

В НАЧАЛЕ БЫЛО...

Джон Гриббин

В начале не было ничего.

Пространство, время и вещество в нашей Вселенной возникли около 15 миллиардов лет назад в сверхплотном огненном шаре в результате так называемого Большого Взрыва. По мере расширения и остывания Вселенной вещество начало разреживаться, затем из скоплений огромных облаков водорода образовались звезды и галактики. Около 10 миллиардов лет назад сформировались основные составляющие Вселенной — галактики, подобные нашему Млечному Пути. В каждой из них миллиарды звезд. Звезды рождаются, живут и умирают, они несутся по своим гигантским орбитам вокруг центра галактик, а сами галактики все больше удаляются друг от друга по мере расширения Вселенной.

Наше Солнце и Солнечная система являются типичным продуктом галактической среды, но не Солнце было первой звездой, засиявшей во мраке космической ночи. Первые звезды состояли *только* из водорода и небольшого количества гелия; все другие элементы возникли в результате ядерных реакций внутри звезд и были рассеяны в пространстве после их взрыва. Наше Солнце образовалось немногим более 4,5 миллиарда лет назад из облака водорода с примесью других веществ: железа, углерода, кислорода и азота; по мере сжатия этого газового облака возникали отдельные сгустки — протопланеты.

Различия между планетами Солнечной системы обусловлены главным образом их разной удаленностью от Солнца. Ближайшие к молодому Солнцу планеты испытывали на себе мощное тепловое воздействие, вследствие чего многие легкие элементы улетучивались с их поверхности в космос. Вот почему Меркурий, Венера, Земля и Марс представляют собой относительно небольшие объекты, состоящие из скальных пород. На большом же расстоянии от Солнца молодые планеты захватывали и удерживали даже легкие газы, например метан и аммиак. Поэтому гигантские планеты — Юпитер, Сатурн, Уран и Нептун — могут содержать такое же количество горных пород, как и Земля, но они окутаны мощной газообразной атмосферой. Подробно останавливаться на них нет необходимости, но было бы любо-

пытно сравнить Землю с ее ближайшими соседями — Венерой и Марсом.

Небольшое облако материи, давшее начало нашей планете внутри облака больших размеров, из которого образовалась Солнечная система, вероятно, состояло в основном из соединений кремния, окислов железа и марганца с крайне незначительной примесью других элементов, в том числе необходимых для возникновения жизни.

По мере формирования Земли повышалась ее температура. Это происходило за счет гравитационного сжатия частиц протопланетного облака. Кроме того, часть тепла давал распад радиоактивных элементов внутри ядра растущей планеты, в результате которого образовывались устойчивые элементы. Этот процесс, хотя и медленнее, продолжается и в наше время.

Первые десятки или сотни миллионов лет молодая богатая железом планета, вероятно, представляла собой расплавленную массу, причем тяжелые вещества опускались вглубь, а более легкие оставались на поверхности, образуя по мере остывания прочную оболочку. Состав земной коры, на которой мы живем, и — в еще большей степени — атмосферы, которой мы дышим, не типичен для основной массы Земли.

Земная кора содержит всего 6% железа, тогда как вся наша планета состоит из него на 35%; с другой стороны, на долю кремния в составе Земли приходится только 15%, а в коре его 28% (в соединениях с кислородом он образует силикатные породы). Основную массу материков составляют самые легкие породы, главным образом гранит, а дно океанов — базальт, который гораздо тяжелее.

В разрезе Земля напоминает луковицу. Ближе к поверхности расположены легкие породы, в центре же находится самое плотное вещество. Процесс дифференциации пород в основном завершился 3,9 миллиарда лет назад, через 600 миллионов лет после образования нашей планеты. Геофизики смогли определить это по возрасту древнейших пород земной коры путем измерения их остаточной радиации; о слоистой структуре планеты свидетельствуют исследования сейсмических волн, которые изменяют свое направление, проходя через различные слои.

Мы живем на скалистом, слегка сплюснутом у полюсов шаре со средним радиусом 6372 километра. Внешняя оболочка, или кора, составляет всего 0,6% объема планеты. Под корой, толщина которой от 5 до 35 километров, проходит так называемая поверхность Моховича, или Мохо.

Следующий слой — мантия, уходящая в глубину на 2900 километров и занимающая до 82% объема Земли. Ее верхние слои представляют собой частичный расплав, по консистенции напоминающий густую кашу или тающий лед. Этот «ослабленный» слой, называемый астеносферой, имеет огромное значение: благодаря ему материи могут дрейфовать по планете.

Под мантией находится внешнее ядро толщиной 2100 километров, а в центре Земли — внутреннее ядро радиусом 1370 километров. Внешнее ядро состоит из жидкого железа, в котором генерируется магнитное поле Земли.

Венера и Марс, подобно Земле, состоят из скалистого материала, да и процесс их формирования протекал во многом сходным образом. Но если наша планета покрыта океанами, то Марс — планета холодная и сухая с сильно разреженной атмосферой, а у Венеры раскаленная поверхность и сверхплотная атмосфера. Эти различия, по-видимому, вызваны разной удаленностью от Солнца.

