо I и Омо II. По мнению С. В. Дробышевского, у них все-таки слишком много архаичных признаков, чтобы относить их к виду Homo sapiens. Тем не менее в дальнейшем изложении мы будем придерживаться более общепринятой трактовки этих находок как "анатомически современных людей"**). Важно, что такие же архаичные признаки имеются и у некоторых других древних сапиенсов, в том числе у доисторических обитателей пещер Схул и Кафзех в Израиле (к ним мы еще вернемся). Эти "неандертальские" признаки трактуются некоторыми исследователями как возможное свидетельство межвидовой гибридизации между сапиенсами и неандертальцами. В свете новых данных

приходится признать, что некоторые из этих архаичных признаков могли быть унаследованы вышедшими из Африки древними сапиенсами от своих африканских предков, то есть от еще более древних сапиенсов. В этом случае предположение о смешанных браках с неандертальцами вроде бы становится излишним. С другой стороны, это предположение подтверждается новейшими данными палеогенетики, о чем будет сказано ниже. Сапиенсы все-таки скрещивались с неандертальцами, причем, по-видимому, как раз в то время (порядка 120—80 тыс. лет назад) и в том районе (Ближний Восток), где жили древние обитатели пещер Схул и Кафзех.

Вместе с человеческими костями в формации Кибиш найдены многочисленные скелетные остатки млекопитающих, птиц и рыб. Среди них практически нет вымерших видов: все эти животные и поныне обитают в Восточной Африке. Природная среда в этом районе 200 тыс. лет назад была примерно такой же, как сейчас, только климат был несколько более влажным, а местность — более болотистой.

К слову, заметим, что Африка — единственный континент, где деятельность первобытных охотников, по-видимому, не привела к значительному сокращению разнообразия крупных животных. Значительно большее негативное влияние оказали наши предки на фауну Евразии, где они, вероятно, ускорили вымирание мамонтовой фауны, а в Австралии и обеих Америках приход человека и вовсе привел к катастрофическим последствиям (см. главу "Великое расселение сапиенсов").

Почему древние сапиенсы никого не истребили только на своем родном континенте? Может быть, потому, что африканская фауна эволюционировала вместе с гоминидами в течение нескольких миллионов лет и африканские экосистемы имели достаточно времени, чтобы приспособиться к повадкам двуногих хищников?

Важным результатом полевых работ 1999—2003 годов стала обширная коллекция каменных орудий из нижних слоев формации Кибиш (ранее там были найдены лишь единичные орудия). Это более или менее типичная индустрия африканского среднего палеолита (***Африканский средний палеолит (в отличие от европейского) по непостижимым для неспециалистов причинам (связанным с хронологией и типами орудий) принято называть не средним палеолитом, а "средним каменным веком" (middle stone age). Это чревато чудовищной путаницей, потому что существует ведь еще и мезолит, который тоже переводится как "среднекаменный век", но это совершенно другая эпоха, которая наступила после палеолита (и до которой мы в этой книге даже не доберемся). Из сострадания к читателям и самому себе я буду называть африканский "средний каменный век" средним палеолитом***) с большой долей бифасов (обоюдоострых орудий), без каких-либо верхнепалеолитических изысков вроде костяных иголок или тонко обработанных лезвий и уж подавно — без украшений и произведений искусства. Таким образом, нет оснований утверждать, что древнейшие сапиенсы с берегов реки Омо по технологическому уровню хоть в чем-то превосходили своих современников — ранних

европейских неандертальцев, изготавливавших примерно такие же среднепалеолитические каменные орудия.

Впрочем, исследователи пока воздерживаются от каких-либо прямых утверждений об интеллектуальном и культурном уровне древнейших сапиенсов. Они отмечают, что сам вопрос о том, были ли эти люди "отсталыми" или "прогрессивными", неявно предполагает сравнение с верхним палеолитом Европы, который традиционно считается чем-то вроде "культурного эталона" для ранних представителей нашего вида (см. главу "Великое расселение сапиенсов"). Но почему выбран именно такой эталон? Исключительно в силу исторических причин: археология палеолита стала развиваться в Европе гораздо раньше, чем в других частях света. Бесспорно, люди, обитавшие в Эфиопии 200 тыс. лет назад, не были верхнепалеолитическими европейцами, ну и что с того? Исследователи саркастически замечают, что мы и Сократа сочли бы "отсталым" по сравнению с самым посредственным американским школьником, если бы в качестве мерила "прогрессивности" использовалось присутствие в соответствующем археологическом слое плееров и пластиковых бутылок. К сожалению, имеющихся данных пока недостаточно, чтобы судить о том, как жили и о чем думали древнейшие африканские сапиенсы (*Journal of Human Evolution*, 2008).

Митохондриальная Ева и игрек-хромосомный Адам в африканском Эдеме

Сравнительный анализ митохондриальной ДНК (мтДНК) и Y-хромосом современных людей показал, что все современное человечество происходит от небольшой популяции, жившей в Восточной Африке 160—200 тыс. лет назад (*Салп et al., 1987*). Это подозрительно хорошо совпадает с археологическими данными: древнейшие "анатомически современные люди" найдены как раз в этом районе в отложениях именно такого возраста. Затем в какой-то момент, скорее всего между 100 и 60 тыс. лет назад (опять же, судя по результатам анализа мтДНК), небольшая группа сапиенсов вышла из Африки, и потомки этой группы впоследствии заселили весь мир: от них произошло все современное внеафриканское человечество (см. главу "Великое расселение сапиенсов"). С этим сегодня почти никто не спорит. Главный вопрос в том, только ли от них оно происходит. Смешивались ли африканцы по мере своего расселения с местными евразийскими популяциями или просто вытеснили их?

В течение почти двух десятилетий (с конца 1980-х до второй половины 2000-х) перевес был на стороне второй точки зрения. Главным аргументом были упомянутые результаты анализа мтДНК и Y-хромосомы. Но как на основе анализа ДНК можно судить об истории и миграциях древних людей? Пожалуй, нам нужно поближе познакомиться с методикой и логикой таких исследований.

Сначала на основе полиморфизма (разнообразия) нуклеотидных последовательностей мтДНК людей из разных регионов мира было реконструировано эволюционное (генеалогическое) дерево этой части человеческого генома. Для таких реконструкций существуют специально разработанные, весьма надежные методики. Это похоже на то, как лингвисты восстанавливают историю различных списков с одного исходного текста по изменениям (заменам, пропускам и добавлениям букв или слов), которые неизбежно накапливаются от переписчика к переписчику. Например, если в одном списке имеются ошибки А и Б, в другом — А, Б и В, в третьем — только Б, в четвертом — Б и Г, то логичнее всего предположить, что самый древний список — третий. С него были сделаны первый и четвертый, а затем с первого был сделан второй. Когда тексты длинные (и ошибок поэтому достаточно много), результаты получаются вполне достоверные. Если известно, в каких географических точках были найдены соответствующие рукописи, то можно восстановить пути миграций соответствующих копий.

В случае с ДНК вместо ошибок переписчиков используются случайные мутации (в основном нейтральные, то есть не влияющие на приспособленность и потому незаметные для отбора). Это даже удобнее, потому что люди — и, соответственно, их ДНК — размножаются с определенной частотой, более регулярно, чем средневековые переписчики копировали ту или иную рукопись. К тому же типичная частота возникновения мутаций приблизительно известна. Это аналогично тому, как если бы каждая рукопись переписывалась, например, один раз в 20 лет, а все переписчики делали примерно одинаковое количество

ошибок на каждую тысячу слов. Тогда по количеству различий между двумя рукописями можно было бы определить время существования их "общего предка". Для молекул ДНК это вполне возможно (степень точности — вопрос отдельный).

Оказалось, что если построить эволюционное дерево мтДНК современных людей и двигаться по его ветвям сверху вниз (из настоящего в прошлое), то все ветви в итоге сходятся в одну точку во времени и пространстве: Восточная Африка, 160—200 тыс. лет назад. Так появилась в научной печати и в СМИ "митохондриальная Ева" (митохондрии, как мы помним, передаются по материнской линии), а вслед за ней аналогичным образом возник и "Y-хромосомный Адам" (Y-хромосома есть только у мужчин и передается от отца к сыну), живший примерно в то же время и в том же месте.

Эти результаты были восприняты общественностью очень бурно, и, как водится, мало кто понял их истинный смысл. На самом деле ничего удивительного нет ни в Адаме, ни в Еве. Любые гомологичные (то есть имеющие общее происхождение) участки ДНК где-нибудь в прошлом неизбежно сходятся в одну точку, то есть в одну предковую молекулу ДНК. И эта точка вовсе не обязательно совпадает с моментом возникновения вида. Более того, если брать разные гомологичные участки ДНК, каждый из них даст свою, отличную от других "точку схождения".

Откуда берутся митохондриальные Евы

Любая популяция любого вида животных обязательно имела в прошлом свою митохондриальную Еву — последнюю общую праматерь всех ныне живущих

представителей данной популяции по прямой материнской линии. Евы появляются автоматически и неизбежно из-за случайных колебаний частот генетических вариантов (например, вариантов митохондриальной ДНК) в популяции. Чтобы понять, почему так получается, рассмотрим простую модель. Допустим, у нас есть популяция, включающая десять самок, у каждой из которых имеется свой вариант мтДНК, немного отличающийся от остальных. Число самок (то есть размер популяции) не имеет принципиального значения: оно влияет только на среднее число поколений, требующихся для того, чтобы одна из этих самок стала Евой. Чем больше популяция, тем дольше придется ждать.

Предположим, что каждая самка оставляет после себя с равной вероятностью либо ноль дочерей, либо одну, либо две. Обозначим исходные варианты мтДНК у наших десяти самок буквами латинского алфавита:

abcdefghij (1)

Это поколение 1. Чтобы смоделировать следующее (второе) поколение, воспользуемся генератором случайных чисел. Сойдет и обычная игральная кость. Нам нужна последовательность из десяти случайных целых чисел в диапазоне от нуля до двух, чтобы определить, сколько дочерей родила каждая самка. Бросаем кость десять раз, если выпадает один или два, записываем ноль, если три или четыре — записываем единицу, если пять или шесть — двойку. У меня получилась такая последовательность:

2212210011

В соответствии с этими числами "родим" для каждой самки дочерей. Учитывая, что дочь наследует мтДНК

матери, выпишем распределение митохондриальных гаплотипов (вариантов) в поколении 2:

aabbcddeefij (2)

Можно заметить, что из десяти исходных гаплотипов во второе поколение перешли только восемь. Две самки (g и h) не оставили дочерей, и их митохондриальные линии пресеклись. Самок у нас теперь стало 12, поэтому для того, чтобы смоделировать поколение 3, понадобится 12 случайных чисел. Вот они:

220020212021

А вот и третье поколение:

aaaaccddeeeij (3)

В третьем поколении "потерялись" еще два гаплотипа: b и f. Продолжая моделирование, получаем последовательность поколений:

aaaaeejj (4)

eeejj (5)

ejjjj (6)

eejjjjj (7)

eeejjj (8)

eeejj (9)

eeeej (10)

eeeejj (11)

eeeeeej (12)

eeeejj (13)

eeeej (14)

eeeej (15)

ееееj (16)

еееее (17)

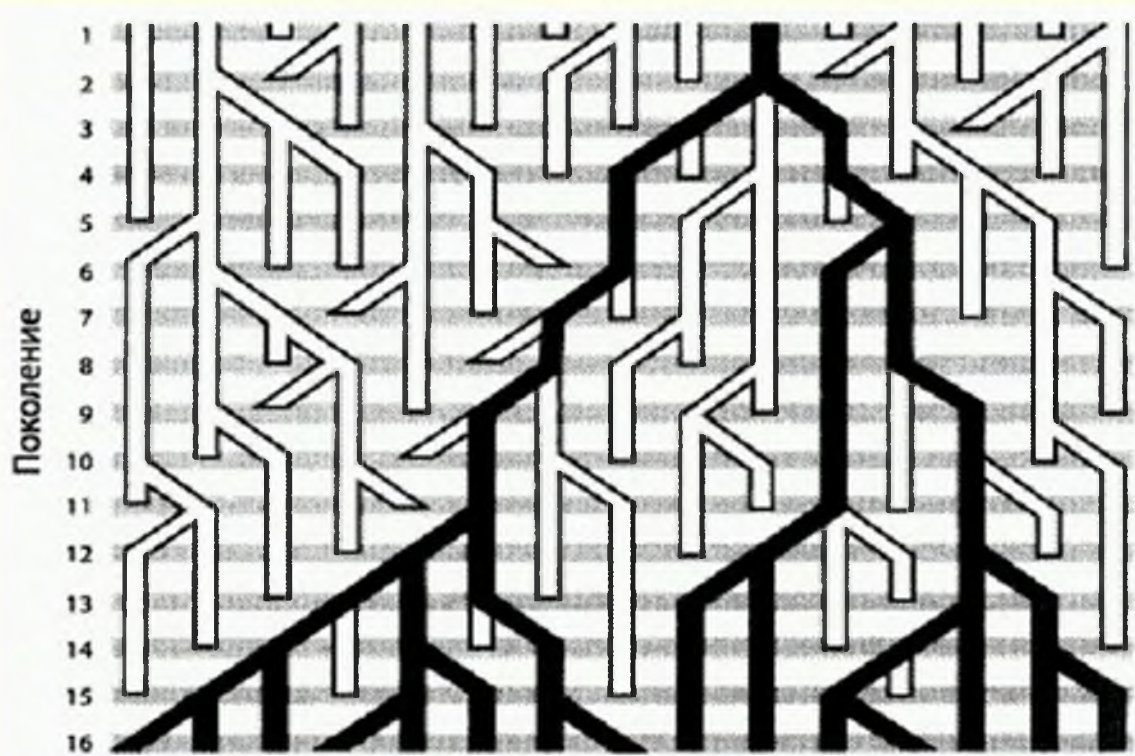
Вот и все: к семнадцатому поколению в нашей популяции остался только один митохондриальный гаплотип из десяти исходных. Это значит, что прямые потомки по женской линии остались только у одной из исходных десяти самок.

Процесс этот абсолютно неизбежен: сколько бы мы ни взяли исходных самок с разными гаплотипами, через какое-то число поколений в популяции останется только один из них. При этом одна из древних носительниц этого гаплотипа автоматически превращается в митохондриальную Еву — последнюю общую праматерь всех особей в популяции по непрерывной женской линии.

Кстати, какая именно самка в нашей модели стала Евой для поколения №17? Думаете, это самка "е" из поколения 1? А вот и нет: у поколения 17 есть и более поздняя общая праматерь. Это самка с гаплотипом "е" из поколения 6. Самка "е" из поколения 1, конечно, тоже является общей праматерью поколения 17 по женской линии, но она не самая поздняя из таких праматерей.

При желании можно придумать фантастические ситуации, в которых Ева никогда не появится. Но эти ситуации не имеют отношения к реальности. Например, Евы не будет, если каждая самка непременно оставляет после себя хотя бы одну дочь (нет ни бездетных самок, ни таких, кто оставил после себя лишь сыновей). Каждому ясно, что так не бывает. Обязательно какая-то часть самок умирает, не родив ни одной дочери. Исходное множество гаплотипов может не сократиться до одного и в том случае, если численность популяции будет бесконечно расти. Но так тоже не бывает: планета

не резиновая, рост любой популяции рано или поздно останавливается.



Вымышленный пример генеалогического древа вариантов митохондриальной ДНК. В каждом поколении в популяции присутствует 15 самок, у каждой из которых может быть ноль, одна, две или три дочери. Все самки 16-го поколения восходят к митохондриальной Еве из поколения №2.

Что будет, если популяция разделится на две — например, часть особей переселится на другой материк, и каждая из двух дочерних популяций будет процветать на своем материке? В этом случае в каждой из двух популяций тоже обязательно рано или поздно закрепится какой-то один из исходного набора гаплотипов. Причем, скорее всего, на разных материках это будут разные

гаплотипы. Получится, что у каждой из двух популяций есть своя митохондриальная Ева. Кроме того, будет и третья Ева — общая для обеих групп. Она окажется глубже в прошлом, чем обе "персональные" Евы разделившихся популяций.

По мнению ряда экспертов, приблизительное совпадение результатов по мтДНК и Y-хромосоме — не более чем случайность, отчасти объясняющаяся тем, что оба этих участка генома имеют общее свойство: они присутствуют у каждого человека лишь в одном экземпляре (точнее, в одном варианте: "экземпляров" гораздо больше, они есть в каждой клетке, но все одинаковые). Большинство других участков генома — любые участки ядерных неполовых хромосом — присутствуют в двух вариантах, один из которых получен от отца, другой от матери. Есть еще X-хромосома, занимающая промежуточное положение: у женщин она присутствует в двух экземплярах, у мужчин в одном.

Американский антрополог и генетик Алан Темплтон еще в 2005 году обратил внимание на тот факт, что ожидаемое время схождения эволюционного дерева, построенного для отдельного участка ДНК, в одну точку зависит от того, в скольких вариантах присутствует данный участок в организме (*Templeton, 2005*). Быстрее всего должны сходиться как раз мтДНК и Y-хромосома (что и наблюдается, они сходятся 160— 200 тыс. лет назад). Это не значит, что именно тогда и появился *H. sapiens*. По мнению Темплтона, это значит лишь, что данные участки генома не годятся для реконструкции более давних событий. Участки, локализованные на X-хромосоме, сходятся в более далеком прошлом (до 2 млн лет); все остальные участки — в еще более глубокой древности, некоторые даже еще до того, как разделились

эволюционные линии человека и шимпанзе. Как это может быть? Очень просто: если бы мы могли проследить во всех деталях родословную предков человечества — не какого-то конкретного человека, а всей популяции вместе, вплоть до общих предков с шимпанзе, — мы увидели бы, что эта родословная никогда не "схлопывалась" до одного-единственного индивида. Всегда, в любой момент прошлого, существовала некая предковая группа особей с различающимися генами. Поэтому "наша" эволюционная линия вполне могла унаследовать от общих с шимпанзе предков не один, а сразу несколько вариантов того или иного гена. Впоследствии мы могли растерять этот исходный полиморфизм, так что у нас в итоге остались гены, происходящие лишь от одного из исходных вариантов. Именно так и произошло с мтДНК и многими другими генами. Но это не обязательно: по некоторым генам часть исходного полиморфизма могла досуществовать (и досуществовала) до наших дней.

В общем, получается, что история мтДНК — еще не история человечества.

Каким образом по мтДНК или другому участку генома можно сделать вывод о выходе наших предков из Африки в какое-то определенное время? Это возможно в том случае, если вскоре после данного события у кого-то из переселенцев возникла мутация в изучаемом участке ДНК, которая затем в ходе экспансии размножилась. И тогда современный генетик увидит, что частота встречаемости данной мутации у внеафриканского населения, к примеру, 10 %, а в Африке ее нет. Время возникновения мутации определяется на основе других, позднее возникших мутаций, по методу "молекулярных часов". Ну а если вскоре после выхода из Африки в

данном участке генома никакой мутации не возникло? Тогда, разумеется, ничего не выйдет: этот участок генома просто не сохранит следов интересующей нас экспансии.

Поэтому по одному-единственному участку генома (например, по мтДНК) нельзя делать окончательные выводы об эволюции и истории расселения человечества. Для таких выводов необходим комплексный анализ многих разных участков генома.

Темплтон проанализировал помимо мтДНК и Y-хромосомы еще 23 участка генома и пришел к следующим выводам. Разные участки ДНК сохранили следы разных событий в истории человечества. Общая картина довольно точно совпадает с той, которая реконструируется по данным археологии. Три участка ДНК сохранили следы древнейшей волны выхода из Африки около 1,9 млн лет назад. Это означает, что в наших жилах течет кровь древних азиатских (а не только африканских) эректусов!

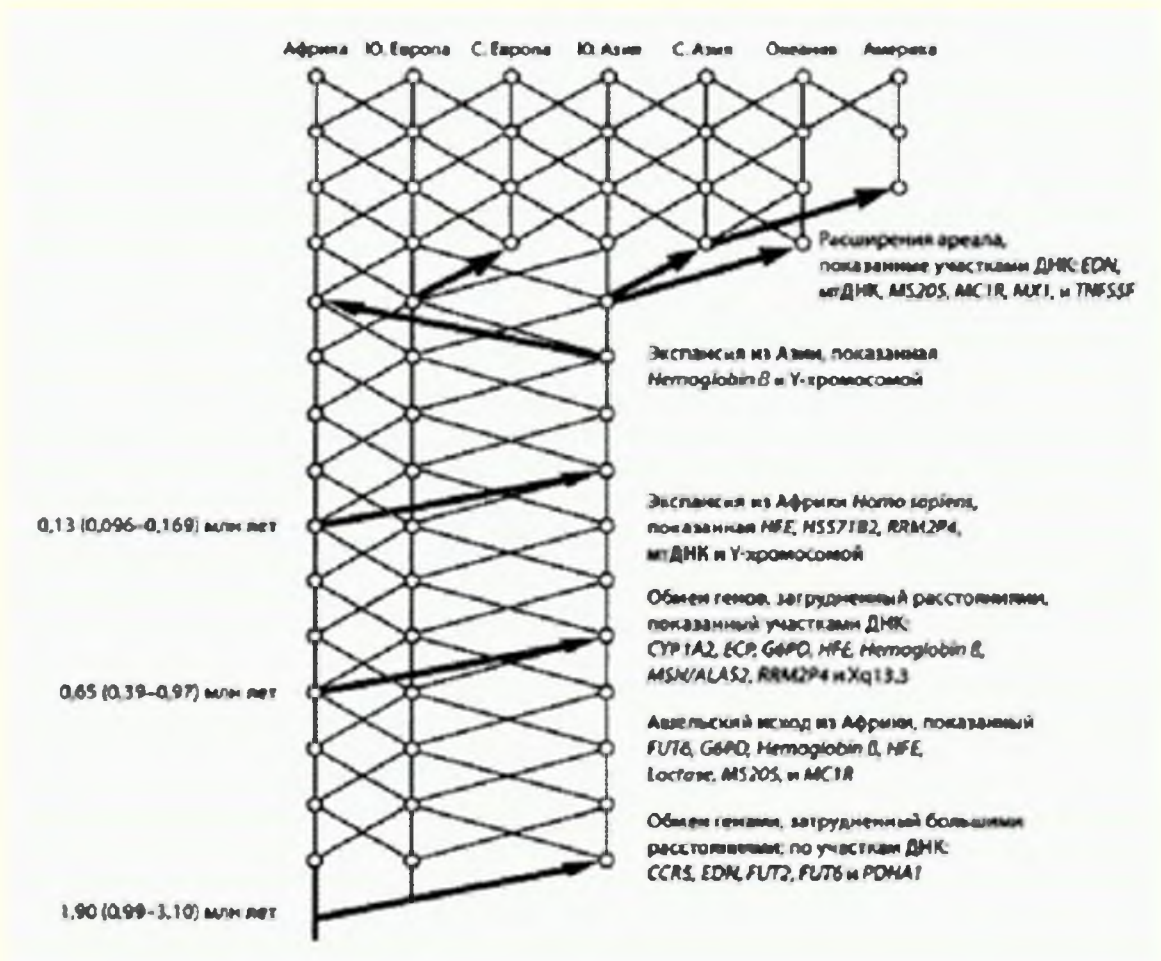


Схема истории человечества по А. Темплтону. Справа перечислены участки ДНК (гаплотипы), подтверждающие то или иное событие. Видно, что мтДНК и Y-хромосома "работают" лишь начиная с последнего выхода из Африки около 100 тыс. лет назад. По рисунку из Templeton, 2005.

Семь участков ДНК свидетельствуют о втором исходе из Африки около 0,65 млн лет назад. Это, наверное, позднеашельская экспансия. Гейдельбергские люди, представители этой волны, — тоже наши предки. Наконец, еще пять участков ДНК (в том числе мтДНК и

Y-хромосома) подтверждают третий исход из Африки около 130 тыс. лет назад.

Кроме того, данные Темплтона показывают, что обмен генами между евразийскими и африканскими популяциями наших предков практически никогда не прекращался, хоть и был сильно затруднен большими расстояниями. Получается, что древнее человечество все-таки не было совокупностью полностью изолированных популяций (рас, подвидов, видов?) — оно было относительно единым на протяжении двух последних миллионов лет.

Выводы Темплтона оспаривались одними экспертами, в то время как другие разными путями приходили к похожим результатам. Но вплоть до публикации сенсационных результатов прочтения геномов неандертальца и денисовца (речь о которых пойдет ниже), преобладала точка зрения о полном вытеснении африканскими сапиенсами всех древних евразийских популяций.

Три дырявые ракушки и начало "подлинно-человеческой" культуры

Важнейшим переломным рубежом в истории *Homo sapiens* традиционно считается так называемая верхнепалеолитическая революция — качественный скачок в культурном и технологическом развитии, произошедший около 45—35 тыс. лет назад и примерно совпадающий по времени с вторжением сапиенсов в неандертальскую Европу. Еще сравнительно недавно ученые полагали, что именно в это время наши предки

впервые научились изготавливать сложные изделия из кости и рога, освоили новые методы обработки камня (требующие не только высочайшего мастерства, но и способности концентрировать внимание на нескольких вещах одновременно), стали пользоваться украшениями и создали первые произведения искусства — наскальные изображения животных.

Но люди современного типа, как мы уже знаем, появились в Африке значительно раньше — около 200 тыс. лет назад. Их культура поначалу была среднепалеолитической, то есть примерно такой же, как у других современных им человеческих рас, в том числе европейских неандертальцев. Около 130 тыс. лет назад сапиенсы появляются в Западной Азии, но эта первая волна "исхода из Африки", по-видимому, оказалась неудачной. Затем началась вторая волна расселения. Сапиенсы двигались на восток вдоль берегов Индийского океана, оставляя за собой характерные раковинные кучи, свидетельствующие о пристрастии к морепродуктам (подробнее см. в главе "Великое расселение сапиенсов"). Все современное неафриканское человечество — потомки этой второй волны переселенцев (с примесью генов местных евразийских популяций).

До тех пор пока материальная культура сапиенсов оставалась среднепалеолитической, они не показывались в Европе, где господствовала более крепкая физически и хорошо приспособленная к холодному климату неандертальская раса. Верхнепалеолитическая революция дала сапиенсам возможность быстро (за 5—6 тыс. лет) оккупировать Европу.

Некоторые находки последних лет, однако, несколько размыли эту относительно стройную картину.

Выяснилось, что отдельные элементы верхнепалеолитической культуры были выработаны нашими предками задолго до вторжения в Европу, а возможно, даже до выхода из Африки.

Древнейшие признаки зарождения "подлинно человеческой" духовной культуры выглядят довольно скромно. Это три продырявленные ракушки моллюска *Nassarius gibbosulus*, обнаруженные в 2006 году (*Vanbaeren et al., 2006*). Две из них, найденные в коллекции Британского музея естественной истории, происходят из пещеры Схул вблизи Хайфы (Израиль). В этом районе селились попеременно то неандертальцы (до 130 (**Впрочем, датировки, указывающие на столь раннее присутствие неандертальцев в Леванте, спорны, и есть мнение, что какое-то время неандертальцы и сапиенсы могли проживать на этой территории совместно (Вишняцкий, 2010)**) (65—47 тыс. лет назад), то сапиенсы (130—80 и после 47 тыс. лет назад). Анализ породы, прилипшей к одной из раковин, позволил установить, что раковина происходит из так называемого слоя В, возраст которого оценивается в 130—100 тыс. лет. В это время здесь жили сапиенсы. Это были представители "первой волны" выходцев из Африки, о которой говорилось выше. В слое В пещеры Схул найдено десять скелетов, большинство из которых по своей анатомии соответствуют человеку современного типа с рядом архаичных черт (но есть и вполне неандерталоидные особи). Специалисты допускают, что по крайней мере некоторые из этих людей были сознательно похоронены соплеменниками. На грудь одного из покойников (Схул-5) сородичи положили нижнюю челюсть крупного кабана, что трактуется как

свидетельство существования погребальных обрядов и религиозных верований.



Человек из пещеры Схул (рисунок, основанный на черепе Схул-5; возраст около 100 тыс. лет).

Похожие отверстия в раковинах *Nassarius gibbosulus* после смерти моллюска могут возникать и естественным путем, но происходит это сравнительно редко (такие

перфорации наблюдаются всего у 3,5 % современных раковин, собранных в море или на берегу). Таким образом, вероятность случайного попадания в пещеру сразу двух перфорированных раковин, при том что других раковин этого вида в пещере не обнаружено, составляет примерно одну тысячную. Попытки археологов самостоятельно проделать в раковинах *Nassarius gibbosulus* подобные отверстия при помощи среднепалеолитических каменных орудий увенчались полным успехом. Сначала надо кремневым острием пробить маленькую дырочку, а затем вращательными движениями придать отверстию нужную форму и размер.

Раковины не могли попасть в пещеру без помощи человека, поскольку пещера находится на высоте 65 м над уровнем моря. 130-100 тыс. лет назад она тоже находилась достаточно высоко (не менее 45 м). Звери и птицы никогда не заносят этих моллюсков на такую высоту. Едва ли древние обитатели пещеры Схул могли принести моллюсков в свое жилище только для того, чтобы их съесть, потому что раковины эти мелкие (около полутора сантиметров) и пищевой ценности не представляют. Возможно, это все-таки остатки древнейших украшений.

Третья перфорированная ракушка, относящаяся к тому же виду моллюсков, найдена в коллекции парижского Музея человека и происходит из среднепалеолитической стоянки на севере Алжира, в 150 км от моря. Точно определить возраст этой стоянки пока не удалось, но, по косвенным данным, он может быть сопоставим с возрастом слоя В пещеры Схул.

Эти находки наряду с другими ставят под сомнение теорию взрывного, внезапного появления "подлинно

человеческой" культуры на рубеже среднего и верхнего палеолита. По-видимому, культурное развитие наших предков протекало более постепенно, чем считалось до сих пор. Другой важный вывод, который можно сделать из этих открытий, состоит в том, что наши прямые предки — архаические *Homo sapiens*, — возможно, начали опережать неандертальцев по культурному уровню задолго до конца среднего палеолита. Обнаруженные с тех пор свидетельства символического осмысления мира и ритуальной деятельности неандертальцев (захоронения, украшения) либо значительно моложе израильских и алжирских находок, либо их возраст вызывает сомнения, да и принадлежность их неандертальцам в ряде случаев не бесспорна.

Дырявых ракушек становится больше, но не надолго

В период от 80 до 60 тыс. лет назад произошло сразу несколько событий, сыгравших важную роль в развитии человечества. В это время происходили крупные миграции *Homo sapiens* в Африке, тогда же человечество распространилось за пределы родного континента и заселило юг Азии. В тот же период наши предки прошли через "бутылочное горлышко" — период резкого сокращения численности (может быть, их осталось всего около 15 тыс.). Это было связано, вероятно, с чудовищным извержением вулкана Тоба на Суматре, которое произошло 74 тыс. лет назад. Это была катастрофа не в пример нынешним: весь полуостров Индостан был засыпан толстым слоем вулканического пепла, атмосфера в течение нескольких лет едва

пропускала солнечные лучи, что привело к сильному похолоданию (эффект ядерной зимы). И все же сапиенсы выжили, причем не только на своей родине в Африке, но, возможно, и в Индии, куда они уже успели к тому времени добраться (подробнее см. в главе "Великое расселение сапиенсов").

Вскоре после извержения Тобы произошли важные события в культурной эволюции африканских сапиенсов, в их "духовном развитии". В это время впервые в большом количестве появляются украшения (не три несчастные продырявленные ракушки, а целые ожерелья) и геометрические узоры, выцарапанные на камнях и скорлупе страусиных яиц.

Многие антропологи считают, что появление украшений и орнаментов было связано с развитием символического мышления и речи. Древние ожерелья составлялись не как попало, а из ракушек определенного размера и оттенка. Возможно, они играли роль символов, рассказывающих о статусе человека и его роде-племени. Это в свою очередь предполагает существование большого, сложно структурированного общества, в котором представители разных общин имели схожие интересы и понятия и, видимо, могли эти интересы друг с другом обсуждать.

Если не считать трех ракушек, о которых рассказано выше, украшения впервые по-настоящему вошли в обиход в Южной Африке, в двух археологических культурах, известных как стилбейская (СБ) и ховьесонс пурт (ХП).

Культура СБ древнее, чем ХП. Для нее характерны тонко обработанные, заостренные с двух концов наконечники копий, костяные остроконечники,

исцарапанные геометрическими узорами кости и камни, многочисленные ожерелья из ракушек. Для более молодой культуры ХП характерен несколько иной набор каменных и костяных артефактов, в том числе изделия с притуплёнными краями, которые, вероятно, были частями каких-то составных орудий, а также предполагаемые древнейшие костяные наконечники для стрел (хотя луков найти не удалось).

Чтобы понять последовательность событий, происходивших на заре человеческой цивилизации, крайне важно получить точные датировки культур СБ и ХП. Разумеется, такие попытки предпринимались и раньше, причем довольно успешные, однако полной ясности до сих пор не было. Дело в том, что разные находки датировались разными людьми, в разных лабораториях и разными методами. Неудивительно, что общая картина получалась несколько смазанной. В частности, до сих пор никто не мог сказать наверняка, был ли между культурами СБ и ХП перерыв или культура СБ непосредственно переросла в культуру ХП; не ясна была и длительность периодов культурного расцвета. Кроме того, оставалось неясным, связаны ли вспышки культурного развития с изменениями климата; одновременно ли развивались культуры СБ и ХП в разных климатических зонах.

На все эти вопросы попыталась ответить группа исследователей из Южной Африки, Австралии, Великобритании и Германии (*Jacobs et al., 2008*). Они получили максимально точные опико-люминесцентные датировки для 44 проб грунта из археологических слоев, содержащих артефакты культур СБ и ХП, а также из непосредственно прилегающих к ним выше- и нижележащих слоев. Пробы были взяты в девяти

районах археологических раскопок в Южной Африке, Лесото и Намибии.

Таким образом, авторы получили 44 датировки, каждая со своими доверительными интервалами, которые затем были подвергнуты сложному статистическому анализу.

Выяснилось, что культура СБ появилась примерно 71900 лет назад, просуществовала очень недолго — менее тысячелетия — и исчезла около 71 тыс. лет назад. Культура ХП появилась после долгого перерыва около 64800 лет назад, просуществовала примерно 5300 лет и исчезла около 59500 лет назад. Нового периода культурного расцвета африканским сапиенсам пришлось ждать уже до самой верхнепалеолитической революции, которая началась то ли в Европе, то ли в Азии и докатилась до Африки около 40 тыс. лет назад.

Полученные даты хорошо согласуются с большинством датировок, полученных ранее другими методами. Однако только теперь стало ясно, что между двумя культурами был долгий перерыв. Украшения, изощренные орудия и другие признаки высокого культурного развития не сразу стали неотъемлемой чертой человеческих обществ: они появлялись, затем забывались, снова входили в обиход и снова исчезали.

Авторам не удалось обнаружить никакой корреляции между культурным развитием древних обитателей Южной Африки и природными условиями. Обе культуры были широко распространены на юге Африки, причем они не были приурочены к каким-то определенным природным зонам. Люди, принадлежавшие к культурам СБ и ХП, жили и у берегов океана, и в глубине материка, и в горах, в районах с

разным климатом, разной сезонностью дождливых и засушливых периодов. Похоже на то, что носители новой прогрессивной культуры быстро расселялись по большим территориям и одинаково успешно осваивали разные природно-климатические зоны.

Причины взлета и упадка культур СБ и ХП пока не ясны. Некоторые авторы предполагают, что это могло быть связано с колебаниями плотности населения и интенсивности культурного обмена между поселениями. Возможно, для того, чтобы культурный прогресс стартовал, необходима некоторая пороговая численность популяции. Этот порог может быть ниже, если соседние поселения разнородны в культурном отношении и между ними существует интенсивный обмен знаниями. Чем меньше и разреженнее население и чем меньше культурных контактов между отдельными сообществами, тем выше вероятность забывания полезных знаний, утраты технологий и деградации культуры. Эти предположения основаны на результатах математического моделирования (*Powell et al., 2009*), и в них, на мой взгляд, содержится ключ к пониманию крупномасштабных закономерностей эволюции культуры.

Возможно, именно этим механизмом объясняется удивительная и трагичная судьба аборигенов Тасмании. Около 8 тыс. лет назад, когда в Северном полушарии растаяли ледники, уровень океана поднялся, и Тасмания оказалась отрезанной от Австралии, с которой прежде составляла единое целое. Тасманийцы оказались в полной изоляции. В течение последующих тысячелетий их культура катастрофически деградировала. От уровня, характерного для австралийских аборигенов того времени (приблизительно соответствующего верхнему палеолиту), тасманийцы быстро "скатились" чуть ли не

до нижнепалеолитического состояния. Они разучились делать костяные орудия, теплую одежду, каменные орудия с деревянными рукоятками, сети, рыболовные гарпуны, копьеметалки и бумеранги. Все это, по археологическим данным, было у них 8000 лет назад, но полностью исчезло к моменту появления европейцев (*Henrich, 2004*).

Мы вернемся к истории людей современного типа в главе "Великое расселение сапиенсов", после того как познакомимся с некоторыми данными генетики, а также с другими популяциями среднепалеолитических людей, живших в Европе и Азии одновременно с нашими прямыми предками - африканцами.

ГЛАВА 4. МЫ И НАШИ ГЕНЫ

В прошлой главе мы вступили в тот период человеческой истории, изучение которого сегодня уже не может обойтись без данных генетики. Нам пора немного отдохнуть от камней и костей и совершить экскурсию в мир генов. Мы уже вкратце познакомились с тем, как изучение генетического разнообразия современных людей помогает восстановить популяционную историю и пути древних миграций наших предков. Но это далеко не единственный способ использования генетики в изучении антропогенеза. Не менее важные результаты дает другой подход, основанный на сравнении человеческого генома с геномами наших невымерших родичей — шимпанзе и других нечеловеческих обезьян. Двигаясь этим путем, ученые находят все больше генетических особенностей, отличающих нас от ближайших родственников. К сожалению, функциональное значение большинства выявленных отличий пока не установлено и даже сколько-нибудь обоснованные гипотезы удастся выдвинуть лишь в немногих случаях. То и дело мелькающие в средствах массовой информации броские заголовки, сообщающие об обнаружении очередного "ключевого гена, сделавшего нас людьми", явно опережают события.

Но ведь они наверняка есть, эти пресловутые "ключевые гены". Хотя этологи и зоопсихологи в последние годы превзошли самих себя в отыскании у других животных особенностей мышления и поведения, считавшихся ранее чисто человеческими (об этом мы

поговорим в главе "В поисках душевной грани", кн. 2), кое-какие важные отличия все же имеются. Пусть не качественные, а хотя бы количественные. В конце концов, мы умнее! Наш мозг по объему втрое превосходит мозг шимпанзе, а это что-нибудь да значит.

Неудивительно, что генетики, изучающие геном человека, изо всех сил пытаются найти те генетические особенности, которые обусловили увеличение мозга и, возможно, его более эффективную работу. Особые надежды при этом возлагаются на сравнение человеческого генома с геномом шимпанзе. Это позволяет сразу исключить из рассмотрения те примерно 98—99 % генома (в зависимости от способа подсчета), которые идентичны у наших видов. Где-то там, в оставшихся одном или двух процентах (что соответствует 30—60 млн нуклеотидов), зашифрована тайна человеческой уникальности. Осталось понять, где именно и каким образом. Сразу после прочтения генома шимпанзе (это радостное событие произошло в 2005 году) генетики дружными рядами бросились штурмовать "извечную тайну" уникальности человека, и мощь их натиска внушает уважение. Публикации, посвященные выявлению уникальных генетических особенностей *Homo sapiens*, появляются все чаще, и порой создается впечатление, что еще немного — и что-то очень важное откроется нам.

Что же реально удалось узнать о тех изменениях, которые произошли в нашем геноме после того, как 6—7 млн лет назад разошлись эволюционные пути человека и шимпанзе?

Изменения белков

Те участки генома, которые кодируют белки, изменились на удивление мало. Различия в аминокислотных последовательностях белков у человека и шимпанзе составляют значительно менее 1 %, да и из этих немногочисленных различий большая часть либо не имеет функционального значения, либо это значение остается неизвестным. Лишь в отдельных случаях удалось выдвинуть обоснованные гипотезы о возможной функциональной роли произошедших изменений.

Один из самых известных примеров связан с геном *FOXP2*, получившим (несколько преждевременно) броское прозвище "ген речи". У млекопитающих этот ген крайне консервативен. Например, у мыши белок, кодируемый геном *FOXP2* (белок называется FOXP2 — прямым шрифтом, а не курсивом), отличается от обезьяньего аналога всего одной аминокислотной заменой. Столь высокий консерватизм означает, что возникающие в результате мутаций изменения аминокислотной последовательности этого белка почему-то почти всегда оказываются вредными для млекопитающих и отсеиваются отбором. Однако человеческая версия *FOXP2* отличается от шимпанзинового аналога целыми двумя аминокислотными заменами! Определенно, тут произошло что-то важное.

При этом известно, что мутации в гене *FOXP2* приводят к серьезным нарушениям членораздельной речи. Чтобы нормально разговаривать, человеку необходима нормальная (не испорченная мутацией) версия этого гена. У других животных этот ген, возможно, выполняет сходные функции. Например,

недавно было показано, что активность гена *FOXP2* у певчих птиц резко снижается во время пения, причем именно в том отделе мозга, который отвечает за пение (*Teramitsu, White, 2006*). Напрашивается предположение, что замена двух аминокислот в человеческой эволюционной линии была связана с развитием способности к произнесению членораздельных звуков **(Подобные высказывания важно понимать правильно. Значит ли это, что наши предки молчали-молчали, а потом появилась мутантная особь с измененным FOXP2 и стала произносить членораздельные звуки, это дало ей репродуктивное преимущество, и мутация стала распространяться в популяции? Вряд ли. Скорее было так. Наши предки, имевшие еще "обезьянью" версию гена, активно использовали звуковую коммуникацию. Им было трудно издавать членораздельные, четко отличающиеся друг от друга разнообразные звуки, но они очень старались. Те особи, которым это удавалось лучше, оставляли в среднем больше потомков — например, потому, что им легче было что-то втолковать своим соплеменникам (неважно, что сами соплеменники говорили хуже — ведь и собаку можно научить различать и по-своему понимать десятки слов). Когда в такой популяции у какой-нибудь особи появлялась мутация, позволяющая говорить четче, она поддерживалась отбором и распространялась. Принятая в социуме культурная традиция — обычай общаться при помощи звуков — делала эти мутации полезными. Внимательные читатели, конечно, догадались, что речь идет об эффекте**

Болдуина (см. главу "Генетика души", кн. 2)) (Vernes et al., 2006). Но какую именно функцию выполняет *FOXP2* в мозге? Вплоть до недавнего времени о нем было известно лишь то, что он является транскрипционным фактором, то есть белком, регулирующим экспрессию (интенсивность работы, уровень активности) каких-то генов.

Если бы с высшими приматами можно было проводить генно-инженерные эксперименты, вопрос был бы решен быстро. Пересадили бы шимпанзе человеческий *FOXP2* и посмотрели бы, не удастся ли научить генно-модифицированную обезьяну разговаривать (шимпанзе можно научить разговаривать на уровне двух- или даже трехлетнего ребенка, но не голосом, а жестами или специальными значками-символами, см.: Зорина, Смирнова, 2006). А еще пересадили бы человеку шимпанзиный *FOXP2* и тоже посмотрели бы, что получится. Но с высшими приматами, слава гуманизму, такие опыты проводить нельзя.

Остаются мыши. Вольфганг Энард и его коллеги из Института Макса Планка (Лейпциг, Германия) вывели трансгенных мышей с человеческим геном *FOXP2*. Трансгенные мыши выросли вполне здоровыми, хотя некоторыми чертами отличались от нормальных мышей. В числе отличий авторы называют удлинение дендритов (входных, принимающих сигналы отростков нейронов) и увеличение синаптической пластичности (**Синаптическая пластичность — способность межнейронных контактов (синапсов) менять свою "проводимость". Это базовое свойство нейронных сетей, лежащее в основе памяти и обучения. Мы поговорим об этом подробнее в главе "Душевная механика", кн. 2)** в полосатом теле, или стриатуме. Это

как раз та часть мозга, работа которой меняется у людей с мутантным геном *FOXP2*. У мышей также снизилась исследовательская активность и общий уровень дофамина в мозге. Самое забавное, что у них к тому же изменились голосовые сигналы — характерные мышинные ультразвуковые вокализации (*Enard et al., 2009*). Эти результаты показывают, что изменения гена *FOXP2*, произошедшие в человеческой эволюционной линии, вероятно, оказали комплексное влияние на работу мозга.

В другом недавнем исследовании, выполненном американскими генетиками, многообразие функций *FOXP2* было продемонстрировано с еще большей ясностью (*Konopka et al., 2009*). Работа была основана на множестве биохимических и генетических методов, которые в совокупности позволили выявить различия в составе генов и белков, связанных с экспрессией гена *FOXP2* у человека и шимпанзе. Во-первых, трансгенным путем были выведены культуры предшественников нервных клеток человека, у которых вместо человеческого *FOXP2* работал шимпанзиный аналог с соответствующими двумя аминокислотными заменами. Далее сравнили экспрессию всех остальных генов в нормальных и трансгенных клетках. Ясно, что разница в экспрессии генов в двух культурах в данном случае должна быть отнесена на счет различий в гене *FOXP2* (естественно, исследователи имели в распоряжении несколько трансгенных и контрольных линий для статистики).

Выяснилось, что шимпанзиный *FOXP2* производится активнее, то есть в клетках его больше, чем человеческого. Кроме того, в культурах с шимпанзиным и человеческим *FOXP2* различается активность 116 генов: в человеческом варианте 61 ген демонстрирует

повышенную экспрессию, а 55 генов — пониженную. Некоторые из этих генов являются прямыми генами-мишенями *FOXP2*, то есть *FOXP2* связывается непосредственно с регуляторными участками этих генов, чтобы регулировать их активность. Для других *FOXP2* является косвенным регулятором, действуя опосредованно через другие гены. Действительно, оказалось, что регуляторные участки некоторых генов из этого массива по-разному (с разной частотой или вероятностью) связывались с человеческим и шимпанзиным *FOXP2*.

В итоге ученым удалось получить схему генно-регуляторной сети, "завязанной" на *FOXP2*. В схему были включены гены, которые изменяют свою работу в зависимости от модификации *FOXP2*.

Раньше было показано, что гены *DLX5* и *SYT4* — а они являются важными узлами на этой схеме — регулируют развитие и нормальную работу мозга. Теперь понятно, что эти гены представляют часть сложной регуляторной сети. В ее составе оказались и некоторые гены, мутации в которых вызывают тяжелые наследственные заболевания. К ним относится, например, ген *PPP1R1B*, дефекты которого приводят к расстройству речи. Также в этой схеме присутствуют гены, для которых, как и для *FOXP2*, доказано действие положительного (движущего) отбора (***Существует ряд признаков, по которым можно определить, что на ген действовал положительный отбор, то есть в нем возникли и были поддержаны отбором какие-то полезные мутации. В случае человеческого гена FOXP2 очевидным признаком является наличие двух несинонимичных (значимых) нуклеотидных замен (которые***

привели к замене двух аминокислот в молекуле белка FOXP2), при том что у остальных млекопитающих FOXP2 крайне консервативен. О других признаках см. ниже) в человеческой линии. К таким генам относится ген *AMT*. Отличия нуклеотидных последовательностей этого гена от обезьяньих аналогов весьма значительны. Можно предположить, что имела место сопряженная ускоренная эволюция части регуляторного каскада, приведшая к важным "человеческим" изменениям в работе мозга.

Все эти результаты были получены на культурах зародышевых предшественников нервных клеток, но не сформированных клеток взрослых индивидуумов. Понятно, что во "взрослых" нервных клетках, которые, собственно, работают у человека говорящего, все может быть несколько иначе. Ученые, предвидя это возражение, провели дополнительное исследование. Они оценили экспрессию генов в тканях различных участков мозга у взрослых людей и шимпанзе и сравнили с результатами, полученными для соответствующих клеточных культур (клеточные культуры с геном шимпанзе сравнивали с мозгом взрослого шимпанзе, а культуры с человеческим геном — с человеческим мозгом). Выяснилось, что картина экспрессии генов в культурах клеток практически такая же, как и в тканях взрослого мозга. Сходство оказалось высоким и для человеческих клеток, и для клеток с геном шимпанзе.

Эта работа, как и целый ряд других, показала, что различия между человеком и нечеловеческими обезьянами нельзя объяснить только различиями в белок-кодирующих последовательностях. Огромную роль играют изменения в регуляторных участках генов, от которых зависит, какими белками будет регулироваться

активность данного гена, в каких тканях и при каких условиях ген будет работать активнее или слабее. Самые важные человеческие признаки, в том числе связанные с работой мозга, формируются за счет изменения регуляции и количественных различий в экспрессии генов. Ген *FOXP2* оказался важнейшим регуляторным фактором, влияющим на экспрессию целого комплекса генов, участвующих в развитии и работе мозга. Среди множества отдаленных (опосредованных) эффектов этого гена-регулятора находится и контроль работы мышц, участвующих в формировании речи. Но, несмотря на закрепившуюся репутацию руководителя речи, ген *FOXP2* выполняет и другие важные функции в клетках мозга. В результате проведенных исследований сегодня мы можем уверенно утверждать, что человеческий вариант *FOXP2* с его двумя значимыми нуклеотидными заменами — один из важных "генов человечности", изменения которого сыграли существенную роль в становлении человека. Крайне интересно, что у неандертальца ген *FOXP2*, как недавно выяснилось, был точно такой же, как у современного человека. Это можно рассматривать как серьезный аргумент в пользу того, что неандертальцы, а также общие предки неандертальцев и сапиенсов — гейдельбергские люди, носители позднеашельской культуры, — владели речью.

Помимо изучения отдельных генов и белков генетики часто используют более глобальный подход, анализируя сразу большие группы генов, объединенных каким-то общим свойством. Например, сравнивают человеческие и шимпанзиные варианты генов, так или иначе связанных с онкологией (это важно, чтобы понять, почему шимпанзе, в отличие от людей, почти не болеют раком). Аналогичным образом сравнивались и гены,

связанные с развитием мозга. При этом удалось показать, что у приматов в целом эволюция этих генов идет заметно быстрее, чем, к примеру, у грызунов.

Подобные исследования разом выявляют десятки и сотни генетических различий между человеком и его ближайшими родственниками. Особенно "перспективными" считаются те гены, в которых удастся обнаружить следы действия положительного (движущего) отбора. Такие следы свидетельствуют о том, что изменения, произошедшие в данном гене, были действительно важны для наших предков, повышали их репродуктивный успех и поддерживались отбором. Одним из надежных признаков действия положительного отбора является повышенная доля значимых нуклеотидных замен по отношению к незначимым, или синонимичным (напомню, что значимые нуклеотидные замены — те, что приводят к замене аминокислоты в кодируемом белке).

Еще один признак — пониженный нейтральный полиморфизм в окрестностях того участка ДНК, на который действовал положительный отбор. Это требует объяснений. Представьте для начала, что данный участок ДНК не подвергается действию положительного отбора. Допустим, на него действует отрицательный (очищающий) отбор — отбраковка всех возникающих значимых замен. Тогда в этом участке и рядом с ним будут свободно накапливаться нейтральные, то есть не влияющие на фенотип замены (синонимичные замены — это подмножество нейтральных). В результате в генофонде популяции будет накапливаться нейтральный полиморфизм (разнообразие). Генотипы разных особей будут отличаться друг от друга по нейтральным заменам в окрестностях интересующего нас участка. Теперь

предположим, что у одной из особей в этом участке возникла полезная значимая замена. Раз мутация полезная, значит, ее будет поддерживать отбор. Эта особь и те из ее потомков, которые унаследуют эту мутацию, будут размножаться быстрее остальных. В результате полезная мутация начнет распространяться (повышать свою частоту) в генофонде популяции. Фокус тут в том, что вместе с полезной мутацией автоматически будут распространяться и те нейтральные замены, которые находились в ее окрестностях у той особи, у которой полезная мутация впервые возникла. Чем ближе находится нейтральная замена к полезной, поддерживаемой отбором, тем теснее она с ней "сцеплена", пользуясь языком генетиков. В результате одни нейтральные замены — те, которым повезло оказаться рядом с полезной — начнут вытеснять из генофонда все остальные нейтральные замены, встречающиеся в этом участке ДНК. Как следствие, в масштабе популяции нейтральный полиморфизм в этом участке снизится. Заметив в каком-то участке хромосомы пониженный уровень нейтрального полиморфизма, генетик имеет полное право заподозрить, что где-то в этом участке не очень давно возникла полезная мутация, распространившаяся под действием положительного отбора. "Не очень давно" — потому что после того, как положительный отбор прекратит свое действие (например, потому, что полезная мутация уже достигла 100 %-й частоты), в этом участке ДНК снова начнется свободное накопление нейтрального полиморфизма. Через какое-то время признаки действия положительного отбора могут быть полностью стерты.

Раскрытие биологического смысла обнаруженных генетических различий между человеком и шимпанзе и

следов действия положительного отбора — отдельная, очень сложная задача, как видно из рассмотренного примера с *FOXP2*. Обычно ее решение откладывается на потом. Когда наступит это "потом", сказать трудно. К сожалению, науке еще далеко до четкого понимания связей между генотипом и фенотипом. Как правило, мы не знаем, как те или иные генетические различия сказываются на развитии и строении взрослого организма, а выяснять это долго, трудно и дорого. Поэтому сейчас многие генетики предпочитают заниматься масштабными "скринингами", во время которых генетические отличия человека от шимпанзе вылавливаются сотнями, но не осмысливаются, а только приблизительно сортируются по степени "перспективности".

