

ВВЕДЕНИЕ

На фоне всепоглощающей черноты космоса наша Земля выглядит манящим сине-зеленым шаром. Всего двум дюжинам людей доводилось своими глазами видеть нашу планету с Луны и из-за пределов лунной орбиты, но хрупкая красота сделанных ими снимков отпечаталась в памяти целого поколения. Ее ни с чем не сравнить. Наши мелочные ссоры по поводу границ, нефти и религии блекнут перед мыслью, что этот живой шарик, окруженный бесконечной пустотой, — наш общий дом (причем не только наш, ведь мы делим его с другими порождениями тех удивительнейших изобретений жизни, которым мы обязаны своими богатствами).

Жизнь и сама преобразила нашу планету, превратив этот огромный, изрытый метеоритами огнедышащий камень, вращавшийся вокруг молодой звезды, в тот живой маяк, каким она видится теперь из космоса. Жизнь окрасила нашу планету в синий и зеленый цвета трудами крошечных фотосинтетических бактерий, которые очищали ее атмосферу и океаны и наполняли их кислородом. Обретя этот мощный источник энергии, жизнь забила через край. На лугах распускаются цветы,

среди замысловатых кораллов прячутся стремительные золотистые рыбки, в черных глубинах таятся огромные чудовища, деревья тянутся к небу, животные гудят и топают, глядя на окружающий мир. Посреди всего этого мы и живем, поражаясь неведомым тайнам мироздания, — мы, являющие собой сложные комплексы молекул — чувствующие, думающие, изумляющиеся и задающиеся вопросом о том, как мы здесь очутились.

Теперь, впервые в истории планеты, мы знаем ответ на этот вопрос. Это не точное знание, не скрижали истины, но зреющие плоды величайших поисков человечества, цель которых состоит в том, чтобы понять природу всего живого вокруг нас и в нас самих. В общих чертах мы, разумеется, понимаем ее со времен Дарвина, чья книга “Происхождение видов” была опубликована полтора столетия назад. С тех пор наши знания о прошлом обогатили не только ископаемые, заполнившие пробелы в наших представлениях, но и понимание внутреннего строения гена, составляющего фундамент всего, что нам известно о каждом стежке пышного ковра жизни. И все же лишь в последние несколько десятков лет нам удалось перейти от теорий и абстрактных знаний к динамичной, подробной картине жизни, изложенной на языке, переводить с которого мы научились лишь недавно. Этот язык содержит ключи не только к окружающей нас живой природе, но и к ее древнейшему прошлому.

История, которую открывают нам эти поиски, драматичнее, убедительнее и сложнее, чем любой миф о сотворении мира. Вместе с тем, подобно любому из этих мифов, она полна внезапных и впечатляющих превращений и бурного внедрения новшеств, которые преобразовывали Землю, накладывая все новые уровни сложности поверх достижений былых революций. Земля, если смотреть на нее из космоса, прекрасна и безмятежна, но ее бурная история была отнюдь не такой. По иронии, наши собственные мелочные ссоры отражают бурное прошлое нашей планеты и из всех ее обитателей лишь мы одни, ее

разорители, в состоянии подняться над ней и узреть ее красоту как единого целого.

Многие из глобальных переворотов были результатом двух горсток эволюционных инноваций — изобретений, изменивших мир и в конечном счете сделавших возможным появление нас самих. Поскольку я не предполагаю здесь работу сознательного изобретателя, я должен пояснить, что я имею в виду под *изобретениями*. Вот как определяет это слово Оксфордский словарь английского языка: “Оригинальная задумка или создание нового, ранее неизвестного метода или способа делать что-либо; новшество, нововведение”. Эволюция лишена дара предвидения и не строит планов. Ее ход не определяется разумным замыслом некоего изобретателя. Тем не менее, естественный отбор подвергает все свойства живых организмов суровым испытаниям, победителями в которых выходят те, кто устроен наилучшим образом. По сравнению с драмами, разворачивающимися в этой природной лаборатории, наши театральные представления выглядят жалким фарсом. Поколение за поколением отбор одновременно подвергает тщательному исследованию квинтильоны крошечных различий между организмами. Удивительные примеры сложнейшего устройства повсюду, и они порождены слепыми, но в высшей степени изобретательными силами. В неформальных разговорах эволюционисты нередко называют эволюционные новшества “изобретениями”, и это слово как нельзя лучше передает поразительный творческий потенциал природы. Общая цель тех, кто занимается естественными науками, независимо от их религиозных убеждений, состоит в том, чтобы проникнуть в тайны возникновения всего, что есть в природе. Данную цель разделяют не только ученые, но и все, кого заботит вопрос о нашем происхождении.