Температура на нашей планете была достаточно высокой, чтобы вода могла существовать в жидком состоянии, и в то же время не настолько высокой, чтобы водяной пар вызывал стремительное возрастание парникового эффекта. Напротив, содержащаяся в воздухе двуокись углерода растворялась в теплых водах молодых океанов, делая атмосферу более разреженной, чем на Венере, а белые облака отражали часть солнечной энергии, не давая планете перегреться. По мнению астрономов, масса двуокиси углерода в атмосфере Венеры не случайно приблизительно равна массе CO₂, за-

ключенного в отложившихся на дне земных океанов карбонатных породах, например известняке.

Если бы наше Солнце было чуть горячее, Земля также могла бы превратиться в выжженную пустыню, окутанную мощным слоем атмосферы, состоящей из углекислого газа, в то время как на Марсе стало бы достаточно тепло для существования воды и жизни. Если же предположить, что Солнце было бы не столь горячим, то на Земле наблюдалась бы такая же картина, как на Марсе, а Венера превратилась бы в благодатную планету с океанами, голубым небом и белыми облаками. Другими словами, у любой звезды типа Солнца почти наверняка должен быть спутник, похожий на Землю.

Что же касается нашей Солнечной системы, то так уж получилось, что Земля оказалась третьей от Солнца планетой, и 3,5 миллиарда лет назад на ней уже были океаны, материки, содержащая углекислый газ атмосфера и благоприятная температура. Так сложились условия для возникновения жизни, которой суждено было изменить облик планеты. Но это уже другая история...

Что же будет дальше? Вот уже 4 миллиарда лет состояние нашего Солнца почти неизменно — оно остается горячим за счет превращения в его недрах водородного топлива в гелий. Но когда-нибудь запасы водорода будут исчерпаны. Когда это произойдет, внутренняя часть Солнца на какое-то время сожмется и станет еще горячее, поскольку начнет «гореть», превращаясь в углерод, гелий. Повышение температуры внутри Солнца приведет к расширению его внешних слоев, и оно превратится в красный гигант, который испепелит все внутренние планеты. Но оснований для паники нет. Солнце прожило лишь половину своей жизни, оно едва вступило в средний возраст, и это «когда-нибудь» наступит только через 4 миллиарда лет, а то и позже. Во всяком случае, судьбой человечества управляют не звезды, а сами люди.

1986, август

ЗАГАДКА ЖИЗНИ

Карл Саган

Меня все время не оставляет мысль — есть ли жизнь где-нибудь еще? И если да, то какова она? Что составляет ее основу? Все живое на нашей планете состоит из органических молекул — сложных микроскопических конструкций, главную роль в которых играет атом углерода. Некогда, еще до зарождения жизни, Земля была бесплодной и совершенно пустой. Сегодня наш мир полон жизни. Как она возникла? Как в отсутствие жизни формировались органические молекулы на основе углерода? Как появились первые живые существа? Каков был процесс эволюции, в результате которого появились такие высокоразвитые и высокоорганизованные существа, как мы, способные проникать в тайну своего происхождения?

Есть ли жизнь на бесчисленных планетах, которые вращаются вокруг других солнц? И если внеземная жизнь существует, то лежат ли в ее основе те же самые органические молекулы, что и на Земле? Похожи ли живые существа других планет на земные? Или в результате приспособления к иной среде они в корне отличны от нас?

Великая тьма межзвездного пространства насыщена облаками газа, пыли и органического вещества. Десятки различных типов органических молекул обнаружены там с помощью радиотелескопов. Обилие этих молекул наводит на мысль, что основа для зарождения жизни есть повсюду. Быть может, зарождение и развитие жизни при наличии достаточного времени — космическая неизбежность? На некоторых из миллиардов планет в галактике Млечного Пути жизнь, вероятно, не появится никогда. На других она, возможно, зародится, но погибнет или никогда не поднимется выше уровня простейших форм. И лишь в некоторых малых мирах, быть может, разовьется разум, возникнут цивилизации, более высокие, чем наша.

Порой говорят: какое счастье, что Земля наша так идеально устроена для жизни — умеренные температуры, питьевая вода, кислород в атмосфере и т.д. Но такой подход—это по меньшей мере непонимание причинно-следственной связи. Мы, земляне, прекрасно приспособлены к жизни в земной среде, потому что мы выросли в ней. Ранние формы жизни, не сумевшие адаптироваться, вымерли. Мы —

потомки организмов, которым удалось приспособиться. Организмы, развивавшиеся в совершенно ином мире, несомненно, тоже будут славить свою среду.

Все формы жизни на Земле тесно взаимосвязаны. Нас объединяют органика и эволюционное наследие. Поэтому-то поле деятельности наших биологов изначально ограничено. Они изучают всего-навсего один раздел биологии— лишь одну тему в музыке жизни. Неужели эта едва уловимая и утонченная мелодия — единственный глас, звучащий на тысячи световых лет? А быть может, есть своего рода космическая fuga с темами и контрапунктами, диссонансами и гармониями — миллиард различных голосов, исполняющих музыку жизни Галактики?