К числу "особо перспективных" генов, выловленных таким способом, относятся *ASPM* и *microcephalin*. В них обнаружены явные следы действия отбора, а их связь с развитием мозга подтверждается тем, что мутации в них приводят к микроцефалии. Показано, что белок ASPM замедляет превращение эмбриональных стволовых нейроэпителиальных клеток в нейроны. Иными словами, клетки — предшественники нейронов в присутствии ASPM успевают поделиться большее число раз, прежде чем превратятся в нейроны, которые уже не могут делиться.

Ген *microcephalin* указывает на древнюю гибридизацию сапиенсов с другими видами людей

Как мы помним, люди современного типа (*Homo sapiens*) появились в Африке не позднее 195 тыс. лет назад. Впоследствии часть их вышла из Африки (о датировке этого исхода мы поговорим в главе "Великое

расселение сапиенсов"). Сапиенсы заселили сначала Южную Азию, затем Австралию, Европу и, наконец, Америку. Расселялись они не по безлюдным местам — в Евразии жили представители других человеческих популяций, потомков более древних волн расселения из африканской прародины.

Мы уже упоминали об острой дискуссии по поводу того, имела ли место гибридизация между сапиенсами, вышедшими из Африки, и древним евразийским населением. В течение почти 20 лет преобладала точка зрения об отсутствии гибридизации, однако начиная с середины 2000-х годов чаша весов начала склоняться в противоположную сторону. Один из весомых аргументов в пользу того, что наши предки все-таки скрещивались с представителями коренного населения Евразии, получил американский генетик Брюс Лан с коллегами из Чикагского университета. Исследователи в течение ряда лет изучали человеческий ген *microcephalin*, мутации которого приводят к микроцефалии. Этот ген привлек к себе пристальное внимание, поскольку выяснилось, что он быстро эволюционировал у человеческих предков после того, как они обособились от предков шимпанзе. Сочетание двух этих особенностей (связь с ростом мозга и быстрая эволюция в человеческой линии) сделало ген *microcephalin* одним из самых популярных объектов у генетиков, занимающихся поиском генетических основ человеческой уникальности.

В сентябре 2005 года Лан и его коллеги опубликовали в журнале Science первые результаты своих исследований (*Evans et al., 2005*). Они показали, что самая распространенная группа близкородственных вариантов (аллелей) гена *microcephalin* появилась в человеческой популяции всего 37 тыс. лет назад и очень

быстро распространилась — очевидно, под действием положительного отбора. Ученые сделали вывод, что эта группа вариантов (которую они называли группой D от слова *derived*, "производный") давала какое-то важное преимущество своим носителям, что и обусловило ее быстрое распространение.

Сначала ученые предполагали, что группа D появилась в результате мутаций одного из более древних вариантов гена, встречавшихся у сапиенсов. Это видно, в частности, по названию *derived*. Однако дальнейшие исследования показали, что происхождение D-аллелей было, вероятно, куда более драматическим (Evans et al., 2006).

Ученые определили последовательность нуклеотидов большого фрагмента гена *microcephalin* у 89 человек из разных регионов мира, получив таким образом 178 последовательностей (мы ведь помним, что большинство генов у каждого человека присутствует в виде двух копий, одна из которых получена от матери, другая — от отца). Оказалось, что в этой выборке имеется 86 различающихся аллелей. 124 из 178 последовательностей (70%) относятся к группе D.

"Время схождения" всех вариантов, входящих в группу D, составляет около 37000 лет. Иными словами, все эти варианты происходят от одного предкового аллеля, который был частью генома какого-то нашего пращура, жившего 37 тыс. лет назад.

Попарное сравнение D-аллелей с другими (не-D-аллелями), а также не-D-аллелей между собой дало удивительные результаты. Между D- и не-D-аллелями обнаружились глубокие различия. Оказалось, что общий предок всех носителей

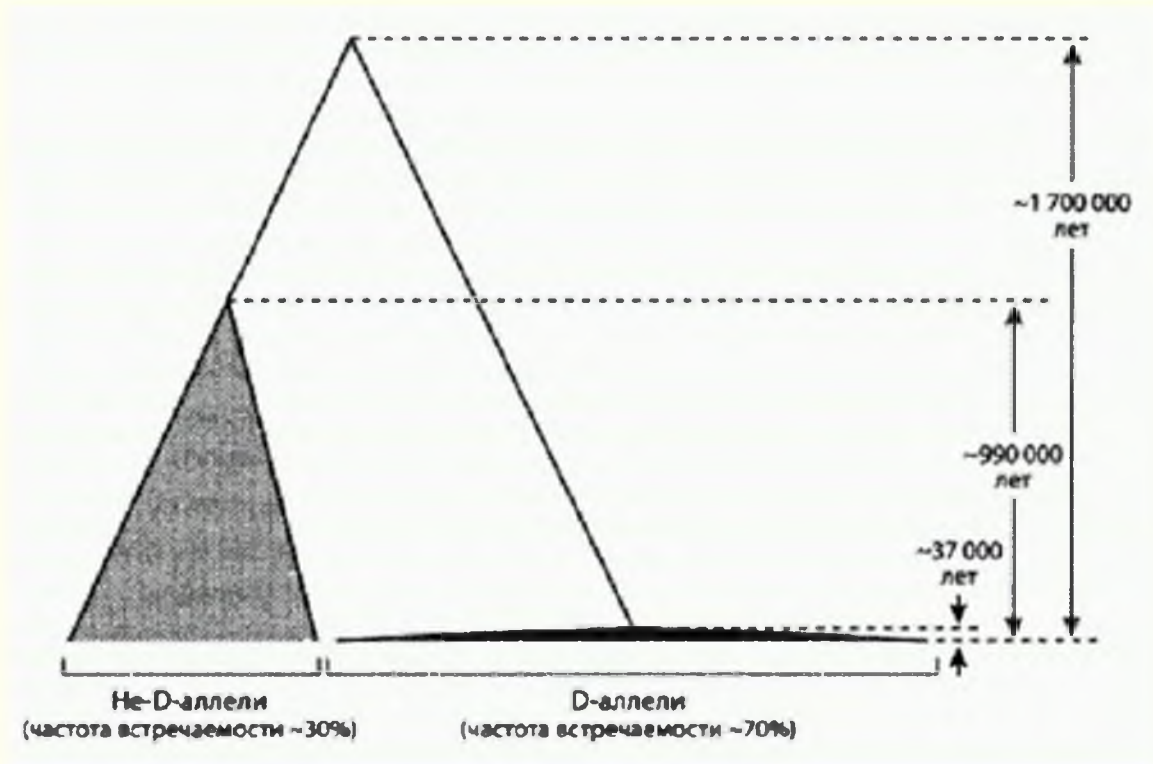
не-D-аллелей жил около миллиона лет назад, а общий предок носителей D- и не-D-аллелей — примерно 1,7 млн лет назад (см. рисунок).

Получилась парадоксальная картина: с одной стороны, D-аллели появились и стали быстро распространяться в человеческой популяции лишь 37 тыс. лет назад, с другой, разделение эволюционных линий D- и не-D-аллелей произошло 1,7 млн лет назад. Если бы D-аллели появились в результате мутаций внутри популяции *H. sapiens*, следовало бы ожидать, что время разделения D- и не-D-аллелей окажется сопоставимым с временем начала дивергенции (расхождения) D-аллелей (около 37 тыс. лет).

При помощи статистических тестов и моделирования авторы показали, что наблюдаемая картина не может быть объяснена на основе гипотезы о единстве предковых популяций — носителей D- и не-D-аллелей. Эти популяции, несомненно, долгое время существовали изолированно друг от друга. По приблизительной оценке, изоляция скорее всего возникла около 1,1 млн лет назад, но не позднее, чем 530 тыс. лет назад. В одной из изолированных популяций закрепились D-аллели, в другой — не-D-аллели, а потом произошло смешение популяций.

Теоретически здесь возможны два альтернативных сценария: либо две популяции просто объединились и смешались, либо популяция *Homo sapiens* 37 тыс. лет назад получила от какой-то другой популяции, с которой ранее не было генетического обмена, полезный аллель D в результате эпизодического скрещивания, и этот аллель благодаря своей полезности быстро распространился. В первом случае в человеческом геноме должно быть

множество генов с такой же генеалогией, как у гена *microcephalin*. Авторы проверили это предположение, проанализировав базы данных по полиморфизму человеческих генов, и пришли к выводу, что ничего подобного не наблюдается.



*Реконструированная генеалогия аллелей гена *microcephalin*. По рисунку из Evans et al., 2006.*

Таким образом, по мнению авторов, возможно только одно правдоподобное объяснение наблюдаемой картины. Популяция *Homo sapiens* 37 тыс. лет назад получила D-аллель гена *microcephalin* в результате скрещивания с представителем какой-то другой популяции гоминид, с которой до этого не было активного обмена генами в течение полумиллиона лет

или более. Аллель оказался полезным и быстро распространился.

Кто были эти другие гоминиды? Возможно, неандертальцы, с которыми наши прямые предки в то время проживали на одной территории в Европе. Вычисленное авторами время возникновения изоляции между нашими предками и "носителями D-аллелей" (530 тыс. лет или более) примерно совпадает с предполагаемым временем расхождения сапиенсов и неандертальцев. Забегая вперед, скажу, что в прочтенном недавно неандертальском геноме D-аллель не обнаружен (но, может быть, он встречался не у всех, а только у некоторых неандертальцев — ведь и у современных людей он есть не у каждого).

Авторы отмечают, что вышедшие из Африки сапиенсы были чужаками в Евразии, заселенной древними представителями рода *Ното*. Эти последние наверняка были в чем-то лучше приспособлены к местным условиям. Да и по каким-то аспектам умственного развития они тоже могли опережать африканцев. И сапиенсы, скрещиваясь с аборигенами, вполне могли позаимствовать у них кое-какие полезные гены. Авторы предположили, что D-аллель микроцефалинового гена, скорее всего, не единственный случай такого рода. Должны найтись и другие гены, полученные нашими предками от других видов *Ното*. Это предположение блестяще подтвердилось в результате прочтения полных ядерных геномов неандертальцев и денисовцев, о чем будет сказано ниже.

Ходят слухи, что дальнейшее расследование детективной истории с микроцефалиновым геном сейчас приостановлено. Почему? Возможно, в связи с

неполиткорректными выводами, которые начали намечаться. Частота встречаемости D-аллелей гена *microcephalin* у коренного населения разных регионов мира оказалась разной. Иначе и не могло быть, если эти аллели были получены в результате эпизодического скрещивания в период, когда сапиенсы уже активно расселялись по Старому Свету. Максимальная встречаемость отмечена у американских индейцев, минимальная — у некоторых африканских народов, таких как пигмеи (средняя частота по всему человечеству — около 70 %). Если журналисты раздули бы эту историю (вкуче с недоказанным пока предположением, что D-аллели положительно влияют на интеллект), пигмеи могли бы обидеться, а индейцы — возгордиться. Конечно, жаль, что подобные проблемы до сих пор могут притормаживать развитие некоторых научных направлений. Но, возможно, и вправду лучше кое-что отложить до тех пор, пока расизм и национализм не станут для нас такими же давно забытыми, допотопными "ужасиками", как гастрономический каннибализм наших далеких предков. Надеюсь, ждать придется не очень долго.

Изменения активности генов

Эволюция животных в целом и приматов в частности протекает не столько за счет изменения структуры белок-кодирующих генов, сколько за счет изменения их активности. Небольшое изменение в верхних этажах иерархически организованных генно-регуляторных контуров может приводить к радикальным изменениям в строении организма. При этом количество измененных нуклеотидов в геноме

может быть очень небольшим (*Колчанов, 2004; Колчанов, Суслов, 2006*).

Активность генов регулируется множеством способов, но самой универсальной у высших организмов является регуляция при помощи специальных белков — транскрипционных факторов (ТФ). Эти белки находят специфические короткие последовательности нуклеотидов (сайты связывания ТФ), расположенные обычно перед началом регулируемых генов (в так называемой регуляторной области), прикрепляются в этом месте к ДНК и либо подавляют, либо активизируют работу гена. Один и тот же ТФ может регулировать множество генов. Гены, кодирующие ТФ, в свою очередь регулируются другими ТФ, и так далее — в несколько этажей. Понятно, что изменение даже одного-двух нуклеотидов в регуляторной или кодирующей области гена какого-нибудь ТФ высокого уровня может иметь далеко идущие последствия. "Выловить" такие генетические изменения очень трудно, зато легко заметить результат: изменение активности различных генов.

Экспрессию генов измеряют при помощи микрочипов — пластинок с нанесенными на них кусочками ДНК — фрагментами изучаемых генов. Из клеток выделяют РНК и наносят на микрочип. Чем активнее работает ген, тем больше синтезируется в клетке молекул РНК с характерной для данного гена последовательностью нуклеотидов (они синтезируются в ходе первичного "прочтения" генов — транскрипции). Если на чипе имеются кусочки ДНК с такой же или очень похожей последовательностью нуклеотидов, молекулы

РНК прилипают к ним. По количеству прилипших молекул РНК судят об уровне активности гена.

В 2006 году группа молекулярных биологов из США и Австралии сравнила уровень активности генов у человека, шимпанзе, орангутана и макаки-резуса (*Gilad et al., 2006*). Активность генов измерялась в клетках печени пяти взрослых самцов каждого вида. Специально для этого исследования был разработан "многовидовой" микрочип, который с одинаковым успехом "ловит" РНК всех четырех видов приматов, невзирая на небольшие различия в нуклеотидных последовательностях. Раньше для подобных исследований использовались "человеческие" микрочипы, а к ним РНК других обезьян прилипают чуть хуже, и поэтому активность генов недооценивается.

Прежде всего ученые выявили гены, уровень активности которых одинаков у всех четырех видов и к тому же мало варьирует у разных особей в пределах вида. Как и следовало ожидать, среди них оказалось много генов, отвечающих за базовые физиологические процессы, происходящие в клетке (их называют также "генами домашнего хозяйства"), — изменение их активности обычно вредит организму. В данном случае ничего неожиданного не обнаружилось, что лишь подтвердило корректность методики.

Ученые выявили также 110 генов, активность которых достоверно различается у человека и шимпанзе (55 генов активнее у людей и ровно столько же — у наших ближайших родственников). Похожие результаты получали ранее и другие исследователи, однако на этот раз благодаря наличию данных по макакам и орангутанам удалось продвинуться значительно дальше

— появилась возможность выяснить, какие из выявленных различий (между человеком и шимпанзе) возникли в человеческой, а какие — в шимпанзиной линиях после их разделения 6—7 млн лет назад. Например, если у макак и орангутанов уровень активности данного гена такой же, как у шимпанзе, а у человека он выше, значит, скорее всего, рост активности гена произошел в человеческой линии после ее отделения от линии шимпанзе. Если же у макак и орангутанов активность гена совпадает с человеческой, следовательно, все дело в уменьшении активности этого гена в линии шимпанзе.

Так было выявлено 49 генов, активность которых изменилась именно в человеческой линии (30 генов увеличили свою активность, 19 — понизили). Интересно, что среди 30 генов с повышенной активностью оказалось целых девять генов транскрипционных факторов (30 %), тогда как в целом в изучавшейся выборке из 907 генов гены транскрипционных факторов составляют лишь 10 %. Среди генов с пониженной активностью генов транскрипционных факторов вообще не оказалось. По-видимому, это говорит о каких-то существенных переменах в работе генно-регуляторных сетей.

Ясно, что эти гены — лишь вершина айсберга, поскольку в печени взрослой обезьяны экспрессируется лишь небольшая часть генов транскрипционных факторов, имеющих в геноме. Многие транскрипционные факторы включаются ненадолго, лишь в определенные моменты эмбрионального развития, управляя сложнейшим процессом формирования организма. Работа именно этих транскрипционных факторов наверняка и определяет

важнейшие отличия человека от других обезьян, но их поиск — дело будущего.

Самое интересное, что у шимпанзе все оказалось по-другому. Среди генов, активность которых изменилась в эволюционной линии шимпанзе после ее отделения от человеческой, транскрипционных факторов оказалось всего 9 причем у половины из них активность повысилась, а у половины — понизилась. Между прочим, аналогичные исследования, проведенные на близких видах мух-дрозофил, тоже, как и в случае с шимпанзе, не показали особо сильных изменений в активности транскрипционных факторов. Похоже, усиленная экспрессия многих регуляторных генов — специфическая особенность эволюции именно человеческой линии.

В других исследованиях было показано, что особенно сильные изменения активности генов у человека по сравнению с шимпанзе наблюдаются в клетках мозга. Когда таким же способом сравнили шимпанзе с другими приматами, картина получилась иная: активность генов в мозге у разных обезьян различалась не сильнее, чем в других органах. Любопытно, что почти все гены, чья активность в клетках мозга сильно различается у человека и шимпанзе, у человека работают активнее. Что бы это значило?

Еще один метод поиска "перспективных" районов человеческого генома основан на выявлении таких участков ДНК, которые у шимпанзе и других животных сходны между собой, а у человека сильно отличаются. Таким способом было выявлено несколько участков генома, в которых у наших предков произошли радикальные изменения уже после того, как разошлись

эволюционные линии шимпанзе и человека. Попытки найти в этих 49 участках что-нибудь осмысленное привели к открытию гена *HAR1F*. Этот ген кодирует не белок, а маленькую регуляторную РНК, которая активно синтезируется в мозге эмбриона как раз в тот период, когда закладывается структура коры больших полушарий (на седьмой — девятнадцатой неделе). Этот ген, как выяснилось, есть не только у всех млекопитающих, но и у птиц. Однако человеческий *HAR1F* имеет 18 отличий от шимпанзинового, а шимпанзиный от куриного — только два. Почти наверняка *HAR1F* — важный "ген человечности". Осталось понять, какие гены регулирует эта маленькая регуляторная РНК, как она это делает и зачем.

Предки человека заимствовали полезные гены у вирусов

Я уже говорил в предисловии, что в геноме человека и других животных присутствует множество так называемых эндогенных ретровирусов (ЭРВ) — встроенных вирусных геномов. Обычные, то есть "дикие", или экзогенные, ретровирусы хранят свой наследственный материал в виде молекул РНК, упакованных в белковую оболочку. Клетка, зараженная ретровирусом, синтезирует вирусные белки на основе инструкций, записанных в вирусной РНК. Один из этих белков — фермент обратная транскриптаза — использует вирусную РНК в качестве матрицы для синтеза ДНК. Затем другой вирусный фермент — интеграза — встраивает эту ДНК в геном хозяйской клетки. В результате вирусный геном становится частью генома клетки и начинает размножаться вместе с ним. Такой встроенный вирусный геном называют "провирусом". Молекулы РНК, "считанные" клеткой с провируса,

становятся основой для формирования новых вирусных частиц.

До тех пор пока все это происходит в соматических (неполовых) клетках, вирусная инфекция не становится наследственной. Но если ретровирусу удастся проникнуть в половые клетки, у него появляется шанс стать неотъемлемой частью хозяйского генома на долгие времена. Такие ретровирусы, встроившиеся когда-то в геном половых клеток и устойчиво передающиеся от родителей к потомкам, и называют эндогенными ретровирусами.

В большинстве случаев эти генно-инженерные эксперименты, проводимые вирусами над своими хозяевами, не приносят последним никакой пользы. Если в череде поколений возникает мутация, портящая один из генов ЭРВ, то хозяин от этого либо выигрывает, либо по крайней мере ничего не теряет. Поэтому отбор не отсеивает такие мутации, что приводит к постепенной деградации ЭРВ под грузом мутаций. В результате большинство ЭРВ в геномах животных — это неактивные вирусные геномы, находящиеся на той или иной стадии разрушения. Такие ЭРВ, очевидно, представляют собой бесполезный генетический "мусор". Иногда перед тем, как потерять активность, ЭРВ успевают размножиться внутри генома, то есть встроить множество своих копий (до нескольких сотен) в разные места хозяйских хромосом. Потом в них накапливаются разные мутации, и возникают целые "семейства" похожих друг на друга ЭРВ.

В геноме человека большинство ЭРВ — довольно старые, они встроились в геном наших предков свыше 25 млн лет назад, еще до отделения эволюционной линии человекообразных от других обезьян Старого Света. Но

есть и молодые ЭРВ, полученные нами уже после разделения линий шимпанзе и человека.

Среди человеческих ЭРВ пока не обнаружено ни одного активного. Все они (возможно, за немногими исключениями) уже утратили способность вести себя как настоящие вирусы, то есть заражать другие организмы. По-видимому, они не могут уже и размножаться внутри клетки и встраиваться в другие места того же генома, то есть вести себя как "мобильные генетические элементы". Этим человек отличается от мыши, кошки и свиньи — в геномах этих животных есть молодые ЭРВ, сохранившие в той или иной мере свою вирусную активность. Впрочем, генетики уже умеют искусственно "воскрешать" инактивированные человеческие ЭРВ (см. ниже).

Те из читателей, кто знаком с моей предыдущей книгой "Рождение сложности", знают, что фрагменты мобильных генетических элементов в ходе эволюции иногда могут начать выполнять полезные функции в организме хозяина. Это называют "молекулярным одомашниванием". Поддаются ли "одомашниванию" эндогенные ретровирусы? Результаты недавних исследований позволяют ответить на этот вопрос утвердительно. Генетики из Орхусского университета (Дания) показали, что вирусные гены не раз подвергались "одомашниванию", в том числе и в эволюции наших предков (*Kjeldbjerg et al., 2008*).

Ранее было показано, что несколько генов ЭРВ человека, а именно гены белков вирусной оболочки, экспрессируются в клетках некоторых тканей, в том числе в плаценте. В отличие от других фрагментов ЭРВ эти гены не разрушаются под грузом мутаций. Это значит, что они находятся под действием очищающего

отбора: мутации портящие эти гены, снижают приспособленность (речь идет, конечно, о приспособленности людей, а не вирусов) и потому отсеиваются отбором. Для трех человеческих генов вирусного происхождения (*syncytin 1*, *syncytin 2*, *EnvPb1*) недавно была экспериментально показана способность инициировать слияние клеток. Белки вирусной оболочки помимо прочего обеспечивают проникновение вируса в клетку. Способность этих белков нарушать целостность клеточных мембран может в некоторых случаях оказаться полезной организму — например, в ходе развития наружного слоя плаценты (синцитиотрофобласта), который образуется путем слияния множества клеток в единое многоядерное целое.

Датские генетики обнаружили и изучили еще один яркий случай "одомашнивания" двух вирусных генов, которые изначально кодировали белки вирусной оболочки. Открытие было сделано в ходе целенаправленного поиска неиспорченных вирусных генов в геноме человека. Исследователи нашли два очень похожих друг на друга ретровирусных гена (их назвали *ENW1* и *ENW2*), которые, по всей видимости, находятся в рабочем состоянии. Это типичные гены белков оболочки ретровируса. Каждый из них входит в состав своего ЭРВ, причем все остальные части этих ЭРВ давно выведены из строя многочисленными мутациями и вставками мобильных генетических элементов — транспозонов.

Авторы нашли гены *ENW1* и *ENW2* и в геномах других приматов: у человекообразных (шимпанзе, орангутана), других обезьян Старого Света (макаки-резуса, зеленой мартышки), а также у обезьян Нового Света — мармозетки и беличьей обезьяны, или

саймири. Однако у наших более отдаленных родственников — лемуров — этих генов нет. Сопоставив данные по нуклеотидным последовательностям генов *ENW1* и *ENW2* у разных обезьян, исследователи смогли реконструировать эволюционную историю этих генов.

Исходный ретровирус проник в геном наших предков и "прижился" там между 77 и 43 млн лет назад: уже после того, как разделились линии обезьян и лемуров, но до того, как разошлись обезьяны Старого и Нового Света. Новый ЭРВ вскоре подвергся двум последовательным дупликациям, и в результате получилось три одинаковых ЭРВ, расположенных по соседству на одной хромосоме. Все участки этих ЭРВ, кроме генов белков оболочки (*ENW1*, *ENW2* и *ENW3*), стали постепенно дегенерировать. Ген *ENW2* приобрел в результате мутаций какое-то полезное для хозяина свойство и стал бережно сохраняться отбором. Об этом свидетельствует, в частности, резкое преобладание незначимых (синонимичных) нуклеотидных замен над значимыми в этом гене у всех обезьян. Гены *ENW1* и *ENW3*, по-видимому, тоже приобрели полезные функции (возможно, это произошло еще до утроения исходного ЭРВ), но эти гены оказались не столь незаменимыми, как *ENW2*. Поэтому в некоторых эволюционных линиях обезьян эти гены были либо утрачены, либо выведены мутациями из строя. В частности, общий предок человека и шимпанзе потерял ген *ENW3*. У их ближайшего родственника орангутана этот ген есть, хотя и в нерабочем состоянии. Ген *ENW1* у орангутана есть, но не работает; у человека и шимпанзе он в полном порядке. Авторы также выяснили, что между генами *ENW1* и *ENW2* в разных эволюционных линиях неоднократно происходил обмен участками. В результате ген *ENW2* мог

передать гену *ENW1* свои полезные свойства — полностью или частично.

Интересно, что у обоих видов, у которых это удалось проверить, а именно у человека и павиана, гены *ENW1* и *ENW2* работают в плаценте. Установить экспериментально, какую именно функцию они там выполняют, технически очень сложно, и авторы пока этого не сделали. Но на основе анализа структуры белков, кодируемых этими генами, можно заключить, что возможных функций три:

1. управление слиянием клеток в ходе формирования наружного слоя плаценты — синцитиотрофобласта (об этом способе применения вирусных белков говорилось выше);

2. защита эмбриона от иммунной системы матери (у обоих белков есть участок, обладающий иммуносупрессивным действием — это вполне понятно, если вспомнить, что изначально они входили в состав вирусной оболочки);

3. защита эмбриона от "диких" ретровирусов. У *ENW1* и *ENW2* сохранились участки, связывающиеся с теми поверхностными белками клетки, к которым прикрепляются ретровирусы, чтобы проникнуть в клетку. Если к такому поверхностному белку уже прицепился белок *ENW1* и *ENW2*, дикий ретровирус не может использовать его для проникновения в клетку.

Таким образом, генетические модификации, которым ретровирусы подвергали наших предков, впоследствии иногда оказывались весьма полезными.

Новые гены?

Активность генов может меняться в ходе эволюции не только путем изменений сайтов связывания ТФ, работы самих ТФ или регуляторных РНК, но и в результате дупликации генов. При прочих равных два одинаковых гена производят больше продукта (то есть информационной РНК, которая затем "транслируется" в белок), чем один.

Дупликация генов, так же как и их потеря, — весьма обычное явление в эволюции. В человеческой эволюционной линии (после ее обособления) произошло как минимум 134 генных дупликации. Удваивались не только гены, но и все то, что находится между ними — всевозможные некодирующие участки ДНК, функция которых в большинстве случаев неизвестна. Иногда происходило удвоение отдельных фрагментов генов. Некоторые гены дублируются многократно. Например, ген *MGC8902* у человека присутствует в 49 копиях (у шимпанзе десять, у макак четыре). Ген к тому же несет следы действия положительного отбора и активно работает в клетках мозга.

Удвоение генов часто становится первым шагом к возникновению принципиально новых генов. Одна из двух копий гена, оказавшись в ином генетическом "контексте" (окружении), может начать по-другому регулироваться, работать в других тканях или на иных этапах развития организма и в конце концов может приобрести новую функцию и структуру. Но это долгий путь. В какой степени он был реализован в эволюции человека, пока неясно, да и определить, в какой момент ген перестает быть просто дубликатом старого гена и

начинает быть новым геном, не легче, чем провести грань между нечеловеческими гоминидами и людьми.

Новые гены могут возникать и быстрее — путем перетасовки частей имеющихся генов. Один такой случай зарегистрирован у человека. Ген *SIGLEC-11* дуплицировался примерно 15 млн лет назад, еще до расхождения линий человека и шимпанзе. Его вторая копия в какой-то момент выключилась, перестала работать, и в ней накопились мутации. У шимпанзе эта отключенная копия так и осталась не востребованной, а у человека ее фрагмент заместил собой часть исходного гена *SIGLEC-11*. В результате получился почти совсем новый, чисто человеческий ген. Он кодирует рецепторный белок, относящийся к надсемейству иммуноглобулинов и присутствующий на мембранах лимфоцитов и некоторых клеток мозга. По-видимому, он выполняет нейропротекторную функцию — защищает нервные клетки от каких-то токсинов.

Рассмотрим один хорошо изученный пример появления нового гена путем дупликации и смены функции. Правда, на этот раз речь пойдет о гене, который появился не в гоминидной линии, а раньше — у общего предка человекообразных обезьян. Этот случай детально исследован бельгийскими и швейцарскими биологами в 2008 году (*Rosso et al., 2008*).

Для начала необходимо напомнить, что существует два основных механизма удвоения генов: "обычная" дупликация фрагментов ДНК и ретродупликация. Последнее означает дупликацию в результате деятельности ферментов — обратных транскриптаз. Гены обратных транскриптаз входят в состав мобильных генетических элементов — ретротранспозонов, которых в

геноме любого млекопитающего насчитываются тысячи. Ретротранспозоны размножаются так: сначала клетка осуществляет транскрипцию (прямую, а не обратную) ретротранспозона, то есть синтезирует на матрице ДНК молекулу РНК. Затем эта РНК используется для синтеза закодированного в ней белка — обратной транскриптазы. Последняя в свою очередь может синтезировать на матрице РНК комплементарный ей фрагмент ДНК и встроить его в хозяйскую хромосому (подробнее об этом рассказано в книге "Рождение сложности").

Время от времени обратные транскриптазы переписывают в ДНК хозяина информацию не только со "своих" молекул РНК, создавая новые копии ретротранспозонов, но и с "хозяйских" РНК, создавая тем самым "лишние" копии хозяйских генов. Отличить такие ретродуплицированные гены от обычных можно по отсутствию в них некодирующих вставок — интронов. Дело в том, что после транскрипции интроны из молекулы РНК вырезаются (это называется сплайсингом). В результате получаются "зрелые матричные РНК", которые используются, с одной стороны, клеткой для синтеза белка, с другой — обратными транскриптазами для создания ретрокопий. В зависимости от того, в какой генетический контекст попадет ретрокопия, она может оказаться либо работающей (тогда ее называют ретрогеном), либо, чаще, она работать не будет, и тогда ее называют ретропсевдогеном.

В эволюции приматов, в том числе человекообразных, ретрогены появлялись довольно часто. Ген *CDC14Bretro* появился 18—25 млн лет назад у общих предков человекообразных обезьян (гиббонов, орангутанов, горилл, шимпанзе и людей) в результате ретродупликации. Его "родителем" был очень древний

ген *CDC14B*, первые варианты которого появились еще у одноклеточных. Функция этого гена (точнее, кодируемого им белка) состоит в регуляции некоторых стадий клеточного деления. Ген весьма консервативен, то есть мало меняется в ходе эволюции, что говорит о важности выполняемой им функции. Варианты *CDC14B* настолько похожи у разных организмов, что если у дрожжей удалить этот жизненно необходимый ген и вместо него вставить человеческий аналог, то дрожжевые клетки совершенно нормально живут и делятся.

Как же сложилась судьба ретрокопии этого гена, которая появилась у древних человекообразных?

Здесь необходимо еще одно пояснение. Исходный ген *CDC14B* у приматов подвергается альтернативному сплайсингу, то есть из незрелой матричной РНК, считанной с этого гена, может быть "нарезана" не одна, а несколько — в данном случае четыре — разных зрелых матричных РНК (которые используются затем для синтеза четырех различающихся вариантов белка). Подробнее о явлении альтернативного сплайсинга рассказано в книге "Рождение сложности". Предком *CDC14Bretro* является один из четырех сплайс-вариантов, который исследователи обозначили как *CDC14Bpar* {от parent — "родитель"). Остальные варианты получили названия *CDC14B1*, *CDC14B2* и *CDC14B3*.

Затем авторы проверили, в каких тканях производятся соответствующие молекулы РНК. Картина получилась любопытная. Оказалось, что все четыре сплайс-варианта исходного гена *CDC14B* производятся во всех тканях человеческого организма, однако его ретрокопия *CDC14Bretro* работает (экспрессируется) только в мозге и семенниках. Особенно интересно, что

ретроген активно работает во время раннего эмбрионального развития в переднем мозге эмбриона, в той области, из которой впоследствии развивается кора больших полушарий.

Похоже на то, что пока "родительский" ген продолжал заниматься своей старинной работой — регуляцией клеточных делений во всех тканях, — его ретрокопия занялась чем-то более специфическим в мозге и в семенниках. Эта смена тканевой локализации, по-видимому, произошла еще до отделения предков гиббонов от предков остальных человекообразных, то есть вскоре после дупликации, 18—25 млн лет назад. Это подтверждается тем, что у гиббонов, шимпанзе и людей ретроген экспрессируется в одних и тех же тканях — в семенниках и в мозге (горилл и орангутанов пока не проверяли).

Интересные результаты дал также анализ изменений нуклеотидной последовательности ретрогена в ходе эволюции.

Сопоставив последовательности гена *CDC14Bretro* разных человекообразных обезьян с эволюционным деревом этой группы, авторы реконструировали "ископаемые" варианты этого гена, которые имелись у вымерших предков, а также установили, какие нуклеотидные замены и в каком количестве произошли в каждой отдельной веточке. Как известно, нуклеотидные замены делятся на синонимичные, не ведущие к изменению структуры кодируемого белка, и несинонимичные, или значимые. Первые находятся вне сферы внимания естественного отбора и могут накапливаться свободно. Вторые влияют на фенотип и поэтому либо отсеиваются отбором (если они вредны),

либо, наоборот, распространяются в популяции и в конце концов фиксируются (если они полезны). Поэтому по соотношению синонимичных и значимых замен можно судить о том, находился ли данный ген под действием одного из двух вариантов отбора. Если синонимичных замен много, а значимых мало, то ген находился под действием отрицательного (очищающего) отбора, который отбраковывал большинство значимых замен. Если доля значимых замен повышена, то ген находился под действием положительного отбора, который способствовал фиксации полезных изменений.

Так вот, оказалось, что ген *CDC14Bretro* в ходе эволюции гоминоидов почти всегда находился под действием очищающего отбора, и только однажды он подвергся кратковременному, но сильному действию положительного отбора. Этот период соответствует веточке дерева, которая соединяет общего предка orangutanов и африканских человекообразных обезьян (= горилла + шимпанзе + человек) с общим предком последних. Движущий отбор действовал на данный ген только в промежутке от 14 до 7 млн лет назад и только в одной эволюционной линии, которая соответствует общим предкам африканских человекообразных обезьян (после отделения от этой линии предков orangutanов и до разделения ее на линии, ведущие к горилле и к предку шимпанзе и человека). За этот период в гене зафиксировалось 12 значимых замен и ни одной синонимичной.

Большинство значимых замен, зафиксировавшихся у предков африканских человекообразных, расположены в концевых участках гена, от которых зависит, в какие части клетки будет доставляться белок. Поэтому авторы решили проверить, в каких частях клетки работают

белки, кодируемые четырьмя сплайс-вариантами *CDC14B* и ретрогеном *CDC14Bretro*. Оказалось, что два из четырех сплайс-вариантов скапливаются в клеточном ядре, а два другие, в том числе "предковый" вариант *CDC14Bpar*, локализуются в цитоплазме и прикрепляются к микротрубочкам — особым внутриклеточным структурам, играющим важную роль в клеточном делении.

Белки, кодируемые ретрогеном *CDC14Bretro*, у гиббона и орангутана ведут себя так же, как их молекулярный предок — сплайс-вариант *CDC14Bpar*, то есть прикрепляются к микротрубочкам. Однако белки, кодируемые тем же ретрогеном у гориллы, шимпанзе и человека, ведут себя иначе: они игнорируют микротрубочки и вместо этого прикрепляются к мембранам эндоплазматической сети (системы внутриклеточных каналов, служащей для синтеза и транспорта различных веществ).

Авторы не поленились изготовить "ископаемые" белки по реконструированным последовательностям генов, которые имелись у (1) общего предка орангутана и африканских человекообразных и (2) общего предка африканских человекообразных. Таким образом, были воссозданы белки, существовавшие до и после периода интенсивного положительного отбора. Эти белки затем внебрили в живые клетки. Оказалось, что первый (более древний) воскрешенный белок липнет к микротрубочкам, как у орангутана и гиббона, а второй — к эндоплазматической сети, как у гориллы, шимпанзе и человека.

Дополнительные эксперименты подтвердили, что основной "смысл" тех двенадцати значимых замен, которые зафиксировались в период действия

положительного отбора, состоял именно в том, чтобы изменить внутриклеточную локализацию белка — направить его от микротрубочек к эндоплазматической сети. Кроме того, три из этих замен должны были немного изменить свойства активного центра белка — так называемого фосфатазного домена. К сожалению, конкретная биохимическая функция всех этих родственных белков неизвестна, но определенно можно сказать следующее. "Изначальный" вариант белка, кодируемый сплайс-вариантом *CDC14Bpar*, занимался отрезанием фосфатных групп у какого-то вещества в окрестностях микротрубочек и тем самым управлял клеточным делением. Примерно то же самое поначалу делал и белок, кодируемый вновь образовавшимся ретрогеном *CDC14Bretro*, но уже не во всех тканях, а только в мозге и семенниках (почему произошло изменение тканевой специфичности, пока неясно). У гиббонов и орангутанов он продолжает этим заниматься до сих пор.

Затем 14—7 млн лет назад у предков африканских человекообразных обезьян ретроген попал под действие положительного отбора и быстро накопил 12 значимых замен, которые привели к смене внутриклеточной локализации и функции белка. Теперь белок стал присоединяться к мембранам эндоплазматической сети и отрезать фосфатные группы у какого-то другого вещества (об этом свидетельствует изменение активного центра). Скорее всего, все началось с какой-то одной случайной замены, которая чуть-чуть изменила свойства белка, так что это изменение оказалось полезным и создало "зацепку" для отбора — возникло слабое полезное отклонение в "удачном" направлении. После

этого отбор быстро оптимизировал структуру гена для выполнения новой функции, закрепив еще и мутаций.

Разобранный пример показывает, как в результате дупликации генов и последующей игры случайности (мутаций) и необходимости (отбора) может возникнуть — а может и не возникнуть! — белок с новыми свойствами и функциями.

Гены, которые мы потеряли

Эволюция гоминид сопровождалась не только приобретениями, но и потерями. Некоторые гены, которые у шимпанзе и других обезьян нормально работают, у человека выключились, превратились в молчащие псевдогены. В 1999 году Мэйнард Олсон из Вашингтонского Университета (Сиэтл, США) предложил гипотезу, известную под названием **less is more** ("меньше значит больше"), согласно которой утрата генов может открывать путь для прогрессивных преобразований. Например, выключение гена *MYH16*, по всей видимости, привело к уменьшению жевательной мускулатуры у предков рода *Номо*, а это, в свою очередь, стало одной из предпосылок увеличения мозга (известно, что в эволюции млекопитающих две функции головы — жевательная и думательная — находятся в извечном конфликте).

Многие гены, выключившиеся у предков человека, связаны с обонянием и иммунитетом (*Wang et al., 2006*). Обонятельные гены в принципе могли отключиться просто "за ненадобностью". В борьбе за выживание хороший нюх едва ли давал нашим предкам большое преимущество, и естественный отбор не выбраковывал особей со слабым обонянием. Но как естественный отбор

мог допустить потерю генов иммунной защиты? Возможно, это объясняется изменением условий жизни наших предков, а также тем, что иммунная система иногда может вредить организму излишней бдительностью. Неумеренная агрессивность иммунной системы порой ведет к опасным "аутоиммунным" заболеваниям, таким как рассеянный склероз. У мышей с искусственно выключенным иммунным геном *Mbh* реже развивается сепсис, так что отключение этого гена в определенных условиях может повышать выживаемость. Человеческий ген *Mbl1*, как выяснилось, выключен у 100 % лиц внеафриканского происхождения и у 89 % африканцев. "Испортившая" его мутация возникла, по-видимому, незадолго до выхода сапиенсов из африканской прародины. Носители мутации явно получили какое-то важное преимущество, потому что мутация начала быстро распространяться.

Об этом говорит анализ изменчивости прилегающих участков ДНК. Как и следовало ожидать, исходя из гипотезы о положительном отборе, вариабельность этих участков оказалась ниже у лиц с выключенным геном по сравнению с носителями исходного "рабочего" варианта ***(Это, как уже говорилось, еще один характерный признак действия положительного отбора. Полезная мутация, распространяясь в популяции, "тащит" за собой и прилегающие к ней участки ДНК. Мутация изначально возникает у кого-то одного, поэтому и все копии этих прилегающих участков поначалу одинаковы (пока в них не накопятся нейтральные изменения))***. Для остальных отключенных генов доказать прямое действие отбора сложнее: они замолчали раньше, и следы отбора уже стерлись. Но и одного примера достаточно, чтобы

показать, что утрата генов могла быть выгодна нашим предкам.

Повышенный уровень отключения (псевдогенизации) среди обонятельных и иммунных генов может иметь и иное объяснение. Дело в том, что между обонятельной и иммунной системами существует глубокая и не до конца еще понятая связь. По-видимому, обе эти системы играют важную роль в регуляции социальных отношений и выборе брачных партнеров. Запах партнера может играть решающую роль при возникновении влечения. Компоненты иммунной системы, по-видимому, играют ключевую роль в производстве и восприятии персональных запахов у позвоночных животных (*Куликов, Марков, 2009*). Возможно, отключение соответствующих генов в ходе эволюции гоминид было связано с растущей ролью разумной, сознательной регуляции общественных отношений, для которой более архаичные механизмы контроля социального и полового поведения могли быть помехой. В частности, снижение остроты обоняния у ранних гоминид могло способствовать становлению нового типа общественных отношений, основанных на моногамии и низком уровне внутригрупповой агрессии (см. главу "Двуногие обезьяны").

Древняя вирусная инфекция сделала людей беззащитными перед ВИЧ

Эндогенные ретровирусы представляют собой нечто вроде археологической летописи древних вирусных инфекций, с которыми приходилось когда-то сталкиваться данному виду животных или его предкам.

Поразительные факты обнаружили молекулярные биологи из нескольких научных учреждений Сиэтла

(США, штат Вашингтон) в ходе изучения эндогенного ретровируса PtERV1 (*Pan troglodytes endogenous retrovirus*), сотни копий которого присутствуют в геномах шимпанзе и гориллы (*Kaiser et al., 2007*). В человеческом геноме этого ретровируса нет. При этом, однако, у человека есть защитный антивирусный белок TRIM5a (компонент системы врожденного иммунитета), который эффективно защищает нас от не опасного для человека ретровируса, отдаленно напоминающего PtERV1, — вируса лейкемии мышей N-MLV.

Интерес к белку TRIM5a — одному из сотен бойцов противовирусного фронта — связан с тем, что у многих приматов (например, у тех же горилл) этот белок обеспечивает эффективную защиту от ВИЧ, а у человека, к несчастью, он совершенно бессилён против этой смертельной инфекции.

Эволюция TRIM5a у приматов протекала очень интенсивно. Этот белок распознает белки оболочки (капсида) ретровируса, прикрепляется к ним и способствует разрушению вирусной частицы. Та часть белка TRIM5a, которая отвечает за узнавание капсидных белков, чаще других попадала под действие отбора и претерпевала быстрые эволюционные изменения (это видно по высокой доле значимых нуклеотидных замен по сравнению с синонимичными). Как минимум один раз это произошло и в человеческой эволюционной линии после ее отделения от линии шимпанзе.

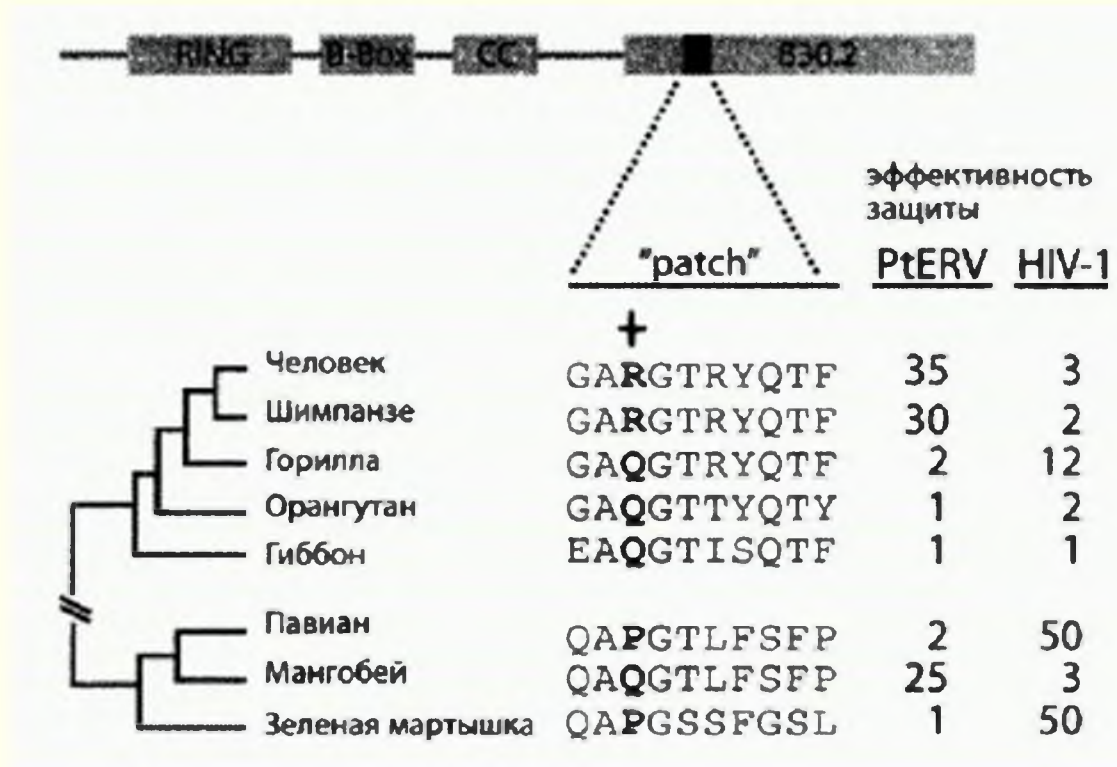
Картина, в общем, ясная: время от времени разные виды приматов сталкивались с какой-нибудь новой опасной ретровирусной инфекцией, и в результате отбирались те варианты TRIM5a, которые обеспечивали наиболее эффективную защиту от данного ретровируса.

Ученые предположили, что человеческий вариант TRIM5a был адаптирован для борьбы с древним вирусом PtERV1, который 3—4 млн лет назад поразил предков шимпанзе и горилл. Почти наверняка он представлял угрозу и для наших предков австралопитеков (**"Почти наверняка" — потому что шимпанзе ближе к австралопитекам, чем к гориллам**). Возраст вируса (3—4 млн лет) был установлен по числу различий, накопившихся между разными копиями PtERV1, сохранившимися в геномах шимпанзе и горилл. Сопоставление этих копий также позволило реконструировать исходную нуклеотидную последовательность вирусного генома, а заодно и доказать, что все копии действительно происходят от единого общего предка, которым когда-то заразились гориллы и шимпанзе.

После этого ученые частично воскресили ископаемый вирус. За основу был взят вирус мышиной лейкемии, часть генома которого была заменена реконструированными последовательностями PtERV1. В частности, заменили ген, кодирующий капсидный белок — тот самый, который распознается защитным белком TRIM5a. Получившийся химерный вирус оказался вполне жизнеспособным (в дальнейшем будем называть его просто вирусом PtERV1, поскольку те части его генома, которые остались от вируса мышиной лейкемии, в контексте данного исследования ни на что не влияют).

Ученые проверяли инфекционность вирусов и эффективность защитных белков на лабораторной культуре почечных фибробластов кошки. Эти клетки не имеют никаких средств защиты от известных ретровирусов. В них, однако, можно внедрять чужеродные гены (например, ген человеческого белка

TRIM5a), и тогда клетки могут приобрести устойчивость к тем или иным вирусным инфекциям.



Эффективность белка TRIM5a против вирусов PtERV1 и ВИЧ (HIV-1). Вверху — схема строения белка TRIM5a, показаны основные функциональные блоки (домены). Домен B30.2 служит для узнавания капсидных белков ретровирусов. Показан ключевой участок этого домена (patch), включающий десять аминокислот. Звездочкой отмечена аминокислота, стоящая в 332-й позиции. Внизу слева — эволюционное дерево исследованных видов приматов. Две колонки цифр справа отражают эффективность защиты клеток белком TRIM5a от вирусов. Каждое число показывает, во сколько раз меньше клеток заражает вирус, если клетки

производят белок TRIM5a По рисунку из Kaiser et al., 2007.

Оказалось, что человеческий TRIM5a весьма эффективно защищает клетки от вируса PtERV1. Вирус заразил 4,1% контрольных "беззащитных" клеток и только 0,03% клеток, вырабатывающих человеческий TRIM5a. Таким образом, люди обладают мощным врожденным иммунитетом к доисторическому вирусу, которого давно нет в природе.

Затем исследователи решили выяснить, какие изменения в белке TRIM5a обеспечили его эффективность по отношению к PtERV1. Ранее было установлено, что важную роль в распознавании белком TRIM5a тех или иных вирусов играет маленький участок белковой молекулы длиной в десять аминокислот, с 330-й по 339-ю позицию. Внимание исследователей привлекла позиция 332. У предков человекообразных здесь стояла аминокислота глутамин (Q). Это предковое состояние сохранилось у гиббонов, орангутанов и горилл, а у человека и шимпанзе глутамин заменился аргинином (R).

Исследователи модифицировали человеческий белок TRIM5a, заменив аргинин в 332-й позиции "предковым" глутамином. Результат превзошел все ожидания: модифицированный белок стал в 30 раз хуже защищать клетки от ископаемого вируса PtERV1, но зато приобрел способность защищать их от ВИЧ!

Это навело ученых на мысль, что, возможно, белок TRIM5a так устроен, что может эффективно распознавать только один из двух типов ретровирусов: если он в ходе эволюции "настроился" на PtERV1, то не может распознать ВИЧ, и наоборот. Для проверки этого

предположения они экспериментально определили эффективность белков TRIM5a разных видов приматов в отношении обоих вирусов. Предположение полностью подтвердилось. Белок TRIM5a человека, шимпанзе и мангобея (*Cercocebus atys*) эффективен против PtERV1, но бессилён против ВИЧ. У гориллы, павиана (*Papio anubis*) и зеленой мартышки (*Cercopithecus aethiops*) тот же белок хорошо защищает от ВИЧ, но неэффективен против PtERV1. Это показывает, что белок TRIM5a, по видимому, не может быть одновременно "настроен" на оба типа вирусов.

Судя по всему, 3—4 млн лет назад среди африканских человекообразных — предков нынешних горилл, шимпанзе и людей — разразилась эпидемия опасного заболевания, вызываемого вирусом PtERV1. Это способствовало отбору таких мутаций в гене белка TRIM5a, которые повышали устойчивость к инфекции. В частности, у австралопитеков — предков людей и пока не найденных палеонтологами предков шимпанзе — глутамин в 332-й позиции заменился аргинином. Гориллы справились с напастью как-то иначе (не следует забывать, что белок TRIM5a — это лишь один из множества барьеров, стоящих на пути вирусных инфекций). Конечно, возможны и другие варианты объяснения обнаруженных фактов, но этот представляется наиболее вероятным. Почему у шимпанзе и горилл вирус сумел проникнуть в геном половых клеток, а у человека нет — неизвестно но это вполне может быть просто случайностью.

Сегодня, когда вируса PtERV1 больше не существует, зато человечеству угрожает эпидемия ВИЧ, вектор отбора должен был измениться. Теоретически, если бы ВИЧ продолжал косить людей, скажем, еще

несколько тысячелетий, злосчастный аргинин снова в результате мутаций и отбора заменился бы глутамином и другие полезные мутации генов врожденного иммунитета тоже могли бы закрепиться. Впрочем, будем надеяться, что медицина, вооруженная современными генетическими методами, справится с бедой быстрее, чем это сделала бы эволюция.

ГЛАВА 5. ДРУГОЕ ЧЕЛОВЕЧЕСТВО

Достижения сравнительной генетики, с которыми мы познакомились в двух предыдущих главах, позволили многое прояснить в эволюционной истории человечества. До сих пор речь у нас шла об анализе генов современных людей и других приматов. Но в последние годы начало стремительно развиваться еще одно направление генетических исследований, в самую возможность которого еще лет 15 назад мало кто верил. Конечно, я имею в виду палеогенетику — анализ фрагментов ДНК, добытых из ископаемых костей. Мы познакомимся с успехами палеогенетики на примере неандертальцев, которым, собственно, и посвящена эта глава.

Пока сапиенсы в Африке изобретали и снова забывали высокую культуру, а их экспедиционные отряды совершали вылазки в Палестину и осваивали северное побережье Индийского океана, на западе и в центре Евразии господствовало "альтернативное", неандертальское человечество.

О неандертальцах написано много, в том числе на русском языке. Рекомендую читателям две замечательные новые книжки: "Неандертальцы: история несостоявшегося человечества" археолога Л. Б. Вишняцкого и "Предшественники. Предки? Палеоантропы. Издание 2" антрополога С. В. Дробышевского. Обе книги вышли в 2010 году. Мы же ограничимся констатацией самых основных фактов и рассказом о нескольких наиболее интересных (на мой вкус) недавних открытиях.

Как известно, неандертальцы, особенно европейские, обладали крепким телосложением и большой физической силой. Они явно были хорошими охотниками, питались в основном мясом. До недавних пор думали, что они вообще ничего другого не ели. На это вроде бы указывали результаты изотопного и микроэлементного анализа костей и зубов. Однако недавние исследования зубного камня неандертальцев показали, что растительная пища все-таки входила в их рацион, причем эту пищу подвергали термической обработке.

Об охотничьих приемах неандертальцев известно мало. Предполагают, что они редко или вовсе не пользовались метательным оружием. Хотя их предки, европейские *H. heidelbergensis*, еще 400 тыс. лет назад умели делать метательные копья из стволов молодых елей, за неандертальцами такого пока не замечено. Похоже, они предпочитали ближний бой. Поэтому ли, по причинам ли социального характера, но многие неандертальские скелеты несут следы многочисленных травм и ранений, нанесенных преимущественно спереди. Этим они отличаются от хитрых кроманьонцев — сапиенсов, явившихся в неандертальскую Европу около 45 тыс. лет назад. У кроманьонцев травм поменьше, и многие из них нанесены сзади.