Эта книга посвящена величайшим изобретениям эволюции, тому, как каждое из них преобразило жизнь, и тому, как мы,

люди, научились воссоздавать ее прошлое, проявляя находчивость, достойную самой природы. Этой книгой я хочу восславить изумительную изобретательность и самой жизни, и нас с вами. Книга представляет собой рассказ о том, как мы здесь очутились. Особое внимание я уделил вехам великого пути от возникновения жизни как таковой до жизни (и смерти) каждого из нас. Область, охватываемая этой книгой, огромна. Нам предстоит пройти жизнь вдоль и поперек, от самого ее зарождения в глубоководных гидротермальных источниках до возникновения человеческого сознания, от крошечных бактерий до гигантских динозавров. Мы рассмотрим достижения многих наук: от геологии и химии до нейровизуализации и от квантовой физики до планетологии. Обсудим мы и широкий спектр достижений людей, от самых знаменитых ученых прошлого до современных исследователей, которым, быть может, суждено прославиться.

Мой список изобретений, разумеется, субъективен и мог бы быть несколько иным, но при его составлении я пользовался четырьмя четкими критериями, которые, по-моему, существенно ограничивают выбор наиболее важных событий в истории всего живого.

Первый критерий: великими изобретениями можно считать лишь те, которые произвели революцию в живой природе, а значит, и на планете. Я уже упоминал фотосинтез, сделавший нашу Землю такой, как мы ее знаем: химически заряженной — богатой кислородом (без которого животные не могли бы существовать). Другие сопоставимые по значению перемены не столь очевидны, но столь же важны. Два изобретения, имевшие особенно далеко идущие последствия, — это подвижность, позволившая животным перемещаться в поисках пищи, и зрение, преобразившее строение и поведение всех живых организмов. Вполне возможно, что быстрая эволюция глаз, происходившая около 540 миллионов лет назад, внесла немалый

вклад и во внезапное появление настоящих животных в палеонтологической летописи — так называемый кембрийский взрыв. Глобальные последствия каждого из этих изобретений обсуждаются во вводных разделах соответствующих глав.

Мой второй критерий предполагает, что великое изобретение должно по-прежнему обладать исключительным значением и сегодня. Наилучшие примеры таких изобретений — секс и смерть. Эволюционисты называли половое размножение абсолютной экзистенциальной нелепостью, имея в виду не эмоциональные позы, от тревоги до экстаза, о которых тоже можно было бы написать книгу не меньше “Камасутры”, а само существование полового процесса. Сегодня наука уже вплотную приблизилась к ответу на загадку, почему множеству живых существ (даже растениям) свойственно заниматься сексом, хотя они могли бы вместо этого преспокойно производить собственные клоны. Если считать секс абсолютной экзистенциальной нелепостью, то смерть следует признать абсолютной инэкзистенциальной нелепостью. Почему мы стареем и умираем, страдая от ужаснейших и мучительнейших болезней? Эта наша склонность вовсе не диктуется законами термодинамики, предполагающими разрастание хаоса и порчи, ведь отнюдь не все живые существа стареют, а некоторые из стареющих даже способны переключаться в другой режим и больше не стареть. Мы убедимся в том, что продолжительность жизни животных в ходе эволюции неоднократно возрастала на порядок. Судя по всему, легендарное лекарство от старости — не миф, а реальная возможность.

Третий критерий говорит, что каждое великое изобретение должно быть непосредственным порождением эволюции путем естественного отбора, а не какого-либо другого процесса, например культурной эволюции. Я биохимик и не могу предложить читателям никаких оригинальных идей, касающихся развития языка или общества. И все же в основе всех наших до-

стижений, в основе всего человеческого, лежит сознание. Трудно представить себе какое-либо сообщество людей, говорящих на одном языке и живущих вместе, не подкрепленное общими ценностями, идеями или чувствами — любовью, счастьем, печалью, страхом, тоской, надеждой или верой. Если мы считаем человеческое сознание продуктом эволюции, мы должны объяснить, как нервные клетки, проводящие импульсы в мозге, могут создавать у нас ощущение нематериального духа и ярких субъективных чувств. Я считаю эту проблему биологической, хотя и далекой еще от окончательного решения, и попытался обосновать это в главе 9. Вот почему я включил в список великих изобретений биологической эволюции сознание, но не стал включать в него ни язык, ни человеческое общество — порождения прежде всего культурной эволюции.