Процесс развития жизни у нас на Земле может быть более или менее типичным для эволюции во многих других мирах; но в таких узких областях биологии, как белковый состав и нейрология мозга, история жизни на Земле, возможно, уникальна во всей галактике Млечного Пути.

Земля образовалась из сгустка межзвездного газа и пыли около 4,6 миллиарда лет назад. Изучая ископаемые останки, мы обнаружили, что жизнь зародилась не намного позже, возможно, 4 миллиарда лет назад — в водоемах и океанах первозданной Земли.

Изначальные формы жизни были куда примитивнее, чем даже одноклеточное существо, которое уже является сложной, высокоорганизованной формой. Первые ее проявления были намного скромнее. В тот ранний период грозовые разряды и ультрафиолетовое излучение Солнца расщепляли несложные, богатые водородом молекулы первозданной атмосферы, появлявшиеся при этом осколки спонтанно образовывали все более и более сложные молекулы. Продукты этих первичных химических реакций растворялись в океане, образуя своего рода органический бульон, состав которого все более усложнялся, пока однажды, совершенно случайно, не возникла молекула, способная воспроизводить незамысловатые копии самой себя, используя для этого в качестве материала другие молекулы из того же бульона.

Это была прародительница дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), молекулярной фор-

мулы жизни на Земле. Она имеет форму винтовой лестницы, со ступенями в четырех различных молекулярных частях, которые представляют собой четыре знака генетического кода. В этих ступенях, именуемых нуклеотидами, заложены генетические инструкции для построения того или иного организма.

Каждая форма жизни на Земле имеет свой собственный, отличный от других, набор инструкций, «написанный», по существу, одним и тем же языком. Если организмы отличаются друг от друга, значит, у них разный набор инструкций, заключенных в их нуклеиновых кислотах. Мутация—это изменение в нуклеотиде, переданное следующему поколению, если она улучшает вид. Поскольку мутации есть случайные изменения нуклеотидов, большинство из них вредны или губельны, так как приводят к выработке неэффективных ферментов. Проходит немало времени, прежде чем наступит мутация, улучшающая действие организма. И все же, именно это почти невероятное явление— малая благоприятная мутация в нуклеотиде размером в одну десятимиллионную сантиметра в поперечнике— движет эволюцией.

Четыре миллиарда лет назад Земля была молекулярным Эдемом. Тогда еще не было хищников. Некоторые молекулы воспроизводились неэффективно, конкурируя за строительный материал и оставляя свои примитивные копии. Однако в процессах воспроизводства, мутации и выбраковки наименее эффективных разновидностей в ходе отбора эволюция продвигалась даже и на молекулярном уровне.

С течением времени процесс воспроизводства усовершенствовался. Молекулы со специализированными функциями в конечном итоге объединялись, образовав своего рода молекулярное сообщество — первую клетку.

Примерно 3 миллиарда лет назад несколько одноклеточных растений образовали единое целое, поскольку мутация, возможно, помешала отсоединению клеток после деления. Так эволюционировали первые многоклеточные организмы. Каждая клетка нашего организма— это своего рода сообщество, части которого, некогда существовавшие отдельно, объединились для общего блага. Все мы состоим из сотен тысяч миллиардов клеток. Мы, каждый из нас,— множество.

Разделение полов, по-видимому, произошло около 2 миллиардов лет назад. До этого новые разновидности организмов могли возникать лишь в результате накопления случайных мутаций— отбора изменений, знак за знаком, в генетических инструкциях. Эволюция, должно быть, шла мучительно медленно. Возникновение разных полов позволило двум организмам

обмениваться целыми абзацами, страницами и томами своего генетического кода ДНК, производя новые разновидности, чтобы они были тут же просеяны через сито отбора.

Миллиард лет назад совместная жизнедеятельность растений привела к поразительному изменению земной среды. Зеленые растения выделяют молекулы кислорода. Поскольку к тому времени океаны были заполнены простейшими зелеными растениями, кислород стал важным компонентом земной атмосферы, необратимо изменив ее первозданный, богатый водородом состав и завершив тот этап истории Земли, когда зарождение происходило благодаря небиологическим процессам. Однако кислород обладает способностью делить органические молекулы на части. Как бы мы ни наслаждались им, кислород—это безусловный яд для незащищенной органической материи.

Переход к окисляющей атмосфере вызвал глубочайший кризис в истории развития жизни, в результате которого очень многие организмы, неспособные бороться с кислородом, погибли. Отдельные примитивные формы, например бациллы ботулизма и столбняка, даже сегодня способны жить в бескислородной среде. Атмосферный азот химически гораздо более инертен и поэтому значительно менее опасен, чем кислород. Однако он также восполняется биологическим путем. Таким образом, 99% земной атмосферы имеет биологическое происхождение, и, следовательно, наше небо — продукт жизни.

На протяжении почти всех 4 миллиардов лет со времени зарождения жизни преобладающими организмами были сине-зеленые водоросли, покрывавшие и заполнявшие океаны. Затем, около 600 миллионов лет назад, монополия этих водорослей была нарушена появлением невероятного разнообразия новых форм жизни— феноменом, получившим название Кембрийского взрыва.