В общем, неандертальская жизнь была не сахар. Но человеческий дух способен подняться над житейскими невзгодами. Неандертальцы не бросали своих: даже сильно искалеченные, больные, не способные участвовать в охотах или схватках с соседями индивиды продолжали жить со своими семьями. Ясно, что о них заботились, кормили их.

О своих заботились, но вот с чужими обходились сурово. В самом начале 2011 года вышла статья испанских антропологов, проливающая новый свет на жизнь и нравы коренного среднепалеолитического населения Европы (*Lalueza-Fox et al., 2011*).

Людоеды

Раскопки в пещере Эль-Сидрон на севере Испании ведутся с 2000 года. За это время здесь нашли останки 12 неандертальцев и около 400 среднепалеолитических (мустьерских) орудий. Возраст находок — примерно 49 тыс. лет. Человеческие кости и орудия, по-видимому, не накапливались здесь постепенно в течение долгих веков: все это одномоментно провалилось в пещеру с поверхности в результате карстового обвала. Наверху была стоянка, где неандертальцы жили, скорее всего, недолго. 18 % обработанных обломков камня подходят друг к другу, а это значит, что орудия, скорее всего, были изготовлены в течение короткого периода.

Все 12 человек были съедены другими неандертальцами (других людей в то время в Европе не было), причем очень голодными. Кости исцарапаны каменными орудиями и расколоты для извлечения мозга. Разумеется, каннибализм не был уникальной особенностью неандертальцев: его практиковали и другие представители рода *Ното*, причем некоторые сапиенсы занимались этим еще совсем недавно и не только под угрозой голодной смерти.

Обвал произошел вскоре после гибели несчастных. Останки вместе с каменными орудиями попали в прохладное подземелье и были сразу засыпаны известняком, что обеспечило прекрасную сохранность.

Кости принадлежат троим взрослым мужчинам, трем взрослым женщинам, троим юношам-подросткам (12-15 лет) и троим детям (2-3, 5-6 и 8-9 лет), пол которых установить не удалось. Археологи уверены, что все они были членами одной социальной группы, и даже допускают, что это и есть вся группа в полном составе — хотя, конечно, строго доказать это невозможно. Кто-то мог спастись — и от людоедов, и от обвала. Хотя другие находки указывают на то, что неандертальцы действительно жили маленькими группами, примерно человек по десять — об этом свидетельствуют размеры жилого пространства вокруг костра и площадь "спальных мест" в скальном укрытии Абрик Романи возле Барселоны, где неандертальцы жили 55 тыс. лет назад.

Исследователи сумели извлечь митохондриальную ДНК из костей всех двенадцати жертв каннибализма. Чтобы облегчить себе задачу и минимизировать риск попадания в пробы современной человеческой ДНК, авторы старались соблюдать стерильность уже во время раскопок — новая практика, распространившаяся среди археологов палеолита лишь в последние несколько лет.

Нуклеотидные последовательности мтДНК людей из Эль-Сидрон очень близки к последовательностям хорватских и германских неандертальцев (но все-таки отличимы от них). Это говорит об очень низком генетическом разнообразии западноевропейских неандертальцев.

Авторы отсековировали лишь наиболее информативные фрагменты митохондриальных геномов — два так называемых гипервариабельных участка (HVR1 и HVR2). В этих участках ранее было найдено и нуклеотидных позиций, по которым разные

митохондриальные (материнские) линии европейских неандертальцев отличаются друг от друга.

Выяснилось, что 12 неандертальцев относятся к трем митохондриальным линиям. Авторы обозначили их буквами А, В и С. К линии А относятся семеро: все мужчины, одна из женщин, два подростка и ребенок 8-9 лет. К линии В — только одна женщина. К линии С — одна женщина (молодая, судя по костям), подросток и дети 2-3 и 5-6 лет.

Эти результаты показывают, что 12 неандертальцев представляли собой семейную группу, связанную тесным родством. Если взять наугад 12 современных жителей Западной Европы и сравнить их гипервариабельные участки HVR1 и HVR2, то окажется, что средний уровень попарных различий составляет 6,78 нуклеотидных замен. У неандертальцев из Эль-Сидрон — только 1,23. Нечто подобное сегодня можно получить, если взять пробы ДНК на какой-нибудь свадьбе или другом мероприятии, где присутствует много родственников.

Тот факт, что все трое мужчин имеют один и тот же митохондриальный гаплотип, а у всех женщин гаплотипы разные, указывает на то, что неандертальцы, по-видимому, были патрилокальны. Это значит, что юноши, достигшие зрелости, оставались в родной семье, а девушки переходили в другие группы. Патрилокальность характерна для шимпанзе и бонобо, а также для 70 % традиционных обществ *Homo sapiens*. Это позволяет предположить, что данный обычай, возможно, был распространен и у наших прямых предков.

Одна из взрослых женщин имеет гаплотип А, как и мужчины, причем авторы считают, что она вполне может

быть матерью ребенка 8-9 лет с тем же гаплотипом. Это, возможно, указывает на то, что патрилокальность была нестрогой (сестры могли оставаться со своими братьями), или на то, что генетическое разнообразие популяции было настолько низким, что даже строгая патрилокальность не позволяла предотвратить близкородственные браки.

Молодая женщина с гаплотипом С вряд ли была матерью подростка, но вполне могла быть матерью детей 2-3 и 5-6 лет. Если так, то это первая в истории изучения неандертальцев крупная информация, по которой можно судить об интервалах между родами. У современных охотников-собирателей этот интервал составляет в среднем 3,4 года, и у неандертальцев, возможно, он был приблизительно таким же.

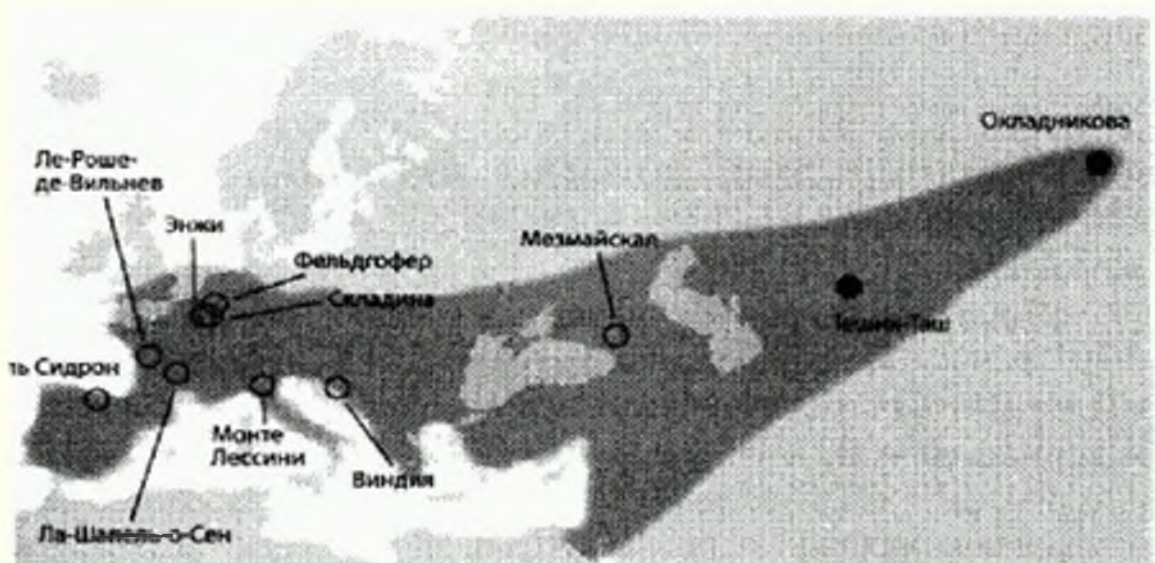
Покорители Центральной Азии

Успехи палеогенетики в последние годы позволили разрешить много спорных вопросов, касающихся неандертальцев. В том числе — связанных с их географическим распространением.

Самой восточной находкой останков неандертальцев долгое время считался скелет ребенка из грота Тешик-Таш в Узбекистане, обнаруженный в 1938—1939 гг. Правда, мало кто из антропологов искренне верил, что именно здесь и проходила восточная граница ареала неандертальцев. С одной стороны, характерные для неандертальцев каменные орудия (среднепалеолитическая мустьерская культура) встречаются намного восточнее. В частности, великолепная коллекция таких орудий собрана в Денисовой пещере на Алтае российскими археологами

под руководством академика А. П. Деревянко. Правда, сапиенсы в те времена тоже изготавливали подобные орудия. С другой стороны, некоторые исследователи сомневались в том, что "ребенок из Тешик-Таш" был неандертальцем.

К сожалению, человеческий костный материал из среднего палеолита Южной Сибири крайне скуден, что оставляет широкий простор для противоречивых интерпретаций. Единичные зубы, как будто "неандерталоидного типа", а в пещере Окладникова — еще и несколько обломков костей конечностей трактовались по-разному. В частности, А. П. Деревянко и его коллеги склонялись к версии, что это кости сапиенсов с некоторыми чертами, характерными для азиатских эректусов — возможное свидетельство гибридизации; другие исследователи придерживались "неандертальской" версии. Недавно в гроте Оби-Рахмат в Узбекистане найдены совсем уж загадочные кости, вроде бы сочетающие признаки сапиенсов и неандертальцев (Кривошапкин, 2005).



Ареал неандертальцев. Кругами отмечены точки, где в ископаемых костях установлено присутствие мтДНК неандертальского типа. По рисунку из Krause et al., 2007.

Анализ митохондриальной ДНК, выделенной из древних костей, мог бы частично прояснить запутанные проблемы археологии среднего палеолита Центральной Азии. На сегодняшний день твердо установлено, что сапиенсы и неандертальцы долгое время развивались изолированно, и поэтому в их мтДНК накопились разные наборы мутаций, по которым их можно легко различить.

Международная группа исследователей, в состав которой входят А. П. Деревянко и Сванте Пяобо, ведущий современный специалист по палеогенетике, выделила мтДНК из левого бедра "ребенка из Тешик-Таш" и трех фрагментарных костей из пещеры Окладникова (*Krause et al., 2007*). Две из них принадлежат подростку, жившему 30—38 тыс. лет назад, а третья — взрослому человеку, жившему около 24 тыс. лет назад (по данным радиоуглеродного датирования). Радиоуглеродный анализ костей из Тешик-Таш провести не удалось, так как в них сохранилось слишком мало коллагена, необходимого для такого анализа.

Оказалось, что кости "ребенка из Тешик-Таш" и подростка из пещеры Окладникова содержат мтДНК неандертальского типа. В кости взрослого человека из пещеры Окладникова неандертальская ДНК не обнаружена. Что касается современной человеческой мтДНК, то она обнаруживается чуть ли не во всех ископаемых костях, и не только в человеческих, — это неизбежные загрязнения, возникающие в результате изучения древних костей современными учеными

(соблюдать стерильность археологи начали совсем недавно).

Таким образом, можно считать доказанным, что в Узбекистане и на Алтае в среднепалеолитическую эпоху действительно жили неандертальцы. Ну или по крайней мере люди, в чьих жилах текла неандертальская кровь. Необходимо пояснить, что результаты этого исследования не имеют никакого отношения к дискуссии о том, могли ли сапиенсы скрещиваться с неандертальцами. Известно, что митохондриальные генофонды неандертальцев и сапиенсов сильно различались и что эти различия сложились за время долгого раздельного проживания двух популяций (в Европе и в Африке соответственно).

В дальнейшем, после выхода сапиенсов из Африки, два человечества встретились на просторах Азии, а затем и Европы. Если они скрещивались и давали гибридное потомство, то по митохондриальной ДНК, извлеченной из древних костей, этого никак нельзя определить. Ведь мтДНК отца и матери не смешиваются (не рекомбинируют), каждый человек получает мтДНК только от матери, и поэтому бессмысленно ждать, что в костях, сочетающих морфологические признаки сапиенсов и неандертальцев, обнаружится какой-то "промежуточный" вариант мтДНК. Если и существовали гибриды (а они, как выяснилось в дальнейшем, все-таки существовали), мтДНК у них все равно была либо чисто "наша", либо чисто неандертальская.



Неандертальцы.

Крайне интересен тот факт, что мтДНК обитателей среднеазиатской и алтайской пещер очень мало отличается от мтДНК европейских неандертальцев (на сегодняшний день прочтены фрагменты последовательностей мтДНК свыше двух десятков неандертальцев из разных районов Европы). Авторы указывают, что, по имеющимся на сегодняшний день данным, генетическое разнообразие неандертальцев в

целом оказалось очень низким, примерно таким же, как у современных европейцев и азиатов.

Как мы знаем, современное внеафриканское человечество произошло от небольшой группы людей, вышедших из Африки. Современные африканцы по своим митохондриальным последовательностям гораздо более разнообразны, чем внеафриканское человечество (и чем неандертальцы). Это объясняется тем, что в исходе из Африки приняли участие носители лишь малой части тех вариантов мтДНК, которые существовали в Африке к тому времени (и существуют там поныне). Полученные данные, по-видимому, свидетельствуют о том, что в истории неандертальцев, как и в нашей, был период резкого сокращения численности ("бутылочное горлышко"), сменившийся периодом быстрого расселения генетически однообразной популяции по обширным территориям.

Что это было за "горлышко"? Не было ли оно связано с уже знакомой нам глобальной катастрофой — чудовищным извержением вулкана Тоба на Суматре 74 тыс. лет назад, за которым последовало резкое похолодание? Пока можно только гадать. Предполагается, что неандертальская раса начала складываться в Европе около 400—300 тыс. лет назад "на базе" тамошних гейдельбергских людей, а восточная экспансия неандертальцев началась не ранее чем 125 тыс. лет назад.

Рыжие

Рыжий цвет волос и бледная кожа у европейцев связаны с мутациями в гене меланокортинового рецептора (MC1R), которые приводят к нарушению

баланса между синтезом черно-коричневой и рыжей разновидностей пигмента меланина (эумеланина и феомеланина соответственно). Этот рецептор, "вмонтированный" в клеточную мембрану, реагирует на внешний химический сигнал — альфа-меланоцит-стимулирующий гормон (α-МСГ) — и передает сигнал внутрь клетки, в результате чего в цитоплазме синтезируется циклический аденозинмоно-фосфат (цАМФ) — универсальная сигнальная молекула, которая в свою очередь передает сигнал дальше по эстафете другим белкам и генам.

У европейцев известно несколько мутаций (аллельных вариантов) гена *mc1r*, которые кодируют "ослабленный", то есть работающий с низкой эффективностью, вариант рецептора. Люди, гомозиготные по этим аллелям (то есть те, у кого ослабленными являются обе копии гена), имеют рыжие волосы и бледную кожу.

В 2007 году большая группа антропологов и молекулярных генетиков из Германии, Испании, Италии, Франции и США сумела выделить из костей двух неандертальцев фрагменты гена *mc1r* и определить их нуклеотидную последовательность (*Lalueza-Fox et al., 2007*). Один неандерталец жил в северной Италии 50 тыс. лет назад, другой — в Северной Испании 43 тыс. лет назад. Исследователи обнаружили в неандертальском гене одно отличие от нашего: в позиции 919, где у нас стоит аденин (А), у неандертальцев обнаружился гуанин (Г). На уровне белка это приводит к замене аргинина (R) в позиции 307 глицином (G). Условное обозначение такой замены — R307G.

Последовательности гена *mc1r* прочтены у тысяч современных людей, и у всех в позиции 919 находится аденин. Исследователи на всякий случай проверили всех, кто работал с ископаемыми костями, включая себя самих, и ни у кого не нашли аллеля R307G. Это позволяет отбросить версию о загрязнении проб молекулами ДНК современных людей. Даже если в современной человеческой популяции и присутствует аллель R307G, то он настолько редок, что вероятность его попадания в ископаемые остатки обоих неандертальцев ничтожна. Таким образом, гуанин в 919-й позиции — характерная особенность неандертальцев. Это нельзя объяснить и посмертными преобразованиями ДНК ("посмертными мутациями"), потому что в ходе таких мутаций гуанин может стать аденином, а цитозин — тиминном, однако аденин, по-видимому, не может превратиться в гуанин (см. ниже). По крайней мере такие случаи до сих пор не были зарегистрированы.

Чтобы выяснить, как влияет "неандертальская" мутация на функцию меланокортинового рецептора, неандертальский ген был искусственно внедрен в клетки африканской зеленой мартышки, размножающиеся в культуре (да-да, любители научной фантастики могут ликовать: на уровне отдельных клеток гибриды мартышки и неандертальца уже получены!) На эти клетки потом воздействовали гормоном α -МСГ и смотрели, насколько повысится концентрация цАМФ в цитоплазме. Выяснилось, что неандертальская мутация приводит к значительному снижению эффективности работы рецептора. Этим же способом авторы проверили несколько аллелей *mc1r*, характерных для современных рыжеволосых людей. Оказалось, что эффективность рецепторов, кодируемых этими аллелями, точно так же

понижена по сравнению с "диким типом" (то есть с аллелями, характерными для нерыжих людей). По эффективности работы рецептора "неандертальский" и "современные рыжие" варианты гена статистически не различались.

В конце статьи приведен настоящий шедевр математистики — расчет, показывающий, с какой частотой среди неандертальцев могли встречаться рыжие. Казалось бы, какая тут статистика: исследовано всего две косточки, и в обеих найден один и тот же "гуаниновый" вариант гена. Ан нет, авторы скрупулезно рассчитали, что на основе полученных результатов можно утверждать, что с вероятностью 95 % не менее 1 % неандертальцев были рыжими, то есть гомозиготными по "гуаниновому" аллелю. Хотя они запросто могли быть рыжими поголовно — полученные результаты несколько не противоречат такому предположению.

По-видимому, неандертальцы, коренные жители Европы, и сапиенсы, пришедшие туда гораздо позже, приобрели светлокожесть и рыжеволосость независимо друг от друга. Об этом свидетельствует то, что мутации, ослабившие меланокортиновый рецептор, у двух наших видов оказались разными. Распространение мутаций могло быть обусловлено тем, что в Европе, в отличие от африканской прародины, не так велик риск получить рак кожи из-за ультрафиолетового излучения (темная пигментация защищает кожу от ультрафиолета). Кроме того, такие мутации могли быть полезны европейцам, так как способствовали синтезу витамина D и тем самым защищали людей от рахита в условиях недостатка солнечного света.

Младенцы

Человек рождается с гораздо более крупным мозгом, чем все прочие современные приматы, что делает роды трудными и опасными. Смертность при родах, по всей видимости, была важным лимитирующим фактором в эволюции людей. Результатом этого является то обстоятельство, что человеческие детеныши рождаются гораздо более беспомощными — фактически, недоразвитыми — по сравнению с детенышами других обезьян. Новорожденные шимпанзе по уровню физического развития примерно соответствуют годовалым человеческим детям. Ни одна женщина не смогла бы родить младенца размером с годовалого ребенка (или хотя бы с головой соответствующего диаметра). Рождение недоразвитых детей развилось в ходе эволюции как необходимый компромисс, компенсация за непомерно раздувшуюся голову представителей рода *Homo*. Из этого напрямую следуют другие уникальные особенности человека: долгое детство, быстрый рост мозга в первые годы жизни, а также, вероятно, сильная родительская любовь и привязанность к детям (без этих эмоций у палеолитических женщин не хватило бы терпения так долго нянчиться с беспомощными сосунками) (Бутовская, 2004).

Если человеческий мозг от рождения до зрелости вырастает в 3,3 раза, то у шимпанзе — только в 2,5. До сих пор не вполне ясно, на каком этапе эволюции наших предков появились эти признаки. Для ответа на данный вопрос необходимы ископаемые скелеты маленьких детей, а это огромная редкость.

Проведенные недавно исследования черепа годовалого эректуса дали противоречивые результаты. Сначала исследователи пришли к заключению, что у *H. erectus* был сравнительно короткий период постнатального роста мозга — скорее как у шимпанзе, чем как у человека. Позже другие эксперты оспорили этот результат, показав, что динамика развития мозга у *H. erectus* была все-таки больше похожа на человеческую (Leigh, 2006).

Неандертальцы имели в среднем чуть более крупный мозг, чем современные люди, но они и сами были массивнее. Впрочем, сапиенсы начала позднего палеолита тоже были покрупнее нынешних, и мозг у них по размеру был практически такой же, как у неандертальцев. Впоследствии сапиенсы немного измельчали. Причины этого мы обсудим в главе "Общественный мозг" (кн. 2).

Относительно того, как протекало раннее развитие мозга у неандертальцев, было высказано несколько гипотез, однако для их проверки не хватало фактов. В 2008 году международная группа антропологов опубликовала результаты изучения трех уникальных находок, проливающих свет на ранние этапы развития неандертальских детей (Ponce de Leon et al., 2008).

Самая ценная из находок — скелет новорожденного неандертальца, найденный в пещере Мезмайской на Северном Кавказе (Апшеронский район Краснодарского края). Этот ребенок умер 63—73 тыс. лет назад в возрасте не более двух недель. Скелеты двух других детей возрастом 1,6 и 2 года происходят из пещеры Дедерие в Сирии. Один из них (тот, что постарше) найден в слое, радиоуглеродный возраст которого

составляет 48—53 тыс. лет; другой — в более глубоком слое, который не удалось точно датировать.

Костные остатки ребенка из Мезмайской пещеры представляют собой 141 фрагмент; большинство костей отделены друг от друга, но сохранились достаточно хорошо. При помощи рентгеновской томографии и специальных компьютерных программ удалось реконструировать почти весь скелет. Принадлежность этого ребенка к виду *Homo neanderthalensis* подтверждается как его строением, так и анализом митохондриальной ДНК. Объем мозга в момент смерти у него был в пределах от 422 до 436 см³; в момент рождения, вероятно, около 400 см³, поскольку у современных детей мозг после рождения увеличивается в среднем на 20 см³ в неделю. Таким образом, новорожденный неандерталец по объему мозга не отличался от современных детей, у которых он при рождении составляет от 380 до 420 см³. Это важный результат, показывающий, что такая ключевая особенность современного человека, как рождение детей с крупным мозгом, вероятно, была характерна уже для общих предков *H. sapiens* и *H. neanderthalensis*, живших 400—500 тыс. лет назад. Из этого также можно заключить, что и продолжительность беременности у неандертальцев и наших с ними общих предков была примерно такой же, как у современного человека.

Ученые реконструировали строение таза неандертальской женщины, взяв за основу кости, найденные в пещере Табун в Израиле (гора Кармель, около Хайфы). Получилось, что таз у неандерталки был чуть шире, чем у средней современной женщины, но это вряд ли делало роды более легкими. Скорее всего, во

время родов крупная голова неандертальского младенца должна была поворачиваться на 90° — точно так же, как у современных детей. Вероятно, "роды с поворотом" тоже появились в ходе эволюции очень рано, еще до разделения линий неандертальцев и современных людей.

Чтобы выяснить, с какой скоростью рос мозг в первые годы жизни неандертальских детей, ученые реконструировали объем черепной коробки у двух сирийских индивидов, а также использовали полученные ранее данные по двум другим неандертальским детям возрастом 2,2 и 3,2 года. Все четыре точки оказались вблизи верхней границы диапазона, характерного для современных детей соответствующего возраста. Это значит, что в первые годы жизни мозг у неандертальцев рос несколько быстрее, чем у нас.

Авторы привлекли также данные по неандертальцам более старшего возраста, чтобы выяснить всю траекторию роста мозга. Оказалось, что эти траектории у современных людей и неандертальцев были очень похожими. Вопреки прежним предположениям период роста мозга у неандертальцев был таким же долгим, как у нас. Поэтому нет оснований считать, что для неандертальцев было характерно ускоренное развитие и короткое детство, как предполагалось ранее некоторыми авторами. Быстрый рост мозга в первые годы жизни неандертальцев был связан не с коротким детством, а с более крупными размерами и мозга, и всего тела у неандертальцев по сравнению с современными людьми.

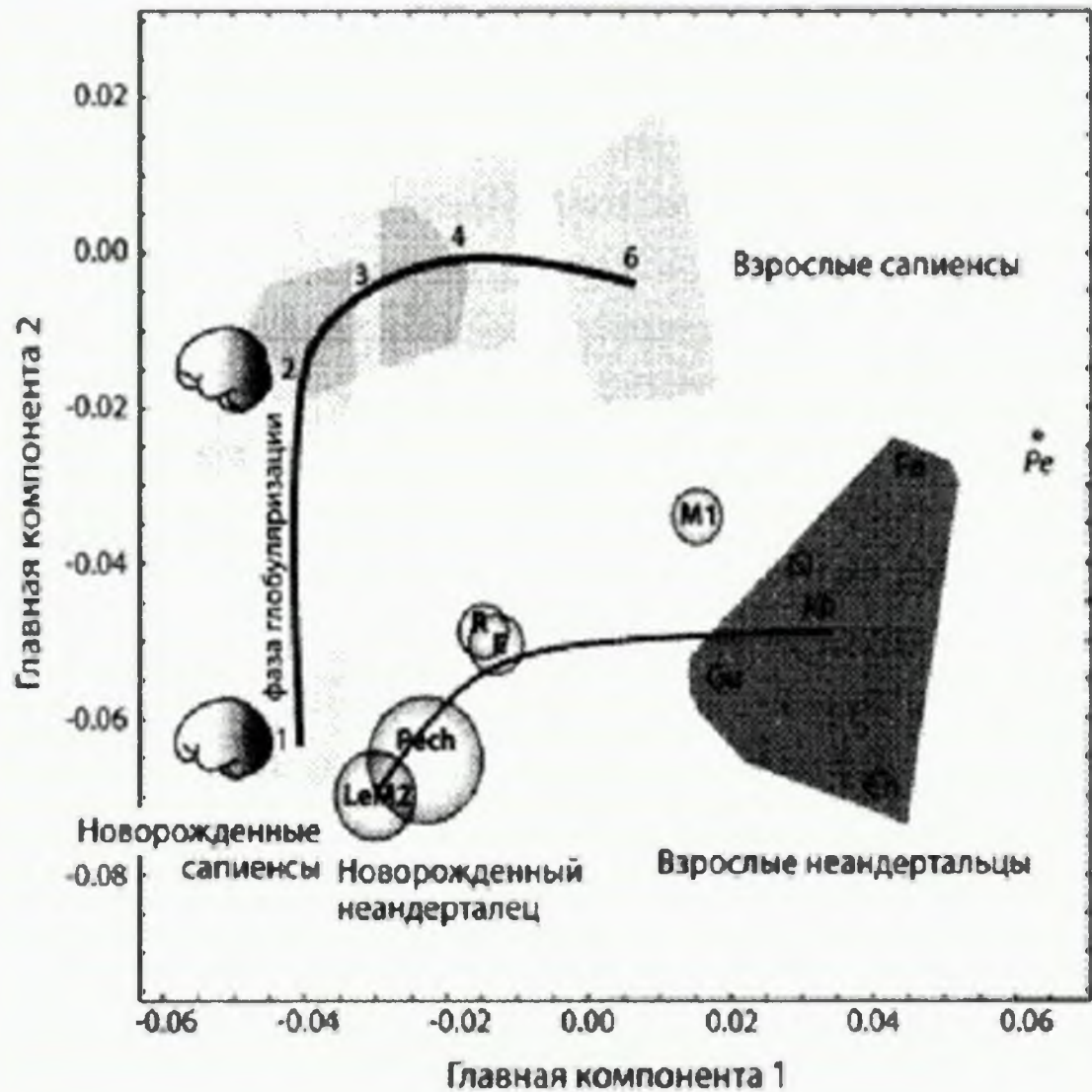
А все-таки их мозг рос иначе

Хотя по объему мозг неандертальцев был практически таким же, как у нас, по форме он заметно отличался. У сапиенсов мозг более округлый, у неандертальцев — удлинённый. Недавно французские и германские антропологи попытались выяснить, на каком этапе индивидуального развития формировалось это различие (*Gunz et al., 2010*).

Сам мозг почти никогда не сохраняется в ископаемом состоянии, но о его размере, форме и отчасти структуре (относительном развитии разных участков) можно судить по эндокрану — слепку внутренней части черепной коробки. Авторы использовали сложную методику математического описания формы мозга, основанную на анализе взаимного расположения нескольких десятков "опорных точек", которые можно найти на эндокране человекообразных. Эта методика позволяет сравнивать форму эндокрана разных видов на разных стадиях развития, абстрагируясь от абсолютного размера мозга.

Сначала авторы применили эту методику к томограммам черепов 58 современных людей и 60 шимпанзе разного возраста, включая семь новорожденных особей каждого вида. Выяснилось, что ключевые различия в характере изменения формы мозга с возрастом наблюдаются на первом году жизни. У современного человека в этот период происходит "глобуляризация" (мозг становится более округлым) за счет ускоренного разрастания теменных и височных областей, а также мозжечка. В результате свод человеческого черепа приобретает характерную

выпуклую, куполообразную форму. У шимпанзе "фаза глобуляризации" отсутствует.



Анализ возрастных изменений формы мозга при помощи метода главных компонент. В верхней левой части графика разместились данные по сапиенсам, в нижней правой — по неандертальцам, а также "родезийскому человеку" (Kb, Kabwe) и черепу из Петралонской пещеры (Pe), относимым многими

*антропологами к виду *Homo heidelbergensis*. По рисунку из Gunz et al., 2010.*

Затем авторы сравнили возрастные изменения формы мозга у современных людей и неандертальцев. Они использовали реконструкции эндокранов девяти неандертальцев: одного новорожденного (из пещеры Ле-Мустье на юго-западе Франции), одного годовалого ребенка, двух детей постарше, подростка и четверых взрослых.

Анализ показал, что новорожденные неандертальцы и сапиенсы очень похожи друг на друга как по размеру мозга, так и по его форме. Однако в период от рождения до появления первых молочных зубов мозг наших ближайших ископаемых родственников рос совсем не так, как у нас. Ничего похожего на фазу глобуляризации, характерную для маленьких сапиенсов, у неандертальских младенцев не наблюдалось. В итоге у взрослых неандертальцев мозг оставался удлинненным, а крыша черепа не приобретала характерных для сапиенсов куполообразных очертаний.

Конечно, выводы, основанные только на одном черепе новорожденного неандертальца и одном — годовалого, нельзя считать абсолютно надежными. Впрочем, авторы предприняли попытку уменьшить зависимость выводов от крошечной выборки неандертальских младенцев. Исходя из известной траектории изменения формы мозга у сапиенсов, а также из известной формы мозга взрослых неандертальцев, они рассчитали, как должен был бы выглядеть мозг новорожденных неандертальцев, если бы их развитие шло по той же траектории, что и у нас. В итоге

получилось совершенно нереальное существо с чрезвычайно вытянутой головой, имеющее мало общего с новорожденными сапиенсами и неандертальцами. Авторы также рассчитали, что получилось бы из новорожденных сапиенсов, если бы их мозг развивался по "неандертальской" траектории. Результат такого моделирования оказался очень похожим на типичного взрослого неандертальца.

По-видимому, отсутствие фазы глобуляризации — это исходный, примитивный признак человекообразных. Вероятно, он был характерен для общего предка человека и шимпанзе, а также для всех ископаемых гоминид, включая неандертальцев. Округлая форма мозга и быстрое разрастание теменных и височных областей сразу после рождения — это эволюционно новая, продвинутая черта сапиенсов.

Не исключено, что приобретение этого нового признака было связано с функциональными изменениями мозга, например с усложнением механизмов интеграции сенсорной информации и формирования мысленных моделей окружающего мира. Говоря упрощенно, новые данные косвенно свидетельствуют в пользу того, что разум неандертальцев мог заметно отличаться от нашего. Если при этом учесть, что в прямой конкуренции с сапиенсами на территории Европы неандертальцы, как известно, оказались в проигрыше, то напрашивается предположение, что модели мира, создаваемые мозгом сапиенсов, были практичнее, то есть позволяли делать более точные предсказания.

Неандертальская душа и дорога слёз

Как мы уже упоминали в главе "От эректусов к сапиенсам", вопрос о наличии у сапиенсов генетически

обусловленных интеллектуальных преимуществ перед неандертальцами является крайне спорным. Большую подборку аргументов против этого предположения приводит в своей книге "Неандертальцы: история несостоявшегося человечества" археолог Л. Б. Вишняцкий (2010). Перечислять их все нет смысла: добудьте книгу Вишняцкого и прочитайте, она того стоит. Но некоторые важнейшие доводы в пользу того, что неандертальцы по уму не уступали сапиенсам, я все-таки упомяну.

1. Шательперронская культура (35—30 тыс. лет назад) и другие европейские археологические комплексы, трактуемые как "неандертальский верхний палеолит". В нескольких точках Западной Европы костные остатки неандертальцев найдены в одних слоях со сложными каменными и костяными изделиями, похожими на позднепалеолитическую индустрию кроманьонцев-сапиенсов. Там есть, в частности, ожерелья из медвежьих зубов. Антропологи спорят, самостоятельно ли изобрели неандертальцы эти "высокие технологии" или позаимствовали их у сапиенсов, которые в то время уже широко распространились по Европе. Некоторые авторы, правда, сомневаются в аутентичности шательперронской культуры и предполагают перемешивание археологических слоев, в результате которого верхнепалеолитические изделия сапиенсов смешались с более древними костями неандертальцев. В пользу такого предположения свидетельствуют новые результаты радиоуглеродного датирования предметов из шательперронского слоя в Грот-дю-Ренн (Франция). Разброс датировок оказался неожиданно большим, что и позволило предположить перемешивание (*Higham et al., 2010*). Но эта версия на сегодняшний день все-таки

представляется слабой. У шательперрона есть свое "индивидуальное лицо": это не просто набор артефактов, характерных для сапиенсов, в сочетании с костными остатками неандертальцев. Некоторые авторы отмечают, что шательперронские каменные орудия выглядят так, как если бы неандертальцы — великие мастера леваллуазского расщепления и других среднепалеолитических технологий — нашли где-то ориньякские (***Ориньяк — первая (древнейшая) эпоха европейского верхнего палеолита (примерно 41—28 тыс. лет назад). Ориньякская культура была характерна для первых сапиенсов, появившихся в населенной неандертальцами Европе. Мы поговорим о ней подробнее в главе "Великое расселение сапиенсов"***) изделия сапиенсов и попытались их воспроизвести, пользуясь своими отточенными навыками. Впечатление такое, словно неандертальцы никогда не видели, как работают сапиенсы, и были знакомы только с их орудиями (*Wynn, Coolidge, 2004*). Необходимо помнить, что плотность европейского населения в те времена была чрезвычайно низкой: не более одного человека на 100 км². Более многочисленное население не смогло бы прокормиться охотой и собирательством. Каждая группа охотников, состоявшая в среднем, возможно, из 3—5 парных семей с детьми, общей численностью до 20—30 человек, должна была занимать территорию порядка 2500—3000 км², то есть участок около 50 км в поперечнике. Такие группы, скорее всего, редко контактировали друг с другом, особенно если их не связывала традиция обмена невестами — а в Европе сапиенсы с неандертальцами почти наверняка не скрещивались (см. ниже). Поэтому нет ничего невероятного в том, что неандертальцы могли

находить верхнепалеолитические (ориньякские) изделия сапиенсов, но при этом не иметь ни малейшего представления о способах их производства.

2. Несмотря на продолжающиеся дискуссии, сегодня уже практически общепризнан тот факт, что в некоторых неандертальских группах существовали погребальные обряды. Покойников зарывали очень неглубоко и обычно укладывали на бок в "позу эмбриона". Поза могла иметь символический смысл, но это не обязательно: возможно, неандертальцы просто экономили силы и время, ведь для компактно сложенного покойника могилу выкопать проще, чем для вытянутого во весь рост. В неандертальской могиле в пещере Шанидар на севере Ирака (возраст 50—70 тыс. лет) обнаружено много цветочной пыльцы, причем видовой состав цветов отличается от окружающей флоры: в "могильной" выборке преобладают лекарственные растения. Возможно, неандертальцы иногда целенаправленно раскладывали вокруг могил рога, кости животных и каменные орудия. Например, захоронение неандертальского мальчика в гроте Тешик-Таш в Узбекистане, по-видимому, было обложено рогами козлов. Впрочем, среднепалеолитические сапиенсы (не говоря уж о верхнепалеолитических) тоже хоронили своих покойников. Знаменитое верхнепалеолитическое захоронение Сунгирь (во Владимирской области) всего на какую-то пару-тройку тысячелетий младше последних неандертальцев, доживавших свой век на задворках Европы (в районе Гибралтара, на Балканах, в Крыму) около 28 тыс. лет назад. Роскошь погребального убранства в трех могилах Сунгиря не идет ни в какое сравнение со скромными неандертальскими

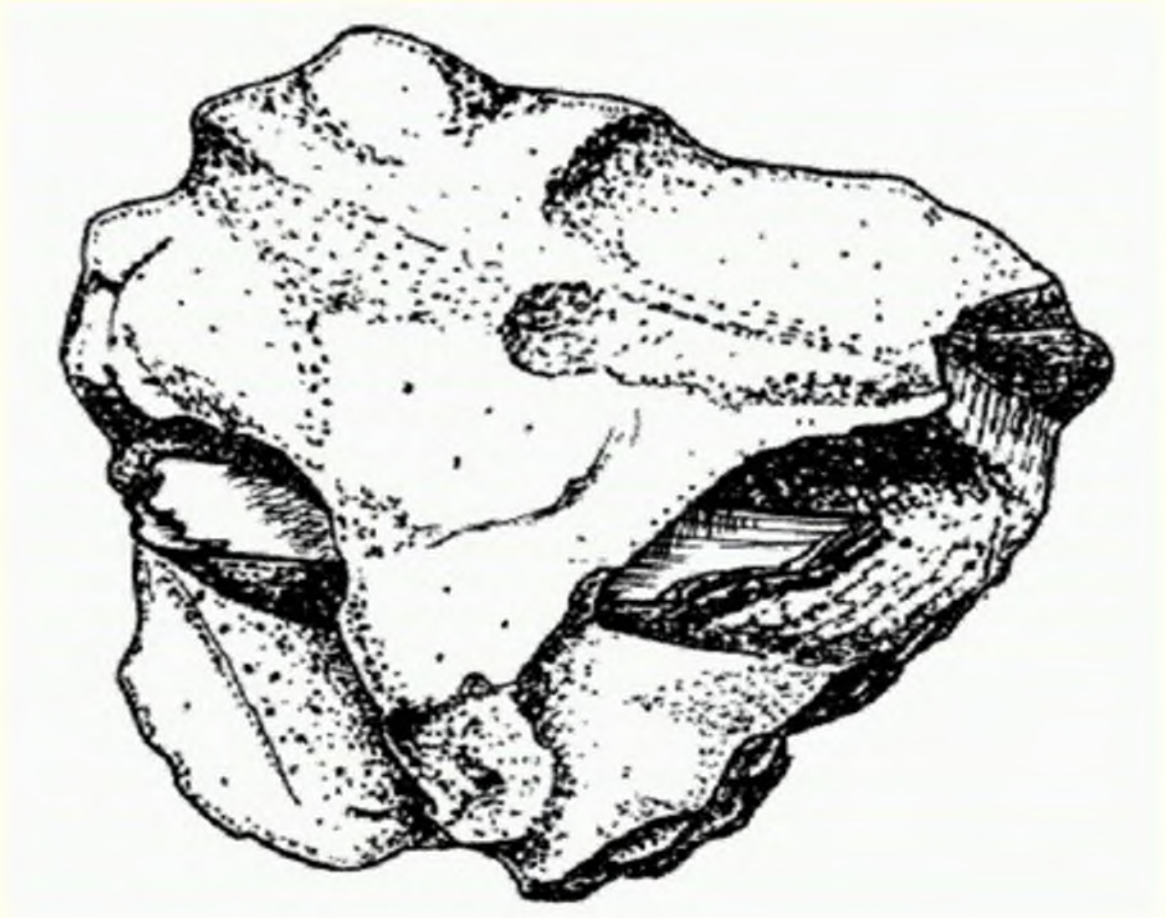
погребениями и свидетельствует о принципиально более высоком уровне культуры.

3. Среди похороненных неандертальцев есть "глубокие старики" (по тем временам так вполне можно было назвать любого индивида старше сорока), больные и искалеченные люди, которые явно не могли сами о себе заботиться. Уровень травматизма у неандертальцев вообще был весьма высок, что свидетельствует о нелегкой, полной опасностей жизни, а также о том, что неандертальцы имели достаточную мотивацию для регулярного совершения рискованных действий. Они готовы были рисковать здоровьем и жизнью ради каких-то своих неандертальских целей (а возможно, и идеалов). Едва ли это шло просто от "безбашенности", ведь всем животным присущ инстинкт самосохранения. Конечно, они могли охотиться на крупных и опасных животных просто с голодухи, потому что мелкой добычи не хватало. Но вряд ли дело обходилось без социальной мотивации. Может быть, неандертальцы высоко ценили личное мужество и чтили своих героев (а трусов, наверное, презирали). Потому и ухаживали за израненными стариками.

4. Существуют и другие памятники неандертальской "духовной культуры", но они разрозненны и подчас сомнительны. Типичный пример — знаменитая неандертальская "личина" из пещеры Ла-Рош-Котар во Франции. Она представляет собой кусок кремня с естественным отверстием, в которое кто-то забил плоский обломок кости, закрепленный вдобавок каменными "клинышками". Получившийся предмет отдаленно напоминает морду какого-то животного. Впрочем, тут же возникает вопрос: кому напоминает? Может, только нам, а сами неандертальцы ничего такого

в своем изделии не усматривали и забили в отверстие кость просто так, скуки ради? Главное, что "личина" — абсолютно единичный, уникальный объект. Если она и является произведением искусства, древний неандертальский "скульптор", по-видимому, никого не вдохновил. Сородичи не выстроились в очередь к нему на обучение. Ни малейших признаков художественных стилей, распространяющихся по большим территориям, в неандертальской культуре пока не обнаружено. Этим неандертальцы разительно отличаются от верхнепалеолитических сапиенсов. С другой стороны, недавно на юге Испании были сделаны новые находки, показывающие, что западноевропейские неандертальцы изготавливали разноцветные минеральные красители и украшения из продырявленных и раскрашенных ракушек уже около 50 тыс. лет назад, то есть задолго до появления в Европе людей современного типа (*Zilhao et al., 2010*). Тем самым неандертальцы почти "догнали" африканских сапиенсов, которые начали всерьез заниматься подобными вещами около 72 тыс. лет назад (см. главу "От эректусов к сапиенсам"). Наконец, в феврале 2011 года появилась статья итальянских археологов, в которой они поведали миру о птичьих костях возрастом около 44 тыс. лет с царапинами от каменных орудий, которые были найдены в пещере Фумане в Северной Италии. Большинство птиц относятся к малосъедобным видам, к тому же неандертальцы, жившие в то время в пещере, обрабатывали преимущественно крылья — не самую мясистую часть птицы. По-видимому, их интересовало не мясо, а крупные перья, которые могли использоваться в качестве украшений. Это можно рассматривать как еще один аргумент в пользу наличия у неандертальцев

собственной "подлинно человеческой" духовной культуры еще до появления в Западной Европе сапиенсов (***сразу над слоями, в которых были найдены птичьи кости с царапинами, в пещере Фумане залегают слои так называемой улуццианской культуры, несколько более продвинутой, чем мустьерская, и сравнимой с аналогичными терминальными неандертальскими слоями (в том числе шательперронскими) в других точках Западной Европы. Возможно, этот последний культурный "рывок" неандертальцев перед окончательным вымиранием подстегивался конкуренцией с сапиенсами, которые к тому времени уже заселили большую часть Европы. Не помогло: еще выше лежат ориньякские слои с типичными верхнепалеолитическими изделиями кроманьонцев-сапиенсов***).



*Неандертальская "личина" из пещеры
Ла-Рош-Котар.*

Замечу к слову, что новые факты, свидетельствующие о высоком умственном и культурном развитии неандертальцев, интерпретируются некоторыми авторами не совсем корректно. Иногда утверждается примерно следующее: "Неандертальцы вымерли не потому, что уступали человеку разумному в способности выживать, а просто потому, что *Homo sapiens* численно превосходил неандертальцев и быстрее размножался" (пример взят из заметки в одном хорошем научно-популярном журнале, но эта идея в более завуалированном виде встречается и в научных трудах).

Проблема в том, что способность "быстрее размножаться" и благодаря этому добиваться численного превосходства над конкурентами — это с точки зрения эволюционной теории как раз и означает повышенную приспособленность, то есть то, что авторы цитаты, по-видимому, имеют в виду под фразой "способность выживать". Поэтому отстаиваемые в настоящее время многими авторами "чисто демографические" причины вытеснения сапиенсами неандертальцев не противоречат, а наоборот, самым непосредственным образом подтверждают тезис о том, что сапиенсы превосходили неандертальцев по своей приспособленности.

Итак, мы вкратце познакомились с данными по неандертальской культуре. А что с мозгом? С. В. Дробышевский на основе изучения множества эндокранов (слепков мозговой полости) неандертальцев и сапиенсов пришел к выводу, что лобная и теменная доли у неандертальцев были меньше, чем у нас; теменная доля к тому же была сильно уплощена. Затылочная доля, напротив, у неандертальцев была заметно крупнее, а височная — почти не отличалась от нашей. По мнению Дробышевского, у неандертальцев, по сравнению с сапиенсами, сильнее были развиты подкорковые центры подсознательного контроля за эмоциями и памятью, тогда как сознательный контроль этих функций, возможно, был слабее. Не исключено также, что неандертальцы уступали сапиенсам по возможностям контроля и координации движений.

Рельефные бугры в зоне Брока (центре речи, находящемся в орбитной части лобных долей) в сочетании с рядом других косвенных данных (таких как вполне "современное" строение гена FOXP2,

подъязычной кости и височной доли мозга) свидетельствуют о том, что неандертальцы наверняка обладали членораздельной речью.

На основе имеющихся неполных сведений можно выстроить великое множество разнообразных гипотез об отличиях неандертальской души от нашей (***в этой книге термин "душа" в полном соответствии с этимологией и старыми традициями словоупотребления используется как синоним термина "психика" (см. главу "Душевная механика", кн. 2)***). Например, увеличенная затылочная доля (в сочетании с большими, широко расставленными глазницами) может свидетельствовать о способности запоминать и различать больше зрительных образов. А еще — почему бы и нет? — о более ярких и красочных сновидениях. Впрочем, у древних сапиенсов затылочная доля тоже была крупная — она начала уменьшаться позже, ближе к концу верхнего палеолита.

В теменной доле находятся недавно обнаруженные центры, повреждение которых усиливает у людей склонность к потусторонним переживаниям (см. главу "Жертвы эволюции", кн. 2). Почему бы не предположить, что неандертальцы с их сравнительно маленькой и уплощенной теменной долей были в большей степени, чем сапиенсы, склонны ко всякой мистике? Относительно меньший размер лобных долей, помимо прочего, хорошо согласуется с идеей о том, что у неандертальцев объем кратковременной рабочей памяти был чуть меньше, чем у нас (см. раздел "Каменных дел мастера" в главе "От эректусов к сапиенсам"). Ведь КРП локализуется в лобных долях. А если у них был меньше объем КРП, то они, возможно, не могли удерживать в памяти такие же длинные последовательности звуков, как мы. Как

следствие, они должны были говорить более короткими и простыми фразами. А еще это можно связать с отсутствием музыкальных инструментов (***так называемая неандертальская флейта из Дивье Бабе (Словения) при ближайшем рассмотрении оказалась просто куском кости с дырками от зубов гиены (см. главу "Великое расселение сапиенсов")***) (у европейских сапиенсов флейты появились 40 тыс. лет назад, то есть за 12 тыс. лет до вымирания неандертальцев, см. главу "Великое расселение сапиенсов"). Ведь для того, чтобы создавать и воспринимать музыку, необходимо иметь достаточно объемную "фонологическую" память (это одна из составных частей КРП). Иначе вы просто забудете предыдущие ноты к тому моменту, когда прозвучат следующие, и не сможете уловить мелодию.

Придумывать такие гипотезы легко, интересно и весело, но вот как их проверить, к сожалению, пока совершенно непонятно.

На чем сейчас сходятся практически все эксперты, так это на том, что если неандертальцы и уступали сапиенсам по каким-то генетически обусловленным параметрам интеллекта, то это различие было очень небольшим, очень тонким, может быть, едва заметным. Таким, например, как чуть меньший объем КРП.

Кроме того, мы должны помнить, что наблюдаемые культурные различия между неандертальцами и сапиенсами конца среднего — начала верхнего палеолита в принципе вполне могут быть и просто культурными различиями, не имеющими никакого отношения к генетически обусловленным свойствам мозга. В конце концов, культурные различия между

разными популяциями сапиенсов, зарегистрированные в историческое время, в ряде случаев были куда более драматичными, чем различия между мустьерской культурой неандертальцев и ориньякской культурой сапиенсов.

В этом случае аналогом судьбы неандертальцев может послужить судьба индейцев чероки. Прожив три столетия в контакте с европейскими колонистами, многие племена североамериканских индейцев, оставаясь независимыми и сохраняя контроль над обширными территориями, успели очень далеко продвинуться в своем культурном развитии благодаря заимствованиям и собственному новаторству. Как известно, они приручили одичавших испанских лошадей — мустангов, что позволило им в дальнейшем освоить эффективную охоту на бизонов в прериях. Они быстро овладевали металлургией и другими достижениями бледнолицых. Особенно далеко по пути цивилизации успели пройти чероки под руководством гениального предводителя по имени Секвойя (в его честь ботаники позже назвали самые высокие в мире деревья). В 1821 г. Секвойя, не зная английского языка, разработал для своего народа слоговую азбуку из 86 знаков и сумел убедить соплеменников в полезности этого нововведения.

Если кто-то из читателей усмотрел в этом намек на шательперронскую культуру, то он прав: именно это я и имею в виду. В 1828 году чероки купили типографию и начали печатать собственную газету Cherokee Phoenix на двух языках: своем и английском. Всего через десять лет, в 1838 году, нация чероки, уже почти оформившаяся в цивилизованное государство, была выселена со своей земли, фактически стерта с ее лица по решению правительства Соединенных Штатов. Этому не помешали

ни культурный прогресс чероки, ни заведомо точно такие же, как у европейских колонистов, генетически обусловленные возможности их мозга. Заинтересованные читатели легко могут узнать все подробности этой истории в интернете, например, сделав поиск по фразе **the trail of tears** (дорога слёз). Но предупреждаю: это чтение не для слабонервных. Не так много нам известно столь же трагических эпизодов в нашем прошлом.

Было ли одним из них вымирание неандертальцев? Если честно, я так не думаю. Вытеснение неандертальцев сапиенсами было более медленным, постепенным и наверняка гораздо менее осознанным и целенаправленным.

Геном неандертальца

Еще совсем недавно пределом мечтаний для палеогенетиков было выделение из древних костей митохондриальной ДНК. Эта небольшая часть генома, передающаяся по материнской линии, присутствует в каждой клетке в сотнях копий, к тому же она имеет кольцевую структуру и поэтому лучше сохраняется. Выделение ядерной ДНК, составляющей у человека и других млекопитающих примерно 99,9995 % полного генома, представлялось совершенно нереальным. Однако стремительное развитие методов выделения, секвенирования и анализа ДНК сегодня сделало возможным то, что казалось фантастикой всего несколько лет назад.

Профессор Сванте Пябо из Института эволюционной антропологии Макса Планка в Лейпциге после долгих поисков по различным музеям и институтам нашел в Загребе (Хорватия) образцы неандертальских

костей, в которых сохранилось достаточное количество древней ДНК и которые почти не были загрязнены ДНК современного человека. Кости принадлежали неандертальцу — как тогда думали, мужчине, — проживавшему на территории нынешней Хорватии 38 тыс. лет назад.

Часть уникального материала Пябо передал группе американских коллег под руководством Эдварда Рубина. Американские и немецкие исследователи воспользовались разными методами и в 2006 году одновременно опубликовали свои первые результаты в журналах *Nature* и *Science* (*Green et al., 2006; Noonan et al., 2006*). Главный вывод обеих статей состоял в том, что прочтение полного генома неандертальца является выполнимой задачей.

На тот момент исследователям удалось прочесть множество отдельных фрагментов ядерного генома неандертальца, рассеянных по всем хромосомам. Суммарная длина прочтенных фрагментов составляла примерно 0,04% полного генома. Было объявлено, что геномы *H. sapiens* и *H. neanderthalensis* идентичны на 99,5% или более (по последним данным — на 99,84%). Приблизительное время расхождения эволюционных линий двух видов было оценено как 500 ± 200 тыс. лет назад. Германская группа на тот момент не обнаружила никаких свидетельств гибридизации между нашими видами, хотя и полностью исключить такую возможность исследователи не могли. Американцы же сообщили, что им удалось найти кое-какие признаки генетического обмена между генофондами неандертальцев и сапиенсов.

Главное, стало ясно, что прочтение полного неандертальского генома в принципе возможно. Это был

величайший прорыв, ведь еще в конце 1990-х годов мало кто из экспертов верил, что у палеогенетики есть будущее.

Среди множества проблем, которые пришлось решать исследователям, одна из главных состояла в том, что из-за очень высокого сходства геномов сапиенсов и неандертальцев чрезвычайно трудно отличить фрагменты подлинной неандертальской ДНК от "загрязнений" — фрагментов современной человеческой ДНК, попавших в образец в процессе его изучения. Хорватские образцы в этом отношении ценны тем, что с ними почти не работали археологи, поскольку они считались "малоинформативными".

Конечно, если в неандертальских костях обнаруживается последовательность, более похожая на участок генома шимпанзе, чем сапиенса, то такой участок можно с уверенностью считать неандертальским, поскольку загрязнение образца фрагментами ДНК каких-либо приматов, кроме современного человека, представляется маловероятным. Но таких случаев мало: все-таки общие предки неандертальцев и современных людей отделились от предков шимпанзе 6-7 млн лет назад, и неандертальцы по геномным последовательностям на порядок ближе к нам, чем к шимпанзе.