Последний, четвертый критерий таков: великое изобретение эволюции должно иметь культовый статус. Классическим примером, обсуждавшимся еще до Дарвина, может служить предполагаемое совершенство устройства глаза. С тех пор люди неоднократно обращались к данному предмету, применяя самые разные подходы, но лавина открытий, сделанных генетиками в последнее десятилетие, позволяет рассмотреть его как никогда подробно и узнать неожиданные вещи о происхождении этой структуры. Другой яркий пример является двойная спираль ДНК — символ нашей информационной эпохи. Еще одна тема, тоже обладающая культовым статусом, хотя и гораздо лучше известная ученым, чем массовому читателю, касается происхождения сложных (*эукариотических*) клеток. Это явление вызывает среди эволюционистов ожесточенные споры на протяжении последних четырех десятилетий. Кроме того, оно имеет принципиальное значение для решения вопроса о том, насколько широко во Вселенной может быть распространена жизнь. В каждой главе обсуждается одна из подобных культовых тем. Когда я только начинал работать над этой

книгой, один из моих друзей, с которым я обсуждал список великих изобретений эволюции, предложил заменить *движение* как одно из важнейших свойств животных на *пищеварительный тракт*. Но эта идея не отвечает критерию культовости. По крайней мере, для меня сила мышц имеет культовый статус (вспомним хотя бы о торжестве полета), в то время как пищеварительный тракт без активного движения вызывает в памяти образ каких-нибудь оболочников — прикрепленных к субстрату и колеблемых водой выростов с кишкой внутри. Какой уж тут культовый статус!

Помимо этих формальных критериев, я исходил из того, что каждое из великих изобретений должно удивлять меня лично. Это должны быть такие изобретения, в которых мне, увлеченному исследователю, особенно хотелось бы разобраться. О некоторых я уже писал и хотел бы обсудить их в более широком контексте, а другие, как ДНК, неодолимо притягивают к себе внимание пытливых умов. Распутывание головоломок, заключенных в недрах структуры ДНК, составило один из великих детективных сюжетов в науке за последние полвека, хотя подробности этой истории ученым по-прежнему почему-то малоизвестны. Надеюсь, мне удалось передать хоть толику восторга, в который меня самого приводило участие в этих поисках. Аналогичный пример касается теплокровности, по поводу которой ученые ожесточенно спорят. В частности, среди них по-прежнему нет единого мнения о том, были ли динозавры подвижными теплокровными убийцами или же огромными неповоротливыми ящерами, а также о том, произошли ли теплокровные птицы непосредственно от близких родственников тираннозавров — или же не имели с динозаврами ничего общего. Я не мог не воспользоваться случаем самому вникнуть в суть этой проблемы.

Вот наш список и готов. Начнем с происхождения самой жизни, а закончим смертью и возможностью бессмертия, ми-

новав в пути такие вехи, как ДНК, фотосинтез, сложные клетки, секс, движение, зрение, теплокровность и сознание.

Но прежде чем мы начнем, я должен сказать несколько слов о лейтмотиве этого введения — о новых “языках”, которые позволили совершить все описанные в книге открытия, касающиеся давних событий эволюционной истории. До недавнего времени у нас было два широких окна в прошлое: палеонтология и генетика. Возможности обеих этих наук, позволяющие нам вызывать события прошлого из небытия, огромны, но у методов каждой есть недостатки. Предполагаемые “пробелы” в палеонтологической летописи поминают чаще, чем следовало бы, особенно учитывая, что за полтора века, прошедших с тех пор, как Дарвин озаботился этой проблемой, многие “пробелы” были старательно восполнены. Беда в том, что палеонтологические находки в силу самих условий, способствующих их захоронению, никак не могут отражать прошлое без искажений. Даже удивительно, как много мы, тем не менее, можем благодаря им узнать. В свою очередь, сравнение различных участков генетических последовательностей позволяет нам строить генеалогические деревья, точно отображающие наше родство с другими организмами. К сожалению, в ходе эволюции гены рано или поздно могут видоизменяться так, что между копиями одного и того же древнего гена не остается ничего общего. Поэтому дальше определенного срока давности картины прошедшего, которые мы можем вычитать из генов, оказываются искажены. Но в нашем распоряжении, помимо генетических и палеонтологических, есть и другие эффективные методы, воссоздающие события глубочайшей древности. Одна из задач этой книги состоит в том, чтобы воздать этим методам должное.

Приведу всего один пример, один из моих любимых, упомянуть который в этой книге пока не представился случай. Речь о ферменте (белке, катализирующем определенную химиче-

скую реакцию) цитратсинтазы, который играет столь важную роль, что имеется у всех живых организмов, от бактерий до человека. Исследователи сравнили разновидности этого фермента, свойственные двум видам бактерий: один из них живет в необычайно горячих подводных гидротермальных источниках, второй — среди льдов Антарктики. Генетические последовательности, кодирующие эти две разновидности фермента, не одинаковы: в ходе эволюции они разошлись настолько, что теперь существенно отличаются друг от друга. Мы точно знаем, что эти два вида бактерий произошли от общего предка, потому что известен целый ряд промежуточных форм, живущих не в экстремальных условиях. Но по одним лишь генетическим последовательностям мы мало о чем можем судить. Расхождение видов явно связано с несходством условий их существования, но это лишь теоретические знания, сухие и поверхностные.