До Кембрийского взрыва виды, по всей вероятности, сменяли друг друга довольно медленно. Однако после него новые адаптации следовали одна за другой, можно сказать, с головокружительной быстротой.

Сменяя друг друга, появлялись первые рыбы и позвоночные; растения, не покидавшие прежде пределов океана, начали осваивать сушу; потомки первых насекомых стали пионерами в колонизации суши животным миром; крылатые насекомые появились одновременно с амфибиями — существами, несколько схожими с кистеперой рыбой, способной жить и на суше, и в воде; выросли первые деревья; первые рептилии, динозавры, а потом млекопитающие и птицы заселили Землю; расцвели первые цветы; динозавры вымерли; просторы океанов на-

селили китообразные — предки дельфинов и китов; в тот же период возникли и приматы, от которых произошли обезьяны и позднее человек. Первые существа, очень похожие на человека, появились менее 10 миллионов лет назад; их развитие сопровождалось резким увеличением массы головного мозга. А затем, всего несколько миллионов лет назад, по Земле прошел первый человек.

На другой планете, с другой последовательностью случайных процессов, формировавшей наследственное разнообразие, и с другой средой, обуславливавшей отбор того или иного сочетания генов, шансы найти физически очень схожие с нами существа, по моему мнению, почти равны нулю. И напротив, есть шансы обнаружить иную форму разума.

Если на планетах около достаточно близких к нам звезд живут разумные существа, то могут ли они знать о нашем существовании? Один из способов узнать о нас — проведение наблюдений с помощью крупных радиотелескопов. Сегодня осуществляется большой объем глобальной телевизионной, радиолокационной и радиосвязи. На некоторых радиочастотах Земля стала самым мощным источником радиоизлучения в Солнечной системе, более ярким радиообъектом, чем Юпитер и Солнце. Внеземная цивилизация, принимающая такие сигналы с Земли и следящая за ними, не может не прийти к заключению, что в последнее время здесь происходит нечто любопытное.

В целом наиболее распространенным и заметным источником радиопередач с Земли является широкоэвещательное телевидение. Поскольку Земля вращается, на земном горизонте появляются одни станции, другие же исчезают. И хотя это создает хаос программ, развитая цивилизация на планете близлежащей звезды, возможно, сумеет в нем разобраться.

Наиболее часто повторяющимися сигналами в этом хаосе являются позывные станций и реклама. А наиболее заметными — сигналы, передаваемые одновременно многими станциями в разных временных поясах, например выступления руководителей государств в ходе того или иного крупного международного события. Поэтому прежде всего бездумная трескотня коммерческого телевидения, попытки политических деятелей замаскировать обострение международной обстановки да междоусобная борьба в человеческом сообществе — вот те основные «сведения» о жизни на Земле, которые сознательно посылаются нами в Космос. Интересно, что же должны там думать о нас?

1984, октябрь

ПРОБЛЕМА, КОТОРУЮ РАЗРЕШИЛ ДАРВИН

Айзек Азимов

Понятие биологической эволюции не ново. Оно возникло, когда биологи делали попытки классифицировать живые организмы. Одним из первых такую попытку предпринял греческий философ Аристотель еще в IV веке до н. э.

В конце концов в 1737 г. шведский ботаник Карл Линней разработал систему, по которой живые существа подразделялись на различные категории (виды), аналогичные виды объединялись в группы, аналогичные группы — в другие группы и т. д. Это позволило схематически изобразить все живое на Земле в виде нескольких основных ветвей, которые в свою очередь делились на все более мелкие — вплоть до отдельных видов, завершавших эти разветвления, подобно листьям дерева.

А теперь представьте себе, что как по мановению волшебной палочки ствол и ветви этого дерева исчезли и видимыми остались лишь его листья, повисшие в воздухе. Разве нам придет в голову, что они возникли сами по себе и никак друг с другом не связаны? Конечно, нет! Мы, естественно, предположим, что они принадлежат какому-то одному большому, хотя и выросшему из простенького побега, развесистому дереву.

Точно так же рассуждали ученые, задаваясь вопросом, а не существует ли по аналогии с обычным деревом некое «древо жизни», не произошли ли все современные виды живых организмов от более простых, а те в свою очередь от еще более простых, а эти, более простые, — от одной простейшей изначальной формы жизни. Этот процесс называется «биологической эволюцией».

С начала прошлого столетия внимание ученых привлекали обнаруживаемые в горных породах предметы, получившие название «окаменелости». Находки напоминали по форме кости и зубы, раковины моллюсков, другие части некогда живых организмов, которые, видимо, за миллионы лет пребывания в земле окаменели.

Эти окаменелости свидетельствовали о существовании таких форм жизни, которые отличались от современных, но имели с ними нечто общее. Они восполнили недостававшие ранее ветви «древа жизни» и несколько прояснили картину происхождения видов.