Еще одна проблема — упоминавшиеся выше "посмертные мутации". В ископаемых молекулах ДНК со временем происходят изменения: Г (гуанин) может превратиться в А (аденин), а Ц (цитозин) — в урацил, который в ходе секвенирования будет прочтен как Т (тимин). В принципе такие мутации можно "выловить", поскольку каждый фрагмент ДНК присутствует в образце

во множестве копий, а одна и та же мутация не может произойти во всех копиях. Но такая "чистка" прочтенных последовательностей сопряжена с большими техническими трудностями. Поэтому поначалу прочтенные неандертальские последовательности были очень "грязными".

Хуже того: вскоре после публикации этих первых статей американская группа выяснила, что найденные ими "признаки гибридизации" на самом деле — результат загрязнения проб фрагментами современной человеческой ДНК!

Технические трудности задержали выполнение проекта, но все-таки не смогли его остановить. Вместо запланированных двух лет на "черновое" прочтение неандертальского генома ушло почти четыре года.

В 2009 году Сванте Пябо сообщил на ежегодном собрании Американской ассоциации по развитию науки, что геном неандертальца в общих чертах прочтен. Проект обошелся всего в 6,4 млн долларов — еще несколько лет назад такая стоимость показалась бы фантастически низкой. Успех проекта свидетельствует о колоссальных возможностях, открываемых перед наукой новыми методами выделения, размножения и секвенирования ДНК.

Но официальной публикации полученных результатов пришлось ждать еще около года: нужно было завершить компьютерную обработку и анализ полученных последовательностей. По ходу дела выяснилось, что кости, из которых взяли ДНК, принадлежат не одному мужчине, как считалось, а трем женщинам. Они жили 44—38 тыс. лет назад, вскоре

после появления в Европе, вотчине неандертальцев, африканских пришельцев — сапиенсов.

Исследователи подчеркивают, что речь идет только о "черновом" прочтении. В полученной последовательности много пробелов и неизбежных ошибок. Чтобы полностью исключить возможность ошибок, возникающих из-за посмертных изменений ДНК, каждый участок генома следовало бы прочесть несколько раз. Однако исследователям пока удалось прочесть всего 4 млрд пар нуклеотидов, что лишь ненамного превышает размер полного генома неандертальца и современного человека. Некоторые участки прочтены по нескольку раз, зато другие пока не прочтены вовсе. Пяобо считает, что более или менее качественную последовательность удалось пока получить примерно для 60 % генома. Однако исследователи не собираются останавливаться на достигнутом. В течение "нескольких ближайших лет" они намерены получить полную геномную последовательность неандертальца, сравнимую по качеству с прочтенным геномом шимпанзе.

Уже к 2009 году стало ясно, что различия в аминокислотных последовательностях белков между неандертальцем и сапиенсом затрагивают от 1000 до 2000 аминокислот (примерно одна аминокислотная замена на 10-20 белков). Для сравнения, от шимпанзе нас отличает около 50 тыс. аминокислотных замен (в среднем 2—3 замены на белок). Количество различий в некодирующих участках генома пока не подсчитано.

Подтвердился сделанный ранее (на основе прочтения небольших фрагментов генома) вывод об идентичности гена *FOXP2* у современного человека и неандертальца. Этот ген, как мы помним, тесно связан с

речью, поэтому данный факт можно рассматривать как аргумент в пользу того, что неандертальцы умели говорить. Не подтвердилась красивая теория, согласно которой сапиенсы получили от неандертальцев один из вариантов гена *microcephalin*, влияющего на рост мозга (см. в предыдущей главе). В прочтенном геноме неандертальца этот вариант гена *microcephalin* не обнаружен. Впрочем, теоретически сохраняется возможность, что ген был получен сапиенсами не от европейских, а от азиатских неандертальцев.

В 2009 году Пябо все еще утверждал, что никаких признаков гибридизации сапиенсов с неандертальцами обнаружить не удастся. Тогда большинство экспертов были убеждены, что гибридизации не было, что сапиенсы полностью вытеснили все древнее евразийское человечество, не смешиваясь с ним.

Долгожданная статья с первыми официальными результатами анализа полного неандертальского генома появилась лишь в мае 2010 года. Эти результаты стали неожиданными не только для публики, но и для самих исследователей. Несмотря на собственную предвзятость, генетики доказали, что древние сапиенсы все-таки скрещивались с неандертальцами (*Green et al., 2010; Burbano et al., 2010*).

Геном неандертальцев и современных людей отличается на 0,16 %. С одной стороны, отличия невелики — на порядок меньше, чем между геномами человека и шимпанзе. Что, кстати, хорошо соответствует эволюционному дереву: время, прошедшее с момента разделения предков сапиенсов и неандертальцев, примерно на порядок меньше времени, прошедшего после разделения предков людей и шимпанзе. С другой

стороны, теперь можно выловить хотя бы некоторые генетические особенности, определяющие нашу сапиентную "уникальность", — в первую очередь это те детали генома (нуклеотидные замены, вставки, удвоения генов и др.), которые у неандертальца и шимпанзе одинаковы, а у нас отличаются. Эти элементы, очевидно, не унаследованы от общего предка и появились в нашей линии после расхождения ветвей сапиенсов и неандертальцев. Таких сугубо современных элементов — нуклеотидных замен в генах — нашлось 78. Некоторые из этих замен могут быть нейтральными (они могли закрепиться в результате генетического дрейфа — случайных колебаний частот аллелей в популяции), другие же могут иметь и адаптивное значение.

Вот несколько генов, которые, вероятно, находились под действием положительного отбора в сапиентной линии после ее отделения от предков неандертальцев:

RPTN — кодирует белок репетин, экспрессирующийся в коже, потовых железах, сосочках языка, волосяных сумках;

TRPM1 — кодирует меластатин, белок, участвующий в пигментации кожи;

THADA — связан с диабетом второго типа, вероятно, важен в энергетическом обмене;

DYRK1A — возможно, связан с синдромом Дауна;

NRG3 — мутации в этом гене сопутствуют шизофрении;

CADPS2, *AUTS2* — мутации в этих генах ассоциированы с аутизмом;

RUNX2 — мутации этого гена вызывают задержку формирования костей черепа, деформацию ключиц и грудной клетки, неправильное развитие зубов;

SPAG17— влияет на работу жгутика сперматозоида.

Можно заметить, что функции генов, изменившихся в сапиентной линии после ее отделения от предков неандертальцев, связаны с как раз с такими вещами, которые, наверное, и отличают нас от неандертальцев: внешний вид (кожа, волосы, пигментация), энергетический обмен (адаптация к разным климатическим условиям, разные традиции изготовления одежды и т. п.), работа мозга.

Нашлись и такие мутации, которые были у неандертальцев, но отсутствовали у человека и шимпанзе. Их функциональная роль неизвестна. Также определены гены, которые присутствуют в геноме неандертальцев в большем числе копий, чем у современных людей. Их назначение тоже пока неизвестно. Генетики и биоинформатики в ближайшие десять лет без работы явно не останутся.

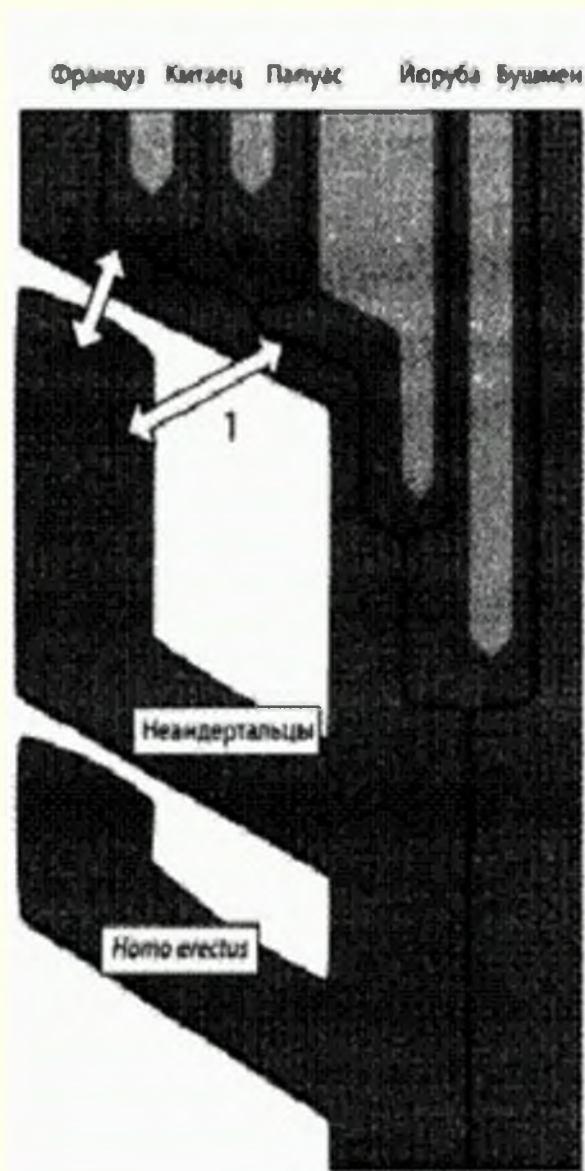
Самые замечательные результаты были получены при сравнении реконструированного генома неандертальцев с полными геномами пяти современных людей — европейца (француза), коренного китайца, жителя Новой Гвинеи и двух коренных африканцев из Южной и Западной Африки. Сенсация состоит в том, что геном неандертальца оказался **больше похож на геномы европейцев, азиатов и папуасов, чем на геномы африканцев**. Это ясно следует из результатов сравнения "в тройках": геном неандертальца сравнивали с парами геномов современных обитателей разных частей света. Ученые выбирали для сравнения только те

нуклеотидные позиции, которые в одном из сравниваемых современных геномов находились в примитивном состоянии (как у шимпанзе), а во втором были изменены, т. е. находились в продвинутом состоянии. Оценивалось число продвинутых аллелей, общих для неандертальца и одного из двух современных людей (скажем, француза); затем то же самое делалось для пары "неандерталец и китаец" или "неандерталец и бушмен". Такой метод анализа применялся впервые и дал замечательные результаты. Оказалось, что у неандертальцев существенно больше общих продвинутых аллелей с европейцем, китайцем и папуасом, чем с двумя африканцами. В этом анализе было много статистических тонкостей, которые едва ли нужно излагать в популярной книге. Нам достаточно знать, что полученные результаты недвусмысленно указывают на гибридизацию сапиенсов с неандертальцами, которая затронула евразийские популяции сапиенсов, но не коснулась африканских популяций. Причем все евразийские популяции несут примерно одинаковый процент неандертальских генов: по первым оценкам выходило, что каждый современный человек, кроме коренных африканцев, несет в своем геноме примерно 1-4 % неандертальских генов.

Если бы неандертальские гены были рассеяны равномерно по всем человеческим популяциям, авторы просто не смогли бы их обнаружить при помощи доступных методик. Доказательство гибридизации удалось получить исключительно благодаря тому, что в африканские популяции сапиенсов неандертальские гены не попали.

Предположительный сценарий мог быть следующим. Первая встреча неандертальцев с сапиенсами могла произойти около 120—80 тыс. лет

назад в Передней Азии. Мы уже упоминали о знаменитых пещерах на севере Израиля — Схул, Табун и Кафзех, где в последовательных слоях пещерных отложений чередуются остатки людей современного типа и неандертальцев. Предполагают, что в холодные периоды сапиенсы отступали отсюда обратно в Африку, и на смену им с севера приходили неандертальцы, а в периоды потеплений процесс шел в обратном направлении. Некоторые найденные здесь кости некогда интерпретировались как принадлежащие гибридам между неандертальцами и сапиенсами. Потом такие интерпретации вышли из моды, но теперь данные палеогенетики заставляют о них вспомнить.



Возможные сценарии встреч неандертальцев с сапиенсами, в результате которых геном евразийского населения обогатился генами неандертальцев. Ученые остановились на сценарии 1 (скрещивание сапиенсов с неандертальцами после выхода из Африки, но до начала широкого расселения по Евразии). Его преимущество — логичное присутствие неандертальских генов у жителей Папуа — Новой Гвинеи. Сценарий 2 (скрещивание поздних неандертальцев с ранними европейскими сапиенсами) менее вероятен, так как неандертальцы

одинаково близки и к европейцам, и к азиатам, и к папуасам. По рисунку из Green et al., 2010.

По оценкам израильских археологов, время сосуществования людей современного типа и неандертальцев на Ближнем Востоке могло длиться около 10 тыс. лет. Этого вполне достаточно, чтобы две популяции успели обменяться генами. Редкие, но плодотворные встречи сапиенсов и неандертальцев оставили след в геноме современных людей. Когда сапиенсы стали расселяться с Ближнего Востока по просторам Евразии, они уже несли в себе неандертальские гены. Впоследствии они еще не раз встречались с неандертальцами, но, по-видимому, больше не скрещивались с ними. Например, если бы сапиенсы, пришедшие в Западную Европу более 40 тыс. лет назад, скрещивались с европейскими неандертальцами, то в геномах современных европейцев было бы больше неандертальских примесей, чем в геномах китайцев или папуасов. Но этого не наблюдается: у жителей разных районов Евразии процент неандертальских генов примерно одинаков. Это указывает на единичный и недолгий период гибридизации, имевший место после выхода сапиенсов из Африки, но до начала их широкого расселения по Евразии.

Итак, следы древних смешанных браков остались в генах современных людей. Каким бы мизерным ни было это наследие, но все же нельзя теперь утверждать без некоторых философских оговорок, что неандертальцы полностью вымерли. Кроме того, теперь мы знаем, что подлинные, чистокровные сапиенсы — это чернокожее

население Африки к югу от Сахары. Все прочие — слегка метисы.

Люди из Денисовой пещеры

Денисова пещера на Алтае — один из самых известных археологических памятников эпохи среднего и позднего палеолита на территории России. Палеолитические охотники периодически посещали пещеру на протяжении десятков тысячелетий и оставили в многометровой толще пещерных отложений множество следов своей деятельности.

В самых нижних слоях присутствуют архаичные среднепалеолитические каменные орудия, в которых некоторые археологи усматривают даже раннепалеолитические черты. Возраст этих слоев, судя по найденным здесь костям мелких млекопитающих и другим косвенным признакам, составляет не менее 125 тыс. лет. Термолюминесцентное датирование кристаллов кварца показывает значительно более древний возраст — от 171 до 282 тыс. лет, но этот метод в данном случае не очень надежен. К песчинкам, занесенным "с улицы", могли подметаться упавшие с потолка пещеры (последние будут иметь заведомо более древний термолюминесцентный возраст).

Выше идут более или менее типичные среднепалеолитические слои с орудиями, которые обычно ассоциируются с неандертальцами. Еще выше появляются изделия верхнепалеолитического типа, в том числе костяные орудия, иглы и украшения, типичные для сапиенсов. В отличие от Европы, переход от среднего к верхнему палеолиту в Центральной Азии не выглядит внезапным. В нем просматривается преемственность

технологий. В нескольких "переходных" слоях Денисовой пещеры, так же как и на других палеолитических стоянках Алтая, присутствует странная смесь средне- и верхнепалеолитических изделий (*Деревянко и др., 2003*).

Раскопки в Денисовой пещере ведутся давно и на редкость тщательно. Работа эта чрезвычайно кропотливая и трудоемкая: кубометры грунта промываются и просеиваются буквально по песчинке в поисках артефактов и костей животных. Ни один мышинный зуб и ни один каменный обломок с признаками обработки не ускользнут от внимания археологов и палеонтологов. Несмотря на эти титанические усилия, человеческих костей в пещере так и не нашли, если не считать трех зубов (то ли неандертальских, то ли "наших" — мнения экспертов разделились) и обнаруженной в 2008 году фаланги детского мизинца. Видимо, древние обитатели пещеры не хоронили в ней своих сородичей и тем более не бросали их там, а куда-то переносили — попробуй найди их теперь.

Найденная фаланга мизинца была передана в Институт эволюционной антропологии им. Макса Планка в Лейпциге, где генетики под руководством Пяобо выделили из кости ДНК и собрали из обрывков полный митохондриальный геном древнего обитателя Денисовой пещеры. Статья с результатами анализа этого генома была опубликована в марте 2010 года (*Krause et al., 2010*). Значительная часть статьи посвящена описанию методики выделения, секвенирования и сборки фрагментов ДНК, а также многочисленных тестов, предназначенных для проверки аутентичности выделенных фрагментов и правильности их "прочтения".

Древняя митохондриальная ДНК в этой кости оказалась на редкость "чистой", а достоверность результатов секвенирования — весьма высокой. Каждый участок генома был реконструирован на основе большого количества (от 2 до 602, в среднем — 156) независимо прочтенных фрагментов ДНК. Затем всю процедуру повторили на основе ДНК из другого фрагмента той же косточки и другой технологии секвенирования. Результат — полный митохондриальный геном — получился точно таким же. Целый ряд признаков, таких как средняя длина выделенных фрагментов и характерные изменения на их концах, свидетельствуют о древности изученной ДНК и об отсутствии позднейших загрязнений.

Митохондриальный геном древнего человека сравнили с 54 митохондриальными геномами современных людей со всех концов света, мтДНК верхнепалеолитического *Homo sapiens* из Костёнок (возраст — около 30 тыс. лет), шестью полными мт-геномами европейских неандертальцев и двумя неполными мт-геномами неандертальцев из грота Тешик-Таш в Узбекистане и пещеры Окладникова на Алтае (о них речь шла выше в этой главе). Пещера Окладникова, где были найдены неандертальские кости возрастом 30—38 тыс. лет, находится всего в сотне километров от Денисовой.

Оказалось, что ребенок из Денисовой пещеры по нуклеотидной последовательности митохондриального генома отстоит от современных людей в среднем вдвое дальше, чем неандертальцы (см. таблицу). Неандертальцы, со своей стороны, отличаются от человека из Денисовой так же сильно, как сапиенсы. Митохондриальные геномы современных людей в пределах исследованной выборки отличаются друг от

друга не более чем на 106 нуклеотидов, в среднем — на 59,7. Различия между сапиенсами и неандертальцами — в среднем 201,6 нуклеотидов. От человека из Денисовой пещеры нас отделяет в среднем 384,9 нуклеотидных различий, от шимпанзе — 1461,5. Общий размер мт-генома у всех четырех видов человекообразных — 16560—16570 пар нуклеотидов (плюс — минус несколько).

Таблица: средние попарные нуклеотидные различия между мтДНК 54 современных людей, шести неандертальцев, человека из Денисовой пещеры и шимпанзе (из статьи Krause et al., 2010).

	Средние нуклеотидные различия	Максимальные различия	Минимальные различия
Между 54 современными людьми	59,7	106	1
Между современными людьми и шестью неандертальцами	201,6	220	185
Между современными людьми и человеком из Денисовой пещеры	384,9	396	372
Между современными людьми и шимпанзе	1461,5	1474	1448

При помощи сложных математических методов, которые к настоящему времени уже достигли высокой степени надежности, авторы оценили время расхождения эволюционных линий, одна из которых привела к человеку из Денисовой, а другая — к общему предку сапиенсов и неандертальцев. Получилось, что это

разделение произошло около миллиона лет назад — вдвое раньше, чем разошлись пути сапиенсов и неандертальцев. Необходимо помнить, что речь здесь идет только о митохондриальных геномах, которые наследуются исключительно по материнской линии. Это значит, что примерно миллион лет назад (точнее, с 95 %-й вероятностью — от 779 до 1314 тыс. лет назад) жила последняя общая прародительница человека из Денисовой, сапиенсов и неандертальцев по прямой женской линии. Последняя прародительница сапиенсов и неандертальцев, тоже по непрерывной женской линии, жила, согласно приведенным в статье расчетам, примерно 466 тыс. лет назад (с 95 %-й вероятностью — 321—618 тыс. лет назад).

Зная только митохондриальный геном человека из Денисовой и не имея ни ядерного генома, ни каких-либо данных о скелете (фаланга мизинца не в счет), невозможно было сказать наверняка, что это за человек и в каком родстве с сапиенсами и неандертальцами он на самом деле состоял. Было ясно только, что материнская линия, к которой он принадлежал, не была ни сапиентной, ни неандерталоидной.

Как мы уже знаем, истории, рассказываемые ядерными и митохондриальными геномами, совпадают не всегда (см. главу "От эректусов к сапиенсам"). Например, эпизодическая межвидовая гибридизация может приводить к интрогрессии (проникновению) в генофонд одного из видов "чужого" митохондриального генома. Одного-единственного митохондриального генома, без данных по ядерным генам и без морфологической информации, явно недостаточно для окончательных выводов.

Тем не менее открытие показало, что генетическое разнообразие палеолитического населения Алтая 30—50 тыс. лет назад было необычайно высоким. С точными датировками находок в этом районе имеются трудности, однако вся совокупность данных свидетельствует о том, что люди, относящиеся к совершенно разным материнским (митохондриальным) линиям — неандертальцы, сапиенсы и загадочные денисовцы, — возможно, какое-то время проживали на одной территории все вместе. По крайней мере никаких признаков резких смен технологии и "культурных революций" здесь не наблюдается. Археологические данные свидетельствуют скорее о смешении или плавном перетекании друг в друга различных культур.

Одиннадцатый слой Денисовой пещеры, в котором найден детский мизинец, содержит странную смесь среднепалеолитических артефактов (обычно приписываемых неандертальцам) и позднепалеолитических изделий, характерных для сапиенсов. В самих позднепалеолитических орудиях заметны следы культурно-технологической преемственности, как будто некоторые приемы, применявшиеся при их изготовлении, были переняты позднепалеолитическими мастерами у местных среднепалеолитических племен.

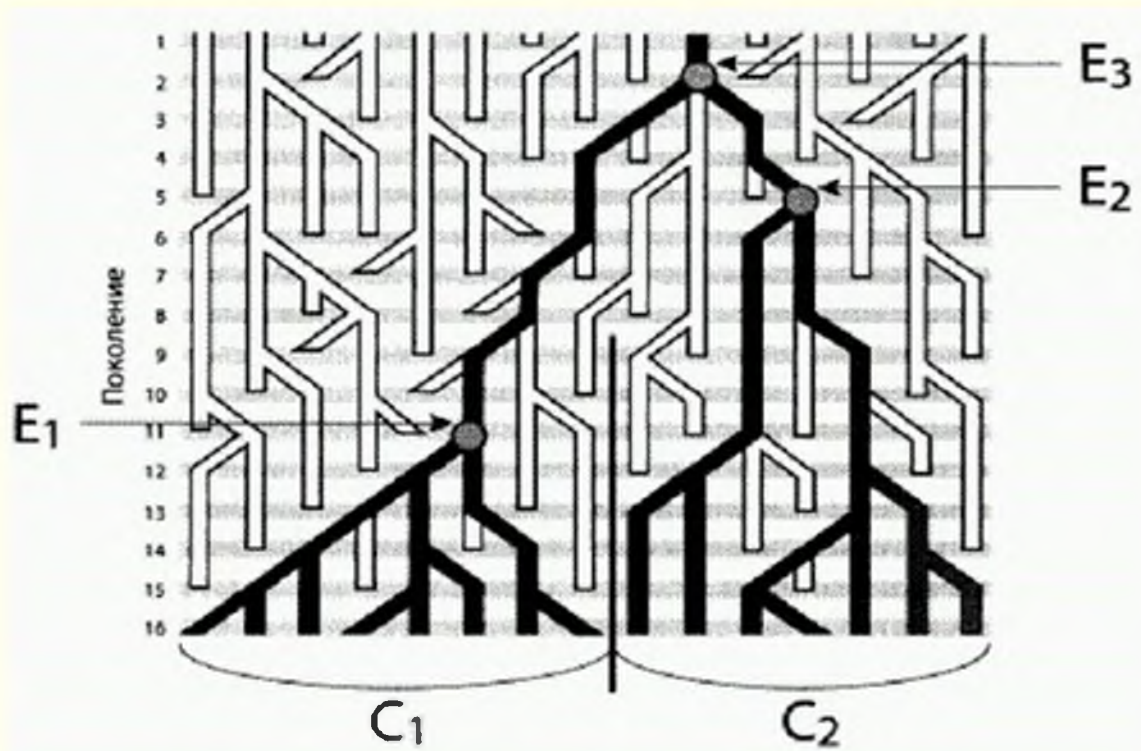
Академик А. П. Деревянко, в течение многих лет руководящий раскопками в Денисовой пещере, всегда был сторонником "полицентризма" — теории, согласно которой в наших жилах течет кровь не только небольшой кучки сапиенсов, вышедших из Африки, но и неандертальцев, а может быть, и азиатских эректусов (*Деревянко, 2005*). Среди западных антропологов эту теорию в последние годы поддерживали лишь немногие

(например, А. Темплтон, о работах которого мы говорили в главе "От эректусов к сапиенсам").

Результаты изучения мтДНК человека из Денисовой пещеры не стали весомым аргументом ни за, ни против полицентризма. Но все-таки складывающийся образ совместного проживания на одной территории трех неродственных групп людей в сочетании с преемственностью и смешением культур придал этой версии некоторое дополнительное правдоподобие.

Всего через два месяца, в мае того же 2010 года, прочтение генома неандертальца доказало, что "полицентристы" были все-таки отчасти правы: в геномах внеафриканских популяций современных людей была обнаружена маленькая примесь неандертальских генов. В декабре последовала еще одна сенсация: ядерный геном человека из Денисовой пещеры показал, что и эта древняя раса оставила свой след в генофонде современного человечества.

Как мы помним, последняя общая праматерь денисовцев, сапиенсов и неандертальцев по непрерывной женской линии жила около 1 млн лет назад. Последняя общая митохондриальная праматерь сапиенсов и неандертальцев жила много позже — примерно 500 тыс. лет назад. Митохондриальная Ева современных сапиенсов жила 160—200 тыс. лет назад. Аналогичная Ева поздних неандертальцев (всех, чьи мтДНК секвенированы к сегодняшнему дню), жила всего лишь 100 тыс. лет назад. Молодой возраст неандертальской митохондриальной Евы указывает на период резкого сокращения численности — "бутылочное горлышко" в истории неандертальской популяции, когда многие митохондриальные линии были утрачены.



Вымышленный пример генеалогического дерева мтДНК. C1, C2 — две субпопуляции. E1, E2, E3 — митохондриальные Евы двух субпопуляций и всей популяции в целом.

Но, как мы уже знаем, мтДНК — лишь малая часть генома, передающаяся строго по женской линии и в большой степени подверженная случайным перипетиям генетического дрейфа. Установить время жизни митохондриальных Ев — это лишь первый шаг к воссозданию подлинных генеалогий. Анализ ядерных геномов позволяет получить гораздо более точную реконструкцию истории и родственных взаимоотношений наших предков и их вымерших родственников.

Прочтение ядерного генома неандертальца позволило установить, что наши популяции реально

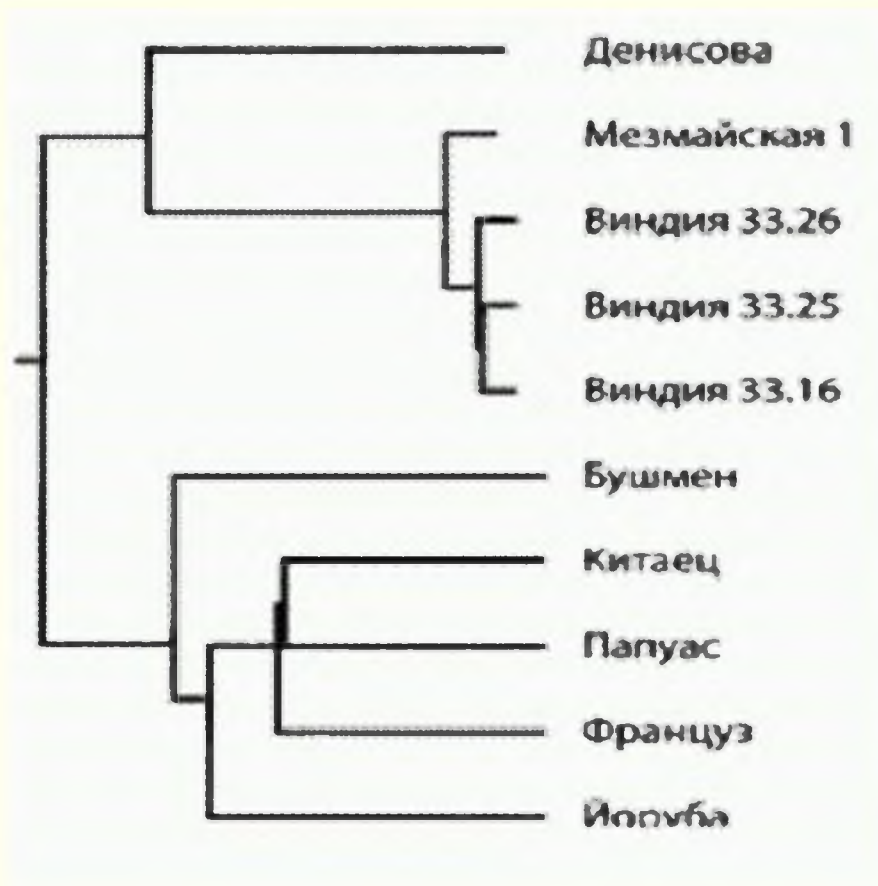
разделились 270—440 тыс. лет назад, то есть заметно позже времени жизни нашей с неандертальцами Евы (500 тыс. лет). Впрочем, Ева и должна быть старше момента деления популяций. Чтобы понять, почему это так, можно нарисовать хаотически ветвящееся дерево, произвольно разделить его крону вертикальным отрезком, а потом найти трех Ев (точки схождения концевых ветвей) для каждой из половинок кроны и для обеих половин вместе. Последняя из этих Ев (общая для обеих половинок) обязательно окажется глубже в прошлом, чем начало разделительного отрезка.

Ядерный геном денисовца прочли все в том же Институте эволюционной антропологии им. Макса Планка в Лейпциге под руководством все того же Сванте Пяобо (*Reich et al., 2010*). Авторы уже имеют немалый опыт работы с древней ДНК, и с каждым новым проектом качество работы повышается. На этот раз они использовали новую полезную хитрость. При помощи ферментов урацил-ДНК-гликозилазы и эндонуклеазы VIII они аккуратно удаляли из фрагментов древней ДНК поврежденные временем кусочки, в которых цитозины превратились в урацилы. В итоге количество ошибок в прочтенном геноме сократилось на порядок по сравнению с геномом неандертальца.

Авторам немало помогло то обстоятельство, что древняя человеческая ДНК в денисовской фаланге удивительно хорошо сохранилась. В большинстве неандертальских костей ДНК неандертальца составляет менее 1 %, все остальное — бактериальные загрязнения. В косточке из Денисовой пещеры доля древней человеческой ДНК составляет около 70 %. Средняя длина сохранившихся фрагментов ДНК (60—75 п. н., пар нуклеотидов) тоже выше, чем в наиболее хорошо

сохранившихся неандертальских костях (обычно не более 50 п. н.)

Как обычно, было сделано все возможное, чтобы не допустить попадания в пробы современной человеческой ДНК. Для проверки эффективности принятых мер использовали три метода. Пробы проверили на наличие митохондриальной ДНК *H. sapiens* и на присутствие фрагментов Y-хромосомы (в ходе этого анализа стало ясно, что денисовец был девочкой). Кроме того, в двух независимо полученных библиотеках отсеквенированных фрагментов денисовской ДНК сравнили соотношение примитивных (как у общего предка с шимпанзе) и продвинутых (как у сапиенсов) нуклеотидных позиций. Все тесты показали, что уровень загрязнения проб фрагментами современной ДНК находится в пределах десятых долей процента. Общая длина прочтенных кусочков ядерной ДНК — 5,2 млрд нуклеотидов, что в 1,9 раза больше длины всего генома. Однако многие фрагменты повторяются, и весь геном целиком они не покрывают (как и в случае с геномом неандертальца).



Генеалогия денисовцев, неандертальцев и сапиенсов, основанная на сравнении ядерных геномов. Десять индивидуумов, сверху вниз: денисовец, четыре неандертальца (для ископаемых людей указаны названия местонахождений и условные номера, как это принято в палеоантропологии), представители пяти современных народов: сан (бушмен), китаец, папуас, француз, йоруба (народ, проживающий в юго-западной Африке). По рисунку из Reich et al., 2010.

Сравнение денисовского генома с геномами сапиенсов, шимпанзе и неандертальцев (авторы отсековенировали фрагменты ядерных геномов неандертальцев из России, Испании и Германии в дополнение к "главному" хорватскому геному) позволило

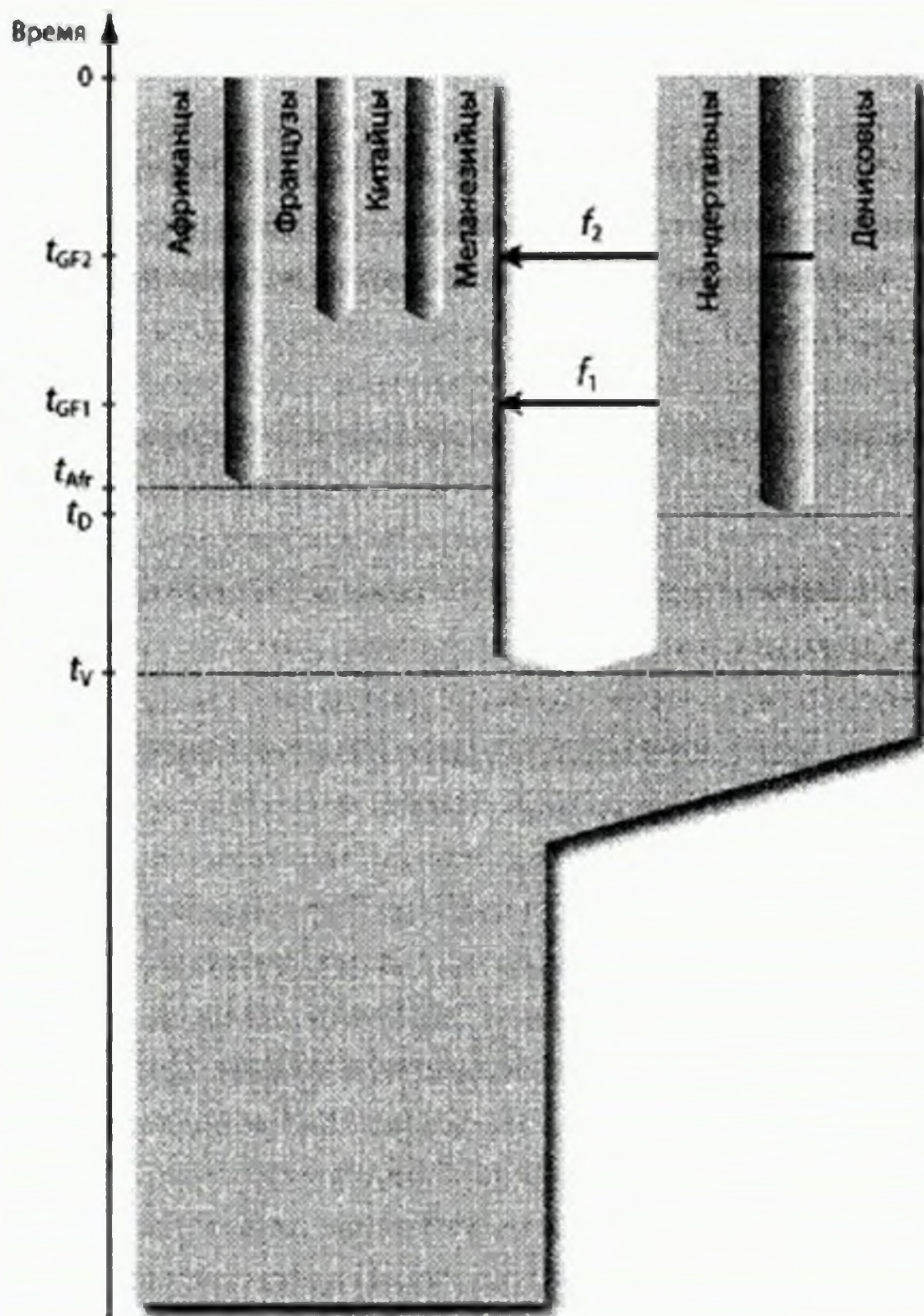
уточнить генеалогию исследованных популяций. Выяснилось, что денисовцы все-таки чуть ближе к неандертальцам, чем к сапиенсам. Сначала разделились предки сапиенсов и двух других популяций, а немного позже предки денисовцев отделились от предков неандертальцев. Уже после этого второго разделения неандертальцы испытали резкое сокращение численности ("бутылочное горлышко"), которое привело к сильному сокращению разнообразия неандертальской популяции. Поэтому поздние неандертальцы генетически менее разнообразны, чем современные люди. В этот период многие аллели и митохондриальные гаплотипы были потеряны неандертальцами, в том числе, возможно, были утрачены и варианты митохондриальной ДНК, близкие к денисовскому.

Имеющихся данных недостаточно, чтобы дать однозначный ответ на вопрос, почему по мтДНК денисовский человек сильнее отличается от неандертальцев и сапиенсов, чем по ядерному геному. Одно из двух: либо варианты мтДНК, близкие к денисовскому, случайно потерялись в результате дрейфа в популяциях неандертальцев и сапиенсов, либо девочка из Денисовой пещеры получила свою архаичную мтДНК в результате эпизодического скрещивания ее предков с какими-то другими представителями человеческого рода — например, с поздними отпрысками азиатских эректусов или гейдельбержцев.

Прочтение неандертальского генома показало, что вскоре после выхода из Африки сапиенсы скрещивались с неандертальцами в Передней Азии. В дальнейшем интенсивной гибридизации, по-видимому, не было, но неандертальские гены успели проникнуть в наш генофонд и распространились по всей Азии и Европе в

ходе последующего расселения сапиенсов. Поэтому 1-4 % генов современных азиатов и европейцев имеют неандертальское происхождение. Чистокровными сапиенсами оказались только африканцы, живущие к югу от Сахары.

Нет ли в нас также и примеси денисовской крови? Для ответа на этот вопрос авторы использовали методики, сходные с теми, которые ранее позволили показать присутствие неандертальских генов у современных азиатов и европейцев и их отсутствие у африканцев. В частности, рассматривались нуклеотидные позиции, в которых у француза или китайца стоит один нуклеотид, у африканца — другой, у шимпанзе присутствует один из этих двух вариантов, а у архаичного человека (денисовца или неандертальца) — другой. По таким позициям неандертальские геномы оказываются сходны с французским в среднем на $4,6 \pm 0,7$ % чаще, чем с геномом йоруба. Это как раз и показывает, что у француза есть неандертальские гены. Однако денисовский геном оказывается сходен с французским лишь на $1,8 \pm 0,5$ % чаще, чем с йоруба, и примерно такие же цифры были получены для других комбинаций (француз и бушмен, китаец и йоруба, китаец и бушмен). Это значит, что если евразийские геномы и содержат какую-то денисовскую примесь, то она невелика по сравнению с неандертальской. Для объяснения этой небольшой денисовской примеси даже не требуется привлекать гипотезу о непосредственном скрещивании сапиенсов с денисовцами. Денисовские гены в принципе могли быть получены евразийскими сапиенсами через посредничество неандертальцев в ходе того же самого периода гибридизации в Передней Азии вскоре после выхода сапиенсов из Африки.



Наиболее вероятная реконструкция популяционной истории неандертальцев, денисовцев и сапиенсов. Предки современных людей отделились от предков неандертальцев и денисовцев в момент времени t_v (между 270 и 440 тыс. лет назад). Затем денисовцы отделились от неандертальцев (t_D). Еще позже часть сапиенсов вышла из Африки в Переднюю Азию (t_{Afr}). Здесь они скрещивались с неандертальцами (поток генов от неандертальцев к предкам современных евразийцев, f_1). Значительно позже имела место гибридизация предков современных меланезийцев с денисовцами (поток генов f_2), не повлиявшая на остальные популяции сапиенсов. По рисунку из Reich et al., 2010.

Интересный и неожиданный результат был получен, когда авторы сравнили денисовский геном с данными по 938 современным людям из 53 разных народов со всех концов света. У этих людей не секвенировались полные геномы, а только определялось аллельное состояние 642690 полиморфных однонуклеотидных ядерных локусов (**полиморфные однонуклеотидные локусы (single nucleotide polymorphisms, SNPs)** — нуклеотиды в геноме, по которым у современных людей существует изменчивость. Эти нуклеотиды могут быть разными у разных людей, в отличие от большинства других нуклеотидов, которые у всех людей одинаковы). Этих данных оказалось достаточно, чтобы обнаружить примесь денисовских генов у современного населения Меланезии (Новая Гвинея и острова к востоку от нее). У других

современных человеческих популяций подобных примесей не обнаружено.

Новые данные позволили уточнить вклад неандертальцев в геномы современных евразийцев. Геномы жителей Евразии, по новым оценкам, содержат $2,5 \pm 0,6\%$ неандертальских генов (что не противоречит опубликованным ранее цифрам 1-4 %), а геномы меланезийцев вдобавок к неандертальским имеют еще $4,8 \pm 0,5\%$ денисовских генов.

Кроме фаланги мизинца в Денисовой пещере в том же 11-м слое был найден почти целый человеческий коренной зуб. Это то ли второй, то ли третий верхний левый моляр, и самое необычное в нем — его большой размер. Если это третий моляр (зуб мудрости), то он больше, чем у всех известных ископаемых представителей человеческого рода, за исключением *H. habilis* и *H. rudolfensis*. Если это второй моляр, то он кое-как укладывается в диапазон изменчивости *H. erectus*. Зуб не имеет специфических неандертальских признаков, которые заметны уже у предполагаемых предков неандертальцев, живших в Атапуэрке (Испания) между 350 и 600 тыс. лет назад.

Авторам удалось выделить из зуба ДНК и отсеквенировать митохондриальный геном. Он оказался почти таким же, как в фаланге мизинца, не считая пары нуклеотидных замен. Зуб принадлежит молодому, но все же взрослому человеку, фаланга — ребенку, из чего следует, что появление денисовцев в пещере в ту эпоху не было случайным событием. Похоже, эти неведомые люди действительно жили в Денисовой пещере. Может быть, это они, а не до сих пор не найденные здесь сапиенсы изготовили сложные верхнепалеолитические

орудия, изобилующие в 11-м слое? Впрочем, авторы отмечают, что артефакты 11-го слоя, возможно, происходят из двух разных эпох. Не исключено, что пещерные отложения подверглись перемешиванию. В таком случае зуб и мизинец, вероятно, относятся к более древней эпохе (около 50 тыс. лет назад), а верхнепалеолитические артефакты — к более поздней. Если так, их изготовителями, наверное, были все-таки сапиенсы, поселившиеся здесь позже, но не оставившие археологам ни зубов, ни мизинцев. Денисовцы же довольствовались среднепалеолитическими технологиями.

Будем надеяться, что новые археологические находки помогут нам узнать больше о странных родичах неандертальцев с архаичными зубами и митохондриями, оставивших заметный след в генофонде современного человечества.

ГЛАВА 6. ВЕЛИКОЕ РАССЕЛЕНИЕ САПИЕНСОВ

Первые шаги

В предыдущих главах мы упоминали, что, судя по генетическим данным, современное внеафриканское человечество в основном происходит от небольшой популяции выходцев из Африки. В основном — потому что, как показали недавние открытия в области палеогенетики, наши африканские предки в процессе своего расселения по Евразии все-таки скрещивались как минимум с двумя популяциями евразийских аборигенов — неандертальцами и загадочными денисовцами.

Гибридизация с неандертальцами произошла вскоре после выхода из Африки и еще до того, как сапиенсы начали заселять обширные просторы Евразии. Поэтому неандертальские гены есть у всех современных евразийцев примерно в одинаковом количестве (около 2,5 %). Денисовские гены есть только у меланезийцев. Это значит, что скрещивались с денисовцами лишь отдельные группы сапиенсов, потомки которых впоследствии осели в Новой Гвинее и на островах к востоку от нее. Некоторые генетические данные указывают также на возможность скрещивания восточноазиатских сапиенсов с тамошними реликтовыми эректусами (*Cox et al., 2008*), но эти выводы, скорее всего, будут оставаться "предварительными" до тех пор, пока не удастся прочесть геном какого-нибудь позднего азиатского эректуса.

До сих пор, однако, остаются неясными время и маршрут выхода сапиенсов из африканской прародины. Генетические данные не позволяют датировать это событие со сколько-нибудь приемлемой точностью. Археологические данные тоже, к сожалению, довольно сомнительны.

Древнейшими свидетельствами присутствия "анатомически современных людей" за пределами Африки считаются находки в пещерах Схул и Кафзех на севере Израиля. Там обнаружены скелеты людей современного типа, хотя и с некоторыми архаичными чертами, сближающими их с древнейшими сапиенсами из Эфиопии (см. главу "От эректусов к сапиенсам"). Возраст костей сапиенсов из пещер Схул и Кафзех — 119 ± 18 и 81 ± 13 тыс. лет. Это примерно совпадает с последним межледниковьем, когда климат на Ближнем Востоке был относительно теплым и влажным. До начала этой теплой эпохи в данном районе, возможно (есть некоторые сомнения в датировках), проживали привычные к холоду неандертальцы.

Скорее всего, чтобы попасть в Палестину, сапиенсы пересекли засушливые районы Северной Африки по "Нильскому коридору". Но этот первый исход из Африки, похоже, не имел далеко идущих последствий, потому что в период между 65 и 47 тыс. лет назад в том же районе регистрируется присутствие уже не сапиенсов, а снова неандертальцев. Возможно, неандертальцы пришли сюда с севера в связи с похолоданием и оттеснили теплолюбивых сапиенсов обратно в Африку.

Многие эксперты полагают, что современное внеафриканское человечество в основном происходит не от той популяции, которая проникла в Азию "северным

путем" по Нильскому коридору около 120 тыс. лет назад, а от другой группы выходцев из Африки, которая покинула родной материк "южным путем", то есть перебралась через Баб-эль-Мандебский пролив (***глубокий и опасный для мореплавателей пролив с сильными течениями, соединяющий Красное море с Аденским заливом Индийского океана. Название пролива в переводе означает "ворота слёз" (или скорби)***) в Южную Аравию и затем расселялась вдоль побережья Индийского океана на восток, оставляя на своем пути характерные раковинные кучи.

Хронология этого второго исхода из Африки остается дискуссионной и опирается в основном на косвенные данные. Некоторые эксперты полагают, что он состоялся около 85 тыс. лет назад, и уже вскоре после этого сапиенсы добрались до Индонезии и южного Китая. Эта версия представлена в интерактивной презентации *The Journey of Mankind* (<http://www.bradshawfoundation.com/journey/>), основанной на трудах Стивена Оппенгеймера из Оксфордского университета. Одна из книг Оппенгеймера, "Изгнание из Эдема. Хроники демографического взрыва", переведена на русский язык (2004).

Однако бесспорные следы присутствия сапиенсов (то есть ископаемые кости анатомически современных людей) в южной и Юго-Восточной Азии начинаются лишь примерно с 42 тыс. лет назад (хотя уже 48—43 тыс. лет назад сапиенсы проникли в Австралию, см. ниже). Ряд археологических находок, подтверждая косвенные данные генетики, указывает на более раннее (начиная примерно с 80 тыс. лет назад) присутствие людей на южном побережье Азии. Но как доказать, что это именно

сапиенсы, а не какие-нибудь денисовцы или иные потомки более древних мигрантов из Африки? Ведь находят, как правило, только каменные орудия. Например, на юге Индостана непосредственно под толстым слоем вулканического пепла, оставленного грандиозным извержением вулкана Тоба 74 тыс. лет назад, обнаружены каменные орудия, сходные с африканским средним палеолитом (*Petraglia et al., 2007*). Самое удивительное, что точно такие же орудия присутствуют и непосредственно над слоем пепла! Получается, что древние индийцы сумели пережить катастрофу: отсиделись где-то, а потом как ни в чем не бывало продолжили заниматься своими делами на старом месте. С точки зрения некоторых экспертов, такая жизнестойкость является важным аргументом в пользу того, что это были именно сапиенсы.

В начале 2011 года журнал Science опубликовал новые археологические данные, подтверждающие очень ранний выход сапиенсов из Африки "южным путем". К сожалению, человеческих костей по-прежнему нет: речь снова идет лишь о каменных орудиях, но все-таки эта находка значительно повышает достоверность реконструкций Оппенгеймера и его единомышленников и даже позволяет привязать пересечение Баб-эль-Мандеба к еще более ранней дате.

Международная команда археологов из Великобритании, Объединенных Арабских Эмиратов, США, Украины и Германии сообщила о результатах раскопок палеолитической стоянки, расположенной на юго-востоке Аравийского полуострова, неподалеку от Ормузского пролива (соединяющего Персидский залив с океаном) (*Armitage et al., 2011*). Древние люди жили в небольшом гроте у подножия каменистой возвышенности

Джебель-Файя. Каменная кровля грота к настоящему времени обвалилась. Раскопки в Джебель-Файя проводились в 2003—2010 годах. Сверху залегают культурные слои железного и бронзового веков, под ними — неолитический слой, затем идет чистый песок без признаков присутствия человека, а еще ниже находятся три среднепалеолитических слоя: А, В и С. На самом деле есть еще четвертый слой D, самый древний, но о нем авторы ничего конкретного пока не сообщили: не успели как следует изучить.

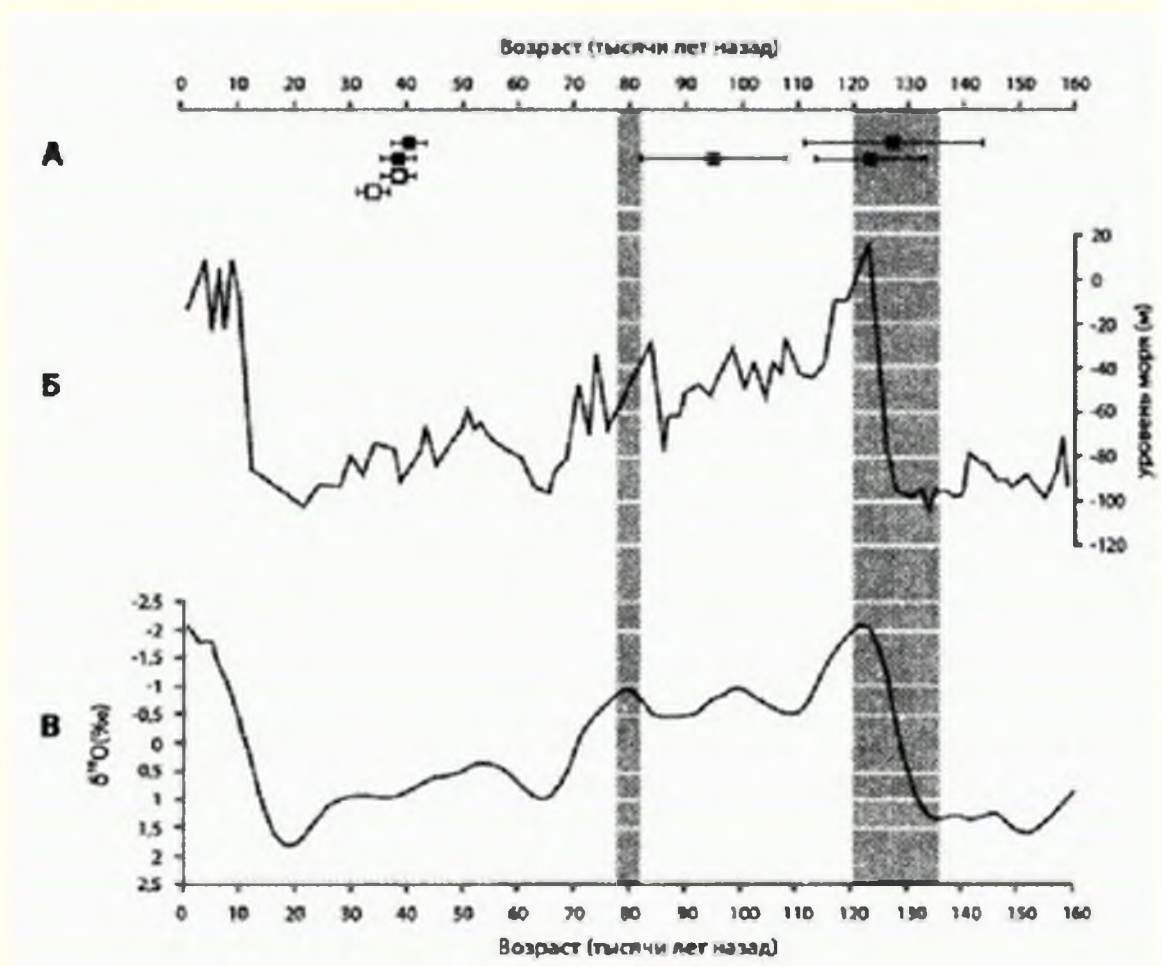
Из того, что изучено, интереснее всего слой С. Его возраст, по результатам оптико-люминесцентного датирования, составляет от 127 ± 16 до 95 ± 13 тыс. лет. Самое главное, что каменные орудия из этого слоя как по своей "типологии" (форме, размерам, соотношению орудий разных типов и другим формальным признакам), так и по технологиям обработки камня очень похожи на изделия, производившиеся в это время сапиенсами восточной Африки. В Леванте, где селились то сапиенсы, то неандертальцы, каменная индустрия в те времена сильно отличалась от того, что найдено в слое С в Джебель-Файя. По мнению археологов, создатели каменной индустрии слоя С почти наверняка были выходцами из Восточной Африки. То есть, конечно, сапиенсами, потому что в Африке в то время других людей не было.



Орудия из слоя С в Джебель-Файя (127—95 тыс. лет назад). 1 — листовидное обоюдоострое орудие, 2 — леваллуазский отщеп, 3 — заготовка для обоюдоострого ручного рубила (бифаса). По рисунку из Armitage et al., 2011.