Но давайте обратимся к молекулярной структуре этих двух разновидностей фермента, просветив их мощными рентгеновскими лучами и расшифровав, используя замечательные достижения кристаллографии. Устройство молекул обоих ферментов почти одинаково: всякой детали одного — складке или щели, углублению или выросту — соответствует точно такая же деталь другого, совпадающая с ней во всех трех измерениях. На неискушенный взгляд, между этими молекулами вовсе нет разницы. Иными словами, несмотря на то, что в этих ферментах в ходе долгой эволюции заменялись многие “строительные блоки”, общая форма и строение молекул, а также их функции оставались неизменными, как если бы это был собор, который построили из камня, а затем перестроили изнутри, заменяя камни кирпичами, но сохранив все особенности его величественной архитектуры. За этим откровением следует еще одно. Какие именно “блоки” были заменены и почему? У бактерий, живущих в горячем источнике, фермент имеет предельно жесткую структуру. Его “строительные блоки” крепко сцеплены друг с другом вну-

тренними связями, играющими роль цемента, поддерживающего неизменную структуру молекулы, несмотря на непрерывно расшатывающее ее тепловое воздействие окружающей среды. Этот собор построен так, чтобы выстоять в условиях постоянных землетрясений. У бактерий, живущих во льдах, наблюдается обратная картина. Здесь “строительным блокам” фермента свойственна гибкость, сохраняющая в ферменте подвижность, несмотря на холод. Такой белок похож на собор, в котором камни при перестройке заменяли не кирпичами, а шарикоподшипниками. Если сравнить активность этих двух ферментов при 6° С, то окажется, что фермент антарктической бактерии работает в 29 раз быстрее, но если испытать их при 100° С, выяснится, что он разваливается на части.

Теперь перед нами красочная, объемная картина. Изменения генетической последовательности обретают смысл: фермент сохраняет структуру и функции, несмотря на то, что ему приходится работать в совершенно других условиях. Теперь мы видим, что именно произошло с ним в ходе эволюции и почему. Это уже не общее наблюдение, а серьезное открытие.

Столь же яркие открытия о том, что происходило в ходе эволюции, можно получить с помощью других хитроумных инструментов, доступных в наши дни. Например, сравнительная геномика позволяет сравнивать не просто гены, а целые геномы, тысячи генов сразу, у сотен видов живых организмов. И это тоже стало возможно лишь в последние несколько лет, когда появилась возможность поставить чтение геномов разных видов на поток. Протеомика позволяет нам регистрировать весь спектр белков, работающих в клетке в любой момент времени, и разбираться в том, как их работой управляет небольшое число регуляторных генов, сохраненных с незапамятных времен эволюцией. Вычислительная биология помогает выявлять конкретные формы и структуры (мотивы), сохраняющиеся в белках, несмотря на изменения, происходящие в генах. Изотопный анализ

горных пород и ископаемых организмов дает нам возможность воссоздавать картину перемен, происходивших с атмосферой и климатом. Технологии визуализации позволяют наблюдать клетки нашего мозга в процессе мышления и реконструировать трехмерное строение микроскопических ископаемых, заключенных в камне, не нарушая их целостности. И так далее.

Ни одна из этих технологий уже не нова. Но теперь мы пользуемся ими на новом уровне сложности, скорости и доступности. Накопление данных продолжается с головокружительной быстротой, как это случилось, в частности, с проектом “Геном человека”, осуществлявшимся и завершенным с большим опережением графика. Значительная часть получаемых нами при этом сведений записана не на классических языках популяционной генетики и палеонтологии, а на языке молекул, на уровне которых в природе и происходят изменения. Благодаря развитию технологий в науку пришли новые эволюционисты, умеющие отслеживать работу эволюции в реальном времени. Картина, которая при этом вырисовывается, поражает богатством деталей и диапазоном, охватывающим уровни от субатомного до планетарного. Именно поэтому я и сказал, что теперь, впервые в истории нашей планеты, мы знаем ответ на вопрос о том, как мы здесь очутились. Разумеется, значительную часть растущего объема наших знаний составляют предварительные данные, но и они осмыслены и вплетены в живую ткань науки. Отрадно жить в такое время, когда мы уже знаем так много, но стоим на пороге открытий, которые позволят нам узнать еще больше.