Однако не все виды животных сохранились

до наших дней. К числу таких «неудачников» относятся, например, огромные динозавры — исполинские существа, родственники современных пресмыкающихся (в первую очередь аллигаторов), вымершие около 65 миллионов лет назад.

Хотя многие ученые и подозревали о существовании биологической эволюции, эта теория казалась им не очень убедительной, так как никто не знал, *как именно* эта эволюция могла происходить. Что могло побудить один вид к превращению в другой? Ведь никто никогда не был свидетелем изменения вида: у кошек неизменно рождались котята, у собак — щенята, а у коров — телята, и никаких «ошибок» здесь не случалось.

Первым, кто предпринял серьезную попытку объяснить, как именно происходит эволюция, был французский ученый Жан-Батист Ламарк. Он считал основной причиной эволюции образ жизни организма. Если, например, антилопа питается листьями деревьев, то в течение всей жизни она постоянно вытягивает шею, стараясь дотянуться туда, где больше листья. В результате этих усилий шея антилопы становится чуть длиннее, и это качество переходит к ее потомкам. Те в свою очередь тоже вытягивают шею, и так происходит до тех пор, пока много-много позже антилопа не превратится в жирафа. Это называется «эволюция путем наследования приобретенных признаков».

Однако такое предположение оказалось несостоятельным. Во-первых, приобретенные признаки не передаются по наследству, и потомство мыши с отрезанным хвостом не родится бесхвостым, хвосты мышат даже не будут короче обычных. Во-вторых, откуда у жирафа характерная пятнистая окраска, которая, удачно сливаясь с бликами солнца, проходящими сквозь кроны деревьев, помогает ему прятаться от врагов? Мог ли жираф *стараться* быть «пятнистее»?

И вот в 1859 г. в книге «Происхождение видов» Чарлз Дарвин предложил истинное решение этой проблемы.

По его мнению, живые организмы обычно производят больше потомства, чем природа в состоянии прокормить. Если бы все рождавшиеся из поколения в поколение оленята выра-

стали, они давно уничтожили бы на Земле всю растительность и все погибли от голода. Этого, однако, не происходит, потому что хищники поедают большинство оленят, прежде чем те вырастут. Среди молодняка идет своего рода борьба за то, чтобы дожить до фертильного возраста.

Нельзя упускать и другой момент. Если внимательно присмотреться к молодым животным, то можно заметить, что они обязательно чем-то отличаются друг от друга. Одни из них чуть-чуть покрепче, другие — быстрее бегают, третьи обладают более благоприятной для данной местности защитной окраской и т. п. Другими словами, в борьбе за выживание у одних оказывается больше преимуществ, чем у других, и потому — больше шансов вырасти и передать свои особенности потомству.

Итак, мы видим, что такие признаки являются не приобретенными, а *врожденными*. Такое явление получило название «естественной изменчивости».

Люди используют это явление в животноводстве и растениеводстве. Они отбирают самых быстрых лошадей, самых молочных коров, кур, несущих больше яиц, овец, с которых можно набрать больше шерсти, охотнее возделывают пшеницу, дающую больше колосьев, и при этом заботятся о получении соответствующего потомства. При помощи таких методов человек за несколько тысячелетий вывел разнообразные породы домашних животных и растений, значительно отличающиеся от существующих в природе, гораздо больше отвечающие потребностям человека.

Так и природа выбирает из числа молодых особей тех, у кого больше шансов выжить: кто быстрее бежит и может спастись от врагов, кто сильнее и может отбиться от них, кто «умнее» и может перехитрить врагов, кто обладает более совершенным жевательным аппаратом и может более эффективно кормиться и т. д.

Оригинальность дарвиновского понятия естественного отбора, а также скрупулезность его наблюдений и аргументации сразу же убедили многих ученых. С годами число его сторонников увеличивалось, и в наши дни подавляющее большинство ученых разделяют дарвиновскую концепцию биологической эволюции. Они признают значение естественного отбора как основной движущей силы этой эволюции.

Тем не менее с самого начала теория Дарвина не могла ответить на целый ряд вопросов, и теперь, спустя 125 лет после выхода в свет его трудов, она претерпела значительные изменения и получила дальнейшее развитие.

Например, считается, что естественный отбор зависит от врожденной изменчивости. Но каким образом эта изменчивость сохраняется?

Ведь если предположить, например, что защитная окраска какой-либо особи помогает ей лучше скрываться от врагов, повышает ее шансы на выживание, то при появлении у данной особи потомства, рожденного от животного с другой окраской, потомки приобретают некую промежуточную окраску, и преимущество, следовательно, теряется.

И вот в 60-х гг. прошлого века живший в Австрии ботаник Грегор Мендель провел серию опытов с чистыми сортами гороха, различавшимися по определенным признакам. Скрещивая разные сорта гороха и наблюдая за развитием гибридного потомства, он пришел к выводу, что признаки *не* сливаются в некие промежуточные формы: в результате скрещивания высоких растений с низкими некоторые гибридные формы получались высокими, а некоторые — низкими, но ни одна из форм не имела промежуточных признаков.