Слой С без перерыва переходит в В, о возрасте которого в статье не сообщается (наверное, не смогли определить). Затем после перерыва, представляющего собой прослойку песка без орудий, идет слой А возрастом 38—40 тыс. лет. Еще выше — опять чистый песок, продолжающийся вплоть до появления неолитических орудий возрастом 10—9 тыс. лет. Каменные изделия слоев В и А — среднепалеолитические, похожие на орудия из слоя С, но отличающиеся от того, что находят на других ближневосточных и африканских стоянках тех времен.

Эти данные в переводе с археологического языка означают примерно следующее. По-видимому, сапиенсы впервые появились в Джебель-Файя в начале последнего (рисс-вюрмского) межледниковья, около 130—125 тыс. лет назад. Это был на редкость удобный момент для преодоления Баб-эль-Мандебского пролива и миграции вдоль южного побережья Аравии. Вплоть до примерно 130 тыс. лет назад, пока длилось предпоследнее (рисское) оледенение, уровень моря был очень низким — на 100 м ниже, чем сейчас. Пересечь сузившийся и обмелевший пролив можно было и раньше, однако до тех пор, пока не началось глобальное потепление, климат в южной Аравии был слишком засушлив, чтобы люди могли здесь долго продержаться. Потом, когда климат улучшился, уровень моря поднялся, и пролив расширился. Однако в самом начале межледниковья, по-видимому, был краткий период, когда море еще не успело подняться, а климат в Южной Аравии уже стал благоприятным для людей. Это видно на рисунке: кривая уровня моря (Б) около 130 тыс. лет назад еще не начала подниматься, а влажный период, обозначенный серой вертикальной полосой, уже начался.



А — оптико-люминесцентный возраст трех проб из слоя С (черные квадратики справа) и двух проб из слоя А (черные квадратики слева), а также двух проб из Лстерильного слоя, залегающего над слоем А (белые квадратики). Б - уровень Красного моря. В — колебания глобальной температуры (о них судят по содержанию тяжелого изотопа в морских отложениях): чем выше кривая, тем теплее климат. Вертикальными серыми полосами показаны периоды наиболее благоприятного, влажного климата в Южной Аравии. По горизонтальной оси — время в тысячах лет назад. По Armitage et al., 2011.

Не исключено, что часть южноаравийской популяции сапиенсов двинулась дальше на восток и дала начало всему внеафриканскому человечеству. Может быть, они успели пересечь и Ормузский пролив до подъема уровня моря (собственно, в то время пролива там не было, Персидский залив был сушей, нужно было пересечь только большую реку, образованную слиянием Тигра и Евфрата). О том, каким образом в их генофонд попали неандертальские гены, пока можно лишь гадать: возможно, были какие-то древние миграции между южной Аравией и Левантом. Так или иначе, на восток ушли не все. Об этом свидетельствуют палеолитические слои В и А. Люди, оставившие каменные орудия в этих слоях, по-видимому, жили в Джебель-Файя уже в относительной изоляции, потому что никакие технологические новшества, в том числе верхнепалеолитические технологии, к ним не проникали ни из Африки, ни из Леванта. Они сохраняли разнообразные приемы обработки камня, характерные для слоя С и африканского среднего палеолита, но кое-что, видимо, позабыли: в слоях В и А отсутствуют орудия, изготовленные при помощи леваллуазской технологии, хорошо знакомой людям слоя С (а также другим среднепалеолитическим сапиенсам и неандертальцам).

Тем временем по мере развития последнего, Вюрмского, оледенения климат в Аравии становился все более засушливым. 40 тыс. лет назад процесс зашел слишком далеко, территория опустынилась, и люди исчезли из этого района вплоть до начала следующего (нынешнего) межледникового. Лишь около 10 тыс. лет назад здесь снова появилось население, но это уже были обладатели совсем другой, несравненно более высокой

неолитической культуры. Впрочем, если все эти увлекательные теории верны, неолитические пришельцы (как и все мы, внеафриканские сапиенсы) должны быть потомками древнейших обитателей южной Аравии.

Открытие Австралии

И все же следует помнить, что данные о начальных этапах расселения сапиенсов вдоль южных берегов Азии по-прежнему скудны и во многих случаях сомнительны. По-настоящему массовое и бесспорное присутствие сапиенсов в различных точках Евразии регистрируется начиная с 50 тыс. лет назад. Примерно в это время сапиенсы сумели перебраться из юго-восточных районов Азии в Австралию. Это подтверждается как археологическими, так и генетическими данными — в частности, анализом мтДНК австралийских аборигенов.

Так, в 2006 году антропологи и генетики из Австралии, Великобритании, Швеции и Швейцарии сообщили в журнале *American Journal of Physical Anthropology* о результатах анализа мтДНК 69 аборигенов из разных районов Австралии (*van Holst Pellekaan et al., 2006*).

Имеющиеся у современных людей варианты мтДНК подразделяются на три "макрогруппы": L1, L2, L3, причем первые две встречаются только в Африке. Макрогруппа L3 в свою очередь делится на ряд групп. Две из них (M и N) были у тех людей, которые вышли из Африки и потомки которых заселили все остальные материки. Поэтому все неафриканское человечество относится к двум большим митохондриальным линиям — M и N, и австралийцы не являются исключением. Все известные на сегодняшний день варианты мтДНК австралийцев

распадаются на пять групп: AuB, AuA, AuC, AuD, AuE, причем первая группа принадлежит к линии M, а четыре другие — к N. Все пять групп, по-видимому, встречаются только в Австралии.

Анализ подтвердил, что Австралия была заселена очень давно (не менее 40 тыс. лет назад). Это соответствует археологическим данным, согласно которым люди жили в Австралии уже 43—48 тыс. лет назад. В то время австралийцы вовсе не были отсталым народом. Возле озера Манго (Новый Южный Уэльс) обнаружены два уникальных древних захоронения, мужское и женское. Тело мужчины было покрыто красной охрой, а женщина, по-видимому, была кремирована. Это древнейшие в истории человечества документированные случаи использования кремации и охры в погребальных обрядах. Возраст обоих захоронений — около 40 тыс. лет, но люди в этом районе появились, вероятно, на 6-10 тыс. лет раньше (*Bowler et al., 2003*). Культура первых австралийцев, по-видимому, оставалась на среднепалеолитическом уровне. Характерные для верхнего палеолита инновации появлялись в Австралии постепенно, намного позже, чем в Европе, Африке и Азии, и далеко не в полном объеме (*Habgood, Franklin, 2008*). Однако 50—45 тыс. лет назад верхнего палеолита как такового не существовало еще нигде.

Вскоре после появления людей в Австралии произошло массовое вымирание почти всех крупных местных животных. Многие исследователи связывают это событие с негуманными методами охоты древних австралийцев. Впрочем, не исключено, что вымирание мегафауны в действительности протекало не столь стремительно и растянулось на десяток тысячелетий.

Число первопоселенцев, вероятно, было довольно велико, и они были достаточно разнообразны в генетическом отношении. Этим объясняется, в частности, присутствие в Австралии обеих "глобальных" линий — М и N. Некоторые признаки указывают на родство первопоселенцев Австралии с древними обитателями Новой Гвинеи.

Данные по мтДНК не дают оснований предполагать, что в более поздние эпохи имели место новые волны переселения в Австралию из других регионов (или в обратном направлении). Однако анализ Y-хромосом австралийцев показал, что в течение последних 10 тыс. лет в Австралию проникло какое-то количество выходцев из Индии. Несоответствие результатов по мтДНК и Y-хромосоме может объясняться множеством причин. Например, пришельцы из Индии могли быть мужчинами, а если с ними и были женщины, они могли не оставить прямых потомков по женской линии.

Похоже, австралийцы оставались генетически изолированными от остального человечества большую часть своей истории. Более того, значительная степень изоляции имела также и внутри самой Австралии между разными ее регионами. Это подтверждается резко неравномерным распределением генетических вариаций по территории Австралии.

Кажется удивительным, что после первой, очень древней и, по-видимому, многочисленной волны переселенцев Австралия оказалась отрезанной от мира на десятки тыс. лет, и никто (или почти никто) больше не переселялся туда даже из соседних регионов, таких как Новая Гвинея.

Все эти выводы носят предварительный характер. Для их уточнения необходимо собрать гораздо больше материала, а это не так-то просто. Некоторые социально-политические и культурологические факторы в настоящее время препятствуют массовому сбору необходимых анализов (проб ДНК) у коренных австралийцев. Возможно, аборигены до сих пор не простили тех европейских ученых, которые 100—150 лет назад на полном серьезе предполагали, что коренные жители Австралии и Тасмании могут оказаться искомыми "переходными формами между обезьяной и человеком".

Изменения климата не были причиной массового вымирания австралийских животных

В период Великого расселения сапиенсов по планете прокатилась волна массового вымирания крупных животных. В Старом Свете и Америке множество видов крупных зверей исчезло 10—15 тыс. лет назад, в Австралии это произошло раньше — около 40 тыс. лет назад. Характерно, что и в обеих Америках, и в Австралии вымирание произошло вскоре после прихода туда людей.

Многие специалисты полагают, что главной причиной вымирания была деятельность первобытных охотников; другие отводят ведущую роль переменам климата. Например, гибель экосистемы мамонтовых степей (10—12 тыс. лет назад) связывают с потеплением и таянием вечной мерзлоты, а катастрофу австралийской биоты, произошедшую на 30 тыс. лет раньше и сопровождавшуюся опустыниванием большей части материка, — с аридизацией климата (предполагают, что ранее на Австралию проливалось больше дождей).

В 2007 году австралийские палеонтологи получили новые данные, заставляющие усомниться в правомочности "климатической" гипотезы (*Prideaux et al., 2007*). Исследователи описали уникальный комплекс ископаемых плейстоценовых животных из трех пещер на юге Австралии. Эти пещеры долгое время служили своеобразными естественными ловушками: животные падали в них сквозь небольшие отверстия и либо сразу разбивались о каменный пол, либо не могли выбраться из ловушки и погибали от голода. Возраст ископаемых костей и вмещающих отложений, определенный при помощи множества независимых методов, составляет от 100 до 400 тыс. лет. Пещеры получили условное название *Thylacoleo caves* ("пещеры сумчатого льва").

В пещерах обнаружены остатки 69 видов позвоночных, из которых 33 вымерли, не дожив до конца плейстоценовой эпохи. Количественное соотношение представителей разных групп животных в палеокомплексе (например, малое число древесных листвоядных форм и высокое разнообразие ящериц) свидетельствует о том, что плейстоценовый климат в этом районе Австралии был, как и сегодня, довольно засушливым, однако растительность была намного разнообразнее. Такие же результаты дал и анализ изотопного состава зубной эмали ископаемых животных (о климате можно судить по содержанию изотопов ^{13}C и ^{18}O).

Сегодня в этом районе простираются сухие кустарниковые степи с низким разнообразием растительной и животной жизни. В плейстоцене здесь тоже было сухо, но вместо однообразных кустов росли пышные леса. Хотя растительных остатков в пещерах не

найденно (из-за особых условий захоронения там не сохранилась даже пыльца), о богатстве растительности свидетельствуют, например, кости нескольких видов древесных кенгуру, а также очень высокое разнообразие всевозможных растительноядных сумчатых, масса тела которых варьировала от 4 до 200 кг.

Таким образом, климатические изменения не могли стать причиной резкого обеднения флоры и фауны Южной Австралии в конце плейстоцена, поскольку климат, судя по всему, существенно не менялся. Авторы полагают, что причиной экологической катастрофы могли стать пожары. Деревья, которые предположительно могли здесь расти, отличаются повышенной пожароопасностью из-за большого количества выделяемых ими эфирных масел.

К аналогичным выводам относительно причин опустынивания центральной Австралии пришел и другой коллектив исследователей — на основе изотопного анализа ископаемых костей эму и вомбатов (*Miller et al., 2005*).

Предки австралийских аборигенов пришли на засушливый материк с обильно поливаемых дождями островов Малайского архипелага, где поджечь лес весьма непросто. Вероятно, переселенцы были приятно удивлены, обнаружив необыкновенно удобный и эффективный способ охоты, позволявший добыть сразу огромное количество уже поджаренной дичи. Жаль только, что в те времена люди еще не догадывались об истощаемости природных богатств и о том, что их деятельность может что-то нарушить в вековом природном порядке (***С другой стороны, некоторые находки указывают на то, что между появлением в***

Австралии первых людей и вымиранием крупных сумчатых, возможно прошло довольно длительное время. Это несколько подмывает теорию молниеносного истребления мегафауны древними австралийцами). Впрочем, в иных регионах мира и по сей день можно наблюдать, как население с маниакальным упорством поджигает по весне сухую траву, невзирая на вполне реальную опасность распространения пожара на их собственные жилища и вне всякой связи с охотой. Видно, есть что-то завораживающее в зрелище горящей Земли.

Покорение Европы

Примерно в то же время, когда сапиенсы из Юго-Восточной Азии заселили Австралию, или немного позже, их сородичи из Юго-Западной Азии начали мигрировать в северо-западном направлении и вторглись в неандертальскую Европу. Разобраться в хронологии последовавших за этим событий стало возможно благодаря последним достижениям в развитии метода радиоуглеродного датирования.

Точность этого метода в последние годы возросла благодаря двум обстоятельствам. Во-первых, появились способы высококачественной очистки органических веществ, в первую очередь коллагена, выделяемого из древних костей, от всех посторонних примесей. Когда речь идет об очень древних образцах, даже ничтожная примесь постороннего углерода может привести к серьезным искажениям. Например, если в образце возрастом 40 тыс. лет окажется всего-навсего 1 % современного углерода, это приведет к уменьшению "радиоуглеродного возраста" на целых 7 тыс. лет. Как

выяснилось, в большинстве древних археологических находок присутствуют такие примеси, поэтому их возраст систематически занижался.

Второй источник ошибок, который наконец удалось устранить, связан с тем, что содержание радиоактивного изотопа ^{14}C в атмосфере (а следовательно, и в органическом веществе, образовавшемся в различные эпохи) не является постоянным. Кости людей и животных, живших в периоды повышенного содержания ^{14}C в атмосфере, изначально содержали больше этого изотопа, чем предполагалось, и поэтому их возраст опять-таки занижался. В последние годы удалось провести ряд чрезвычайно точных измерений, позволивших реконструировать колебания ^{14}C в атмосфере в течение последних 50 тысячелетий. Для этого были использованы уникальные морские отложения в некоторых районах Мирового океана, где осадки накапливались очень быстро, гренландские льды, пещерные сталагмиты и коралловые рифы. Во всех этих случаях можно было для каждого слоя сопоставить радиоуглеродные даты с другими, полученными на основе соотношения изотопов кислорода $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ или урана и тория.

В результате были разработаны поправочные шкалы и таблицы, позволившие резко повысить точность радиоуглеродного датирования образцов старше 25 тыс. лет. О чем же рассказали уточненные даты?

Ранее считалось, что люди современного типа впервые появились на юго-востоке Европе примерно 45 тыс. лет назад. Отсюда они постепенно расселялись в западном и северо-западном направлении. Заселение Центральной и Западной Европы продолжалось, согласно

"неисправленным" радиоуглеродным датировкам, примерно 7 тыс. лет (43—36 тыс. лет назад); средняя скорость продвижения — 300 м в год. Уточненные датировки показывают, что заселение началось раньше — 46 тыс. лет назад — и происходило быстрее: до 41 тыс. лет назад; скорость продвижения — до 400 м в год. Примерно с такой же скоростью позже распространялась по Европе земледельческая культура (10—6 тыс. лет назад), тоже пришедшая с Ближнего Востока. Любопытно, что обе волны расселения шли двумя параллельными путями: первый — вдоль Средиземноморского побережья от Израиля до Испании, второй — по долине Дуная, с Балкан — в Южную Германию и далее до Западной Франции.

Кроме того, выяснилось, что период совместного проживания современных людей и неандертальцев в большинстве районов Европы был существенно короче, чем считалось: не 10 тыс. лет, а лишь около 6 тыс., а в некоторых районах, например на западе Франции, и того меньше — всего 1-2 тыс. лет. После этого уцелевшие неандертальцы доживали свой век в уединенных уголках Европы (таких как полуостров Гибралтар, Балканы и Крым) — вплоть до окончательного вымирания примерно 28 тыс. лет назад.

По уточненным датировкам, некоторые ярчайшие образцы пещерной живописи оказались намного древнее, чем считалось. Начало эпохи ориньяк, ознаменованное появлением разнообразных сложных изделий из кости и рога (пресловутая "верхнепалеолитическая революция"), тоже сдвинулось в глубь времен — до 41 тыс. лет назад (*Mellars, 2006*).

Все это показывает, что коренное неандертальское население Европы пало под натиском ближневосточных пришельцев значительно быстрее, чем считалось. Наверное, превосходство сапиенсов — технологическое или социальное — все-таки было слишком велико, и ни физическая сила неандертальцев, ни их выносливость, ни приспособленность к холодному климату не могли спасти обреченную расу.

Как мы знаем из предыдущих глав, вопрос о том, в чем конкретно состояло это преимущество, на сегодняшний день представляется практически неразрешимым. Сапиенсы могли превосходить неандертальцев по размеру и сплоченности групп, по умению координировать действия нескольких кланов; у них могли быть более совершенные методы охоты, что привело к вытеснению неандертальцев как менее эффективных конкурентов. Некоторые данные указывают на то, что дело могло быть не только в культурно-социальных различиях, но и в биологии, в генетически обусловленных особенностях мышления (см. главу "Другое человечество").

Недавно появилось первое археологическое подтверждение гипотезы о том, что между сапиенсами и неандертальцами были прямые столкновения. В пещере Ле-Руа на юго-западе Франции среди множества типичных кроманьонских (ориньякских) артефактов найдена нижняя челюсть неандертальского ребенка с царапинами от каменных орудий. Вероятно, сапиенсы просто-напросто съели юного неандертальца, используя каменные инструменты для соскребания мяса с костей (*Ramirez et al., 2009*) (**Л.Б. Вишняцкий (2010) указывает на спорность этой интерпретации: неандертальские признаки у челюсти не вполне**

очевидны; следы каннибализма можно при желании интерпретировать иначе — например, как попытки извлечь зубы для изготовления украшений; нижняя челюсть — не самая питательная часть человеческого тела. С другой стороны, похожие царапины на нижних челюстях неандертальцев из Эль-Сидрона (см. главу "Другое человечество") сомнений не вызывают, потому что на других костях остались такие же отметины: это явно следы каннибальского пиршества. Скорее всего, сапиенсы все-таки съели ребенка в пещере Ле-Руа). Прошли те времена, когда сапиенсы могли смотреть на неандертальцев как на равных и скрещиваться с ними, как в начале эпохи Великого расселения (см. выше). В ходе покорения Европы сапиенсы с неандертальцами уже не скрещивались — об этом свидетельствуют результаты прочтения неандертальского генома. Теперь бывшие родичи годились только на обед (*Впрочем, некоторые антропологические данные все-таки указывают на возможную гибридизацию в Европе: по мнению С. В. Дробышевского, у поздних европейских неандертальцев часто встречаются сапиентные признаки. Может быть, скрещивание и имело место, но гибриды отличались пониженной жизнеспособностью или плодовитостью, и их потомки не дожили до наших дней. Поэтому геномы современных европейцев сохранили не больше неандертальских генов, чем геномы китайцев*).

Демографический фактор

Многие антропологи предполагают, что в начале верхнепалеолитической эпохи (примерно 45—30 тыс. лет назад), а возможно, и раньше — в среднем палеолите, популяции *Homo sapiens* испытали значительный демографический рост. Не исключено, что демографические факторы способствовали быстрому вытеснению сапиенсами неандертальцев и других "поздних архаичных людей" (***поздние архаичные люди — условное обобщенное наименование среднепалеолитических людей, не имеющих характерных сапиентных признаков; сюда относятся не только неандертальцы, но и другие люди, которых нельзя с уверенностью отнести ни к сапиенсам, ни к неандертальцам***). В этом утверждении, впрочем, есть элемент тавтологичности: если одна популяция вытесняет другую, это всегда связано с демографией (относительная, а скорее всего и абсолютная численность одной из конкурирующих популяций растет, другой — снижается). Более того, из этого следует (по определению), что первая популяция является более приспособленной, чем вторая.

При этом демографический рост сам по себе является интересным объектом исследования. Он может происходить за счет разных механизмов: например, за счет снижения детской или взрослой смертности или за счет роста рождаемости.

Механизмы демографического роста сапиенсов в начале верхнего палеолита точно не известны, но логично предположить, что одной из причин могло быть снижение взрослой смертности и увеличение ожидаемой

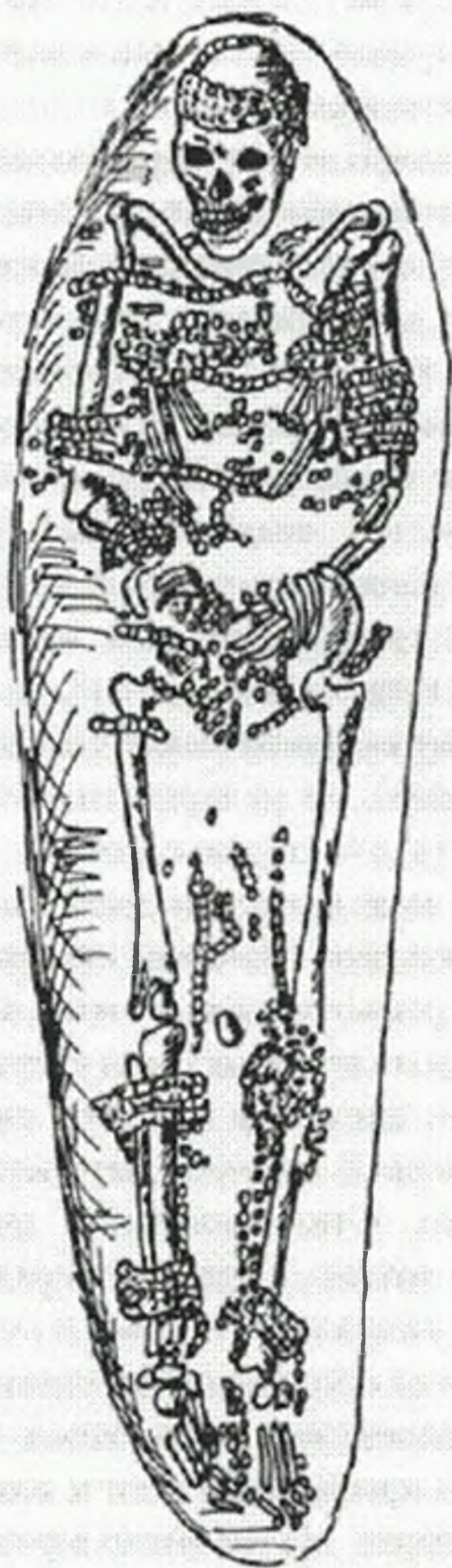
продолжительности жизни взрослых людей. На такую возможность указывает тот факт, что кости и зубы неандертальцев несут в среднем больше следов болезней, травм и других признаков тяжелых жизненных условий по сравнению с костями ранних сапиенсов.

Для проверки предположения о снижении взрослой смертности у средне- и верхнепалеолитических сапиенсов антрополог Эрик Тринкаус из Университета Вашингтона в Сент-Луисе проанализировал возрастной состав древних людей, чьи костные остатки позволяют определить индивидуальный возраст (*Trinkaus, 2011*). Для определения возраста палеоантропологи используют несколько признаков, главным из которых является степень стертости эмали коренных зубов. Учитывались только взрослые индивиды (начиная от 20 лет).

Автору удалось получить достоверные данные по 59 поздним архаичным людям (преимущественно неандертальцам), 13 среднепалеолитическим сапиенсам из Азии и Северо-Восточной Африки (десять из них происходят из знаменитых пещер Схул и Кафзех на севере Израиля) и 49 сапиенсам, жившим в начале верхнего палеолита (45—25 тыс. лет назад). В каждой из трех выборок было подсчитано соотношение молодых (до 40 лет) и "старых" (40 лет и более) индивидов. Оказалось, что это соотношение практически одинаково у поздних архаичных людей и ранних сапиенсов.

Из 59 "поздних архаичных людей" лишь 14 (23,7 %) дожили до сорока, из 13 среднепалеолитических сапиенсов — только один (7,7 %), из 49 верхнепалеолитических сапиенсов — 13 (26,5 %). Достоверных различий между ранними сапиенсами и неандертальцами по данному показателю не обнаружено.

При этом все три выборки резко отличаются по возрастному составу от аналогичных археологических выборок, относящихся к голоцену, то есть к последним десяти тысячелетиям.



Мужчина из захоронения Сунгирь (Россия, Владимирская область, около 25 тыс. лет назад) — один из немногих палеолитических людей, которому довелось пережить свое сорокалетие.

В голоценовых археологических выборках доля людей от сорока и старше составляет в среднем 39,3 %. Еще выше этот показатель у современных диких народов, не имеющих медицины (65 % двадцатилетних доживают до сорока).

Тринкаус показал, что малое число людей старшего возраста в палеолитических выборках нельзя объяснить тем, что в палеолите люди по каким-то причинам предпочитали хоронить молодых, умерших в расцвете сил, а престарелых чаще оставляли без погребения (вероятность того, что скелет сохранится и попадет в руки археологов, резко возрастает, если человека похоронить). Имеющиеся данные указывают как раз на обратную картину: среди палеолитических людей, которые были сознательно похоронены своими соплеменниками, доля пожилых существенно выше, чем в среднем по всей выборке. Из 59 поздних архаичных людей похоронено было 18, из них 44,4 % старше сорока; из 13 среднепалеолитических сапиенсов похоронено 11 (9,1 % старше сорока); из 49 верхнепалеолитических сапиенсов похоронено 27 (33,3 % старше сорока).

По-видимому, древние люди чаще предавали земле как раз пожилых соплеменников, а не молодых. Поэтому избирательность погребений могла исказить реальную картину лишь в сторону завышения (а не занижения) доли пожилых среди умерших.

Таким образом, радикального снижения взрослой смертности у сапиенсов в среднем и первой половине верхнего палеолита, по-видимому, не было. Оно произошло позже, но когда именно — сказать пока трудно. Средне- и верхнепалеолитические сапиенсы обычно умирали молодыми, и по этому демографическому показателю их популяции не отличались от неандертальских. Во всех человеческих коллективах того времени, по-видимому, численно преобладали дети и подростки, среди которых было много сирот. Малое число взрослых людей в группе вело к тому, что трудовая нагрузка на каждого из них была очень велика, что вряд ли способствовало их долгой жизни. К тому же и дедушек с бабушками, которые могли бы помочь нянчиться с малышкой, в группах почти не было.

Чем же был обусловлен предполагаемый рост численности сапиенсов в верхнем палеолите, если взрослая смертность не уменьшилась? Одно из двух: либо выросла плодовитость (женщины стали чаще рожать), либо снизилась детская и подростковая смертность. Проверить это крайне трудно, потому что детей в те времена хоронили редко, и их останки имели мало шансов сохраниться.

Венера и флейта

Случайно ли, нет ли, но заселение сапиенсами Европы и вытеснение коренного неандертальского населения совпадает в пространстве и времени с началом ориньякской эпохи, ознаменованной новыми технологиями изготовления орудий (***верхнепалеолитические технологии обработки***

камня и кости настолько сложны и изощренны, что находятся далеко за пределами возможностей не только простых смертных, но и большинства археологов), а также внезапным появлением и бурным расцветом искусства.

Искусство эпохи ориньяк — это вам не скромные ожерелья из ракушек и геометрические царапины на скорлупе страусиных яиц, как в культурах стилбей и ховьесонс пурт в южной Африке 70—60 тыс лет назад (см. главу "От эректусов к сапиенсам"). На этот раз наши предки создали нечто большее: настоящую живопись, музыку, скульптуру. Причем произошло все это довольно быстро. За пределами Европы искусство появляется, по-видимому, на несколько тысячелетий позже.

О древнейшей в мире скульптуре мир узнал совсем недавно — в 2009 году. Нашли ее в пещере Холе-Фельс ("Полая скала") на юго-западе Германии. Пещерные отложения в Холе-Фельс подразделяются на 18 слоев. Нижние четыре слоя относятся к среднему палеолиту и содержат следы пребывания неандертальцев. Над ними расположены отложения верхнего палеолита, когда в пещере жили люди современного типа. Из этих верхнепалеолитических слоев шесть нижних относятся к эпохе ориньяк — древнейшему этапу европейского верхнего палеолита, над ними залегают слои граветтской и мадленской эпох.

Сенсационная находка, о которой сообщил археолог Николас Конард из Тюбингенского университета, — вырезанная из мамонтовой кости женская статуэтка, происходящая из самого нижнего слоя ориньякской эпохи (*Conard, 2009*). Непосредственно под этим слоем идут уже среднепалеолитические

неандертальские слои, отделенные от верхнепалеолитических отложений тонким прослоем "стерильной" глины. Этот прослой очень важен: он означает, что сапиенсы никого не выгоняли, а пришли в давно опустевшую пещеру. Что случилось с неандертальцами из Холе-Фельс? Никто не знает.

В 2003 г. Конард нашел двумя слоями выше — в третьем снизу ориньякском слое — три костяные фигурки: лошадиную голову, водоплавающую птицу и териантропа (странное существо с признаками человека и кошки). Они считались одними из самых древних, — а возможно, и самыми древними произведениями искусства, однако новая находка еще древнее.

Точный возраст статуэтки и вмещающих отложений попытались определить радиоуглеродным методом. Анализировались в основном фрагменты костей животных, найденные в непосредственной близости от статуэтки. В этих костях сохранилось довольно много коллагена, который и использовался для анализов, проводившихся независимо в нескольких лабораториях. Однако результаты получились не совсем однозначные. "Исправленные" (откалиброванные) радиоуглеродные датировки варьируют примерно от 35—36 до 44 тыс. лет назад. Такой разброс может быть связан со множеством причин — например, со случайным загрязнением проб посторонними примесями.

По мнению автора, наиболее вероятный возраст статуэтки — около 40 тыс. лет, что соответствует самому началу эпохи ориньяк. Этот вывод основан на том, что находка сделана в самой нижней части метровой толщи ориньякских отложений. При этом нужно иметь в виду, что пещера Холе-Фельс — чуть ли не самая большая и

удобная в этом районе и к тому же хорошо заметна, поэтому пришедшие сюда сапиенсы должны были заселить ее одной из первых.

Статуэтка была расколота на шесть кусков, которые все были найдены в пределах одного квадрата 25 x 25 см. У склеенной скульптуры недостает левой руки и плеча, но Конард надеется, что они со временем найдутся — ведь находка была сделана на самом краю раскопа, рядом с его вертикальной глиняной стенкой, в толще которой, возможно, и скрываются недостающие части древнейшей скульптуры.

Статуэтка довольно реалистична с точки зрения анатомии, но кое в чем древний скульптор дал волю фантазии — иначе какое же это искусство? Гипертрофированные женские половые признаки роднят ее со знаменитыми "палеолитическими венера-ми" более поздней граветтской эпохи (начавшейся 27—28 тыс лет назад). Еще одной интересной особенностью статуэтки является полное отсутствие головы. Видимо, древний скульптор считал эту часть женского тела наименее существенной. Вместо головы он вырезал аккуратное колечко, чтобы можно было носить фигурку на шнурке. Колечко слегка отполировано изнутри: вероятно, кто-то ее действительно носил — может быть, в качестве амулета.

Талия Холе-фельсской Венеры лишь ненамного уже широких плеч и бедер. Живот разукрашен горизонтальными линиями, которые, вероятно, символизируют какое-то одеяние. Линии были процарапаны острыми каменными орудиями, причем древний скульптор многократно проводил острием по одному и тому же месту и прикладывал значительные

усилия, чтобы борозда в твердой мамонтовой кости стала достаточно глубокой. В отличие от типичных "палеолитических венер" грудь у Холлефельсской Венеры не висит, плечи очень широкие, а живот почти плоский.

Это не просто древнее произведение искусства. Это еще и самое старое дошедшее до нас изображение человека. Уникальное окно в прошлое, единственный способ своими глазами взглянуть на человека раннеориньякского времени. Жаль, что оно все-таки слишком стилизованное и без головы.



«Палеолитические венеры»

Новая находка заставила пересмотреть сложившиеся представления о зарождении палеолитического искусства. До сих пор считалось, что

для ориньякской эпохи были характерны только изображения животных, в основном крупных и агрессивных, а также объектов, связанных с шаманскими культами (вроде вышеупомянутого человека-кошки). Считалось, что женское тело стало источником вдохновения для палеолитических скульпторов лишь в следующую, граветтскую эпоху. Теперь очевидно, что это творческое направление присутствовало в верхнепалеолитической художественной культуре с самого ее зарождения.

Скорее всего, женские фигурки с преувеличенными половыми признаками прямо или косвенно символизировали плодородие (*Медникова, 2007*). Возможно, тот же смысл несли и многочисленные схематические изображения мужских и женских половых органов, выцарапанные на камнях, и фаллические скульптуры возрастом 35—36 тыс. лет, найденные на юго-западе Франции.

Вскоре после публикации статьи о древнейшей Венере германские археологи сообщили еще об одной сенсационной находке, сделанной ими в той же пещере и в том же самом слое, возраст которого составляет около 40 тыс. лет (*Conard et al., 2009*).

Флейта, вырезанная из лучевой кости белоголового сипа, была найдена 17 сентября 2008 года. Белоголовый сип — крупная птица (размах крыльев 230-265 см), кости которой идеально подходят для изготовления флейт. Длина сохранившейся части флейты — 21,8 см, диаметр — 8 мм. У флейты пять отверстий для пальцев и два глубоких V-образных выреза на том конце, в который дул музыкант. Противоположный конец инструмента (длиной в несколько сантиметров) не сохранился. Исследователи

предполагают, что из инструмента можно было извлечь не менее пяти нот.

В том же слое найдены фрагменты двух других флейт, выточенных из мамонтового бивня. Над этими инструментами древним мастерам пришлось потрудиться побольше, чем над дудочкой из полый птичьей кости. Сначала вырезалась заготовка, которая затем разделялась вдоль на две половинки. В каждой их половинок вытачивали желобок, а затем половинки каким-то образом склеивали.

Ранее в ориньякских отложениях юго-западной Германии уже было найдено несколько обломков флейт из птичьих костей и мамонтового бивня. В общей сложности, вместе с новыми находками, описаны фрагменты четырех "птичьих" и четырех "мамонтовых" флейт. Ценность новых находок прежде всего в том, что они имеют более точную стратиграфическую привязку: о них можно с уверенностью сказать, что они были изготовлены в самом начале ориньякской эпохи, то есть вскоре после появления в Европе людей современного типа.

Кроме того, находки показали, что уже в самом начале верхнего палеолита — сразу после "верхнепалеолитической революции" — игра на музыкальных инструментах была обычной, широко распространенной практикой у наших предков. Возможно, музыка способствовала сплочению коллективов кроманьонцев и в какой-то мере помогала их быстрой экспансии и вытеснению коренного европейского населения.

Ранее в Словении была найдена медвежья кость возрастом 43 тыс. лет с двумя круглыми дырочками,

которая была интерпретирована как неандертальская флейта. Но в настоящее время большинство специалистов считают эту интерпретацию ошибочной. По-видимому, дырочки были проделаны зубами хищника. Все бесспорные палеолитические флейты, найденные за пределами юго-западной Германии, моложе 30 тыс. лет.

Флейта из Холе-Фельс найдена всего в 70 см от древнейшей женской статуэтки, и археологи не исключают, что эти предметы были каким-то образом связаны друг с другом.

Восточная Европа заселялась в то же время, что и Западная

Хронология заселения сапиенсами Восточной Европы изучена хуже, чем Западной, и дело тут не столько в недостатке изученных стоянок первобытного человека, сколько в том, что их очень трудно точно датировать.

Уникальный комплекс верхнепалеолитических стоянок Костёнки находится в Воронежской области на западном берегу Дона. Здесь на небольшой территории сконцентрировано около 30 стоянок разного возраста, причем некоторые из них — многослойные, то есть люди обитали здесь в течение длительного времени. Найдены жилища из мамонтовых костей, "палеолитические венеры", фрагменты украшений и другие признаки высокой культуры. Человеческих костей в самых нижних из этих слоев, к сожалению, найти не удалось (за исключением отдельных зубов), зато там много каменных и костяных изделий, характерных для верхнего палеолита.

В 2007 году археолог М. В. Аникович из Института истории материальной культуры (Санкт-Петербург) и его

коллеги из разных научных учреждений России, США, Великобритании и Италии опубликовали в журнале *Science* статью, в которой подвели итоги многолетних усилий по установлению точного возраста этих стоянок (*Anikovich et al., 2007*).

Датировать находки археологам помог прослой вулканического пепла возрастом около 40 тыс. лет, который прослеживается в ряде районов Центральной и Восточной Европы. Возраст пепла определен при помощи радиоизотопного аргон-аргонового метода. Самые древние слои, содержащие верхнепалеолитические изделия, в Костёнках находятся ниже этого прослоя — стало быть, они старше. Возраст определяли также при помощи радиоуглеродного, люминесцентного и палеомагнитного методов и споро-пыльцевого анализа. Вся совокупность полученных данных свидетельствует о том, что сапиенсы — носители верхнепалеолитической культуры — жили на территории Воронежской области уже 42—45 тыс. лет назад (***По самым последним данным, древнейший верхний палеолит в Костёнках датирован 52 тыс. лет назад (С. В. Дробышевский, личное сообщение)***).

Набор артефактов, найденный в самых древних слоях, несомненно является верхнепалеолитическим. Об этом свидетельствуют, в частности, просверленные раковины моллюсков — остатки древних подвесок и ожерелий, а также разнообразные изделия из кости, включая вырезанный из мамонтового бивня округлый объект, возможно, являющийся незаконченным скульптурным изображением человеческой головы. Однако этот комплекс все-таки сильно отличается от типичной ориньякской культуры, характерной для Центральной и Западной Европы. Возможно, сапиенсы,

впервые объявившиеся на Балканах и в Восточной Европе (в долине Дона) примерно в одно и то же время, были представителями разных племен и пришли из разных мест: первые, скорее всего, из Леванта и Малой Азии, а вторые — из Закавказья или Центральной Азии.

Проблема перехода от среднего к верхнему палеолиту — одна из самых спорных в археологии. В Западной и Центральной Европе этот переход достаточно резкий, что соответствует быстрому вытеснению неандертальцев с их среднепалеолитической (мустьерской) культурой сапиенсами с их верхнепалеолитическими (ориньякскими) технологиями. В Центральной Азии, как мы уже упоминали в главе "Другое человечество", наблюдается более плавный переход от среднего к верхнему палеолиту с явными признаками культурной преемственности.

В Восточной Европе переход происходил скорее по западноевропейскому типу, то есть был резким, скачкообразным. В районе Костёнок имеются и стоянки, которые можно трактовать как среднепалеолитические или переходные от среднего к верхнему палеолиту (так называемая стрелецкая культура). Человеческих костей там тоже не нашли, но предполагается, что эти стоянки принадлежали местным неандертальцам. Стрелецкие комплексы артефактов встречаются и ниже, и выше прослая вулканического пепла, то есть предполагаемые неандертальцы, по-видимому, какое-то время жили бок о бок с пришельцами-сапиенсами. При этом стрелецкие стоянки резко отличаются от верхнепалеолитических. Там отсутствуют изделия из кости и рога, там нет украшений и произведений искусства. Два человечества жили рядом, но ничего не хотели друг о друге знать! Сапиенсам с их высокой культурой неандертальцы

должны были казаться "грязными дикарями" или вообще "животными". Об этом мы можем судить по аналогичным ситуациям в недавнем историческом прошлом. Что думали неандертальцы, мы, к сожалению, вряд ли когда-нибудь узнаем.

Кроме того, некоторые каменные изделия, обнаруженные на древнейших верхнепалеолитических стоянках в Костёнках, изготовлены из камня, который можно было найти лишь в 100—150 км от стоянки, а ракушки, найденные там, могли быть принесены только с черноморских берегов, расположенных на расстоянии 500 км. На стрелецких стоянках все изделия изготовлены из местных материалов.

Наконец, существует еще одно важное различие между среднепалеолитическими и одновозрастными верхнепалеолитическими стоянками этого района. На первых встречаются в основном кости крупных животных (таких как лошадь и северный олень). На вторых кости крупных животных редки, а преобладают кости зверей мелкого и среднего размера (заяц, лиса, песец, волк), а также птиц.

Все это говорит о том, что люди современного типа пришли в Восточную Европу около 45—42 тыс. лет назад, уже обладая высокоразвитой верхнепалеолитической культурой, и постепенно вытеснили обитавшее здесь древнее население (предположительно неандертальцев).

Назад в Африку

Внеафриканское человечество, по-видимому, происходит в основном от группы сапиенсов, вышедших из Африки через Баб-эль-Мандебский пролив. Эти люди были носителями митохондриальных линий М и N. Что

касается африканцев (особенно тех, что живут к югу от Сахары), то они, как считалось до недавних пор, в основном являются потомками тех сапиенсов, которые никогда не покидали своей прародины. Это подтверждается гораздо более высоким разнообразием типов мтДНК у африканцев по сравнению с не-африканцами (у первых сохранились разнообразные древние варианты мтДНК, а у не-африканцев — только вариации типов M и N).

Недавно к этой картине была добавлена новая важная деталь. Выяснилось, что у коренных жителей некоторых северных и восточных районов Африки часто встречаются два нетипичных для африканцев варианта мтДНК. Один из этих вариантов (M1) относится к группе M, которая распространена в Южной и Юго-Восточной Азии и в Океании. Второй вариант (U6) относится к распространенной по всей Евразии подгруппе R группы N (*Olivieri et al., 2006*)

Проще всего было бы предположить, что это результат каких-то сравнительно поздних миграций азиатов в Африку. Но это предположение не подтвердилось. Ученые определили последовательность нуклеотидов мтДНК у 51 носителя варианта M1 и 30 носителей варианта U6. Сравнение этих последовательностей с другими известными последовательностями человеческой мтДНК показало, что обе линии (M1 и U6) — весьма древние. Они, несомненно, происходят от евразийских групп M и N, но обособились от них давно — около 40 тыс. лет назад.

Крайне любопытно, что ближайшей родственницей линии U6 является линия U5, которая, по мнению генетиков, появилась около 50 тыс. лет назад и могла

встречаться у носителей культуры ориньяк, то есть людей современного типа, заселивших неандертальскую Европу и достигших небывалого культурного расцвета (хотя прямых палеогенетических подтверждений эта идея пока не имеет).

Приняв во внимание множество дополнительных фактов, исследователи предположили следующее. Вышедшие из Африки люди, вероятно, долгое время были отрезаны от своей прародины и от Европы пустыней, которая простиралась от Северной Африки до Центральной Азии. Около 46 тыс. лет назад климат улучшился, и люди проникли с востока в Левант. Это были носители вариантов мтДНК U5, U6 и M1.

По-видимому, где-то здесь, в Западной Азии, они приобщились к верхнепалеолитической культуре — самым передовым технологиям того времени. Может быть, они сами ее и создали. Из Леванта они стали расселяться дальше: одни в Северную Африку (где сохранились варианты U6 и M1), другие — в Европу, где сохранился вариант U5. Из этого следует, что древнейшие африканские и европейские верхнепалеолитические культуры — даббан и ориньяк, — возможно, происходят от общего западноазиатского корня.

Открытие Америки

Следя за приключениями наших предков, мы постепенно переходили от "еще обезьян" к "уже не совсем обезьянам", "то ли обезьянам, то ли людям", "почти людям" и наконец добрались до "совсем уж точно людей". Мы увидели, что человеческие черты развивались понемногу, не все сразу, что они не

образуют единого комплекса неразрывно связанных друг с другом признаков. Постепенно на этом пути снижалась роль биологических факторов (генов, мутаций, отбора) и на первый план выходили факторы культурные — накопление знаний и традиций, передающихся из поколение в поколение негенетическим путем.

Разумеется, в зачаточной форме культурная эволюция существовала уже у древнейших гоминид — как существует она и сегодня у шимпанзе. Разумеется, биологическая эволюция не прекратилась и в современном человечестве (об этом мы подробнее поговорим в "Заключении"). Провести четкую грань, найти точку во времени, когда биологическая эволюция гоминид уступила место культурной, невозможно. Точно так же, как невозможно точно указать момент, когда "нечеловеческая обезьяна" превратилась в "человеческую". Хотите — считайте, что это произошло с началом изготовления каменных орудий, или с началом роста мозга у хабилисов, или с быстрым ростом мозга у эректусов, или с переходом от олдувая к ашелю, или с освоением огня, или с появлением гейдельбергских людей с таким же большим мозгом, как у нас, или с появлением "анатомически современных" сапиенсов, или с появлением ожерелий на юге Африки, или с "верхнепалеолитической революцией". Дело это чисто условное и, по правде сказать, довольно бессмысленное: все равно что пытаться абсолютно точно установить сумму, начиная с которой мало денег" превращается в "много денег".

Однако нам постоянно приходится принимать именно такие условные и научно не обоснованные решения, ведь наши действия поневоле дискретны. При встрече с соперником животные демонстрируют так

называемую реакцию борьбы или бегства (fight or flight response) — либо вступают в схватку, либо убегают. Нельзя наполовину броситься в бой, а наполовину удрать. Из-за необходимости постоянно принимать дискретные решения наше мышление работает "категориально": мы то и дело пытаемся найти четкие границы между понятиями, в том числе и там, где их на самом деле нет, и разделить непрерывный ряд (континуум) на отрезки, приклеив к ним слова-ярлыки (см. главу "Душевная механика", кн. 2).

Сейчас нам нужно методом волевого решения выбрать момент, на котором рассказ об эволюции гоминид можно прекратить — а о том, что было дальше, пусть в других книгах рассказывают историки с социологами. По-моему, вступление наших предков в эпоху верхнего палеолита — вполне подходящий момент для проведения такой условной грани. Но об одном более позднем событии — заселении Северной и Южной Америки — все-таки следует рассказать. Уж очень масштабная была акция.

Никаких других гоминид, кроме сапиенсов, в Новом Свете никогда не было. Все сообщения о находках такого рода впоследствии были опровергнуты. Первые люди — верхнепалеолитические охотники-сапиенсы — проникли в Америку из Азии, воспользовавшись сухопутным мостом — Берингией, которая во времена оледенений соединяла Чукотку с Аляской.

Согласно одной из гипотез, примерно 13,5 тыс. лет назад переселенцы впервые прошли по узкому коридору между ледниками в западной Канаде и очень быстро — всего за несколько веков — расселились по всему Новому Свету вплоть до южной оконечности Южной Америки.

Вскоре они изобрели крайне эффективное охотничье оружие — дротики с плоскими, симметричными и устрашающе острыми кремневыми наконечниками (так называемая культура кловис) — и перебили большую часть мегафауны (крупных животных) на обоих материках.

Однако новые факты, полученные генетиками и археологами, показывают, что в действительности история заселения Америки была несколько более сложной. Специалисты продолжают энергично спорить о ее деталях. Критический обзор различных версий дан в книге Ю. В. Березкина "Мифы заселяют Америку" (2007). Мы же будем в основном придерживаться фактов и гипотез, изложенных в большой обзорной статье, опубликованной недавно в журнале *Science* (*Goebel et al., 2008*).

ДАННЫЕ ГЕНЕТИКИ. Азиатское происхождение коренных американцев не вызывает сомнений. В Америке распространены пять вариантов митохондриальной ДНК (А, В, С, D, X), причем все они характерны также для коренного населения Южной Сибири от Алтая до Амура (*Захаров, 2003*). Митохондриальная ДНК, извлеченная из костей древних американцев, также имеет явно азиатское происхождение.

Попытки установить на основе анализа мтДНК и Y-хромосомы время разделения азиатских и американских популяций пока дают довольно противоречивые результаты (получающиеся датировки варьируют от 25 до 15 тыс. лет). Несколько более надежными считаются оценки времени начала расселения палеоиндейцев к югу от ледникового щита: 16,6—11,2 тыс. лет. Эти оценки основаны на анализе

трех вариантов подгруппы C1, широко распространенных среди индейцев, но не встречающихся в Азии. По всей видимости, эти варианты мтДНК возникли уже в Новом Свете. Более того, анализ географического распространения различных вариантов мтДНК среди современных индейцев показал, что наблюдаемую картину легче объяснить исходя из допущения, что расселение началось ближе к началу, а не к концу указанного временного интервала (то есть скорее 15—16, а не и—12 тыс. лет назад).



Гигантский броненосец глиптодон — один из ярких представителей американской мегафауны, вымерший около 10 тыс. лет назад. Палеоиндейцы иногда хоронили своих сородичей в панцирях глиптодонов, как в саркофагах.

Некоторые антропологи высказывали предположение о "двух древних волнах" заселения Америки (в рамках этой теории более поздний приход в Америку предков эскимосов рассматривается как третья волна). Идея "двух волн" основывалась на том, что древнейшие человеческие черепа, найденные в Новом Свете, заметно отличаются по ряду размерных показателей от черепов современных индейцев. Но генетические данные не подтверждают идею двух волн. Наблюдаемое распределение генетических вариаций свидетельствует о том, что все генетическое разнообразие коренных американцев происходит из единого предкового азиатского генофонда и широкое расселение людей по обеим Америкам имело место только единожды. Так, во всех изученных популяциях индейцев от Аляски до Бразилии встречается один и тот же аллель (вариант) одного из ядерных микросателлитных локусов (**микросателлитные локусы — участки генома, состоящие из многократно повторяющихся коротких последовательностей нуклеотидов. Микросателлиты очень полиморфны, то есть различаются у разных особей одного и того же вида (например, по числу повторов). Поэтому их часто используют в качестве маркёров для оценки генетического родства и выяснения генеалогий**), который не встречается нигде за пределами Нового Света, за исключением чукчей и коряков. Это говорит о том, что все индейцы произошли от единой предковой популяции, а не от нескольких разных. У древнейших американцев, судя по данным палеогенетики, были распространены те же группы мтДНК, что и у современных индейцев.

ДАННЫЕ АРХЕОЛОГИИ. Уже 32 тыс. лет назад люди — носители верхнепалеолитической культуры — заселили Северо- Восточную Азию вплоть до побережья Северного Ледовитого океана. Об этом свидетельствуют, в частности, археологические находки, сделанные в низовьях реки Яны, где обнаружены изделия из мамонтовой кости и рогов шерстистого носорога (***среди сибирских археологов имеются разногласия по поводу датировки заселения северо-востока Азии***). Заселение Арктики, по-видимому, произошло в период сравнительно теплого климата перед наступлением последнего ледникового максимума. Не исключено, что уже в эту отдаленную эпоху обитатели азиатского северо-востока проникали на Аляску. Там найдено несколько костей мамонта возрастом около 28 тыс. лет, возможно, подвергавшихся обработке. Однако искусственное происхождение этих объектов спорно, а никаких каменных орудий или других явных признаков присутствия человека поблизости не обнаружено.

Древнейшие бесспорные следы присутствия человека на Аляске — каменные орудия, очень похожие на те, что производились верхнепалеолитическим населением Сибири, — имеют возраст 14 тыс. лет. Дальнейшая археологическая история Аляски довольно сложна. Здесь обнаружено много стоянок возрастом 12—13 тыс. лет с разными типами каменной индустрии. Возможно, это свидетельствует об адаптации местного населения к быстро меняющемуся климату, но может отражать и миграции племен.

40 тыс. лет назад большая часть Северной Америки покрылась ледниковым щитом, который перегородил путь с Аляски на юг. Сама Аляска льдом не покрывалась. В периоды потеплений в ледниковом щите открывались

два коридора — вдоль Тихоокеанского побережья и к востоку от Скалистых гор, — по которым древние жители Аляски могли пройти на юг. Коридоры были открыты 32 тыс. лет назад, когда люди появились в низовьях Яны, но 24 тыс. лет назад они снова закрылись. Люди не успели ими воспользоваться.

Прибрежный коридор снова открылся около 15 тыс. лет назад, а восточный — несколько позже, 13,0—13,5 тыс. лет назад. Впрочем, древние охотники теоретически могли обойти препятствие морским путем. На островах Санта-Роза и Сан-Мигель у побережья Калифорнии обнаружены следы присутствия человека возрастом 12800—11500 лет. Это означает, что население Америки в те времена уже хорошо знало, что такое лодка или плот (**в 2010 году на острове Крит были обнаружены каменные орудия возрастом не менее 130 тыс. лет. Это свидетельствует о неплохих навыках мореплавания у каких-то человеческих популяций еще в среднепалеолитическую эпоху**).

Детально документированная археологическая история Америки к югу от ледника начинается с культуры кловис. Расцвет этой культуры охотников на крупного зверя был стремительным и скоротечным. Согласно последним уточненным радиоуглеродным датировкам, древнейшие материальные следы культуры кловис имеют возраст 13 200—13 100 лет, а самые молодые — 12 900—12 800 лет. Культура кловис так быстро распространилась по обширным территориям Северной Америки, что археологи пока не могут определить район, в котором она впервые появилась: точность методов датирования оказывается недостаточной для этого. Всего

через 2—4 столетия после своего появления культура кловис столь же стремительно исчезла.

По-видимому, кловисцы были кочевыми охотниками-собираателями, способными быстро перемещаться на большие расстояния. Их каменные и костяные орудия были весьма совершенны, многофункциональны, изготавливались при помощи оригинальных методик и весьма ценились своими обладателями. Каменные орудия производились из высококачественного кремня и обсидиана — материалов, которые далеко не везде можно найти, поэтому люди берегли их и носили с собой, порой унося на сотни километров от места изготовления. Стоянки культуры кловис представляют собой небольшие временные лагеря, где люди не жили подолгу, а останавливались лишь затем, чтобы съесть очередного убитого крупного зверя. Кроме того, на юго-востоке США и в Техасе найдены громадные скопления кловисских артефактов — до 650 тыс. штук в одном месте. В основном это отходы каменной индустрии. Очевидно, здесь у кловисцев были главные "каменоломни" и "оружейные мастерские".

Излюбленной добычей кловисцев были хоботные — мамонты и мастодонты. В Северной Америке обнаружено как минимум 12 бесспорных кловисских "мест забоя и разделки хоботных" (***это их официальное научное название (proboscidean kill and butchery sites)***). Это очень много, учитывая кратковременность существования культуры кловис. Для сравнения, во всем верхнем палеолите Евразии (что соответствует периоду времени примерно в 30 тыс. лет) обнаружено всего шесть таких стоянок. Вполне возможно, что люди кловис внесли немалый вклад в вымирание американских хоботных. Не брезговали они и более мелкой добычей —

бизонами, оленями, зайцами и даже рептилиями и амфибиями.



Слева — типичный наконечник культуры кловис. Справа — рыбообразный наконечник, найденный в Белизе.

Культура кловис проникла в Центральную и Южную Америку, но здесь она не получила такого широкого распространения, как в Северной (найдено лишь небольшое количество типичных кловисских артефактов). Зато в Южной Америке обнаружены палеолитические стоянки с другими типами каменных орудий, в том числе с характерными рыбообразными наконечниками. Некоторые из этих южноамериканских стоянок по возрасту перекрываются с кловисскими. Раньше считалось, что культура "рыбных" наконечников произошла от кловисской, но уточнение датировок, проведенное недавно, показало, что, возможно, обе культуры происходят от некоего общего и пока еще не обнаруженного предка".

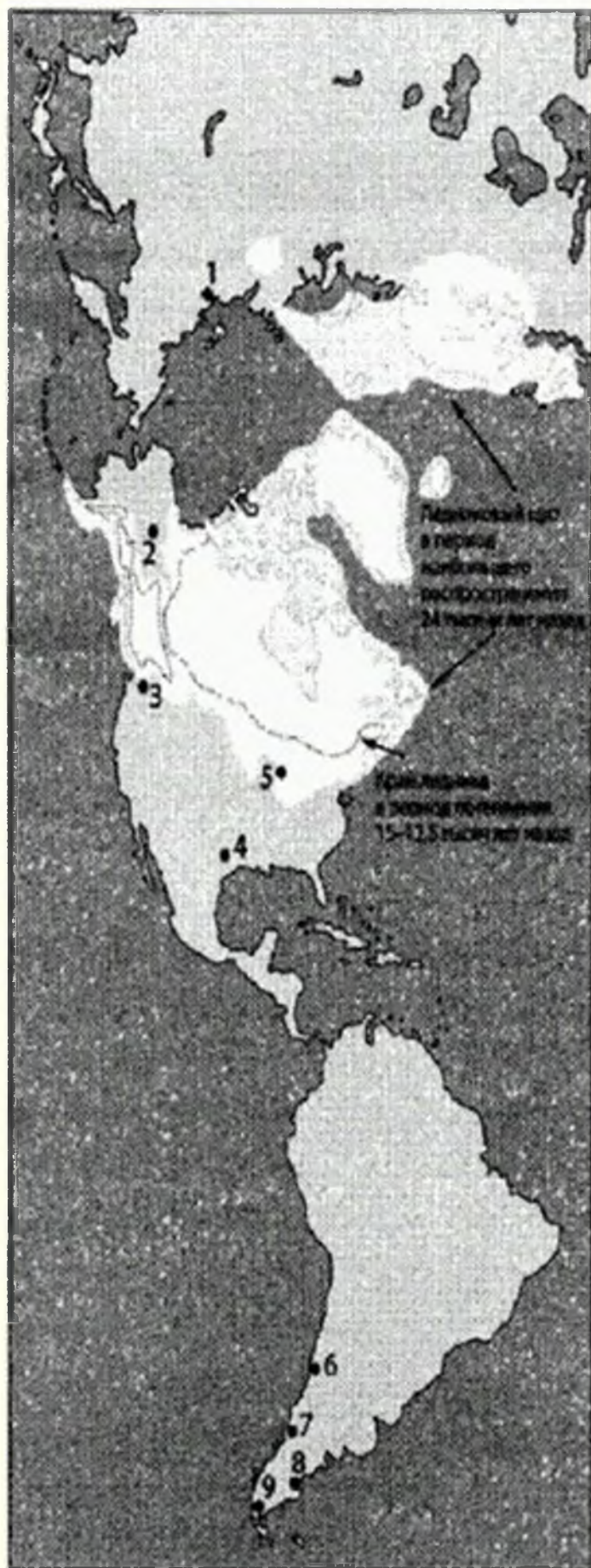
На одной из южноамериканских стоянок найдены кости вымершей дикой лошади. Это значит, что первопоселенцы Южной Америки, вероятно, тоже внесли

свой вклад в истребление крупных животных. Жаль, не знали палеоиндейцы, на что еще годятся лошади: если бы они не съели их, а приручили, как впоследствии ламу, еще неизвестно, как повернулась бы дальнейшая история.

В течение второй половины XX века археологи неоднократно сообщали о находках более древних следов присутствия человека в Америке, чем стоянки культуры кловис. Большинство этих находок после тщательных проверок оказывались более молодыми. Однако для нескольких стоянок "докловисский" возраст сегодня признается большинством специалистов. В Южной Америке это стоянка Монте-Верде в Чили, возраст которой — 14600 лет. В штате Висконсин, у самого края существовавшего в те времена ледникового щита, обнаружены две стоянки древних любителей мамонтичины — то ли охотников, то ли падальщиков. Возраст стоянок — от 14200 до 14800 лет. В том же районе найдены кости мамонтовых ног с царапинами от каменных орудий; возраст костей — 16 тыс. лет, правда самих орудий поблизости так и не нашли. В Пенсильвании, Флориде, Орегоне и других районах США сделано еще несколько находок, с разной степенью достоверности указывающих на присутствие людей в этих местах 14—15 тыс. лет назад. Немногочисленные находки, возраст которых был определен как еще более древний (свыше 15 тыс. лет), вызывают у специалистов большие сомнения.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ ИТОГИ. Хотя некоторые палеоиндейские черепа отличаются от современных, результаты генетического анализа свидетельствуют в пользу версии о происхождении всего коренного населения Америки — как древнего, так и современного

— от одной и той же популяции выходцев из Северо-Восточной Азии, которые, в свою очередь, пришли туда из южной Сибири. Первые люди появились на северозападной окраине североамериканского континента не ранее 30 и не позднее 13 тыс. лет назад, скорее всего между 22 и 16 тыс. Судя по молекулярно-генетическим данным, расселение из Берингии на юг началось не ранее чем 16,6 тыс. лет назад, причем размер популяции "основателей", от которой произошло все население обеих Америк к югу от ледника, не превышал 5 тыс. человек. Теория многократных волн заселения не подтвердилась (за исключением эскимосов, алеутов и некоторых других племен, которые пришли из Азии значительно позже, но заселили только крайний север американского континента). Опровергнута также и теория об участии европейцев в древней колонизации Америки.



Белым цветом обозначен ледниковый щит в период наибольшего распространения 24 тыс. лет назад, пунктирной линией обведен край ледника в период потепления 15—12,5 тыс. лет назад, когда открылись два "коридора" с Аляски на юг. Черными точками показаны места археологических находок:

1 — стоянка в низовьях Яны (32 тыс. лет);

2 — кости мамонта с возможными следами обработки (28 тыс. лет);

3 — Кенневик (здесь найден хорошо сохранившийся скелет "палеоиндейца");

4 — самая большая «мастерская» культуры кловис в Техасе (630 тыс. артефактов);

5 — древнейшие находки в штате Висконсин (14,2—14,8 тыс. лет);

6 — южноамериканская стоянка с костями лошади (13,1 тыс. лет);

7 — Монте-Верде (14,6 тыс. лет);

8,9 — здесь найдены рыбообразные наконечники, возраст которых (12,9—13,1 тыс. лет) совпадает со временем существования культуры кловис. По рисунку из Goebel et al., 2008.

Одно из важных достижений последних лет состоит в том, что кловисцы, по-видимому, больше не могут считаться первопоселенцами обеих Америк к югу от ледника. Эта теория предполагает, что все более древние археологические находки должны быть признаны ошибочными, а с этим на сегодняшний день уже никак нельзя согласиться. Кроме того, эта теория не

подтверждается данными по географическому распространению генетических вариаций среди индейского населения, которые свидетельствуют о более раннем и не таком стремительном заселении обеих Америк.

По-видимому, обе Америки были заселены примерно 15 тыс. лет назад — практически сразу после того, как открылся прибрежный "коридор", позволивший обитателям Аляски проникнуть на юг сухим путем. Находки в Висконсине и Чили показывают, что 14,6 тыс. лет назад обе Америки уже были обитаемы. У первых американцев наверняка были лодки или хорошие плоты, что могло способствовать их быстрому расселению вдоль тихоокеанского побережья. Это подтверждается новейшими результатами изучения палеоиндейских стоянок на островах Санта-Роза и Сан-Мигель у побережья Калифорнии. Древние обитатели островов были хорошо приспособлены к жизни на океанском побережье; они охотились на морских птиц, ловили рыбу и морского зверя, собирали моллюсков (*Erlandson et al., 2011*). Второй предположительный путь ранних миграций — на восток вдоль южного края ледникового щита до Висконсина и далее. Вблизи ледника могло быть особенно много мамонтов, за которыми и шли древние охотники.



© Илья Ю. Астахов

Неандерталец.

Неандерталец.



Barbourofelis — североамериканский представитель
саблезубых кошек.

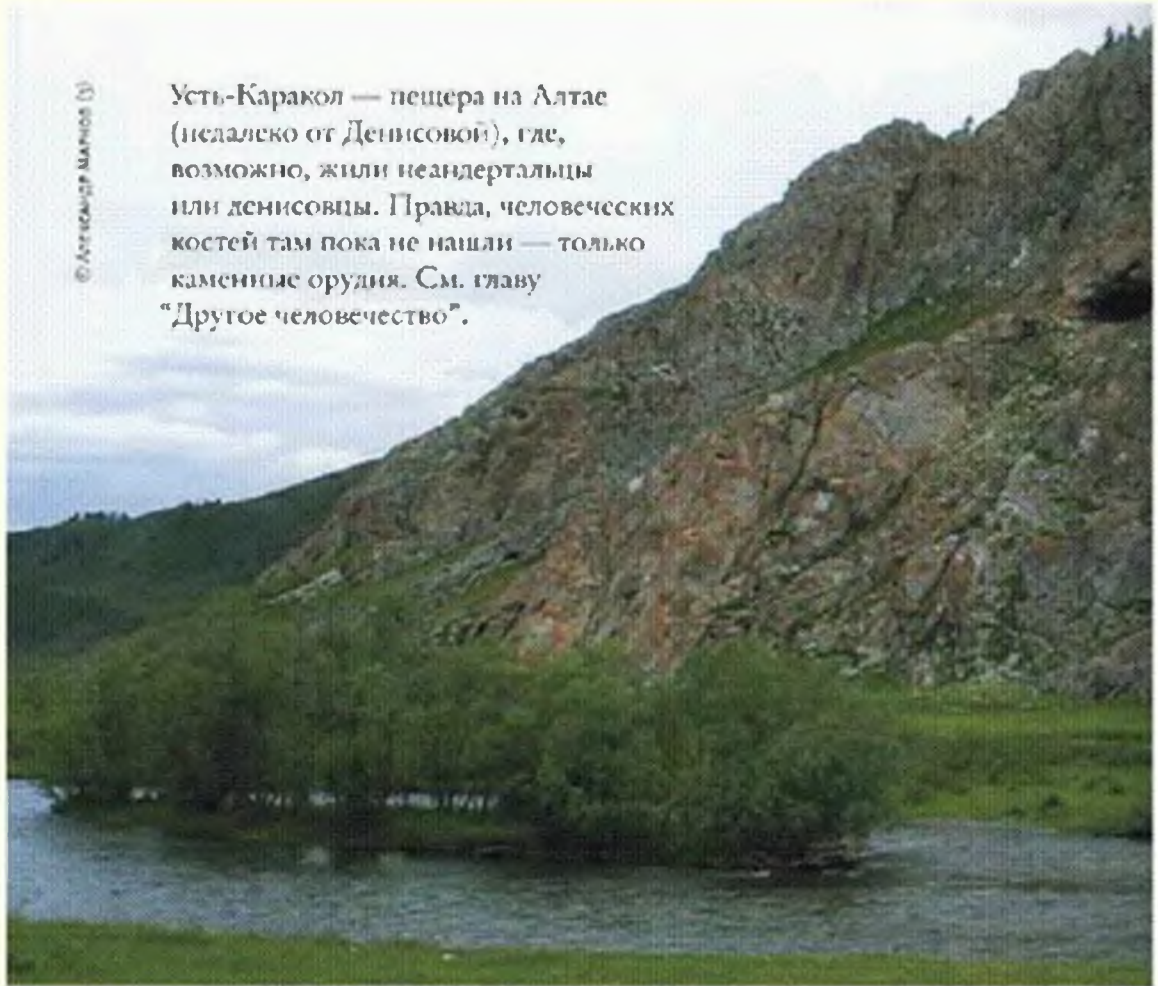


Пещерный лев *Panthera leo spelaea*.



*Один из самых ярких и необычных представителей
плейстоценовой фауны Австралии — сумчатый лев
Thylacoleo.*

Усть-Каракол — пещера на Алтае (недалеко от Денисовой), где, возможно, жили неандертальцы или денисовцы. Правда, человеческих костей там пока не нашли — только каменные орудия. См. главу "Другое человечество".



Усть-Каракол — пещера на Алтае (недалеко от Денисовой), где, возможно, жили неандертальцы или денисовцы. Правда, человеческих костей там пока не нашли — только каменные орудия. См. главу "Другое человечество".



Верхняя часть раскопа в Денисовой пещере. Внизу видны слои 9 и 10. Полосатая толща над ними — голоценовые отложения (последние 10 тыс. лет). В это время в пещере стали регулярно жечь костры.



Нижняя часть раскопа в Денисовой пещере: от самых нижних слоев, относящихся к началу среднего палеолита, до верхнепалеолитических.



*Среднепалеолитические орудия неандертальцев из
грома Тешик-Таш (Узбекистан). См. главу "Другое
человечество".*



Богатырский Давидовский музей

*Неандертальский мальчик из грота Тешик-Таш
(Узбекистан). Реконструкция М. М. Герасимова. См. главу
"Другое человечество".*



© PHILIPP GUNZ, MAX PLANCK INSTITUTE
FOR EVOLUTIONARY ANTHROPOLOGY LEIPZIG, GERMANY

*Череп новорожденных и взрослых представителей
Homo neanderthalensis и H. sapiens.*



*Находки из пещеры Холе-Фельс, Германия, 40 тыс.
лет. Слева - так называемая Холе-фельсская Венера.
Справа: флейта, найденная неподалеку от древнейшей в
мире статуэтки. а-е — следы обработки птичьей кости
каменными орудиями. См. главу "Великое расселение
сапиенсов".*



Верхнепалеолитические костяные изделия. Вверху: фигурки "палеолитических венер". См. главу "Великое расселение сапиенсов".

Орудия со стоянок
верхнепалеолитического человека
из Западной Европы (Франция).



**Обломок лавровидного
наконечника**



Призматический nucleus



**Комбинированное орудие,
скребок-резец**



Острие-резец



Скребок двойной



Пожевидная пластинка



Проколка

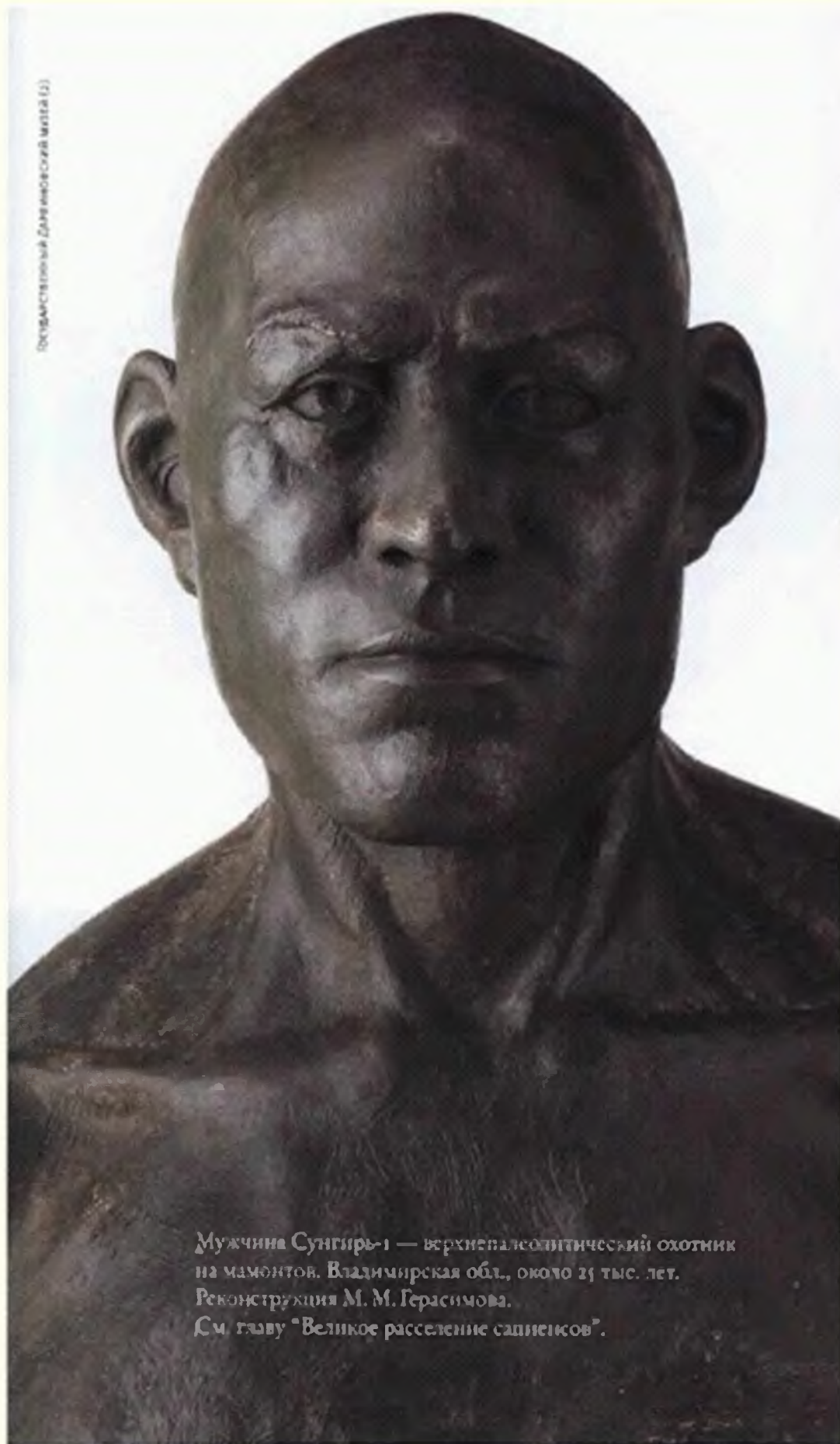


Скребок высокой формы

Верхнепалеолитические орудия европейских Homo sapiens (кроманьонцев). См. главу "Великое расселение сапиенсов".



Черепи кроманьонцев.



Мужчина Сунгирь-1 — верхнепалеолитический охотник на мамонтов. Владимирская обл., около 35 тыс. лет.
Реконструкция М. М. Герасимова.
См. главу "Великое расселение сапиенсов".

Мужчина Сунгирь-1 — верхнепалеолитический охотник на мамонтов. Владимирская обл., около 25 тыс. лет. Реконструкция М. М. Герасимова. См. главу "Великое расселение сапиенсов".



*Пока самка придирчиво осматривает беседку, самец пытается обратить ее внимание на лучшие драгоценности в своей коллекции. У каждого вида шалашников свои представления об эстетике. Атласным шалашникам (*Ptilonorhynchus violaceus*) нравится синий цвет, а большие серые шалашники (*P. puchalis*) любят красный, зеленый и белый, но терпеть не могут все желтое. См. главу "Происхождение человека и половой отбор".*



Вверху: драка коршунов за территорию.

Внизу: черные коршуны в Испании украшают свои гнезда обрывками белых пластиковых пакетов, причем количество украшений свидетельствует о здоровье и силе хозяев гнезда. Молодые коршуны почти не украшают свои гнезда (А), птицы в расцвете сил (10-12 лет) занимаются украшательством наиболее активно (В), к старости число украшений снова снижается (С). См. главу "Происхождение человека и половой отбор".



Беседки больших серых шалашников. Большинство красных украшений лежит справа от входа в галерею — вероятно, потому что самцу удобнее их брать оттуда во время ритуала ухаживания, чтобы показать самке.

Появление культуры кловис стало итогом двухтысячелетнего развития древнего американского человечества. Возможно, центром происхождения этой культуры был юг США потому что именно здесь найдены их главные "рабочие мастерские".

"Ген авантюризма" чаще встречается у кочевников, чем у оседлого населения

Генетические данные показывают, что по мере того, как сапиенсы в ходе своего Великого расселения удалялись от африканской прародины, они постепенно теряли свое исходное, принесенное из Африки генетическое разнообразие. В большинстве случаев это касалось нейтральных генетических вариаций, которые терялись чисто случайно — просто в силу того, что из каждого очередного заселенного сапиенсами района в дальнейшие странствия отправлялась не вся популяция, а только ее часть. Но некоторые аллели, по-видимому, подвергались при этом действию отбора. Речь идет в первую очередь о тех генетических вариантах, которые прямо или опосредованно влияют на склонность людей к переселениям и о тех, "полезность" которых зависит от образа жизни их обладателей.

Ген DRD4 является одним из самых полиморфных (вариабельных) генов в геноме человека. Белок, кодируемый этим геном, — дофаминовый рецептор D4 — работает в клетках мозга и определяет, наряду с другими белками, чувствительность определенных групп

нейронов к "веществу удовольствия" — нейромедиатору дофамину (см. главу "Душевная механика", кн. 2).

Аллели гена DRD4, имеющиеся в генофонде человечества, отличаются друг от друга не только многочисленными однонуклеотидными заменами, но и числом копий повторяющегося участка длиной в 48 пар нуклеотидов. Этот участок может быть повторен от двух до и раз. Соответствующие аллели (точнее, группы аллелей) называются 2R, 3R, 4R,... 11R. Чаще всего встречается варианте четырьмя повторами 4R), который является исходным, предковым вариантом данного гена у *Homo sapiens*. Немного реже встречаются аллели 2R и 7R. Известно, что рецептор с семью повторами (то есть белок, кодируемый аллелем 7R) реагирует на дофамин примерно вдвое слабее, чем варианты 2R и 4R.

Аллель 7R в последние годы привлекает особое внимание исследователей. Его иногда называют "геном авантюризма", потому что, как оказалось, его носители имеют довольно четкие, статистически значимые поведенческие отличия от обладателей других вариантов гена DRD4. У носителей аллеля 7R в среднем сильнее, чем у других людей, выражено стремление к поиску новых ощущений, для них характерна повышенная импульсивность. Кроме того, среди них чаще встречаются люди с так называемым синдромом дефицита внимания и гиперактивности.

Необходимо помнить, что термин "ген авантюризма" (как и все подобные термины) вовсе не означает, что обладание аллелем 7R является необходимым и достаточным условием формирования такого сложного фенотипического признака, как авантюризм. Это всего лишь общепринятый генетический

жаргон. Любой сложный фенотипический признак формируется в результате совместной работы множества генов и факторов среды (таких, например, как воспитание). Просто гену DRD4 так "повезло", что именно у него имеются аллельные варианты, обладатели которых статистически отличаются друг от друга по степени выраженности данного признака (см. главу "Генетика души", кн. 2).

Частота встречаемости аллеля 7R в разных человеческих популяциях варьирует от 0 до 78 %. В географическом распределении этого аллеля обнаружены крайне интересные закономерности. Чаще всего он встречается у американских индейцев, реже всего — у жителей Восточной Азии. Из европейских народов наибольшая доля носителей 7R характерна для ирландцев — народа, славящегося своей импульсивностью. Предполагают, что в Восточной Азии, где издавна существовали мощные централизованные государства, поведенческие признаки, характерные для носителей аллеля 7R, не давали преимуществ и были скорее вредны. В обществах индейцев, особенно кочевых охотников-собирателей, наоборот, гиперактивность, импульсивность и активное поисковое поведение, возможно, могли давать адаптивное преимущество.

Кроме того, прослеживается положительная корреляция между частотой встречаемости 7R и расстоянием от главных азиатских центров расселения до нынешнего ареала популяции. Возможно, это означает, что повышенное число "авантюристов" в племени способствовало далеким миграциям. Или в ходе далеких миграций носители 7R получали адаптивное преимущество и размножались эффективнее, чем люди с более уравновешенным нравом. Или каждый раз, когда

надо было решать, поселиться здесь или идти дальше, носители 7R отправлялись в путь, а прочие оставались.

Для проверки этих увлекательных гипотез необходимы большие массивы данных по генетике различных человеческих популяций. Для строгих и окончательных выводов данных до недавних пор не хватало. Так, изменчивость гена DRD4 до сих пор была подробно изучена только в пяти популяциях североамериканских и 15 популяциях южноамериканских индейцев. При этом оставались "непокрытыми" некоторые ключевые территории, такие как Центральная и Южная Бразилия.

Недавно бразильские генетики опубликовали новые данные по частотам аллелей DRD4 у трех коренных народов, проживающих в Центральной и Южной Бразилии: каинганг, гуарани-ньяндева и гуарани-кайова. Тем самым количество исследованных южноамериканских популяций было доведено до 18, а географическое "покрытие" континента стало достаточно равномерным, чтобы проверить одну из ключевых гипотез о связи между частотой встречаемости аллеля 7R и образом жизни народа (*Tovo-Rodrigues et al., 2010*).

Давно предполагалось, что склонность к рискованному "поиску новизны" (что характерно для носителей 7R) дает преимущество в условиях нехватки ресурсов или в сильно переменчивой среде. Именно в таких условиях существует большинство охотников-собирателей. Те же самые особенности поведения могут оказаться вредными для оседлых народов, практикующих интенсивное сельское хозяйство: их источники пищевых ресурсов куда более надежны и стабильны, и поэтому "здоровый консерватизм" им в

общем случае более выгоден, чем импульсивные метания в поисках чего-то нового.

Проанализировав все собранные к настоящему времени данные по южноамериканским индейцам, авторы получили результат, подтверждающий эту гипотезу. Оказалось, что частота встречаемости 7R заметно выше в популяциях, которые вплоть до недавнего времени вели образ жизни охотников-собирателей (десять популяций из 18), по сравнению с сельскохозяйственными племенами (восемь популяций).

Данных по североамериканским индейцам пока недостаточно для столь же достоверных выводов. Однако известно, что в Северной Америке частота встречаемости 7R несколько ниже, чем в Южной, и в целом ближе к тому, что наблюдается у оседлых (а не кочевых) южноамериканских народов. По-видимому, это связано с тем, что заселение Южной Америки было сопряжено с "бутылочным горлышком" численности и четкой дифференцировкой по темпераменту: лишь очень немногие из обитателей Северной Америки отправились заселять дикие просторы южного континента, и среди этих переселенцев, очевидно, преобладали носители "гена авантюризма". В дальнейшем, когда некоторые южноамериканские народы перешли к оседлости и производящему хозяйству, вектор отбора изменился и преимущество получили носители "неавантюрных" вариантов гена DRD4; в результате частота встречаемости 7R у таких народов снизилась.

Для окончательной проверки гипотезы об адаптивном значении аллельных вариантов DRD4 и об их избирательном распространении под действием отбора

необходимо выяснить, действительно ли при кочевом охотничье-собираческом укладе носители 7R лучше живут (и оставляют в среднем больше потомков), чем носители других аллелей, тогда как у оседлых земледельцев все должно быть наоборот. Подобное исследование было проведено пока только одно, и не в Америке, а в Африке. Его объектом была народность ариаал, проживающая в северной Кении. Полученные результаты подтвердили теоретические ожидания: оказалось, что в группах, ведущих традиционный кочевой образ жизни, носители 7R питаются в среднем лучше носителей других аллелей, тогда как в группах, перешедших к оседлости, ситуация сменилась на обратную (*Eisenberg et al., 2008*).

Дополнительные подтверждения того, что аллель 7R действительно влиял на приспособленность людей и распространялся под действием отбора (а не за счет случайного дрейфа), были получены биоинформационными методами, то есть путем компьютерного анализа нуклеотидных последовательностей. Надежными признаками того, что тот или иной участок ДНК поддерживался отбором и быстро распространялся, являются повышенная доля значимых нуклеотидных замен по отношению к синонимичным заменам, а также низкий генетический полиморфизм в окрестностях рассматриваемого локуса (подробнее об этом говорилось в главе "Мы и наши гены"). Оба эти признака характерны для аллеля 7R.

Биоинформационный анализ позволил заключить, что этот аллель появился в результате мутации 60 тыс. лет назад или раньше. Его первичное распространение в человеческих популяциях, вероятно, было связано с такой грандиозной "авантюрой", как выход сапиенсов из

Африки и их великое расселение. Судьба "гена авантюризма" — отличный пример того, как эволюция поведенческих признаков под действием естественного отбора продолжалась в человеческих популяциях еще в недавнем прошлом, а возможно, продолжается и в наши дни.

ГЛАВА 7. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА И ПОЛОВОЙ ОТБОР

Гениальная, но непонятая идея Дарвина

Наше путешествие в мир ископаемых костей и каменных орудий в основном закончено. Пора переходить к другим источникам данных об антропогенезе, а также к их теоретическому осмыслению. Эта заключительная глава первой части посвящена замечательной теории, без которой наше понимание эволюции гоминид осталось бы весьма неполным. Знакомство с этой теорией подготовит нас к погружению в новый круг тем, которым посвящена вторая часть книги.

В истории эволюционной биологии не раз бывало так, что хорошая идея, давно уже высказанная каким-нибудь гениальным теоретиком и даже подкрепленная фактами и наблюдениями, долго оставалась в тени и не находила всеобщего признания до тех пор, пока кто-нибудь не разрабатывал математическую модель, которая объяснила бы всем, как и почему эта идея работает. Больше всех не повезло теории полового отбора. Эта абсолютно гениальная (как мы теперь понимаем) идея была разработана Дарвином в книге "Происхождение человека и половой отбор", но

современники ее не поняли и не приняли. Многие соглашались, что самцы могут конкурировать за самок — и с этим может быть связано развитие, например, оленьих рогов, — но никто не верил, что самки могут активно выбирать самцов (а без этого нельзя объяснить такие удивительные явления природы, как павлиний хвост). Самки, по мнению мыслителей Викторианской эпохи, должны скромно сидеть в уголке в нарядном платье и ждать, пока к ним кто-то посватается.

Идея полового отбора успела стать "полузабытым научным курьезом", когда в 1930 году Рональд Фишер эксгумировал ее, развил и дополнил важными деталями, до которых Дарвин не додумался. Дарвин не знал, как объяснить пристрастие самок к тем или иным мужским качествам. Почему павлинихам нравятся ухажеры с большими яркими хвостами? Может, это какое-то изначально присущее животным чувство прекрасного (***эта идея на самом деле не так уж плоха. Только сегодня вместо "исконного чувства прекрасного" пользуются термином "сенсорный драйв" (см. в конце главы)***)? Фишер понял, что не только брачные украшения самцов, но и вкусы и избирательность самок тоже наследуются и эволюционируют по тем же правилам, что и остальные признаки. Если мутантные самки, предпочитающие самцов с определенным признаком, будут оставлять в среднем больше потомства, чем прочие самки, безразличные к этому признаку, то гены самок-мутантов будут распространяться в популяции. Самке, как правило, должны нравиться те качества самцов, пристрастие к которым было поддержано отбором у ее прародительниц.

Эта простая мысль заткнула главную прореху в теории Дарвина и сделала ее полностью

работоспособной. Сегодня это кажется невероятным, но идеи Фишера о половом отборе тоже не были толком поняты научным сообществом. Они почти забылись к тому времени, когда их снова выкопали из забвения представители следующего поколения биологов-теоретиков, сумевшие наконец разработать ясные и убедительные математические модели. Лишь с третьей попытки теория полового отбора наконец получила заслуженное признание. Эта драматическая история красочно изложена в книге Джеффри Миллера "The Mating Mind" (2000), которая, к большому сожалению, пока не переведена на русский язык.

Сегодня биологи уже не сомневаются в том, что половой отбор — мощнейший эволюционный механизм, способный обеспечить развитие самых разных признаков, как полезных для выживания, так и не очень. С полезными признаками все более или менее ясно. Самкам выгодно выбирать самцов с "хорошими генами" (чтобы потомство получилось более жизнеспособным), поэтому любой признак, свидетельствующий о хорошем здоровье, силе или высоком социальном статусе, может быть подхвачен и усилен половым отбором. Так возникают разнообразные "индикаторы приспособленности", в том числе гипертрофированные, такие как павлиний хвост или гигантские рога вымершего большерогого оленя. Чрезмерное развитие таких признаков может снижать жизнеспособность самца, но этот недостаток до определенного момента компенсируется ростом сексуальной привлекательности.

Более того, если привлекательный признак обходится слишком дешево, его будет легко подделать. Могут появиться самцы-обманщики, демонстрирующие привлекательный признак, но не имеющие при этом

соответствующего здоровья и силы. Если обманщиков разведется много, отбор перестанет благоприятствовать самкам, которые выбирают самцов по этому признаку. Другое дело, если признак по-настоящему обременителен: в этом случае слабый самец не сможет его подделать. На это будут способны только по-настоящему сильные и здоровые особи. Данная закономерность хорошо известна специалистам по рекламе и маркетингу. Бывает дорогостоящая реклама, которой можно хотя бы отчасти доверять: она доказывает если не качество товара, то состоятельность рекламодателя. А есть "дешевая болтовня" (cheap talk), которой верить не рекомендуется. Биологи называют это принципом гандикапа.

Самое интересное, что половой отбор запросто может стимулировать развитие и вовсе бесполезных признаков, не только ненужных для выживания, но и не являющихся "индикаторами приспособленности". Это происходит благодаря механизму фишеровского убегания (Fisherian runaway).

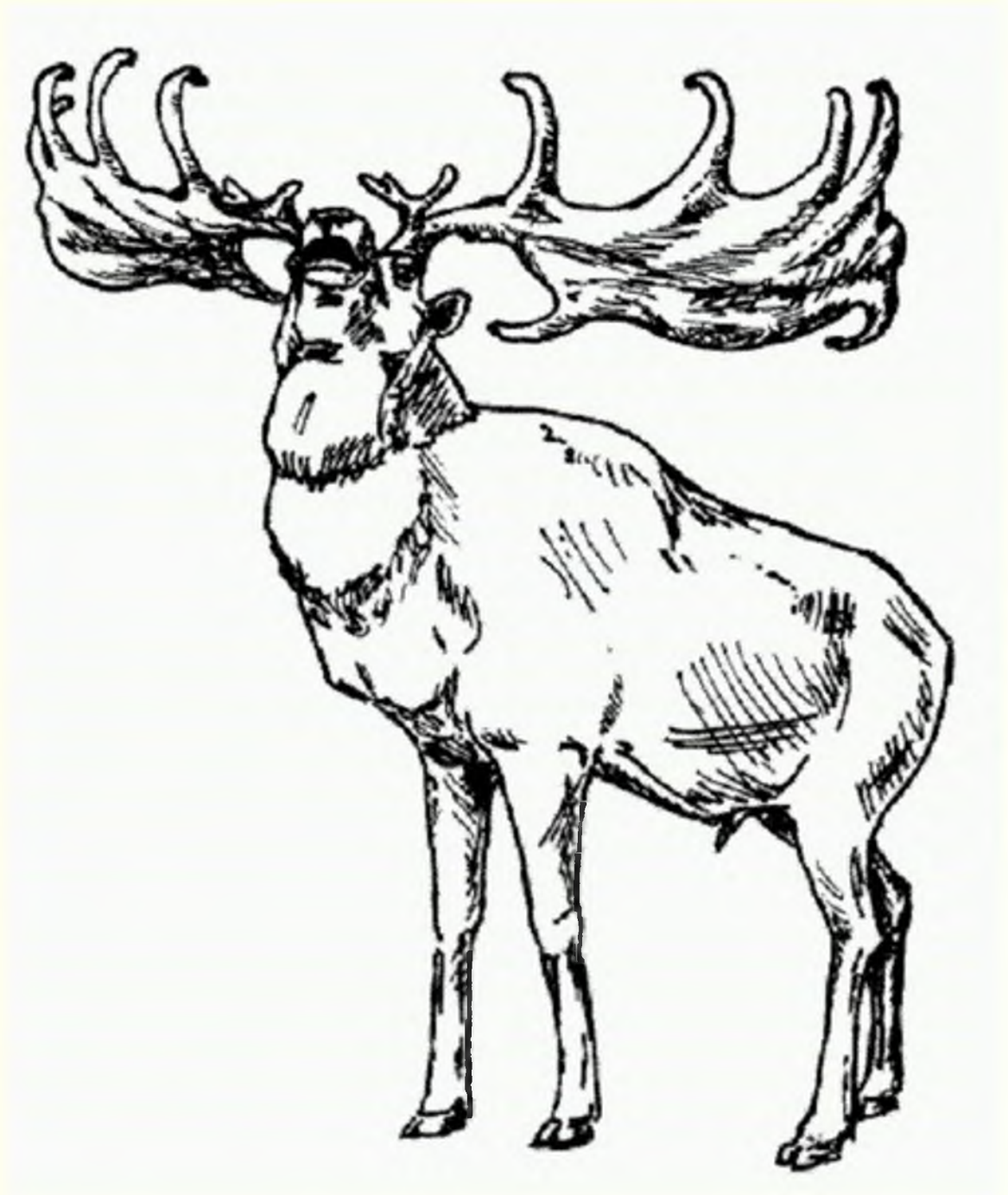
Допустим, в популяции появился мутантный ген (точнее, аллель), влияющий на брачные предпочтения самок. Допустим, самки с этим геном выбирают самых длинноухих самцов. В популяции существует небольшая нейтральная (не влияющая на приспособленность) изменчивость по длине ушей. Самки с мутантным геном поначалу не имеют никакого преимущества, но и особого вреда их странные вкусы им не приносят. Поэтому мутантный аллель имеет шанс за счет дрейфа (случайных колебаний частот аллелей) достичь некоторой заметной частоты в генофонде популяции. Вот тут-то и вступает в действие механизм "убегания". Длинноухие самцы получают репродуктивное

преимущество, потому что им доступны все самки, а короткоухие самцы могут спариться только с теми самками, у которых нет мутантного аллеля. Длинноухие самцы начинают оставлять больше потомков, чем короткоухие.

Фокус тут в том, что потомство от браков длинноухих самцов с мутантными самками наследует не только "гены длинноухости" (от отца), но и аллель предпочтения длинноухих самцов (от матери). Как только длинноухие самцы начинают оставлять в среднем больше потомства, чем короткоухие, самкам становится выгодно выбирать длинноухих партнеров, потому что тогда их сыновья унаследуют длинноухость, привлекут больше самок и оставят больше потомства. В результате те самки, которые предпочитают длинноухих самцов, начинают оставлять больше внуков, то есть получают репродуктивное преимущество.

Бывшая случайная прихоть превращается в полезную адаптацию. Возникает положительная обратная связь, или цепная реакция, в результате которой в генофонде стремительно распространяются гены длинноухости и гены любви к длинноухим. Длинноухость выгодна, потому что самки любят длинноухих, а любить длинноухих выгодно, потому что выгодна длинноухость. И никому нет дела до того, нужны ли длинные уши зачем-то еще. В этом и состоит суть фишеровского убегания. Возможно, уши вскоре начнут волочиться по земле, цепляться за кусты и снижать жизнеспособность, но даже это не обязательно остановит их рост, потому что на этом этапе длинные уши уже могут стать хорошим "индикатором приспособленности"

(в соответствии с принципом гандикапа, о котором было сказано выше).



Ископаемый бoльиерогий олень (Megaloceros giganteus; 400—8 тыс. лет назад) — типичная жертва

полового отбора. Огромные рога, вероятно, помогали самцам побеждать в брачных турнирах и очаровывать самок, но сильно мешали жить.

Разумеется, половой отбор не только создает всевозможные нелепые, обременительные признаки, ненужные для выживания украшения и причудливое брачное поведение. Он способен быть и гораздо более конструктивным. Иногда он просто многократно усиливает эффективность "обычного" естественного отбора и ускоряет адаптивную эволюцию. Если самки выбирают самцов не по произвольным бессмысленным критериям, а по признакам, непосредственно отражающим приспособленность самца (его здоровье, хорошую физическую форму), то тем самым самки резко ускоряют эволюцию.

Легко понять, почему половой отбор повышает эффективность обычного естественного отбора. Самец с пониженной приспособленностью не только имеет меньше шансов выжить, но и становится менее привлекательным для самок. Мало того что здоровье слабое, так еще и девушки не любят. Даже очень небольшие различия в приспособленности, едва заметные для "обычного" отбора, могут стать решающими, когда дело доходит до конкуренции между самцами в попытках очаровать привередливую самку. Кроме того, отбор перестает быть "слепым". Теперь его направляют существа, у которых все же есть кое-какие мозги. Эти существа способны к целенаправленным действиям и отчасти осмысленным решениям. Самки становятся селекционерами. Привередливые павлины создали роскошные узоры на хвостах самцов-павлинов

точно так же, как голубеводы создали причудливые украшения у декоративных пород голубей.

Некоторые биологи предполагают, что гипертрофированный мозг и интеллект развились под действием тех же самых механизмов, что и павлиний хвост или рога большеротого оленя. Наиболее полно эта тема раскрыта в вышеупомянутой книге Дж. Миллера *The Mating Mind*. Основную идею книги можно сформулировать примерно так: мы можем влюбиться в человека за его доброту, ум, щедрость, творческие таланты, остроумие, красноречие... И при этом удивляемся, как все эти свойства могли развиваться в ходе эволюции. Про половой отбор слышали когда-нибудь?

Некоторые биологи недолюбливают теорию полового отбора с ее идеями гандикапа и убегания как раз за то, что с ее помощью можно объяснить любую ерунду. Другие, наоборот, усматривают в этом главное достоинство теории. Конечно, все зависит от возможности эмпирической проверки теоретических предсказаний в каждом конкретном случае. Если кто-то выдвинет гипотезу, что пластины на спине у стегозабра развились под действием полового отбора, проверить это будет крайне трудно, потому что стегозабра вымерли и мы не знаем, действительно ли эти пластины служили для привлечения партнеров. С современными организмами проще. Если мы видим какой-то "бессмысленный" признак, то основное предсказание теории полового отбора состоит в том, что эта чепуховина нравится особям противоположного пола. Остается только это проверить.

Зачем самцам усы

Рассмотрим один забавный пример, показывающий теорию полового отбора в действии. Ихтиологи из США и Германии обратили внимание на странный и, по-видимому, совершенно бесполезный признак, встречающийся у самцов пресноводной рыбки *Poecilia sphenops*. Эта рыбка, особенно ее черная разновидность, хорошо известна аквариумистам под названием моллинезия лира, или черная моллинезия.

В реках Южной Мексики у многих самцов этого вида над верхней губой имеется пучок длинных и тонких кожных выростов, похожих на усы. У самцов некоторых представителей семейства *Poeciliidae*, к которому относится моллинезия, на этой части головы имеются так называемые контактные органы — тонкие твердые выросты чешуй, которые помогают самцам соблазнять самок. Во время брачных игр самцы пецилиевых тыкаются носом в живот самки, и твердые выросты чешуй, по-видимому, помогают им возбудить партнершу. Однако, в отличие от контактных органов, усы *P. sphenops* бескостные и мягкие.

Может быть, это какие-то органы чувств? Авторы изучили усы самцов моллинезии под электронным микроскопом и пришли к выводу, что это просто мягкие выросты эпидермиса, покрывающего чешуйки. Никакие нервы к ним не подходят, а значит, они ничего не могут чувствовать.

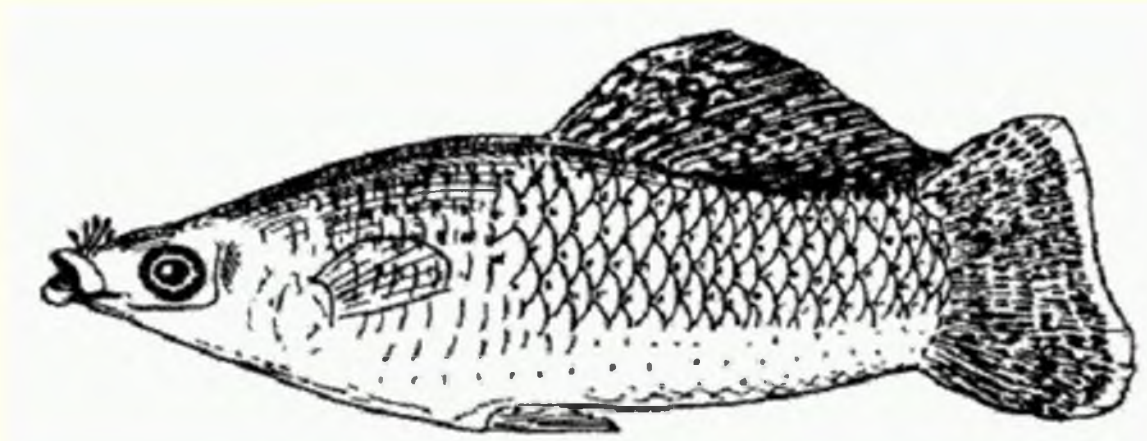
Поскольку больше никаких идей о возможной функции усов у авторов не было (действительно, трудно придумать что-то еще), оставалось прибегнуть к

всеобъясняющей мощи теории полового отбора. То есть посмотреть, не нравится ли эта чепуховина самкам.

С этой целью было поставлено несколько экспериментов. В одном из них самку сажали в аквариум, к двум противоположным стенкам которого вплотную приставляли аквариумы с двумя самцами примерно одинакового размера: одним усатым и одним аккуратно побритым при помощи скальпеля. Брили всегда более крупного из двух самцов. Операция проводилась заранее, чтобы у самцов было время успокоиться. Самку выпускали только после того, как оба самца начинали вести себя спокойно и естественно. Экспериментаторы смотрели, рядом с каким из двух самцов самка будет проводить больше времени. Через пять минут самцов меняли местами (чтобы исключить возможность того, что самке просто больше нравится одна из половин аквариума) и наблюдали еще пять минут. Это стандартная методика изучения брачных предпочтений, основанных на визуальных признаках. Многократно показано, что предпочтения самки, выявленные в таких экспериментах, адекватно отражают избирательность при выборе брачного партнера.

Самки в этом эксперименте явно предпочитали быть рядом с усатыми самцами, чем с бритыми. Но может быть, дело в том, что сама процедура бритья как-то влияет на поведение самца, хоть это и неуловимо для человеческих глаз? Чтобы проверить эту возможность, был поставлен другой эксперимент. Его идея основывалась на том, что моллинезии, как и многие другие рыбы, всегда предпочитают крупных партнеров мелким. Если различия по размеру невелики, другие признаки (например, усатость) могут их перевесить, как это было в первом эксперименте. Однако значительная

разница размеров, скорее всего, должна быть важнее для самок, чем усы и другие "бесполезные" признаки.



Самец моллинезии (Poecilia sphenops) с усами над верхней губой.

Во втором эксперименте каждой самке предложили на выбор очень крупного, но бритого самца и мелкого, но усатого. Теперь самки уверенно выбирали крупных партнеров, невзирая на отсутствие усов. Следовательно, сама по себе процедура бритья если и вредит имиджу самца, то не катастрофически. Чтобы окончательно исключить возможность ее влияния, авторы поставили третий эксперимент, в котором вместо живых самцов использовались их фотографии, синхронно двигавшиеся то в одну, то в другую сторону по приставленным к аквариуму экранам. Обе фотографии были совершенно одинаковые, за исключением того, что на одной из них самец щеголял пышными усами. С фотографий сначала удалили подлинные усы, а потом к одному из двух портретов в каждой паре авторы подрисовали усы в

фотошопе. Использовались две пары таких фотографий, основой для которых послужили два разных самца.

Как и в первом эксперименте, самки предпочли усатых самцов безусым. Предпочтение на этот раз было чуть менее выраженным, что, вероятно, объясняется недостаточным мастерством художников, но все же статистически достоверным.

Таким образом, гипотеза о том, что усы у самцов моллинезий поддерживаются половым отбором, получила подтверждение. Никакой другой пользы самцам усы, по-видимому, не приносят. Вряд ли они играют роль "индикаторов приспособленности", потому что авторы не обнаружили корреляции между наличием усов и размером самца. Хороший индикатор приспособленности — как раз размер, и поэтому выраженность многих вторичных половых признаков у самцов рыб коррелирует с размером тела, но к усам это не относится. Поэтому есть все основания предполагать, что усы распространились в популяциях моллинезий под действием фишеровского механизма как совершенно бессмысленный признак, на который случайно возникла мода (*Schlupp et al., 2010*).

Ну хорошо, а зачем усы человеческим мужчинам? Вот загадка..

Зачем самки приматов кричат во время секса?

В наши дни мало кто из экспертов сомневается, что взаимоотношения между полами играли важнейшую роль в эволюционном становлении человека. Эта тема раскрыта в научно-популярной книге М. Л. Бутовской

"Тайны пола. Мужчина и женщина в зеркале эволюции" (2004). Мы тоже будем неоднократно к ней возвращаться (не претендуя, впрочем, на исчерпывающее изложение), а пока рассмотрим несколько конкретных исследований, показывающих, в каком направлении движется сегодня мысль биологов, изучающих роль полового отбора в эволюции людей и их ближайших родственников.

Половые отношения в коллективах обезьян отличаются огромным разнообразием и сложностью. Секс у многих приматов — нечто гораздо большее, чем просто копуляция с целью продолжению рода. Он играет важную роль в общественной жизни и социальной организации. Секс может использоваться как способ разрешения конфликтов, примирения, поддержания сплоченности коллектива или его иерархической структуры. Например, бонобо активно используют секс, в том числе однополый, для примирения и снятия напряженности в коллективе; некоторые обезьяны используют имитацию спаривания ("ложные садки") для демонстрации и поддержания отношений "начальник — подчиненный".

Из-за сложности самих половых отношений и социальной организации, в которую они могут быть весьма причудливым образом вплетены, разработать адекватные модели эволюции полового поведения у приматов оказалось очень непросто. Одна из многочисленных загадок — происхождение и смысл так называемых копуляционных сигналов — специфических, довольно громких криков, издаваемых во время спаривания самками некоторых видов, включая человека.

Конечно, можно допустить, что эти крики никакого адаптивного (приспособительного) смысла не имеют, что

самки кричат просто "от страсти", что такое поведение не влияет на репродуктивный успех, и поэтому естественный отбор на него не действует. Оно могло возникнуть, например, как побочный эффект каких-то других поведенческих программ — врожденных или передающихся через подражание и обучение. С другой стороны, у "страстных криков" самок приматов (в том числе наших ближайших родственников — шимпанзе) вполне может быть и свой собственный адаптивный смысл.

Долгое время пользовалась популярностью гипотеза, согласно которой самки шимпанзе таким образом сообщают другим самцам о своей готовности к спариванию. Предполагается, что страстные крики самки должны возбуждать самцов и провоцировать их к соревнованию за право спариться с ней. В итоге самка получает шанс спариться с лучшими самцами. Правда, к людям, существам, исторически склонным скорее к моногамии, чем к промискуитету, эта гипотеза едва ли приложима. Но шимпанзе не страдают излишним целомудрием, и половые отношения у них отличаются большой свободой. Каждая самка спаривается со многими самцами. Впрочем, это вовсе не значит, что ей все равно, с кем это делать, когда и в какой последовательности. Как правило, она предпочитает высокоранговых самцов.

У самок шимпанзе есть веские причины не хранить верность какому-то одному партнеру. Во-первых, спарившись подряд с несколькими самцами, она дает возможность стать отцом своих детей тому из них, чьи сперматозоиды победят в "спермовой войне". Это повышает шанс обеспечить детенышей хорошими генами. Постоянные спермовые войны привели к тому,

что у самцов шимпанзе в ходе эволюции развились очень крупные семенники. По этому же признаку можно сказать, что у наших предков спермовые войны не играли столь важной роли: у людей семенники гораздо меньше, чем у шимпанзе.

Не выделяясь по размеру семенников, человек бьет все рекорды среди человекообразных по размеру пениса (как по его длине, так и по толщине). Для сравнения, у самца гориллы при массе тела 200 кг длина пениса всего около 4 см. Это нормально для человекообразных с гаремным типом семьи. У орангутанов ситуация примерно такая же. Гаремы предполагают острую конкуренцию между самцами, но не на уровне гениталий и сперматозоидов, а на уровне физической мощи и острых клыков. Размер пениса и семенников не принципиален для владельца гарема.

У шимпанзе пенис подлиннее (порядка 7 см), но очень тонкий. При относительно свободных половых отношениях в коллективах шимпанзе конкуренция между самцами идет в первую очередь на уровне спермы.

О каких особенностях жизни наших предков свидетельствует громадный пенис? Рекомендую читателям поразмышлять об этом на досуге: хорошее упражнение для ума (**немного подскажу: вряд ли это индикатор приспособленности или признак, развившийся "для красоты", например, в результате фишеровского убегания. В этом случае мужские гениталии имели бы более эстетичный вид — например, были бы раскрашены в яркие, привлекательные цвета, как у некоторых обезьян. Скорее тут что-то функциональное. Например, чтобы жены реже изменяли. Некоторые женщины,**

правда, уверяют, что размер не имеет значения. Возможно, они лукавят: науке это пока неизвестно).

Другая причина, по которой самки шимпанзе стремятся спариться со многими самцами, причем желательно с высокоранговыми, состоит в том, что они обоснованно рассчитывают на благодарность со стороны партнеров и на их поддержку в будущем. Нет ничего важнее для существа, живущего в конкурентном иерархическом коллективе, чем хорошие отношения с влиятельными персонами. Особенно если общество не может выработать разумных законов и заставить всех соблюдать их. Кому-кому, а гражданам нашей страны это можно не объяснять.