Мендель опубликовал результаты своих опытов, но его открытие осталось незамеченным. И лишь в 1900 г., когда другие ботаники, повторившие опыты Менделя, начали просматривать старые научные журналы, чтобы узнать, что было сделано в этой области ранее, они натолкнулись на его работу. Мендель умер в 1884 г., так и не узнав, что он стал основателем нового учения — менделизма.

Мендель предположил, что в организме живого существа имеются существенные элементы, которые определяют его индивидуальные физические признаки, и что эти элементы передаются по наследству. В 1879 г. немецкий ученый Вальтер Флемминг открыл, что в ядре клетки существуют мельчайшие частички — хромосомы. Когда учение Менделя получило распространение, стало ясно, что именно хромосомы передаются от родителей к потомству и что именно таким образом оно наследует родительские признаки. Как полагают, хромосома состоит из цепочки генов, каждый из которых «заведует» определенным признаком.

Гены складываются в крупные молекулы нуклеиновой кислоты, которые самовоспроизводятся при каждом делении клетки. Таким образом, каждая новая клетка обладает признаками той, от которой она произошла.

Однако такая репликация генов не всегда идет гладко: иногда в молекулах происходят мельчайшие изменения, которые носят случайный характер. Такие изменения называются «мутациями». Именно мутации порождают различия между индивидами, именно они определяют врожденную изменчивость у потомства, которая делает возможным естественный отбор. В результате такого отбора одни мутации получают широкое распространение, а дру-

гие исчезают; сохранение же различных мутаций ведет к образованию новых видов.

К 1927 г. американский ученый Герман Меллер продемонстрировал возможность получения мутаций путем воздействия на организм рентгеновскими лучами, меняющими расположение атомов в генах. В 1953 г. американец Джеймс Уотсон и англичанин Фрэнсис Крик дали подробное описание структуры нуклеиновых кислот и продемонстрировали, как молекула производит себе подобную и как в этой копии могут возникнуть изменения.

Кроме того, было замечено, что естественный отбор не всегда дает однозначные результаты: определенная роль здесь отводится и другим факторам.

Например, случайность имеет гораздо большее значение, чем считалось ранее. В тех случаях, когда численность популяции того или иного вида невелика, в ней могут получить распространение мутации, которые в общем-то бесполезны и возникли лишь в силу того, что первоначальным носителям этих мутаций по счастливой случайности удалось выжить.

Более того, в наши дни некоторые ученые — например, Стефен Гулд — считают, что большую часть времени эволюция протекает крайне медленно, но при возникновении особых условий этот процесс резко ускоряется.

Если численность популяции велика, та или иная мутация может получить распространение наряду с существованием множества особей с другими мутациями. Более того, нескольких счастливых случайных сдвигов недостаточно, чтобы направить эволюцию в ту или иную

сторону, и тогда вид продолжает существовать практически без изменений многие миллионы лет.

С другой стороны, если относительно небольшую популяцию этого вида изолировать и поместить в другую среду, то вероятность случайного исчезновения одних мутаций и широкого распространения других значительно возрастет. В таких условиях эволюция протекает быстрее, и новые виды образуются через какие-нибудь несколько тысяч лет.

Именно такие периоды ускоренных перемен могут быть основной движущей силой эволюции.

Итак, на сегодняшний день отношение к вопросу о биологической эволюции можно кратко охарактеризовать следующим образом:

(1) Почти все ученые убеждены, что биологическая эволюция насчитывает не один миллиард лет и что все существующие на Земле виды, включая человека, произошли от других видов, которые существовали ранее.

(2) Почти все ученые убеждены, что биологическая эволюция в общих чертах протекает так, как описал Дарвин, и что естественный отбор из числа врожденных вариаций является ее основным фактором.

(3) Современные ученые-эволюционисты значительно расходятся во мнениях по отдельным вопросам функционирования механизма эволюции, и мы еще не знаем, кто из них окажется прав. Однако в любом случае это не повлияет на общее принятие теории Дарвина — с более поздними поправками — как фундаментального объяснения развития жизни на Земле.

1982, июнь

НАШЕ ВЕЛИЧАЙШЕЕ ДОСТОЯНИЕ

Энтони Бёрджес

Греки называют человека *Zoon phonanta* («говорящее животное»). Отличие человека от животного состоит в способности строить систему звуковых сигналов, представляющих не только его чувства и мысли о внешнем мире, но и сам этот внешний мир. Можно, конечно, возразить, что некоторые птицы способны «говорить», и подчас, например майны, даже довольно хорошо. Шимпанзе можно научить произносить слова в простейших лингвистических конструкциях. Но лишь человеку присуща способность создавать цельные языковые системы, а не просто копировать их отдельные части или воспроизводить словосочетания. Заговорив, животное назвало себя человеком.