Общественная жизнь шимпанзе (в отличие от бонобо) мало похожа на идиллию. Самкам приходится заботиться еще и о том, чтобы какой-нибудь самец в приступе ярости не убил их детенышей. Такое, к сожалению, случается. Весьма эффективный способ предотвращения инфантицида — убедить самца, что детеныши от него. Если убедить невозможно — хотя бы заронить сомнение. При том образе жизни, который ведут шимпанзе, мать сама не знает, кто отец ее детенышей, зато и самцы понятия не имеют, какие из детей чьи. Лучше уж вовсе не убивать детей партнерш, а то прихлопнешь ненароком своего — и твои гены умрут вместе с тобой (в том числе и те гены, что определяют склонность к инфантициду). Безнадежно запутать вопрос об отцовстве — это еще одна цель, которую самка может преследовать, спариваясь с несколькими самцами подряд.

Нельзя забывать и о том, что социальный статус самки может сильно зависеть от того, с какими самцами она спаривается, и от того, насколько широко об этом проинформированы другие члены коллектива.

Таким образом, у самок шимпанзе теоретически есть много причин не только спариваться со многими самцами, но и криками оповещать об этом публику. Для проверки теорий, однако, необходимы длительные наблюдения за обезьянами в естественных условиях.

Антропологи из Великобритании и Германии в течение двух полевых сезонов в 2006 и 2007 годах подглядывали за интимной жизнью обезьяньего племени, проживающего в лесу Будонго в Уганде. В период наблюдения в стаде было 78 особей, в том числе восемь взрослых самцов и 25 взрослых самок, из которых семь жили активной половой жизнью (более 15 спариваний за время наблюдений).

Все семь самок во время спаривания иногда издавали "крики страсти" — довольно громкие ритмичные вопли или взвизгивания, слышимые в лесу на расстоянии до 50 метров. Происходило это не очень часто. Всего за девять месяцев наблюдений было зарегистрировано 287 спариваний с участием этих семи самок, но только в 104 случаях (36 %) самки подавали голос.

Оказалось, что самки кричат намного чаще, когда спариваются с высокоранговыми взрослыми самцами. Между низкоранговыми взрослыми самцами и еще более низкоранговыми подростками они различий не делают (кричат мало в обоих случаях).

В 35 случаях из 287 (12 %) сородичи не дали парочке спокойно закончить процесс. "Громкие" половые

акты провоцировали агрессию девять раз, причем в четырех случаях вмешивалась высокоранговая самка, в трех — высокоранговый самец и в двух — низкоранговый самец. Нападения высокоранговых самок были самыми яростными. Агрессия в этом случае всегда была направлена на низкоранговую конкурентку, а не на самца. Когда те же низкоранговые самки спаривались молча, высокоранговые самки на них не нападали. Видеть копуляцию они не могли ни в том ни в другом случае: их привлекали именно крики.

Исследователи не обнаружили никакой корреляции между "криками страсти" и интервалом между спариваниями с разными самцами. Это противоречит предположению о том, что крики способствуют быстрому привлечению дополнительных половых партнеров. Не было явной корреляции и между склонностью самки озвучивать свои ощущения и ее социальным статусом.

По содержанию гормонов в моче самок исследователи следили за фазами эстрального цикла. Самки шимпанзе, в отличие от людей, спариваются лишь в течение примерно десяти дней во время каждого цикла, однако в начале и в конце этого десятидневного периода зачатие невозможно. Как выяснилось, "крики страсти" не несут никакой информации о том, способна ли самка в данный момент к зачатию. Это противоречит идее о том, что цель криков — обеспечить потомство наилучшими генами. Если бы речь шла о генах, самки старались бы кричать поактивнее, когда зачатие возможно. Но они кричат одинаково на всех стадиях эстрального цикла, когда способны заниматься любовью.

Самый интересный результат состоит в том, что любовные крики, как выяснилось, зависят от состава

женской аудитории, то есть от того, какие самки находятся поблизости от спаривающейся парочки. Ранг слушателей мужского пола не влияет на поведение самки. Однако чем больше поблизости самок того же или более высокого ранга, тем меньше вероятность, что спаривающаяся самка будет кричать. Иными словами, спаривающиеся самки ведут себя сдержаннее в присутствии влиятельных конкуренток.

Таким образом, удалось выявить только два фактора, влияющих на вероятность любовных криков: ранг партнера (чем он выше, тем больше визга) и число высокоранговых слушательниц (чем их больше, тем визга меньше). Кроме того, выяснилось, что влияние этих факторов может быть взаимосвязанным. Если самка спаривается с низкоранговым самцом, присутствие высокоранговых конкуренток смущает ее меньше, чем в том случае, когда ее партнер занимает высокое общественное положение. Иными словами, самка, заполучившая ценного партнера, следит за тем, чтобы не привлекать внимание опасных конкуренток. Самка, спаривающаяся со второсортным самцом, не так чутко реагирует на состав аудитории.

Авторы полагают, что полученные ими результаты свидетельствуют против гипотезы о том, что цель любовных криков — спровоцировать соревнование среди самцов, быстро привлечь дополнительных высокоранговых партнеров и вовлечь их в спермовые войны. Если бы это было так, самки активнее кричали бы в объятиях второсортных самцов. Они же поступают ровно наоборот. Кроме того, данная гипотеза предполагает, что страстные крики, во-первых, провоцируют агрессию среди самцов, во-вторых, способствуют сокращению интервалов между

спариваниями с разными самцами. Ни того ни другого наблюдения не подтвердили. С другой стороны, авторы заметили, что когда высокоранговый самец занимается любовью, другие высокоранговые самцы обычно крутятся поблизости. Таким образом, самка своими криками все-таки информирует мужскую элиту племени о своей готовности к спариванию. И хотя высокопоставленные мужчины, блюдя достоинство, не бросаются тут же спихивать товарища, они могут воспользоваться полученной информацией чуть позже.

Полученные результаты подтверждают быстро крепнущую в последнее время теорию о том, что в коллективах шимпанзе важную роль играет острая и порой весьма жестокая конкуренция между самками (в отличие от бонобо, у которых общественное устройство основано на дружбе и кооперации между самками). Спаривающиеся самки явно сдерживают свои эмоции и стараются не издавать лишних звуков, когда поблизости есть влиятельные конкурентки.

По мнению авторов, полученные ими результаты не противоречат также и гипотезе "запутывания вопроса об отцовстве". Самцы шимпанзе, по-видимому, хорошо помнят, с кем им доводилось спариваться и кто может в принципе быть матерью их детей. Это не только снижает риск инфантицида, но и помогает самкам в конфликтных ситуациях. Замечено, что самцы иногда встраивают в женские драки на стороне "своих" самок. Иногда самке даже удастся спровоцировать очарованного ею самца на убийство детей конкурентки. Да, нравы у наших ближайших родственников — не лучший образец для подражания. Может быть, самки кричат еще и для того, чтобы самец получше запомнил это свидание?

Возможно, острая конкуренция между самками у шимпанзе отчасти связана с патрилокальностью (самцы остаются в родном племени, подросшие самки уходят в чужие семьи и поэтому не связаны кровным родством с другими самками в стаде). Однако мирные и любвеобильные бонобо тоже патрилокальны. Авторы отмечают, что самки шимпанзе в целом издают любовные крики намного реже, чем другие приматы. Видимо, боязнь расправы со стороны конкуренток пересиливает желание привлечь высокоранговых самцов и затуманить вопрос об отцовстве. Так или иначе, исследование показало, что "крики страсти" у самок шимпанзе могут служить гибким инструментом для минимизации различных рисков, связанных с острой конкуренцией между самками (*Townsend et al., 2008*).

Чувство юмора и щедрость - результаты полового отбора?

Не исключено, что некоторые важные особенности человеческой психики могли возникнуть под действием полового отбора — либо как качества, обладающие непосредственной ценностью для потенциального полового партнера и будущего потомства (например, доброта и интеллект), либо как средства наглядной демонстрации (рекламы) искомых качеств. Некоторые эксперты допускают, что такие свойства, как чувство юмора и щедрость, вполне могут быть аналогами павлиньего хвоста у человека. Проверить подобные гипотезы напрямую невозможно. Зато можно проверить следствия, вытекающие из них. Именно это обычно и пытаются сделать эволюционные психологи. Конечно, в таких исследованиях даже в случае положительного

результата всегда сохраняется вероятность того, что обнаруженные эффекты и корреляции могут иметь иное объяснение, отличное от исходных эволюционно-психологических гипотез. Тем не менее это, по-видимому, единственный возможный подход к решению подобных задач. С каждым успешным экспериментом вероятность правильности исходных предположений растет, постепенно приближаясь к 100 %. На большее трудно рассчитывать.

Идея о том, что чувство юмора развилось у людей под действием полового отбора как средство демонстрации интеллекта, была обоснована Джеффри Миллером в книге "The Mating Mind", о которой говорилось выше. То, что представители всех изученных в этом отношении человеческих культур считают интеллект (наряду с добротой и пониманием) важнейшим критерием при выборе брачного партнера, — это установленный факт. По крайней мере они так говорят (есть данные, что женщины при этом отвечают честно, а вот мужчины лукавят; см. ниже). Известно также, что интеллект положительно коррелирует с физическим здоровьем и является надежным показателем качества генов. Иными словами, интеллект — отличный "индикатор приспособленности", что делает выбор умных партнеров эволюционно осмысленным. Однако прямых фактических данных о наличии положительной корреляции между интеллектом и чувством юмора, как ни странно, до сих пор было очень мало, а без этого гипотеза Миллера выглядела уязвимой. Действительно ли шутки тем смешнее, чем выше интеллект шутника? Кому-то это кажется очевидным, кому-то нет, но в любом случае надо было это проверить научными методами.

Не смейтесь над учеными

Иногда ученым приходится доказывать научными методами вещи, которые кажутся большинству здравомыслящих людей самоочевидными и не требующими доказательств. Такая необходимость возникает из-за того, что в биологии самоочевидность подчас не является серьезным аргументом. Интуиция и здравый смысл нередко нас подводят (см. главу "Жертвы эволюции", кн. 2). Кроме того, существует особая порода профессоров старшего поколения (особенно много их в психологии, этологии и смежных дисциплинах), которые вполне способны отрицать и самоочевидные вещи, если они касаются биологической природы психики и поведения людей. Таких профессоров тоже нужно переубеждать. Поэтому не надо смеяться над учеными, всерьез доказывающими то, что и так "ежу понятно".

Смеяться не надо, но улыбаться не возбраняется. Действительно, трудно сдержать улыбку, когда читаешь научные выводы, подобные опубликованным недавно в уважаемом журнале Behaviour.

Группа британских ученых обнародовала факты, позволяющие заключить, что ночные клубы используются (кто бы мог подумать!) как площадки для сексуальных демонстраций (*Hendrie et al., 2009*):

Молодые, достигшие половой зрелости люди Homo sapiens обоих полов часто собираются в определенных местах и танцуют... Такой тип поведения наблюдается у ряда животных... В настоящем исследовании изучалось это явление в условиях коммерческих ночных клубов. Полученные данные показывают, что более 80 % людей входят в клубы, не имея партнера, и

поэтому являются потенциально доступными в сексуальном плане. Наблюдается также примерно 50 %-й рост числа парочек среди выходящих из клуба (по сравнению с входящими), что свидетельствует о том, что данные конгрегации образуются с сексуальными целями. Внутри клубов свыше 80 % парных разнополых танцев были инициированы мужчинами, которые подходили к женщинам, а не наоборот. Как следствие, женщины конкурируют друг с другом за привлечение партнеров. Количественная оценка разных женских привлекающих тактик показала, что, хотя лишь 20 % женщин носили тесно облегающую одежду, демонстрирующую более 40 % поверхности их тела или 50 % площади груди и танцевали в сексуальной (sexually suggestive) манере, эти женщины привлекли почти половину (49 %) зарегистрированных нами мужских приглашений на танец. Эти данные указывают на эффективность одежды и танцевальных демонстраций для привлечения мужского внимания и являются веским доводом в пользу того, что ночные клубы представляют собой площадки для сексуальных демонстраций, где женщины соревнуются за мужское внимание. Женщины, осуществляющие наиболее успешные демонстрации, получают преимущество, которое состоит в возможности выбирать из ряда мужчин, проявивших к ним интерес.

Для проверки гипотезы о том, что чувство юмора положительно коррелирует с интеллектом, американские психологи провели эксперимент, в котором приняли

участие 185 студентов-добровольцев. Интеллект участников определяли при помощи теста Равена (***серия постепенно усложняющихся заданий, в которых нужно определить недостающий элемент в последовательности рисунков***). Кроме того, каждый студент прошел тестирование на пять личностных характеристик, которые психологи называют "большой пятеркой": открытость (openness) и добросовестность (conscientiousness), экстраверсия (extraversion), приятность в общении (agreeableness) и невротизм (neuroticism). Затем участников просили выполнить три задания, в которых они должны были продемонстрировать разные аспекты чувства юмора. Участники должны были заполнить шесть шуточных личных карточек — им давали фотографию незнакомого человека и просили заполнить от его имени пункты анкеты: "профессия", "обо мне", "хобби/увлечения", "мой типичный день", "моя жизненная философия". Второе задание состояло в том, чтобы придумать как можно более смешные ответы на три вопроса: "Если бы вы могли ненадолго оказаться в шкуре какого-нибудь животного, каким животным вы не хотели бы стать и почему?"; "Как сделать семейную жизнь увлекательной после первых двух лет?"; "Что будет с миром через сто лет?". Третье задание было на невербальный юмор: нужно было нарисовать смешные портреты четырех животных (обезьяна, пингвин, осьминог, жираф) и четырех людей (политик, профессор, бодибилдер, художник).

В состав жюри вошли 28 студентов. Они оценивали все юмористические произведения анонимно, ничего не зная ни об их авторах, ни об оценках других судей. Оценки в целом были выставлены низкие. Тем не менее в

их распределении обнаружили интересные закономерности. Оказалось, что, с учетом всех необходимых поправок, сильнее всего с чувством юмора коррелирует интеллект. Более слабая положительная корреляция выявлена между чувством юмора и экстравертностью. Остальные личностные характеристики не коррелируют с выставленными оценками. Кроме того, было показано (как и в ряде прежних исследований), что юноши в среднем шутят смешнее, чем девушки. Это согласуется с моделью полового отбора, предложенной Миллером, согласно которой юмор дает больше преимуществ мужчинам, чем женщинам (точно так же, как и использование редких слов, см. ниже). Однако другое предсказание Миллера — о том, что положительная корреляция между интеллектом и юмором должна быть сильнее выражена у мужчин, чем у женщин, — не подтвердилось. Хотя девушки в целом шутили менее удачно, чем юноши, положительная корреляция между интеллектом и юмором оказалась даже сильнее у первых, чем у вторых (*Howrigan, MacDonald, 2008*).

Впрочем, все не так плохо для теории полового отбора. Особенно если вспомнить, что гоминиды, скорее всего, издавна практиковали моногамию. У строго моногамных видов проблема выбора наилучшего брачного партнера стоит одинаково остро для обоих полов, и специальные рекламные адаптации под действием полового отбора развиваются как у самцов, так и у самок (иногда даже одинаковые). В качестве примера можно привести таких сказочно красивых птиц, как лебеди или журавли. Люди, конечно, не очень строгие моногамы. Тем не менее у людей по сравнению с другими современными приматами очень велик так

называемый мужской вклад в потомство (МВП). У людей, в том числе и в самых примитивных обществах, отцы вкладывают в своих детей значительно больше ресурсов, чем у других видов обезьян (правда, все равно намного меньше, чем матери).

Теория полового отбора предсказывает (а факты подтверждают), что выбор брачного партнера обычно осуществляется тем полом, который вкладывает в потомство больше ресурсов. Как правило, этот пол — женский. Поэтому самцы обычно изо всех сил себя рекламируют, а самки, наблюдая за их демонстрациями, придирчиво выбирают достойнейшего.

В результате именно у самцов под действием полового отбора возникают причудливые адаптации рекламного характера вроде павлиньего хвоста. Но у человека из-за высокого МВП все несколько сложнее. Похоже на то, что уже у наших далеких предков активным выбором партнера занимались не только самки, но и самцы. Выбор был взаимным. Поэтому в женском поведении и внешнем виде кое-что тоже можно объяснить действием полового отбора. Вы не замечали? Некоторые характерные женские свойства вполне могут быть адаптациями, развившимися для привлечения самцов (чтобы было из кого выбирать) и для их последующего удержания (чтобы его МВП достался мне и моим детям, а не той дуре). Из этого следует, что наличие положительной корреляции между интеллектом и юмором не только у мужчин, но и у женщин вовсе не является таким уж неразрешимым парадоксом.

В другом исследовании, проведенном Дэниелом Круджером из Мичиганского университета, анализировался другой, гораздо более громоздкий и

обременительный "павлиний хвост", которым половой отбор награждал мужчин. Речь идет о расточительстве, то есть о склонности тратить больше ресурсов (например, денег), чем это необходимо и оправдано с экономической точки зрения (*Krugery, 2008*). Это явление называют также показным потреблением.

Теоретическая основа идеи о показной щедрости как средстве привлечения самок вполне очевидна. Если для данного вида животных характерен высокий МВП, то самке важно знать, насколько охотно будет ее потенциальный партнер вкладывать ресурсы в нее саму и в ее потомство. Самец заинтересован в том, чтобы как можно убедительнее продемонстрировать самке свою доброту, щедрость и богатство (способность добывать ценные ресурсы). Половой отбор в этой ситуации может способствовать развитию у самцов демонстративной расточительности (***сейчас такая стратегия работает плохо: женщина может подумать про ухажера, что он будет транжирить семейные деньги. В палеолите, когда собственности почти не было и никто ничего не копил, ситуация могла быть иной***). Высокий МВП предполагает и определенную степень разборчивости со стороны самца. Самцу тоже интересно знать, насколько охотно будет самка вкладывать свои ресурсы в потомство. Но у предков человека, очевидно, мужчины и женщины вкладывали в потомство ресурсы разного рода. Если уж искать в характере современных женщин результаты действия полового отбора, то следует обратить внимание скорее не на транжирство, а на заботливость и нежность (в том числе и демонстративные).

Для проверки этой гипотезы о природе расточительства Круджер проанализировал результаты

телефонных опросов 100 случайно выбранных мужчин и 309 женщин — жителей штата Мичиган. Исследование должно было ответить на два вопроса: 1) коррелирует ли расточительство с сексуальными притязаниями человека (являются ли люди, мечтающие о многочисленных половых партнерах, большими транжирами, чем лица с умеренными желаниями); 2) действенна ли эта стратегия (удается ли транжирам вступить в половую связь с большим числом партнеров, чем экономным гражданам).

Опрошенные должны были указать свой возраст, образование, семейное положение, а также принять или отвергнуть следующие три утверждения: 1) я всегда живу в соответствии со своим доходом, не залезая в долги; 2) я откладываю не менее 10 % заработка; 3) я полностью расплачиваюсь с долгами по кредитной карточке каждый месяц. Кроме того, они должны были сообщить число своих половых партнеров за последние пять лет, а также число партнеров, с которыми они хотели бы вступить в связь в течение последующих пяти лет.

С учетом всех необходимых поправок (на возраст, семейное положение и т.д.) полученные результаты показали наличие сильной положительной корреляции между расточительностью, сексуальными притязаниями и сексуальным успехом у мужчин.

Иными словами, транжиры имели (по их словам) **(увы, исследования такого рода связаны с определенными методическими трудностями. Люди не шимпанзе, чтобы подглядывать за их половой жизнью "в естественной обстановке")** больше половых партнеров за последние пять лет и собирались иметь больше партнеров в будущем, чем

любители откладывать на черный день и не залезать в долги. Ничего подобного не обнаружено у женщин. Ни сексуальный успех, ни сексуальные притязания женщин не коррелируют с расточительностью.

Эти результаты согласуются с полученными ранее экспериментальными данными, согласно которым студенты мужского пола охотнее расстаются с деньгами после того, как их тем или иным способом навели на размышления о симпатичных девушках. Надо ли говорить, что наука в данном вопросе сильно отстала от практики: всякому ясно, что рекламщики уже давно и активно эксплуатируют эти особенности человеческой психики, которые только сейчас начинают всерьез изучаться психологами. Мы теперь можем понять, почему в рекламных целях эффективнее использовать красивых женщин, чем мужчин. И конечно, очень полезно всем знать, на каких инстинктах спекулируют торговцы, впаривая нам дорогие и, мягко говоря, не очень нужные товары.

Казалось бы, узнав об этом исследовании, мужья получают новый аргумент в спорах с женами: я транжирю деньги, потому что в меня это заложено половым отбором, а вот женское транжирство не имеет эволюционных оправданий! Ошибка здесь та же самая, что и в некоторых псевдонаучных теориях первой половины XX века, которые пытались оправдать порабощение и даже уничтожение "слабейших" или "неприспособленных" людей, народов и рас тем, что в природе якобы всегда "выживает сильнейший". Нет никаких оснований выводить моральные нормы человеческого общества из подобных законов, даже если они действительно существуют в природе. Человеческая мораль меняется в ходе социальной эволюции, она

развивается по своим собственным законам и давно уже не выводится напрямую из наших природных, эволюционно обусловленных склонностей. Иными словами, эволюционная психология может объяснять, но не может оправдывать.

Экономика романтических свиданий

Согласно теории полового отбора, оптимальная стратегия поведения самцов и самок в процессе ухаживания определяется характером семейных отношений, принятых у данного вида животных. Если самец не вкладывает своих ресурсов в потомство, предоставляя все заботы самкам, то он, как правило, не проявляет избирательности и гонится только за количеством. Самке же выгодно быть привередливой и выбирать партнера с хорошими генами (самого здорового, сильного, обладателя самых ветвистых рогов и т. п.)

У видов с высоким мужским вкладом в потомство (МВП), таких как люди, потенциальным партнерам в процессе ухаживания приходится учитывать большее число факторов и вступать во взаимоотношения, напоминающие рыночные. Самка оценивает не только "качество генов" претендента, но и его возможность и желание обеспечить ее и потомство необходимыми ресурсами. При этом она должна соизмерять предъявляемые к партнеру требования со своей собственной "рыночной стоимостью" (см. раздел "Грустные дамы выбирают не самых мужественных кавалеров" в главе "Двуногие обезьяны"). Самец, со своей стороны, прикидывает, достаточно ли высок репродуктивный потенциал этой самки (зависящий в том

числе от ее возраста и "качества генов"), чтобы в нее вкладываться.

Хорошим показателем "качества генов" у людей являются привлекательные черты лица. Впрочем, в этой фразе телега стоит впереди лошади: на самом деле это отбор позаботился о том, чтобы нам казались привлекательными как раз такие черты лица, которые свидетельствуют о высоком "качестве генов". Существуют даже прямые данные, показывающие, что репродуктивный успех как мужчин, так и женщин в современном индустриальном обществе положительно коррелирует с внешней привлекательностью (подробнее мы поговорим об этом в "Заключении").

Как мы уже знаем, для гоминид, по-видимому, с давних пор был характерен высокий МВП и склонность к моногамии, выросшая из стратегии "секс в обмен на пищу". Соответствует ли поведение современных людей в процессе ухаживания тем эволюционно обусловленным мотивациям и стереотипам, которые должны были, согласно теории, развиться у наших предков? Антропологи и эволюционные психологи уже собрали немало данных, позволяющих ответить на этот вопрос утвердительно (*Бутовская, 2004*). Новое исследование британских психологов недавно добавило еще один аргумент в эту копилку (*Stirrat et al., 2011*).

Авторы протестировали 245 мужчин и 171 женщину в возрасте от 20 до 35 лет. Все испытуемые заполнили подробную анкету, в которой, в частности, нужно было оценить свою собственную внешнюю привлекательность по семибалльной шкале. Затем им показывали одну за другой фотографии 12 персон противоположного пола. Эти фотографии были сгенерированы на компьютере и

затем ранжированы по привлекательности на основе оценок, выставленных 28 независимыми "судьями" — добровольцами, которые не участвовали в последующем тестировании. Фотографии показывались испытуемым в случайном порядке. Участники должны были представить себе, что они ужинают в ресторане с изображенным на фотографии человеком. Нужно было решить, какой из трех вариантов оплаты счета они бы предпочли: заплатить за обоих самому, поделить расходы поровну или возложить их целиком на партнера. Время на обдумывание не ограничивалось. Все участники расписались в том, что они старались отвечать максимально честно. Авторы подчеркивают, что их интересовали именно желания (предпочтения) испытуемых. В реальной жизни на принятие решения об оплате счета могут повлиять тысячи обстоятельств, включая точку зрения партнера. В условиях эксперимента речь шла только о желаниях испытуемого.

Главный результат исследования состоит в том, что и привлекательность партнера, и мнение испытуемого о собственной привлекательности достоверно влияют на эти желания, причем именно так, как предсказывает теория.

Чаще всего испытуемые выбирали вариант "поделить счет". И мужчины, и женщины поступили так примерно в половине случаев. Это, возможно, отражает естественное нежелание ввязываться в какие-то отношения с незнакомцем на фотографии. Или в этом можно усмотреть стремление к сохранению равенства в предполагаемых отношениях. Однако женщины, как и положено самкам видов с высоким МВП, достоверно чаще выражали желание возложить все расходы на партнера: этот вариант женщины выбрали в 45 % случаев, а

мужчины — в 30 %. Соответственно, желание оплатить весь счет мужчин возникало чаще, чем у женщин (23 % против 5 %).

Внешняя привлекательность партнера влияет на мотивацию "экономического поведения" мужчин и женщин противоположным образом. Готовность раскошелиться коррелирует с привлекательностью партнера у мужчин — положительно, у женщин — отрицательно. Мужчины намного охотнее соглашались заплатить за ужин с симпатичной партнершей, чем с малопривлекательной. Самцу невыгодно растрачивать свои ресурсы на партнерш, внешность которых не свидетельствует о высоком репродуктивном потенциале: лучше приберечь их для обольщения более привлекательных особей. Женщины, наоборот, предпочитали принимать ресурсы от привлекательных партнеров и не принимать от несимпатичных. Очевидно, это связано с неизбежными в данной ситуации соображениями реципрокности, или взаимности (см. главу "Эволюция альтруизма", кн. 2), что соответствует афоризмам "долг платежом красен" и "кто девушку ужинает, тот ее и танцует".

В отличие от привлекательности партнера, представление о собственных внешних данных влияло на желания мужчин и женщин одинаковым образом. Готовность раскошелиться у обоих полов отрицательно коррелировала с самоонением. Чем более привлекательным считает себя человек, тем меньше у него желания выкладывать денежки за совместный ужин. Самец, осознающий собственную привлекательность, пытается сэкономить ресурсы в расчете на то, что его и так выберут за "хорошие гены". Самка, уверенная в своей высокой "рыночной стоимости", считает себя вправе

требовать от потенциального партнера большего вложения ресурсов. Тут есть еще и такой нюанс: ранее было показано, что люди, которые сами себя считают привлекательными, склонны занижать привлекательность окружающих, то есть более критично и требовательно к ним относиться. Одна и та же фотография будет оценена людьми с высокой самооценкой как малопривлекательная, тогда как люди, не считающие себя красавцами, оценят ее как более привлекательную. Этот аспект помогает понять поведение мужчин в данном эксперименте (мужчины, считающие себя привлекательными, воспринимали женские лица на фотографиях в среднем как менее привлекательные, и поэтому не хотели за них платить). Женские мотивации, по-видимому, несколько сложнее. Может быть, уверенность в собственной привлекательности у женщин снижает обеспокоенность по поводу реципрокности, то есть ведет к ощущению, что она не будет кому-то что-то должна, если за нее заплатят.

Статистический анализ показал, что эффекты двух факторов — привлекательности партнера и мнения о собственной привлекательности — и у мужчин, и у женщин являются независимыми, то есть не влияют друг на друга. Иными словами, привлекательность партнера одинаково влияет на людей с высокой и низкой самооценкой. С другой стороны, самооценка влияет на "экономические предпочтения" при оплате счета тоже одинаково, независимо от привлекательности партнера.

На бытовом уровне эти результаты позволяют сформулировать такую "подсказку" для женщин: если партнер очень хочет за вас заплатить, то это, возможно, означает, что либо вы ему нравитесь, либо он о себе невысокого мнения. Подсказка для мужчин: если дама

соглашается, чтобы вы за нее заплатили, то либо вы ей нравитесь, либо она много о себе думает.

Главный вывод исследования состоит в том, что в оплате счета за совместный ужин действительно присутствует элемент "рыночных отношений", характерных для процесса ухаживания у видов с высоким МВП. Желания людей в этой ситуации соответствуют предсказаниям теории полового отбора.

При виде красивых девушек мужчины начинают говорить умные слова

Чтобы абсолютно точно выразить любую мысль, англоговорящему человеку достаточно знать 2 тыс. наиболее часто употребляемых слов. Именно таким количеством слов обходятся английские толковые словари для объяснения всех слов языка. Специальные исследования показали, что для полноценного понимания художественной литературы нужно знать 9000 слов, а для поддержания практически любой беседы достаточно 6—7 тыс. слов (*Nation, 2006*). Между тем среднестатистический образованный англичанин свободно владеет 20 тыс. слов и совсем не редки люди со словарным запасом в 100 тыс. и более слов. Зачем нужна такая избыточность?

Одно из возможных объяснений состоит в том, что "лишние" слова (и, соответственно, избыточные лингвистические способности человеческого мозга) развились под действием полового отбора как средство демонстрации собственной приспособленности или качества своих генов. Смелая гипотеза о том, что

лингвистическая избыточность является аналогом павлиньего хвоста, косвенно подтверждается следующими обстоятельствами. Во-первых, известно, что словарный запас человека сильно коррелирует с уровнем интеллекта. Во-вторых, как мы уже знаем, интеллект является надежным показателем "качества генов" (например, имеется положительная корреляция между интеллектом и симметричностью тела, которая, в свою очередь, служит одним из лучших индикаторов качества генотипа и наследственного здоровья). В-третьих, представители самых разных человеческих культур считают интеллект (наряду с добротой и пониманием) важнейшей характеристикой привлекательного брачного партнера.

Правда, тут есть одна тонкость, о которой мы вскользь упоминали выше. На словах и мужчины, и женщины всего мира высоко ценят в своих партнерах интеллект. Однако специально проведенные исследования показали, что женщины при этом говорят правду, а вот мужчины, похоже, лукавят. В этих исследованиях оценивалась "результативность" брачных объявлений. Мужские брачные объявления получают тем больше откликов, чем выше заявленный в объявлении уровень образования. Женские объявления, напротив, оказываются более успешными, если в них заявлен низкий образовательный уровень (образование и интеллект связаны друг с другом очень сильной положительной корреляцией, поэтому в большинстве психологических исследований эти два показателя оказываются неразличимыми). Этот и другие факты говорят о том, что женщины действительно предпочитают умных мужчин, тогда как мужчины

избегают женщин, более умных и образованных, чем они сами.

Немаловажно и то обстоятельство, что словарный запас, как и интеллектуальный уровень, сильно зависит от генов. Об этом свидетельствуют, в частности, многочисленные исследования, проведенные на одно- и разнояйцевых близнецах. Показано, что в рамках одной и той же культуры до 75 индивидуальной изменчивости по размеру словарного запаса объясняется генами, и лишь 25 % имеющихся различий можно объяснить воспитанием, обучением и прочими влияниями окружающей среды. Ну а раз это признак наследственный, значит, рассуждения об эволюции и естественном отборе тут вполне уместны, и эволюционные психологи имеют полное право изучать данный феномен своими методами, невзирая на все протесты гуманитариев (см. главу "Генетика души", кн. 2).

Для проверки гипотезы о том, что редкие слова в языке нужны мужчинам для демонстрации своего интеллекта, психологи из Ноттингемского университета (Великобритания) Джереми Розенберг и Ричард Танни провели простой эксперимент на 85 добровольцах — студентах того же университета (*Rosenberg, Tinney, 2008*). Среди испытуемых было 33 юноши (средний возраст 21,1 года) и 52 девушки (средний возраст 19,3 года).

Испытуемых случайным образом поделили на две группы. Студентам из первой группы показали на экране фотографии четырех юных фотомоделей противоположного пола (фотографии были взяты из модных журналов). Испытуемый должен был выбрать из

этих фотографий самую привлекательную, вообразить романтические отношения с выбранной фотомodelью и изложить свои фантазии в письменном виде. При этом три другие фотографии исчезали, а выбранная оставалась на экране в продолжение всего эксперимента.

Студентам из второй группы предлагали на выбор четыре фотографии пожилых (примерно 50-летних) фотомodelей противоположного пола, тоже просили выбрать самую привлекательную, а затем описать не роман с избранным персонажем, а встречу и беседу без сексуального контекста.

На описание воображаемого общения с фотомodelью студентам из обеих групп давалось три минуты. После этого, не убирая с экрана выбранную испытуемым фотографию, экспериментаторы просили студентов описать свои впечатления об учебе в университете. На это "сочинение" давалось десять минут, и именно эти тексты потом анализировались исследователями. Тексты с описаниями воображаемой встречи анализу не подвергались (поскольку соответствующие задания были разными в двух группах испытуемых: одни описывали романтические отношения, другие — нейтральную беседу, и это могло повлиять на частоту употребления редких слов).

Авторы ожидали, что мысли о романтических отношениях с привлекательной особой противоположного пола должны активизировать у студентов инстинктивную программу ухаживания и "сексуальных демонстраций". Это обычная, многократно проверенная методика, направленная на выявление бессознательных психических механизмов. На сознательном уровне испытуемые, конечно, прекрасно

понимали, что в данной ситуации они никого не обольщают и обольстить не могут, да и тема сочинения никак не была связана с предыдущим заданием.

Из сочинений затем удалили слова, входящие в сотню наиболее часто употребляемых (это привело к сокращению текстов на 44 %). Для оставшихся слов подсчитали частоту их встречаемости в стандартной подборке образцов устной и письменной английской речи общим объемом в 100 млн слов. Для каждого сочинения была подсчитана средняя частота встречаемости использованных в нем слов (чем меньше итоговое число, тем больше редких слов в сочинении).

Полученные результаты полностью соответствуют гипотезе о том, что мужчины используют редкие слова в качестве "сексуальной демонстрации". Юноши в целом использовали больше редких слов, чем девушки. Кроме того, после воображаемых романтических отношений с юной фотомodelью юноши употребляли редкие слова значительно чаще, чем после воображаемого общения с пожилой фотомodelью.

Что же касается девушек, то они, наоборот, после воображаемого романа с юным красавцем пользовались более "примитивной" речью, чем после мысленного общения с пожилым мужчиной. Правда, в данном случае результат чуть-чуть не дотянул до уровня статистической значимости ($p = 0,06$). Иными словами, существует шестипроцентная вероятность, что этот результат недостоверен и потому не нуждается в специальных объяснениях. Если же допустить, что он все-таки о чем-то говорит, то возможных объяснений может быть несколько.

1. Согласно теории полового отбора, более активные "сексуальные демонстрации" должны осуществляться тем полом, который вкладывает в потомство меньше ресурсов; у большинства видов, включая человека, этот пол — мужской. Поэтому вполне возможно, что те средства сексуальной мотивации, которые были применены в эксперименте, оказались достаточными для мужчин, но недостаточными для женщин — у них просто не включились инстинктивные программы обольщения.

2. Может быть, пожилые мужчины представлялись девушкам более привлекательными партнерами, чем юные? Авторы считают это маловероятным. Известно, что девушки действительно предпочитают немного более зрелых мужчин, но оптимальная разница в возрасте (с точки зрения среднестатистической девушки) составляет 3,42 года, тогда как "пожилые" фотомодели в эксперименте были старше студенток в среднем на 38 лет. Кроме того, студенток не просили воображать романтические отношения с пожилыми фотомоделями.

3. Наконец, вполне возможно, что девушки на инстинктивном уровне знают, что мужчинам не нравятся слишком умные женщины, и поэтому стараются употреблять меньше умных слов, когда поблизости есть привлекательные особи противоположного пола.

На мой взгляд, последнее объяснение выглядит весьма правдоподобно.

Полученные результаты, конечно, не являются строгим доказательством того, что лингвистическая избыточность развилась исключительно как средство мужских сексуальных демонстраций. Однако они, безусловно, показывают правомерность эволюционного

подхода к данному культурному феномену. Дальнейшие эксперименты должны показать, прослеживаются ли найденные закономерности в других культурах и социальных слоях. Необходимо иметь в виду, что студенты университета — выборка далеко не случайная, в ней заведомо повышена доля лиц с высоким интеллектом, склонных к тому же оценивать партнеров прежде всего по уму. Вполне возможно, что мужчины из других социальных слоев предпочитают иные способы демонстрации своих достоинств.

Эволюционная эстетика

Если эволюционная этика (область эволюционной психологии, занимающаяся происхождением морали и нравственности) (***эволюционной этике посвящена глава "Эволюция альтруизма" в кн. 2***) уже стала признанным научным направлением (28800 результатов поиска в Google по фразе evolutionary ethics), то об эволюционной эстетике широкой публике известно меньше (примерно в три раза, если верить тому же Google). Между тем такое направление тоже существует и успешно развивается.

Любимым объектом специалистов по эволюционной эстетике стали шалашники — птицы, которые ближе всех животных (не считая людей) подошли к тому, что мы называем "настоящим искусством". Самцы шалашников строят изящные беседки из прутьев и украшают их ягодами, цветами, крыльями бабочек, ракушками и другими красивыми предметами, чтобы привлечь самок. Изысканные постройки, сооружаемые самцами шалашников, не выполняют никакой утилитарной функции. Безусловно, они являются своеобразными

"фантазиями на тему гнезда", но в качестве гнезд никогда не используются. В них нельзя укрываться от непогоды, высиживать яйца и растить птенцов. Они нужны только для того, чтобы произвести впечатление на самку, потрясти ее настолько, чтобы она подарила ухажеру свою благосклонность. Самки крайне придирчивы, и возбудить их может только что-то по-настоящему прекрасное. Спаривание происходит в главной галерее разукрашенной беседки: ни в каком другом месте на этой Земле добиться любви самки шалашника невозможно.

Самцу приходится немало потрудиться, чтобы обворожить самку, но его участие в продолжении рода на этом и заканчивается. Все прочие хлопоты — постройка гнезда, высиживание яиц и забота о птенцах — достаются самке, в то время как самец продолжает самозабвенно украшать свое творение и ждать других поклонниц. Иногда самцы шалашников даже раскрашивают свои шалаши соком из раздавленных ягод, пользуясь при этом листьями или кусочком коры как кисточкой. Что называть искусством, если это не искусство?

Неудивительно, что многие эксперты видят в поведении шалашников ключ к разгадке тайны художественного творчества. Вот, например, что пишет Джефффри Миллер в неоднократно упоминавшейся книге "The Mating Mind":

Если бы мы сумели взять у самца атласного шалашника интервью для журнала "Артфорум", он мог бы сказать примерно следующее: "Я нахожу совершенно необъяснимым это непреодолимое влечение к самовыражению, к

игре с цветом и формой только ради них самих. Я не помню, когда впервые ощутил в себе неудержимое желание создавать насыщенные цветовые поля в рамках монументального, но при этом минималистского антуража, но когда я отдаюсь этой страсти, я ясно ощущаю свою связь с чем-то, находящимся вне меня. Когда я вижу красивую орхидею высоко на дереве, я чувствую, что просто обязан ее заполучить. Когда я вижу, что какая-нибудь ракушка в моем творении сдвинута с места, я должен положить ее обратно. Райские птицы (*самцы райских птиц под действием полового отбора обзавелись невообразимо роскошными нарядами. Самое интересное, что райские птицы - ближайшие родственники шалашников. Не исключено, что изощренные вкусы и привередливость самок унаследованы двумя группами птиц от общего предка*) могут отращивать красивые перья, но для этого не нужно обладать эстетическим чувством — только грубым инстинктом тела. То, что самки иногда приближаются ко входу в мою галерею и восхищаются моей работой, — лишь счастливая случайность, и было бы оскорбительно думать, что я творю, чтобы размножаться. Мы живем в постфрейдистскую, постмодернистскую эру, когда грубые сексуальные метанарративы уже неуместны для объяснения наших творческих импульсов". К счастью, шалашники не умеют говорить, и поэтому мы вправе объяснять их искусство половым отбором, не считаясь ни с какими возражениями с их стороны. С

человеческими художниками все несколько сложнее.

Самец шалашника может владеть одной и той же беседкой, постоянно заботясь о ее убранстве, долгие годы (до 20 лет), а после смерти владельца его беседка может перейти "по наследству" другому самцу. Между самцами существует острая конкуренция, выражающаяся в том, что они то и дело воруют друг у друга особо ценные сокровища и пытаются разрушить шалаши соперников. Защита своего творения от вражеских покушений не менее важна для самцов, чем само творчество. Поэтому красота беседки может одновременно служить индикатором художественного вкуса (который, в свою очередь, свидетельствует о полноценно развитом мозге) и демонстрировать силу и хорошее здоровье самца. То и другое в общем случае говорит о "хороших генах", в которых, собственно, и заинтересована самка.

Впрочем, художественные эксперименты животных, напоминающие человеческое искусство, не всегда являются порождением полового отбора, и не всегда их главной целью является привлечение брачных партнеров. Не менее важной функцией подобного творчества может быть информирование соперников о своей силе и статусе, что помогает структурировать взаимоотношения между особями.

В принципе каждой особи полезно знать силу соседей хотя бы для того, чтобы не лезть в драку с заведомо сильнейшим. Но как обеспечить "честность" сигналов? Сильным особям выгодно рекламировать свою силу, чтобы избегать ненужных столкновений: ведь и в драке со слабейшим можно получить травму. Однако

слабым особям честно сообщать окружающим о своей слабости вроде бы незачем. Казалось бы, слабому выгодно пойти на обман: пусть все принимают его за сильного. Конечно, если все слабые начнут украшаться, как сильные, система коммуникации потеряет смысл и просто исчезнет, отсеется отбором. Наверное, так иногда и происходит. В ходе эволюции, по идее, должны сохраняться только такие системы информирования сородичей о собственной силе, в которых обман невозможен или невыгоден. Для этого сигнал должен быть достаточно трудноподделываемым, дорогим, он должен быть слабым "не по карману". Иногда это достигается за счет так называемого социального контроля: вырядившись не по рангу, слабая особь навлекает на себя агрессию заведомо более сильных конкурентов.

Черные коршуны в Испании украшают свои гнезда разными предметами, отдавая предпочтение обрывкам белых пластиковых пакетов. Занимаются они этим уже после формирования семейных пар, причем и строят гнездо, и украшают его оба супруга вместе. Следовательно, это делается не для привлечения брачного партнера.

Испанские орнитологи, в течение многих лет наблюдавшие за большой популяцией коршунов в национальном парке Доньяна, пришли к выводу, что украшения служат "честным" сигналом, информирующим потенциальных конкурентов о силе хозяев гнезда (*Sergio et al., 2011*).

Коршун, не имеющий своего участка, не имеет шансов оставить потомство. Подходящих участков на всех не хватает. "Безземельные" птицы вынуждены

добывать пропитание на чужих участках. Время от времени они нападают на хозяев, чтобы прогнать их и захватить территорию, и иногда им это удается. Драки коршунов бывают весьма жестоки. Кроме того, коршуны иногда воруют друг у друга добычу. Все это создает предпосылки для развития системы информирования сородичей о собственной силе и статусе.

Орнитологи провели ряд экспериментов, чтобы получить ответы на четыре вопроса:

1. Являются ли украшения надежным индикатором силы хозяев гнезда и качества их участка?
2. Реагируют ли другие птицы на украшения выгодным для хозяев образом ?
3. Является ли сигнал "дорогим" и обходится ли он дороже слабым птицам по сравнению с сильными?
4. Пытаются ли коршуны обмануть друг друга?

Для ответа на первый вопрос авторы сопоставили количество украшений в гнезде с качеством участка и возрастом птиц. Оказалось, что молодые птицы практически не украшают своих гнезд и занимают участки похуже. По мере того как птицы взрослеют и крепнут, их участки становятся лучше, а число украшений в гнезде растет. Максимум приходится на возраст 10—12 лет, а затем, по мере старения, число украшений снова снижается. Выяснилось также, что украшенность гнезда положительно коррелирует с числом отложенных яиц и выживших птенцов. Эту зависимость нельзя объяснить тем, что обрывки пакетов улучшают микроклимат в гнезде или приносят еще какую-то пользу яйцам и птенцам. Удаление этих обрывков не влияет на выживаемость; кроме того, если

бы дело было в улучшении качества гнезда, коршуны могли бы использовать пакеты любого цвета — например, зеленые, что способствовало бы маскировке. Исследователи предлагали коршунам на выбор пакеты разных цветов, но птицы всегда выбирали белые, самые броские. Причем брали предложенные пакеты только те птицы, у которых и без того в гнездах было много украшений. Слабые птицы с неукрашенными гнездами игнорировали эти подарки.

Для ответа на второй вопрос авторы сопоставили число "нарушений границ" и нападений чужаков с числом украшений в гнезде. Оказалось, что коршуны реже вторгаются во владения семей с богато украшенными гнездами, чем на участки "бедняков". Стало быть, сигнализация исправно работает в интересах сильных. Об этом свидетельствует и повышенная выживаемость птенцов в "богатых" гнездах. Но что мешает слабым накидать себе в гнездо побольше пакетов и жить припеваючи?

Чтобы выяснить это, исследователи провели два эксперимента. Они сделали несколько десятков поддельных гнезд, половину украсив обрывками белого пластика, а половину оставив без украшений, и положили в них куриные яйца. Коршуны воровали яйца из украшенных гнезд активнее, чем из неукрашенных. Наверное, просто потому, что первые заметнее. Но это все же говорит о том, что за красоту приходится платить определенную цену. Одних украшений мало, для успешной защиты потомства и отпугивания конкурентов нужно что-то еще.

Второй эксперимент состоял в том, что ученые подкладывали обрывки пакетов в гнезда коршунов, и

смотрели, как на это отреагируют их соседи. Соседи отреагировали резким усилением агрессии. Несчастные птицы с украшенными сверх меры гнездами стали подвергаться ожесточенным атакам. При этом только те птицы, которые и до вмешательства имели богато украшенные гнезда, сумели справиться с напастью и ответить на участвовавшие вторжения ростом числа оборонительных атак. Те коршуны, у которых до вмешательства экспериментаторов украшений в гнезде было мало, не смогли дать достойный отпор чужакам. Когда ученые осмотрели гнезда спустя две недели, выяснилось, что большинство "слабых" пар успели за это время избавиться от лишних украшений, а "сильные" оставили их в гнезде.

Таким образом, слабым птицам приходится платить за украшения непомерно высокую цену, что делает обман невыгодным. "Социальный контроль" обеспечивает честность сигнала. Что движет птицами, терроризирующими обладателей чрезмерно украшенного гнезда? Вряд ли они борются за идеалы правды и справедливости. Может быть, они интерпретируют внезапно появившиеся дополнительные украшения как сигнал о том, что качество участка почему-то вдруг выросло, а значит, за этот участок стоит побороться, и уж во всяком случае там можно как следует пожить.

Но кое-что тут все-таки непонятно. С одной стороны, пакеты вроде бы отпугивают соперников, с другой — чрезмерное количество пакетов дает противоположный эффект. Получается, что коршуны и без пакетов в состоянии оценить силу владельцев гнезда. Зачем тогда вообще нужна эта система "пакетной" коммуникации?

Подобная ситуация сплошь и рядом встречается у людей. Я имею в виду знаки отличия, которые запрещено присваивать, не имея соответствующего статуса. Например, древнеримские сенаторы имели право носить тогу с широкой пурпурной полосой. Если такую тогу напялил бы простолудин, это расценивалось бы как преступление. Конечно, многие граждане знали сенаторов в лицо. И кто-то наверняка знал самого обманщика. Поэтому обман непременно вышел бы наружу. Но лично знали сенаторов (или обманщика) далеко не все. Та часть населения, которая и без знаков отличия знала, кто сенатор, а кто нет, обеспечивала "честность сигнала". Благодаря этому остальные — те, кто не знал в лицо сенаторов, — могли положиться на сигнал, не обременяя свою память.

Может быть, и у птиц так же. Возможно, каждый коршун знает лишь нескольких своих соседей, и если он заметит обман, то обязательно полетит на чужой участок — хотя бы для того, чтобы проверить, что такое стряслось со слабыми соседями и почему они вдруг повели себя так вызывающе. Можно еще предположить, что нарушение границ одними коршунами наглядно информирует других о слабости хозяев участка. Это делает обман невыгодным. Таким образом, благодаря знанию некоторыми птицами истинного статуса каждого коршуна все остальные птицы могут спокойно положиться на пакеты. Наличие сигнала позволяет каждому коршуну не знать лично всех птиц в популяции. Знание оказывается распределенным по популяции: каждая птица хранит в голове лишь небольшую его часть.

Социальный контроль может иметь место и у тех видов, которые, в отличие от коршунов и подобно

шалашникам, пользуются украшениями для привлечения брачных партнеров. В этом случае половой отбор будет выступать в роли дополнительного фактора, подталкивающего самцов к "обману". Тем не менее социальному контролю и в этой ситуации обычно удастся обеспечивать "честность" сигнала. У видов с развитым социальным контролем только доминантные самцы из всех сил наряжаются и распушают хвосты, а слабые ведут себя скромнее, чтобы избежать агрессии со стороны сильнейших соперников. Пример такого поведения у рыбки аstatотилипии мы рассмотрим в главе "В поисках душевной грани" (кн. 2). Положительная корреляция между яркостью нарядов самцов и их социальным статусом обнаружена у ящериц, диких кур, колюшек и других животных. Если слабый самец нарядится слишком ярко, не по рангу, то есть попытается обмануть самок, он рискует получить хорошую взбучку от других самцов. До тех пор пока ущерб от драк с более сильными самцами превышает выигрыш от дезинформирования самок, отбор будет благоприятствовать честным самцам, которые наряжаются в строгом соответствии со своим социальным статусом.

Существует ли "социальный контроль" у шалашников? Чтобы ответить на этот вопрос, Натали Дерр из Калифорнийского университета в Санта-Барбаре в течение пяти лет наблюдала за двумя популяциями больших серых шалашников *Ptilonorhynchus nuchalis* в Северо-Восточной Австралии (Doerr, 2010).

Первая популяция обитает в окрестностях городка Таунсвилл, вторая — в малонаселенной сельской местности возле станции Дрегхорн. Живя вблизи людей, шалашники получили доступ к невиданным сокровищам.

Птиц пленили красные кольца — будь то резинки для волос или колечки от пластиковых бутылок (***привлечение самок при помощи красных колец не чуждо и людям. "Связывай кольца красные, Сигурд, долго тревожиться конунг не должен! Знаю, есть дева — золотом убрана, прекрасна лицом — твоей быть могла бы"*** ("Старшая Эдда", перевод А. Корсуна)). Дошло до того, что красные кольца стали лучшим предиктором копуляций. Чем больше красных колечек в убранстве беседки, тем чаще самки оказываются благосклонны к ее хозяину. Кусочки красной проволоки тоже очень нравятся большим серым шалашникам. Из естественных украшений они любят белые камушки, раковины улиток, зеленые ягоды. Таунсвиллским шалашникам легче найти изготовленные человеком сокровища, чем их дрегхорнским сородичам, поэтому у первых в убранстве беседок часто встречаются человеческие изделия, а у вторых преобладают "дары природы".

В ходе экспериментов Дерр убирала все красные проволоочки и кольца из беседок, а взамен предлагала каждому самцу большой запас аналогичных украшений собственного изготовления — красных и желтых проволоочек, нарезанных из купленного в местных магазинах провода, и колечек, свитых из него же. Большие серые шалашники презирают желтый цвет. Желтые украшения добавлялись в набор, чтобы убедиться, что птицы активно сортируют предложенные им сокровища и выбрасывают ненужные. Свое подношение исследовательница оставляла на "главном дворе" беседки (это площадка перед входом, выложенная белыми камушками, где самцы раскладывают большинство украшений). Украшение

считалось "принятым", если самец размещал его менее чем в метре от беседки, и "отвергнутым", если он отбрасывал его на большее расстояние.

Шалашники с восторгом приняли красные украшения и брезгливо выкинули желтые. О том, что изделия Дерр пришлись по вкусу шалашникам, свидетельствуют следующие факты: во-первых, самцы располагали подарки на самых видных местах, в том числе вешали на стены беседки; во-вторых, они активно показывали их самкам во время ухаживания; в-третьих, облагодетельствованные исследовательницей самцы спаривались с самками намного чаще, чем контрольные, не получившие подарков. Из последнего вытекает, что красные колечки и проволоочки очаровали не только самцов, но и самок.

Каждый самец взял все или почти все предложенные ему красные колечки и проволоочки. Никакой корреляции между украшенностью беседки до начала эксперимента и количеством принятых подарков не обнаружилось. В результате количество колечек и проволочек в убранстве всех экспериментальных беседок выросло во много раз. Этот результат явно противоречит гипотезе "социального контроля". Если бы слабые самцы ограничивали полет своей творческой мысли, чтобы не навлечь на себя гнев более сильных конкурентов, то можно было бы ожидать, что некоторые птицы (например, те, у которых беседки изначально были поскромнее), отвергнут хотя бы часть новых украшений. Этого, однако, не произошло.

Между тем чрезмерное украшательство беседок не остается безнаказанным. В таунсвиллской популяции те самцы, у которых изначально было меньше красных

колец и проволочек, после получения подарков стали жертвами усиленного воровства и вандализма со стороны соперников. Дерр также обнаружила, что между числом украшений (до экспериментального вмешательства) и способностью хозяина беседки защищать свои сокровища от воров существует прямая связь. Иными словами, кто успешнее защищается от воров, у того и больше сокровищ. Поэтому несмотря на то, что слабые самцы нисколько не скромничают, количество украшений в конечном счете все равно оказывается надежным показателем силы и здоровья хозяина беседки.