Мы довольно смутно и совершенно неверно представляем себе примитивнейшего человека, когда думаем, что он, подобно Тарзану, издавал ворчанье вперемешку с воплями под аккомпанемент гулких ударов по собственной груди. Человеческая речь почти наверняка возникла иначе, начавшись с монотонного бормотания, вероятно, в темноте. Темнота всегда вызывает страх, особенно в одиночестве, поэтому человек уже на самом раннем этапе своего развития научился поддерживать чувство общности, вселяющее спокойствие, уверенность, что ты не один во мраке пещеры, когда солнце уже зашло, а луна еще не появилась. Речь, несомненно, возникла раньше, чем умение обращаться с огнем. До сих пор мы пользуемся ею не только для того, чтобы выразить какую-то мысль или чувство, но и просто для того, чтобы устанавливать и поддерживать контакт с другими людьми.

Цель речевого процесса состоит прежде всего в общении. Он должен быть не столько значимым, сколько непрерывным. Известно ведь, что самое неприятное в застольной беседе — это затянувшееся молчание: оно, как правило, указывает на утрату контакта между собеседниками. Нередко паузу прерывают сразу несколько голосов: «извините», «позвольте», «только после Вас», — и смысл слов здесь далеко не так важен, как сам факт того, что кто-то что-то сказал. Все вздыхают с облегчением, особенно хозяйка.

Нам не дано узнать, каким был язык, например, человека каменного века, но кое-что о ме-

нее древнем языке, называемом индоевропейским, или арийским, нам известно, поскольку его структура и частично лексика в существенно видоизмененной форме сохранились в дочерних языках, то есть в большинстве европейских. Судя по всему, это был сложный язык с богатой грамматикой, совсем непохожий на малайский или китайский, и, углубляясь в процессе изучения языков все дальше в историю, мы, как представляется, обнаруживаем все большую степень сложности.

Упрощение языка является по существу частью его модернизации. Современный английский язык в грамматическом отношении значительно проще своего предка — англосаксонского, а итальянский и испанский языки проще своего общего материнского языка — латинского. Ошибочно полагать, что наши далекие предки «по кирпичикам» возводили все более сложную языковую структуру. Примитивное бормотание ассоциировалось с определенным чувством или мыслью, но лишь гораздо позднее, по-видимому после распада Римской империи, специалисты, которых мы теперь называем языковедами, начали анализировать составные элементы этого бормотания и ввели такие термины, как «существительное», «глагол», «прилагательное», «наречие».

Один из самых авторитетных специалистов по теории лингвистики послевоенного периода, Н. Хомский, выдвинул предположение, что мозг человека снабжен специальным аппаратом, позволяющим ему освоить любой язык. Все мы без какого-либо осознанного усилия произносим те или иные слова впервые, даже выдумываем новые; мы обладаем, по-видимому, безграничной способностью порождения новых высказываний. Это — величайший дар человека, в основе которого лежит очень простая особенность его мозга — мыслить противопоставлениями.

Судите сами: цветовой спектр состоит из бесконечного множества оттенков, постепенно переходящих из одного в другой. Человек научился расчленять его на отдельные цвета. Больше того, он сумел использовать их в качестве сигналов совсем иного значения. (Вспомните огни светофора!) Точно так же из речевого потока, на который способны вокальные орга-

ны человека, можно выделить отдельные звуки и противопоставить их друг другу. Свойственная человеческому мозгу способность к построению структур позволяет нам говорить о фонемах (звуках речи) и морфемах (комбинациях фонем, передающих определенное значение)— мельчайших структурных компонентах, которые противостоят друг другу в различных функциях и, взятые вместе, образуют язык.

Больше всего нас интересует, почему каждое слово означает именно то, что оно означает. Когда первобытный человек хотел показать высокий предмет, он, вероятно, инстинктивно поднимал руку и соответственно опускал ее, желая указать на что-то низкое. Другими словами, он пользовался способностью подражать, копировать. У нас нет доказательств того, что речь как физический процесс (ведь чтобы произнести звук, мы делаем определенное мышечное усилие) была попыткой имитировать предмет, действие или чувство, о которых шла речь. Слово «собака» по звучанию абсолютно не напоминает собаку, а в слове «кошка» не обуславливается никакой ассоциации с животным. Выражаясь научным стилем, языку не свойствен иконический символизм. Слова ро-

ждаются совершенно произвольно. Если вдруг будет решено переименовать кошку в собаку, возможно, нам потребуется некоторое время, чтобы привыкнуть к этой идее, но в ней не будет ничего противоестественного, противоречащего законам логики.

Не располагая никакими доказательствами, я представляю себе первобытного человека, который, глядя на луну, произносит нечто вроде *гараваполаджия*. Он не имеет в виду луну, а хочет сказать: «Вот я стою и смотрю на круглый предмет в небе, который все выше подымается над горизонтом». Утром, наблюдая восход солнца, он мог произнести нечто вроде *гарасополаджия*. Пройдет много времени, прежде чем человек соотнесет слово *вапо* с луной, а *сол* с солнцем и поймет, что *по* в обоих случаях выражает небесное тело, способное, очевидно, всходить и заходить. Другими словами, аналитический подход к своей собственной речи, который мы воспринимаем как нечто само собой разумеющееся (без него мы не могли бы изучать иностранные языки) формировался, вероятно, на протяжении тысячелетий. А что касается способности человека записывать свою речь в виде идеограмм или букв, то она появилась гораздо позднее. Буквенный алфавит— например, латинский, греческий, арабский— существуют настолько недавно, что не успел даже распространиться на Китай и Японию.