Почему же слабые самцы не отказываются от украшений, рискуя привлечь воров и вандалов, от которых не смогут защититься? Дерр предполагает, что это объясняется "экстрасоматическим", то есть внешним, характером брачных демонстраций у шалашников. Колюшки, куры, ящерицы и другие животные, для которых характерен "социальный контроль" брачного наряда, носят свои украшения на себе, и поэтому гнев конкурентов может угрожать их здоровью и даже жизни. У шалашников украшения "внешние", поэтому и риск не так велик: ведь соперники нападают только на беседку, а не на ее хозяина. Украденные драгоценности можно заменить, да и беседку, в конце концов, можно построить новую. В итоге выгода, получаемая самцом от дополнительных украшений, перевешивает вред от усиленного воровства, и поэтому естественный отбор не благоприятствует развитию скромного поведения у этого вида шалашников.

У коршунов, о которых говорилось выше, причины для "скромности" более веские. Во-первых, коршуны украшают не беседку, построенную "для красоты", а функциональное гнездо, где сначала находятся яйца, а

потом птенцы. Это не то, чем можно понапрасну рисковать. Во-вторых, драки между коршунами опаснее и кровопролитнее, чем драки воробьиных птиц. В третьих, коршуны меньше выигрывают от "обмана", ведь они не используют украшения для привлечения партнеров.

Во второй (дрегхорнской) популяции шалашников, где красные кольца и проволочки — большая редкость, поведение самцов оказалось несколько иным. Здесь подаренные украшения тоже стимулировали рост воровства, но это происходило вне зависимости от того, сколько украшений было у самца до получения подарков. Если в Таунсвилле воровали больше у бывших бедняков, чем у богачей, то в Дрегхорне воровали одинаково у всех самцов, получивших подарки. Кроме того, попытки разрушить беседки самцов, получивших подарки, не участились, как в Таунсвилле, а, наоборот, стали реже. По-видимому, редкость красных украшений придавала им особую ценность в глазах драгхорнских самцов, и поэтому они вкладывали больше сил в воровство, чем в вандализм. Различия могут объясняться и тем, что эстетические предпочтения шалашников иногда варьируют не только между видами, но и между популяциями. Будем надеяться, что Натали Дерр и другие орнитологи продолжат свои исследования, которые, возможно, помогут нам лучше понять не только шалашников, но и самих себя.

Коршуны предпочитают белый пластик. Шалашникам нравятся красные кольца, разноцветные ягоды и камушки, цветы, крылья бабочек и красивые ракушки. Древние люди, впервые приобщившиеся к такому поведению 70 тыс. лет назад или немного раньше, сошлись во вкусах с шалашниками: им нравились ракушки (см. главу "От эректусов к

сапиенсам"). Подобно шалашникам, наши предки подбирали их по цвету. Каковы были их мотивы — как у шалашников или скорее как у коршунов, — мы пока не знаем. Возможно, преследовались обе цели одновременно.

Красота, симметрия и сверхстимулы

Почему одни вещи кажутся нам красивыми (то есть при взгляде на них нейроны мозга выделяют эндорфины и мы испытываем удовольствие), а другие нет?

Свойственное людям "чувство прекрасного" — сложное явление, складывающееся из нескольких разнородных элементов. С красотой человеческого тела все более или менее понятно: как правило, мы считаем красивыми в людях такие внешние признаки, которые свидетельствуют о высоком "качестве генов" и позволяют предположить, что у этого человека будет здоровое, крепкое потомство. Люди, которым не нравились такие признаки, у которых не выделялись эндорфины при взгляде на них, выбирали себе неудачных брачных партнеров. В результате гены "эстетической тупости", "непонимания красоты" и "безвкусицы" отсеивались отбором. Тема эстетических предпочтений при выборе брачного партнера подробно раскрыта в книге М. Л. Бутовской "Тайны пола" (2004).

Нет ничего удивительного в том, что нам может нравиться отдельный признак в отрыве от целого. Наш мозг не сразу собирает целостный образ из сигналов, приходящих от глаз в затылочные доли мозга. Сначала он выделяет в этих сигналах именно отдельные признаки: вертикальные и горизонтальные контуры,

движение, новизну. Лишь потом из всего этого собирается цельная картинка — модель реальности, которая опять-таки может анализироваться и оцениваться по частям (подробнее см. в книге К. Фрита "Мозг и душа").

Одним из надежных "индикаторов приспособленности" человека и других животных является симметричность. Чем симметричнее лицо и тело, тем, как правило, крепче здоровье индивида и меньше вредных мутаций в его генах. Многочисленные эксперименты показали, что симметрия лица и тела — важнейший фактор, влияющий на оценку красоты и сексуальной привлекательности. Чем симметричнее лицо, тем оно кажется нам красивее. Возможно, поэтому нас привлекают и кажутся красивыми симметричные предметы, особенно если эта симметрия достаточно изощрена и чуть-чуть несовершенна, как, например, у снежинок. Стоит ли удивляться, что симметрия стала одним из основополагающих мотивов изобразительного искусства.

Любовь к симметрии, похоже, зародилась очень давно. На эту мысль наводит форма ашельских рубил — бифасов. Зачем наши предки тратили столько лишних усилий, придавая своим каменным ножам такие правильные, симметричные очертания? Это трудно объяснить функциональностью. Ножу не обязательно быть симметричным, чтобы успешно справляться со своими функциями. Нож — он и есть нож, был бы острый кончик да режущий край. Бифасы по своей форме немного напоминают клыки хищников — не они ли и послужили прообразом? Но клыки обычно изогнуты, а бифасы прямые; по-видимому, мастера пытались придать им правильную двустороннюю симметрию. Некоторые

эксперты предполагают, что совершенство формы рубила могло служить чем-то вроде "индикатора приспособленности" для эректусов и гейдельбержцев, и даже поддерживаться половым отбором.

Еще одна эволюционная концепция, помогающая понять природу чувства прекрасного, — это идея "сенсорного смещения", или "сенсорного драйва". В ходе эволюции отбор подстраивает сенсорное восприятие животных под нужды выживания. Органы чувств и отделы мозга, занятые анализом поступающих от этих органов сигналов, настраиваются так, чтобы быстрее выделять информацию, значимую для выживания и размножения. Сенсорное восприятие не может быть абсолютно объективным и избирательным: это было бы крайне неэффективно и расточительно.

Любое животное реагирует на одни стимулы острее, чем на другие. "Энергичность реакции" основана на мотивации, а мотивация у животных неотделима от эмоций. Если мы хотим манипулировать эмоциями какого-нибудь животного (например, человека), следует предъявлять ему такие стимулы, на которые его мозг в ходе эволюции приспособился реагировать наиболее бурно. Этим "пользуются", например, некоторые рыбы-цихлиды африканских озер: самцы этих видов в ходе эволюции окрашиваются в такие цвета, которые лучше всего воспринимаются фоторецепторами (светочувствительными клетками сетчатки) данного вида рыб, а цветовое восприятие цихлид подстраивается к глубине обитания, прозрачности воды и диете. Другой пример, про бабочек и цветы, упомянут в книге "Рождение сложности": возможно, крылья дневных бабочек окрашены столь ярко, потому что глаза их потенциальных брачных партнеров миллионы лет

приспосабливались высматривать яркие цветы — источники нектара.

Часто максимального эффекта удастся достичь, предъявив стимул, преувеличенный по сравнению с реальностью, — так называемый сверхстимул.

Вы легко поймете, что такое "сенсорное смещение" и "сверхстимул", если иногда собираете ягоды в лесу. Попробуйте после целого дня, проведенного за сбором брусники, закрыть глаза — какой образ тотчас предстанет перед вашим мысленным взором? Не знаю, как вы, а я в такой ситуации всегда вижу самый обсыпной, самый великолепный ягодный куст с такими крупными и яркими ягодами, каких и в природе-то не бывает. Это идеальный образ моей цели — того, что напряженно выискивали мои глаза целый день. С этим образом мой мозг сравнивал реальные кусты, оценивая степень их соответствия образу, чтобы решить, стоит ли нагибаться. И он кажется таким реальным, таким настоящим, что психологические корни идеализма перестают выглядеть такими уж непонятными. Следующий вопрос: если бы вы хотели произвести на меня в этот момент самое сильное впечатление, какой стимул следовало бы мне предъявить? Я думаю, что "сверхкуст со сверхягодами", настоящий или нарисованный, подошел бы в самый раз.

Преувеличенные черты женственности у "палеолитических венер" — это, конечно, сверхстимулы. При взгляде на них у палеолитических мужчин выделялись эндорфины, окситоцин и прочие гормоны (см. главу "Генетика души", кн. 2). Самцам было приятно, и социальный статус художника рос как на дрожжах. Эти черты могли играть и какую-то другую роль —

символизировать плодородие, например — но быть сверхстимулами они от этого не переставали.

К числу значимых могут относиться самые разные сигналы. В том числе несущие информацию о чем-то новом, необычном. Что ж, и это проявляется в нашем искусстве. Художники из кожи вон лезут, стараясь удивить зрителей, преподнести им что-то неожиданное. Это приводит к выделению эндорфинов в мозге зрителей, и они говорят: "Ах, какой художник!", повышая тем самым репутацию и социальный статус творца.

Эндорфины выделяются и при стрессе, и при легком испуге. Может быть, поэтому палеолитическим художникам казались прекрасными (да и нам кажутся) не только крупные травоядные животные — потенциальная добыча, напоминание о волнительных сценах охоты, — но и силуэты опасных хищников.

Чувство прекрасного: опасная иллюзия или ариаднина нить?

Верно говорят (вслед за С.Я. Надсоном и Ф.Г. Раневской), что красота — это страшная сила. Ведь она воздействует на эмоции, а значит, может непосредственно влиять на мотивацию поведения, формировать потребности. Произведения искусства, любые "эстетически нагруженные" объекты или идеалы могут управлять нашим мышлением, влиять на решения, манипулировать поступками.

Может быть, именно поэтому мы часто пытаемся усмотреть строгий порядок, закономерность, симметрию, гармонию, красоту даже там, где их наверняка нет.

Недостаточно утонченное и слишком прямолинейное "чувство прекрасного" в сочетании с общим невежеством и гипертрофированным ЧСВ непременно заводит мыслителя в тупик. Хрестоматийный пример — неприятие идеи о том, что планеты движутся по эллиптическим орбитам, на том основании, что "круг совершеннее эллипса". В наличие спутников у Юпитера кое-кто тоже долго не хотел верить: считалось, что планет (то есть небесных тел, движущихся на фоне неподвижных звезд), должно быть ровно семь, ибо семерка — самое "гармоничное" число.

Впрочем, далеко не всегда этот путь ведет к заблуждениям. Существует одно очень правильное, на мой взгляд, направление философской мысли, которое называется эволюционная эпистемология. Суть его в следующем. Животные, одолеваемые нелепыми иллюзиями, при прочих равных должны проигрывать в конкуренции животным, строящим более адекватные модели реальности. Совсем уж дурацкие способы мышления должны отсеиваться отбором. Поэтому если в нас сидит что-то настолько сильное и глубокое, как "чувство прекрасного", то оно, скорее всего, не является полным вздором. В принципе, конечно, оно может быть всего-навсего побочным продуктом (не обязательно полезным) каких-то иных, более важных психологических адаптаций (например, связанных с выбором брачного партнера). Но есть и весьма серьезные основания надеяться, что в поисках адекватного миропонимания оно чаще помогает нам, чем мешает. Например, многие математики и физики на полном серьезе считают, что симметрия, красота, гармония — довольно неплохие "критерии истины", и совсем не так уж глупо использовать их в качестве ориентиров при решении

самых сложных физических и математических проблем. Этой теме посвящена недавно вышедшая на русском языке книга математика Иэна Стюарта "Истина и красота. Всемирная история симметрии" (2010).

В такой Вселенной, как наша, где возможно формирование (самоорганизация, самосборка) сложных упорядоченных структур, постоянно происходит отбор на устойчивость. Он затрагивает не только материальные объекты, но и законы их развития и поведения. Неустойчивые структуры разрушаются, устойчивые — сохраняются и накапливаются. Если какая-то из этих структур приобретает вдобавок еще и способность к самокопированию (репликации), то при соблюдении нескольких дополнительных условий возникает жизнь и начинается дарвиновская эволюция. Похоже на то, что симметричные, гармоничные, то есть эстетически привлекательные с нашей точки зрения, структуры в среднем (при прочих равных) оказываются более устойчивыми по сравнению с объектами некрасивыми, лишенными симметрии. Если так, то Вселенная действительно должна быть наполнена сложной, утонченной и во многом еще не познанной красотой, и мы правильно делаем, что пытаемся ее найти.

На этой оптимистической ноте заканчивается первая часть книги. Здесь мы познакомились с базовыми фактами, которые помогут нам во второй части сделать еще несколько шагов к пониманию природы человека. Нам пора подумать о душе. Пока мы к ней лишь едва прикоснулись. Эволюционному душеведению, или, пользуясь более привычным термином, эволюционной психологии, посвящена вторая часть книги.

Справочные таблицы

Данные, приведенные в таблицах, не следует воспринимать как "истину в последней инстанции". Многие датировки можно указать лишь приблизительно. Между антропологами существуют разногласия по поводу отнесения некоторых находок к тому или иному виду. Из-за этого датировки "плывут". Родственные связи тоже во многих случаях являются предметом дискуссий. Более подробные сведения об упомянутых в таблицах видах гоминид и этапах культурной эволюции приведены в тексте. Детальная справочная информация доступна на сайте <http://antropogenez.ru>.

ИСКОПАЕМЫЕ ГОМИНИДЫ, УПОМЯНУТЫЕ В ТЕКСТЕ

Вид	Другие названия, прозвища отдельных представителей	Возраст находок (млн лет назад)	Предполагаемые родственные связи	Страница
Древнейшие гоминиды				
<i>Sahelanthropus chadensis</i>	Тумай	7	Близок к общему предку гоминид и шимпанзе (и гориллы?)	65-67, 71, 73, 75, 76, 172
<i>Orrorin tugenensis</i>	Человек миллениума	6	Близок к общему предку гоминид	64, 67, 68, 71, 73, 75, 76, 172
<i>Ardipithecus kadabba</i>		5.5	Предок <i>A. ramidus</i>	60, 73, 76, 83-84, 91, 95, 96
<i>A. ramidus</i>	Арди	4.4	Потомок <i>A. kadabba</i> , предок австралопитеков	60, 72-79, 80, 81, 83-84, 91, 93, 106, 108, 114, 172
Грацильные австралопитеки				
<i>Australopithecus anamensis</i>		4.2–3.9	Потомок ардипитеков, предок позднейших австралопитеков	60, 73, 75, 77, 78, 79, 81, 106-116, 131
<i>A. afarensis</i>	Люси, "дочка Люси", Большой человек	4.0–2.9	Потомок <i>A. anamensis</i> , предок других грацильных австралопитеков	17, 60, 71, 73, 75, 77, 78, 79, 81, 95, 106-116, 131, 132, 134, 136, 138, 141, 149, 173, 175
<i>A. africanus</i>	"Ребенок из Таунга"	3.3–2.4	Потомок <i>A. afarensis</i>	17, 60, 73, 75, 77, 78, 79, 81, 101, 106-116, 120, 122, 127, 131, 136, 137, 139, 140, 141
<i>A. garhi</i>		2.5	Потомок <i>A. afarensis</i>	60, 73, 75, 77, 78, 79, 81, 95, 106, 117, 131, 133, 135, 137, 141, 149

<i>A. sediba</i>		1,9	Потомок <i>A. africanus</i>	60, 73, 75, 77, 78, 79, 81, 95, 106, 117, 131, 136-140, 141
<i>Kenyanthropus platyops</i>		3,5	? Боковая ветвь грацильных австралопитеков ? Предок <i>H. rudolfensis</i>	108, 131, 136, 137, 141, 143
Парантропы, или массивные австралопитеки				
<i>Paranthropus aethiopicus</i>		2,5	Потомки грацильных австралопитеков;	117-127
<i>P. robustus</i>		1,9-1,2	тупиковая ветвь	117-127, 160
<i>P. boisei</i>	Зинджантроп, «Щелкунчик»	2,3-1,2		117-127, 160
Ранние <i>Homo</i>				
<i>Homo habilis</i>		2,3-1,5	Потомки грацильных австралопитеков; предки <i>H. erectus</i>	134, 136, 137, 139, 140, 141, 142, 144, 147, 149, 150, 151, 160, 161, 163, 177, 196, 197, 198, 199, 200, 203, 223, 374
<i>H. rudolfensis</i>		2,3-1,5		134, 136, 137, 140, 141, 145, 337
Архантропы				
<i>H. erectus</i> (в широком смысле)	Ранние африканские представители иногда выделяются в вид <i>H. ergaster</i> ; "люди из Дманиси" — в вид <i>H. georgicus</i> ; северокитайские представители — синантропы и др.	1,9-0,4-?0,05	Потомки ранних <i>Homo</i> ; предки <i>H. antecessor</i> , <i>H. heidelbergensis</i>	37, 111, 136, 137, 139, 140, 144, 151, 158, 160-170, 173, 176-181, 182, 183, 184, 186, 188, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 205, 209, 210, 221, 236, 301, 307, 310, 330, 334, 337, 341, 374

<i>H. antecessor</i>		1,1–0,8	Потомок <i>H. erectus</i> . Возможно, должен быть объединен с <i>H. heidelbergensis</i>	194, 209-211
<i>H. heidelbergensis</i> (в широком смысле)		0,8–0,13	Потомок <i>H. erectus</i> , предок <i>H. neanderthalensis</i> и <i>H. sapiens</i>	137, 205, 209, 210, 211, 212, 216-219, 221, 236, 256, 288, 296, 305, 334, 375, 442
Поздние <i>Homo</i>				
<i>H. floresiensis</i>	"Хоббит" с острова Flores	0,095–0,012	Потомок <i>H. erectus</i>	177, 182-200
<i>H. neanderthalensis</i>		0,2–0,028	Потомок <i>H. heidelbergensis</i>	19, 118, 119, 137, 162, 165, 182, 185, 193, 194, 200, 206, 209, 210, 219, 221, 222, 224, 225, 226, 237, 238, 239, 241, 256, 261, 262, 287-337, 341, 342, 344, 347, 355-358, 359, 360, 362, 364, 365, 369, 370, 371, 373
Денисовский человек		0,05	Потомок <i>H. heidelbergensis</i>	236, 262, 292, 325-337, 341, 343
<i>H. sapiens</i>		0,2–0,0	Потомок <i>H. heidelbergensis</i>	13, 16 и далее по всему тексту

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ПАЛЕОЛИТИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ

Этап		Время (млн лет назад) и место появления	Характерные признаки	Страница
Нижний палеолит	Олдувай	2,6; Восточная Африка	Оббитые гальки; примитивные отщепы случайной формы	150, 151, 157, 159, 173, 174, 179, 188, 203–205, 211, 216, 375
	Ашель	1,7; Восточная Африка	Орудиям начинают целенаправленно придавать форму; обоюдоострые ручные рубила (бифасы)	161, 173, 174, 204–206, 210–212, 216, 218, 256, 442
Средний палеолит		0,2; Европа, Африка, Западная и Центральная Азия	Разнообразные орудия из предварительно подготовленных отщепов, леваллуазское расщепление	Южноафриканские культуры стилбей и ховьесонс пурт 218–227, 238–246, 364; мустьерская культура европейских неандертальцев 289, 292, 314, 370
Верхний палеолит		0,04; Европа, Западная и Центральная Азия	Костяные орудия (в т. ч. иглы), украшения, живопись, скульптура, музыкальные инструменты	Шательперронская культура поздних неандертальцев 307–308, 311, 314; ориньякская культура первых европейских сапиенсов 308, 311, 314, 357, 364–371, 373

Список литературы

Источники на русском языке:

Антропогенез.ру (<http://antropogenez.ru>) — превосходный научно-популярный портал, созданный ведущими отечественными антропологами.

БЕРЕЗКИН Ю. Е. 2007. *Мифы заселяют Америку. Ареальное распределение фольклорных мотивов и ранние миграции в Новый Свет.* М.: ОГИ.
[http://www.twirpx.com/file/259769 /](http://www.twirpx.com/file/259769/)

БОРИНСКАЯ С. А., ХУСНУТДИНОВА Э. К. 2002. *Этногеномика: история с географией* // Человек. № 1 . С . 1 9 — 3 0 .
<http://www.vigg.ru/humangenome/publicat/borinsks.html>

БОРИНСКАЯ С. А., ЯНКОВСКИЙ Н. К. 2006. *Люди и их гены.* М.: Век 2. <http://elementy.ru/lib/430715>

БОРИСОВ Н.М., ВОРОБЬЕВ Ф. Ю., ГИЛЯРОВ А. М. и др. 2010. *Доказательства эволюции*, <http://evolbiol.ru/evidence.htm> **БУРЛАК С. А. 2011.** *Происхождение языка.* М.: Corpus.

БУТОВСКАЯ М. Л. 2004. *Тайны пола. Мужчина и женщина в зеркале эволюции.* Фрязино: Век 2.
<http://www.evolbiol.ru/butovskaya.htm>

ВИШНЯЦКИЙ Л. Б. 2010. *Неандертальцы: история несостоявшегося человечества.* СПб.: Нестор-История.

ВОНГ К. 2005. *Самый маленький человек* // В мире наук . № 5 .
<http://www.sciam.ru/2005/5/paleoantology.shtml>

ДАРВИН Ч. *Происхождение человека и половой отбор*. <http://evolbiol.ru/darwinman/index.html>

ДЕРЕВЯНКО А. П. 2005. *Человек идет по свету* // Наука из первых рук. № 1 (4). С. 18—26. <http://macroevolution.narod.ru/derevjanko.htm>

ДЕРЕВЯННО А. П., ШУНЬКОВ М. В., АГАДЖАНИЯН А. К. и др. 2003. *Природная среда и человек в палеолите Горного Алтая. Условия обитания в окрестностях Денисовой пещеры.* // Новосибирск: Изд-во ин-та археологии и этнографии СО РАН. <http://evolbiol.ru/deniska.htm>

ДЖОХАНСОН Д., ИДИ М. 1984. *Люси: истоки рода человеческого*. М.: Мир. <http://www.setaria.narod.ru/lusi/lusi.htm>

ДОБРОВОЛЬСКАЯ М. В. 2005. *Человек и его пища. Пищевые специализации и проблемы антропогенеза*. М.: Научный Мир. <http://www.evolbiol.ru/dobrovols.htm>

ДРОБЫШЕВСКИЙ С. В. 2007. *Эволюция мозга человека: Анализ эндокраниометрических признаков гоминид*. М.: КомКнига.

Д Р О Б Ы Ш Е В С К И Й С . В . 2002—2010. *Предшественники. Предки?* ч. I—VI.

ДРОБЫШЕВСКИЙ С. В. 2010. *Достающее звено* (электронная публикация на портале Антропогенез.ру). <http://antropogenez.ru/zveno/>

ЖУКОВ Д. А. 2007. *Биология поведения*. СПб.: Речь, <http://elementy.ru/lib/431080>

ЗАХАРОВ И. А. 2003. *Центральноазиатское происхождение предков первых американцев* // Первые

американцы. № 11. С. 139 — 144.
http://www.evolbiol.ru/zaharov_indians.htm

ЗОРИНА З. А., СМИРНОВА А. А. 2006. *О чем рассказали "говорящие" обезьяны.* М.: Языки славянских культур.

КОЛЧАНОВ Н.А. 2004. *Ловчие сети эволюции* // Наука из первых рук. № 0.
http://evolbiol.ru/npr_kolchanov.pdf

КОЛЧАНОВ Н. А., СУСЛОВ В. В. 2006. *Кодирование и эволюция сложности биологической организации* http://evolbiol.ru/r_kolchanov.htm

КОЧЕТКОВ А В. И. 1973. *Палеоневрология.* М.: Изд-во Моск. ун-та.

КРИВОШАПКИН А. И. 2005. *Недостающее звено?* // Наука из первых рук. № 1 (4). С. 27—29.
<http://evolbiol.ru/krivoshapkin.htm>

КУЛИКОВ А. М., МАРКОВ А. В. 2009. *Иммунная система, стресс и видообразование: звенья одной цепи?* // Природа. № 10. С. 11 — 17.
http://evolbiol.ru/large_files/kulikov2009.pdf

ЛОПАТИН А. В. 2010. *Сателлитное поведение как часть адаптивного становления рода Ното* // Вестник Московского университета. Серия XXIII. Антропология. №2. С. 36—43.

МАРКОВ А. В. 2010. *Рождение сложности. Эволюционная биология сегодня: неожиданные открытия и новые вопросы.* М.: Corpus.

Массовое вымирание крупных животных в конце плейстоцена (обзор на сайте Проблемы эволюции"). <http://evolbiol.ru/pleist.htm>

МЕДНИКОВ А М. Б. 2007. *Неизгладимые знаки. Татуировка как исторический источник.* М.: Языки славянских культур.

ОППЕНГЕЙМЕР С. 2004. *Изгнание из Эдема. Хроники демографического взрыва.* М.: Эксмо.

РЕЗНИКОВА Ж. И. 2005. *Интеллект и язык животных и человека. Основы когнитивной этологии.* М.: Академкнига.

РЕЗНИКОВА Ж. И. 2009. *Когнитивное поведение животных, его адаптационная функция и закономерности формирования* // Вестник НГУ. Серия: Психология. Т. 3. Вып. 2. <http://www.reznikova.net/Psy09.pdf>

СТЮАРТ И. 2010. *Истина и красота. Всемирная история симметрии.* М.: Corpus.

ТРУТ Л. Н. 2007. *Обретет ли человек нового друга ?* // П р и р о д а . № 6 . http://vivovoco.astronet.ru/W/JOURNAL/NATURE/06_07/INST-2.HTM

ФРИТ К. 2010. *Мозг и душа.* М.: Corpus.

ЭЙДЕЛЬМАН Н.Я. 1970. *Ищу предка.* М: Молодая гвардия. <http://evolbiol.ru/eideli.htm>

Иностранные источники:

ALEMSEGED Z., SPOOR F., KIMBEL W. H., ET AL. 2006. *A juvenile early hominin skeleton from Dikika, Ethiopia* // Nature. V 443. P. 296—301.

ALPERSON-AFIL N., SHARON G., KISLEV M., ET AL. 2009. *Spatial Organization of Hominin Activities at Gesher Benot Ya'aqov, Israel* // Science. V 326. P. 1677.

ANIKOVICH M.V., SINITSYN A. A., HOFFECKER J. F., ET AL. 2007.*Early Upper Paleolithic in Eastern Europe and Implications for the Dispersal of Modern Humans* || Science. V 315. P. 223—226.

***Ardipithecus ramidus*.** Специальный выпуск журнала Science от 02.10.2009. <http://www.sciencemag.org/ardipithecus/>

ARMITAGE S. J., JASIM S. A., MARKS A. E., ET AL. 2011.*The Southern Route "Out of Africa": Evidence for an Early Expansion of Modern Humans into Arabia* || Science. V. 331. P. 453—456.

BARKER T. C. M., KUNZLER R., MAZZI D. 1999.*Condition-related mate choice in sticklebacks* || Nature. V. 401. P. 234.

BALTER M. 2010.*Score One for Hunting at Olduvai* || Science. V 329. P. 1464—1465.

BENNETT M.R., HARRIS J.W. K., RICHMOND B.G., ET AL. 2009. *Early Hominin Foot Morphology Based on 1 Million-Year-Old Footprints from Ileret, Kenya* || Science. V 323. P. 1197—2001.

BERGER L. R., CLARKE R.J. 1995.*Eagle involvement in accumulation of the Taung child fauna* || J Hum Evol. V. 29. P. 275—299.

BERGER L. R. 2006.*Predatory Bird Damage to the Taung Type-Skull of Australopithecus africanus Dart 1925* || American Journal of Physical Anthropology V 131. P. 166—168.

BERGER L. R., DE RUITER D.J., CHURCHILL S. E., ET AL. 2010.*Australopithecus sediba: A New Species of*

Homo-Like Australopith from South Africa // Science. V 328. P. 195—204.

BOWLER J. M., JOHNSTON H., OLLEY J. M., ET AL. 2003. *New ages for human occupation and climatic change at Lake Mungo, Australia* // Nature. V 421. P. 837—840

BROWN P., ET AL. 2004. *A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia* // Nature. V431. P. 1055—1061

BRUMM A., AZIZ R, VAN DEN BERGH G. D., ET AL. 2006. *Early stone technology on Flores and its implications for Homo floresiensis* // Nature. 2006. V 441. P. 624—628.

BURBANO H. A., HODGES E., GREEN R. E., ET AL. 2010. *Targeted Investigation of the Neandertal Genome by Array-Based Sequence Capture* // Science. v 328. p. 723—725.

CANN R. L., STONEKING M., WILSON A. C. 1987. *Mitochondrial DNA and human evolution* // Nature. V 325. P. 31—36.

CARBONELL E., BERMUDEZ DE CASTRO J.M., ARSUAGA J. L., ET AL. 1995. *Lower Pleistocene hominids and artifacts from Atapuerca-TD6 (Spain)* // Science. V. 269. P. 826—830

CARBONELL E., BERMUDEZ DE CASTRO J.M., PARES J. M., ET AL. 2008. *The first hominin of Europe* // Nature. V 452. P. 465—470.

CONARD N.J. 2009. *A female figurine from the basal Aurignacian of Hohle Fels Cave in southwestern Germany* // Nature. V 459. P. 248—252.

CONARD N. J., MALINA M., MUNZEL S. C. 2009.*New flutes document the earliest musical tradition in southwestern Germany* // Nature. V. 460. P. 737—740.

COX M. P., MENDEZ R L., KARAFET T. M., ET AL. 2008.*Testing for Archaic Hominin Admixture on the X Chromosome: Model Likelihoods for the Modern Human RRM2P4 Region From Summaries of Genealogical Topology Under the Structured Coalescent* // Genetics. V 178. P. 427—437.

CULOTTA E. 2006.*How the Hobbit Shrugged: Tiny Hominids Story Takes New Turn* // Science. V. 411. P. 983—984.

DART R. A. 1925.*Australopithecus africanus: the man-ape of South Africa* // Nature. V 115. P. 195—199.

DEMENOCAL P. B. 2004.*African climate change and faunal evolution during the Pliocene — Pleistocene* // Earth and Planetary Science Letters. V. 220. P. 3—24.

DEMENOCAL P. B. 2011.*Climate and Human Evolution* // Science. V. 331. P. 540—542.

D'ERRICO F., BACKWELL L. 2009.*Assessing the function of early hominin bone tools* // Journal of Archaeological Science. V. 36. E 1764—1773.

DOERR N. R. 2010.*Decoration supplementation and male — male competition in the great bowerbird (*Ptilonorhynchus nuchalis*): a test of the social control hypothesis* // Behavioral Ecology and Sociobiology. V 64. P. 1887—1896.

EISENBERG D.T. A., CAMPBELL B., GRAY P. B., SORENSON M.D. 2008.*Dopamine receptor genetic polymorphisms and body composition in undernourished*

pastoralists: An exploration of nutrition indices among nomadic and recently settled Ariaalmen of northern Kenya // BMC Evolutionary Biology. V. 8. P. 173.

ENARD W., GEHRE S., HAMMERSCHMIDT K., ET AL. 2009. *A Humanized Version of Foxp2 Affects Cortico-Basal Ganglia Circuits in Mice* // Cell. V 137 (5). P. 961—971.

ERLANDSON J. M, RICK T. C., BRAJE T. J., ET AL. 2011. *Paleoindian Seafaring, Maritime Technologies, and Coastal Foraging on California's Channel Islands* // Science. V. 331. P. 1181—1185.

EVANS P. D., GILBERT S. L., MEKEL-BOBROV N., ET AL. 2005. *Microcephalin, a Gene Regulating Brain Size, Continues to Evolve Adaptively in Humans* // Science. V. 309. P. 1717—1720.

EVANS P. D., MEKEL-BOBROV N., VALLENDER E. J., ET AL. 2006. *Evidence that the adaptive allele of the brain size gene microcephalin introgressed into Homo sapiens from an archaic Homo lineage* // Proc.Nat. Acad. Sci. USA. V 103. P. 18178—18183.

FALK D., HILDEBOLT C., SMITH K., ET AL. 2009. *LBi's virtual endocast, microcephaly, and hominin brain evolution* // Journal of Human Evolution, v 57. p. 597—607.

FISHER R. 1930. *The Genetical Theory of Natural Selection*. Oxford: Clarendon Press.

GIBBONS A. 2007. *Food for thought* // Science. 2007. V 316. P. 1558—1560.

GILAD Y., OSHLACK A., SMYTH G. K., ET AL. 2006. *Expression profiling in primates reveals a rapid*

evolution of human transcription factors // Nature. V 440. P. 242—245.

GOEBEL T., WATERS M. R., O'ROURKE D. H. 2008.*The Late Pleistocene Dispersal of Modern Humans in the Americas* // Science. V. 319. P. 1497—1502.

GOREN-INBAR N., ALPERSON N., KISLEV M. E., ET AL. 2004.*Evidence of Hominin Control of Fire at Gesher Benot Ya'aqov, Israel* // Science, v 304. p. 725—727.

GREEN R. E., KRAUSE J., PTAK S. E., ET AL. 2006.*Analysis of one million base pairs of Neanderthal DNA* // Nature. V 444. P. 330—336.

GREEN R. E., KRAUSE J., BRIGGS A.W., ET AL. 2010.*A Draft Sequence of the Neandertal Genome* // Science. V. 328. P. 710—722.

GRIGGIO M., HOI H. 2010.*Only females in poor condition display a clear preference and prefer males with an average badge* // BMC Evolutionary Biology V 10. P. 261.

GUNZ P., NEUBAUER S., MAUREILLE B., HUBLIN J.-J. 2010.*Brain development after birth differs between Neanderthals and modern humans* // Current Biology V 20. P. R921 — R922.

HABGOOD P. J., FRANKLIN N. R. 2008.*The revolution that didn't arrive: A review of Pleistocene Sahul* // Journal of Human Evolution. V. 55. P. 187—222.

HAILE-SELASSIE Y., LATIMER B.M., ALENE M, ET AL. 2010.*An early Australopithecus afarensis postcranium from Woranso-Mille, Ethiopia* // Proc.Nat. Acad. Sci. USA. V 107. P. 12121—12126.

HEINZELIN J. DE, CLARK J.D., WHITE T., ET AL. 1999.*Environment and behavior of 2.5-million-year-old Bouri hominids* // Science. V. 284. P. 625—629.

HENDRIE C. A., MANNION H. D., GODFREY G. K. 2009.*Evidence to suggest that nightclubs function as human sexual display grounds* // Behaviour. V 146. P. 1331—1348.

HENRICH J. 2004.*Demography and Cultural Evolution: Why adaptive cultural processes produced maladaptive losses — The Tasmanian Case* // American Antiquity. V 69 (2). P. 197—214.

HIGHAM T., JACOBI R., JULIEN M., ET AL. 2010.*Chronology of the Grotte du Renne (France) and implications for the context of ornaments and human remains within the Chdelt Perronian* // Proc.Nat. Acad. Sci. USA. V. 107 (47). P. 20234—20239.

HOCKINGS K.J., HUMLE T., ANDERSON J. R., ET AL. 2007.*Chimpanzees Share Forbidden Fruit* // PLoS ONE. V. 2 (9). P. e886.

HOLST PELLEKAAN S. M. VAN, INGMAN M., ROBERTS-THOMSON J., HARDING R. M. 2006.*Mitochondrial Genomics Identifies Major Haplogroups in Aboriginal Australians* // American Journal of Physical Anthropology. V 131. P. 282—294.

HOLVECK M. J., RIEBEL K. 2010.*Low-quality females prefer low-quality males when choosing a mate* // Proc R Soc Lond B. V 277. P. 153—160.

HOWRIGAN D. P., MACDONALD K. B. 2008.*Humor as a mental fitness indicator* // Evolutionary Psychology. V 6. P. 652—666.

HUMPHREY N. K. 1974.*Species and individuals in the perceptual world of monkeys* // Perception. V 3. P. 105—114.

ISAAC G. 1982.*Early Hominids and Fire at Chesowanja, Kenya* // Nature. V. 296. P 870.

JACOB T., INDRIATI E., SOEJONO R. P., ET AL. 2006. *Pygmoid Australomelanesian Homo sapiens skeletal remains from Liang Bua, Flores: Population affinities and pathological abnormalities* // Proc.Nat. Acad. Sci. USA. V. 103. P. 13421—13426.

JACOBS Z., ROBERTS R. G., GALBRAITH R. R, ET AL. 2008.*Ages for the Middle Stone Age of Southern Africa: Implications for Human Behavior and Dispersal* // Science. V 322. P. 733—735.

JOLLY C.J., WOOLLEY-BARKER T., BEYENE S., ET AL. 1997.*Intergeneric Hybrid Baboons* // International Journal of Primatology. V 18. P. 597—627. Journal of Human Evolution. 2008. V. Issue 3 (специальный выпуск, посвященный древнейшим "анатомически современным людям" из Омо).

JUNGERS W. L., HARCOURT-SMITH W. E. H., WUNDERLICH R. E., ET AL. 2009.*The foot of Homo floresiensis* // Nature. V. 459. P. 81—84.

KAISER S.M., MALIK H.S., EMERMAN M. 2007.*Restriction of an Extinct Retrovirus by the Human TRIM 5α Antiviral Protein* // Science. V 316. P. 1756—1758.

KJELDBJERG A. L., VILLESEN P., AAGAARD L., PEDERSEN F. S. 2008.*Gene conversion and purifying selection of a placenta-specific ERV-V envelope gene during simian evolution* // BMC Evolutionary Biology. V 8. P. 266.

KONOPKA G., BOMARJ.M., WINDEN K., ET AL. 2009.*Human-specific transcriptional regulation of CNS development genes by FOXP2* // Nature. V. 462. P. 213—217.

KRAUSE J., ORLANDO L., SERRE D., ET AL. 2007.*Neanderthals in central Asia and Siberia* // Nature. V 449. P. 902—904.

KRAUSE J., FU Q., GOOD J.M., ET AL. 2010.*The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia* // Nature. V. 464. P. 894—897.

KRUGER D.J. 2008.*Male Financial Consumption is Associated with Higher Mating Intentions and Mating Success* // Evolutionary Psychology. V 6. P. 603—612.

LALUEZA-FOX C., ROMPLER C., CARAMELLI D., ET AL. 2007.*A melanocortin 1 receptor allele suggests varying pigmentation among Neanderthals* // Science. V 318. P. 1453—1455.

LALUEZA-FOX C., ROSAS A., ESTALRRICH A., ET AL. 2011.*Genetic evidence for patrilocal mating behavior among Neandertal groups* // Proc.Nat. Acad. Sci. USA. V 108. P. 250—253.

LEE-THORP J., THACKERAY J. F., VAN DER MERWE N. 2000.*The hunters and the hunted revisited* // Journal of Human Evolution. V 39 (6). P. 565—576.

LEIGH S. R. 2006.*Brain ontogeny and life history in Homo erectus* // Journal of Human Evolution. V. 50. P. 104—108.

LENTS N. H., CIFUENTES O. E., CARPI A. 2010.*Teaching the Process of Molecular Phylogeny and*

Systematics: A Multi-Part Inquiry-Based Exercise // CBE Life Sci Educ. V. 9. P. 513—523.

LEWIS M. E. 1997.*Carnivoran paleoguilds of Africa: implications for hominid food procurement strategies* //Journal of Human Evolution. V32. P. 257—288.

LIEBERMAN D. E. 2009.*Homo floresiensis from head to toe* // Nature, v. 459. p. 41—44.

LOCKWOOD C.A., MENTER C. G., MOGGI-CECCHI J., KEYSER A.W. 2007.*Extended Male Growth in a Fossil Hominin Species* // Science. V. 318. P. 1443—1446.

LORDKIPANIDZE D., JASHASHVILI T., VEKUA A., ET AL. 2007.*Postcranial evidence from early Homo from Dmanisi, Georgia* // Nature. V. 449. P. 305—310.

LOVEJOY C. O. 1981.*The Origin of Man* // Science. V. 211. P. 341—350.

LOVEJOY C. O. 2009.*Reexamining Human Origins in Light of Ardipithecus ramidus* // Science. V. 326. P. 74.

MARTIN R. D., MACLARNON A. M., PHILLIPS J. L., ET AL. 2006. *Comment on "The Brain of LB1, Homo floresiensis"* // Science. V. 312. P. 999.

MCPHERRON S. P., ALEMSEGED Z., MAREAN C. W., ET AL. 2010. *Evidence for stone-tool-assisted consumption of animal tissues before 3.39 million years ago at Dikika, Ethiopia* // Nature. V. 466. P. 857—860.

MELLARS P. 2006.*A new radiocarbon revolution and the dispersal of modern humans in Eurasia* // Nature. V. 439. P. 931—935.

MILLER G. 2000. *The Mating Mind: How Sexual Choice Shaped the Evolution of Human Nature*, http://evolbiol.ru/large_files/miller_the_mating_mind.pdf

MILLER G. H., FOGEL M. L., MAGEE J. W., ET AL. 2005. *Ecosystem Collapse in Pleistocene Australia and a Human Role in Megafaunal Extinction* // Science. V. 309. P. 287—290.

MOORE M. W., SUTIKNA T., JATMIKO, ET AL. 2009. *Continuities in stone flaking technology at Liang Bua, Flores, (Indonesia)* // Journal of Human Evolution. V. 57. P. 503—526.

NATION I. S. P. 2006. How large a vocabulary is needed for reading and listening // Canadian Modern Language Review. V. 63. P. 59—82.

NETTLE D. 2010. *Understanding of Evolution May Be Improved by Thinking about People* // Evolutionary Psychology. 2010. V. 8. P. 205—228.

NOONAN J. P., COOP G., KUDARAVALLI S., ET AL. 2006. *Sequencing and Analysis of Neanderthal Genomic DNA* // Science. V. 314. P. 1113—1118.

OLIVIERI A., ACHILLI A., PALA M., ET AL. 2006. *The mtDNA Legacy of the Levantine Early Upper Palaeolithic in Africa* // Science. V. 314. P. 1767—1770.

PARFITT S. A., BARENDREGT R. W., BREDA M., ET AL. 2005. *The earliest record of human activity in northern Europe* // Nature. V. 438. P. 1008—1012.

PETRAGLIA M., KORISSETAR R., BOIVIN N., ET AL. 2007. *Middle Paleolithic Assemblages from the Indian Subcontinent Before and After the Toba Super-Eruption* // Science. V. 317. P. 114—116.

PONCE DE LEON M.S., GOLOVANOV L., DORONICHEV V., ET AL. 2008.*Neanderthal brain size at birth provides insights into the evolution of human life history* // Proc.Nat. Acad. Sci. USA. V. 105 (37). P. 13764—13768.

POWELL A., SHENNAN S., THOMAS M. 2009.*Late Pleistocene Demography and the Appearance of Modern Human Behavior* // Science. V. 324. P. 1298—1301.

PRATO-PREVIDE E., FALLANI G., VALSECCHI P. 2006.*Gender Differences in Owners Interacting with Pet Dogs: An Observational Study* // Ethology. V. 112. P. 64—73.

PRIDEAUX G.J., LONG J. A., AYLIFFE L. K., ET AL. 2007.*An arid-adapted middle Pleistocene vertebrate fauna from south-central Australia* // Nature. V. 445. P. 422—425.

RAMIREZ R. F. V., D'ERRICO F., VANHAEREN M., ET AL. 2009.*Cutmarked human remains bearing Neandertal features and modern human remains associated with the Aurignacian at Les Rois* // Journal of Anthropological Sciences. V. 87. P 153-185.

REICH D., GREEN R. E., KIRCHER M., ET AL. 2010.*Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia* // Nature. V. 468. P. 1053—1060.

RAICHLEN D. A., GORDON A. D., HARCOURT-SMITH W. E., ET AL. 2010.*Laetoli Footprints Preserve Earliest Direct Evidence of Human-Like Bipedal Biomechanics* // PLoS One. V. 5 (3). P. 69769.

ROBINSON B. W., WILSON D. S. 1998.*Optimal foraging, specialization, and a solution to Liem's paradox* // American Naturalist. V. 151. P. 223—235.

ROGAEV E. I., GRIGORENKO A. P., MOLIKA Y. K., ET AL. 2009. *Genomic identification in the historical case of the Nicholas II royal family* // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. V. 106. P. 5258—5263 (популярное изложение: Генетический анализ показал, что из детей Николая II не спасся никто, <http://elementy.ru/news/431018>)

ROSENBERG J., TUNNEY R.J. 2008. *Human vocabulary use as display* // Evolutionary Psychology. V. 6. P. 538—549.

ROSSO L., MARQUES A. C., WEIER M., ET AL. 2008. *Birth and Rapid Subcellular Adaptation of a Hominoid-Specific CDC 14 Protein* // PLoS Biology. V. 6. P. e140.

SCHICK K. D., TOTH N., GARUFI G., ET AL. 1999. *Continuing Investigations into the Stone Tool-making and Tool-using Capabilities of a Bonobo (Pan paniscus)* // Journal of Archaeological Science. V. 26 (7). P. 821—832.

SCHLUPP I., RIESCH R., TOBLER M., ET AL. 2010. *A novel, sexually selected trait in poeciliid fishes: female preference for mustache-like, rostral filaments in male Poecilia sphenops* // Behavioral Ecology and Sociobiology. V. 64 (11). P. 1849—1855.

SCOTT R. S., UNGAR P. S., BERGSTROM T. S., ET AL. 2005. *Dental microwear texture analysis reflects diets of living primates and fossil hominins* // Nature. V. 436. P. 693—695.

SEMAW S., ROGERS M., STOUT D. 2009. *The Oldowan-Acheulian Transition: Is there a "Developed Oldowan" Artifact Tradition?* // Sourcebook of Paleolithic Transitions. V. 2. P. 173—193.

SEMAW S., RENNE P., HARRIS J. W. K., ET AL. 1997.*2.5-million-year-old stone tools from Gona, Ethiopia* // Nature. V. 385. P. 333—336.

SERGIO F., BLAS J., BLANCO G., ET AL. 2011.*Raptor Nest Decorations Are a Reliable Threat Against Conspecifics* // Science. V. 331. P. 327—330.

SERPELL J. 1986. *In the Company of Animals.* Oxford: Blackwell.

SHEN G., GAO X., GAO B., GRANGER D. E. 2009. *Age of Zhoukoudian Homo erectus determined with $^{26}\text{Al}/^{10}\text{Be}$ burial dating* // Nature. V. 458. P. 198—200.

STIRRAT M., GUMERT M., PERRETT D. 2011.*The Effect of Attractiveness on Food Sharing Preferences in Human Mating Markets* // Evolutionary Psychology. V. 9. P. 79—91.

TEMPLETON A. R. 2005.*Haplotype Trees and Modern Human Origins* // Yearbook of physical anthropology. V 48. P. 33—59.

TERAMITSU I., WHITE S. A. 2006.*FoxP2 regulation during undirected singing in adult songbirds* // Journ. Neurosci. V. 26 (28). P. 7390—7394.

THIEME H. 1997.*Lower Palaeolithic hunting spears from Germany* // Nature. V. 385. P. 807—810.

THORPE S. K. S., HOLDER R. L., CROMPTON R. H. 2007. *Origin of Human Bipedalism As an Adaptation for Locomotion on Flexible Branches* // Science. V. 316. P. 1328—1331.

TOCHERI M. W., ORR C. M., LARSON S. G., ET AL. 2007.*The Primitive Wrist of Homo floresiensis and Its*

Implications for Hominin Evolution // Science. V. 317. E 1743—1745.

TOVO-RODRIGUES L., CALLEGARI-JACQUES S.M., PETZL-ERLER M. L., ET AL. 2010.*Dopamine Receptor D4 Allele Distribution in Amerindians: A Reflection of Past Behavior Differences?* // American Journal of Physical Anthropology. V 143. E 458—464.

TOWNSEND S. W., DESCHNER T., ZUBERBUHLER K. 2008.*Female Chimpanzees Use Copulation Calls Flexibly to Prevent Social Competition* // PLoS ONE. V. 3. P. e2431.

TRINKAUS E. 2011.*Late Pleistocene adult mortality patterns and modern human establishment* // Proc.Nat. Acad. Sci. USA. V. 108. P. 1267—1271.

UNGAR P. S., GRINE F. E., TEAFORD M. F. 2008.*Dental Microwear and Diet of the Plio-Pleistocene Hominin *Paranthropus boisei** // PLoS ONE. V. 3 (4). P. e2044.

VANHAEREN M., D'ERRICO F., STRINGER C., ET AL. 2006.*Middle Paleolithic Shell Beads in Israel and Algeria* // Science. V. 312. P. 1785—1788.

VAUGHN J. E., BRADLEY K. I., BYRD-CRAVEN J., KENNISON S.M. 2010.*The effect of mortality salience on women's judgments of male faces* // Evolutionary Psychology. V 8. P. 477—491.

VERNES S. C., NICOD J., ELAHI F. M., ET AL. 2006.*Functional genetic analysis of mutations implicated in a human speech and language disorder* // Hum.Mol. Genet. V. 15 (21). P. 3154—3167.

WANG X., GRUS W. E., ZHANG J. 2006.*Gene Losses during Human Origins* // PLoS Biol. V 4 (3). P. e52.

WESTON E. M., LISTER A. M. 2009.*Insular dwarfism in hippos and a model for brain size reduction in Homo floresiensis* // Nature. V. 459. P. 85—88.

WOBBER V., WRANGHAM R., HARE B. 2010.*Bonobos Exhibit Delayed Development of Social Behavior and Cognition Relative to Chimpanzees* // Current Biology. V. 20 (3). P. 226—230.

WRANGHAM R. W., JONES J. H., LADEN G., ET AL. 1999.*The Raw and the Stolen. Cooking and the Ecology of Human Origins* // Curr Anthropol. V. 40 (5). P. 567—594.

WYNN J. G., ALEMSEGED Z., BOBE R., ET AL. 2006.*Geological and palaeontological context of a Pliocene juvenile hominin at Dikika, Ethiopia* // Nature. v 443. P. 332—336.

WYNN T., COOLIDGE F. 2004. The expert Neandertal mind // Journal of Human Evolution. V. 46. P. 467—487.

YOON C. K. 2009.*Naming Nature. The Clash Between Instinct And Science.* N. Y., L.: Norton Co.

CORPUS

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

АЛЕКСАНДР МАРКОВ

ЭВОЛЮЦИЯ ЧЕЛОВЕКА

**В ДВУХ КНИГАХ. КНИГА ПЕРВАЯ: ОБЕЗЬЯНЫ,
КОСТИ И ГЕНЫ**

Главный редактор ВАРВАРА ГОРНОСТАЕВА

Художник АНДРЕЙ БОНДАРЕНКО

Ведущий редактор ЕВГЕНИЯ ЛАВУТ

Ответственный за выпуск МАРИЯ КОСОВА

Технический редактор ТАТЬЯНА ТИМОШИНА

Корректор ЕКАТЕРИНА КОМАРОВА

Верстка ВАЛЕРИЙ ХАРЛАМОВ

ООО "Издательство Астрель", обладатель товарного знака "Издательство Corpus"

129085, г. Москва, пр-д Ольминского, 3а

Подписано в печать 29.09.11. Формат 60х90/16
Бумага офсетная. Гарнитура "OriginalGaramondC",
"MetaC". Печать офсетная. Усл. печ. л. 29 Тираж 5000
экз. Заказ № 8592

Общероссийский классификатор продукции
ОК-005-93, том 2; 953000 — книги, брошюры

Охраняется законом РФ об авторском праве.
Воспроизведение всей книги или любой ее части
воспрещается без письменного разрешения издателя.
Любые попытки нарушения закона будут преследоваться в
судебном порядке.

Отпечатано в соответствии с предоставленными
материалами в ЗАО "ИПК Парето-Принт", г. Тверь,
www.pareto-print.ru

По вопросам оптовой покупки книг Издательской
группы "АСТ" обращаться по адресу: г. Москва, Звездный
бульвар, 21, 7-й этаж Тел.: (495) 615-01-01, 232-17-16

elementy.ru

9785271362934

издательство **CORPUS**

УДК 572 ББК 28.71 М27

Издание осуществлено при поддержке

Фонда некоммерческих программ ДМИТРИЯ ЗИМИНА "ДИНАСТИЯ" Издание осуществлено при техническом содействии издательства АСТ Художественное оформление и макет АНДРЕЯ БОНДАРЕНКО Рецензенты: С. А. БУРЛАК, С. В. ДРОБЫШЕВСКИЙ Марков, А.

Эволюция человека. В 2 кн. Кн. 1: Обезьяны, кости и гены/АЛЕКСАНДР МАРКОВ. — М.: Астрель: CORPUS, 2011. — 464 с.

ISBN 978-5-271-36293-4 (ООО "Издательство Астрель")

УДК 572 ББК 28.71

ISBN 978-5-271-36293-4 (ООО "Издательство Астрель")

© Александр Марков, 2011

© Елена Наймарк, 2011

© А. Бондаренко, художественное оформление, макет, 2011

© Mauricio Anton, иллюстрации

© Н. Ковалев, иллюстрации, 2011

© Е. Мартыненко, иллюстрации, 2011

© Е. Серова, иллюстрации, 2011

© ООО "Издательство Астрель", 2011 Издательство
CORPUS ®

Фонд некоммерческих программ "Династия" основан В 2002 году Дмитрием Борисовичем Зиминим, почетным президентом компании "ВЫМПЕЛКОМ". Приоритетные направления деятельности Фонда — развитие фундаментальной науки и образования в России, популяризация науки и просвещение. В рамках программы по популяризации науки.

Фондом запущено несколько проектов. В их числе — сайт elementy.ru, ставший одним из ведущих в русскоязычном Интернете тематических ресурсов, а также проект "БИБЛИОТЕКА "ДИНАСТИИ" — издание современных научно-популярных книг, тщательно отобранных экспертами-учеными. Книга, которую вы держите в руках, выпущена в рамках этого проекта. Более подробную информацию о Фонде "ДИНАСТИЯ вы найдете по адресу www.dynastyfdn.ru.