Следует признать, что нам почти ничего не известно о происхождении человеческого языка, но мы понимаем: это был эволюционный скачок, приведший к появлению нового биологического вида — человека. Впервые появившись, язык представлял собой уже вполне сформировавшуюся систему. Он не проходил через этап постепенного усложнения. Формирование языкового образа внешнего мира (к которому относимся и мы сами) стало ключом к созданию мира внутреннего. Язык— это ценнейшее достояние. Нам стоит поразмыслить над его загадками, любить и лелеять это чудо. Правда, мы никогда не сможем понять его до конца. Китайский, хинди, английский—да. Но сам язык—нет.

1983, август

БУДУЩЕЕ ЧЕЛОВЕКА КАК БИОЛОГИЧЕСКОГО ВИДА

Жан Йерно

Нужно обладать известной самонадеянностью, чтобы решиться предсказывать будущее, и все же исследователь не может уклониться от выполнения этой задачи, даже если он и понимает, что его предсказания основываются на знаниях, недостаточно полных, и на гипотезах, окрашенных его личными пристрастиями.

Человек — продукт эволюции живой материи, и его будущее можно предсказать, только перенося в это будущее те направления эволюции, которые заметны уже сегодня. За весь период существования жизни на нашей планете мы видим определенную последовательность форм — от самых простых до наиболее сложных, от гигантских молекул, еще не вполне отличающихся от неживой природы, до млекопитающих. По основным этапам этой эволюции можно проследить, как постепенно уменьшается зависимость от окружающей среды: например, приобретает гомойотермию (способность поддерживать температуру тела постоянной независимо от температуры внешней среды), высшие формы живой материи распространились и в те области, в которых раньше они не могли существовать.

По мере возрастания сложности организма увеличиваются и размеры мозга. Максимального развития мозг достиг у человека, и человек добился наиболее полного освобождения от влияния окружающей среды. Более того, он приобрел все возрастающую власть над силами природы, обуздал их для удовлетворения своих нужд.

Бесспорно, человек — вершина эволюции, но его эволюция идет не тем путем, каким шла эволюция существовавших до него форм. Во всяком случае, можно сказать, что с появлением человека вступил в действие ранее не существовавший механизм эволюции. До появления человека эволюция по своему характеру была генетической и заключалась в изменении наследственных признаков различных видов, другими словами, в изменении набора имеющихся у них генов. Такая эволюция не подчинена ни воле, ни сознанию. С появлением человека и, несомненно, как необходимое условие для его появления вступает в действие и развивается совершенно другой механизм эволюции — передача от одного индивида

другого поколения следующему запаса знания и изобретений, образа жизни, что сам до себе не передается по наследству и требует для сохранения неустанных усилий.

Такая форма эволюции менее устойчива, но она позволяет человеку идти по пути дальнейшего освобождения и приобретения власти над окружающей его средой, причем идти значительно быстрее, чем посредством генетической эволюции. Этим, вероятно, и объясняется, почему после некоторого периода одновременного действия двух механизмов эволюции (длительного с момента появления человека, два миллиона лет назад, до возникновения около 50 тысяч лет назад современного *Homo sapiens*) в настоящее время дальнейшая эволюция происходит, по существу, в области приобретенных способностей, которую можно было бы назвать областью культуры. С точки зрения анатомического развития между мозгом ископаемого *Homo sapiens* и нашим мозгом не существует заметных различий, но власть человека над силами природы возросла неизмеримо, а прогресс знаний и техники идет все быстрее и быстрее: культурная эволюция пришла на смену генетической.

Если отсутствие изменений в строении мозга на протяжении десятков тысяч лет объясняется именно этим, то нет оснований предполагать, что в будущем у человека будет огромная голова; современный мозг вполне достаточен для него, к тому же человек уже раздвинул границы своих возможностей посредством электронных вычислительных устройств.

Правда, судя по строению скелета *Homo sapiens* каменного века, черты его лица были грубее, чем в наше время. Некоторое смягчение костных выступов действительно происходит с культурной эволюцией. Все же не следует думать, что так будет продолжаться и дальше и что форма головы резко изменится. Могут исчезнуть надбровные дуги, но не лобная кость. Наблюдается также тенденция к уменьшению размеров зубов и даже к исчезновению зубов мудрости. Однако нет никаких оснований полагать, что это приведет в конце концов к появлению беззубых людей. Во всяком случае, по сравнению с культурной эволюцией такого рода процессы протекают крайне медленно.

Однако в генетической области еще и сегодня продолжается (и нет никаких признаков его близкого окончания) процесс изменения наследственных признаков популяций, связанный с обеспечением наилучшего—с точки зрения генетики—приспособления к изменяющимся условиям окружающей среды. Конечно, наше приспособление к условиям среды по характеру своему связано прежде всего с областью культуры, примером чего могут служить современная одежда, отопление, кондиционирование воздуха и т. д. (к тому же достижения в области медицины помогают уменьшать значение естественного отбора). Тем не менее мы постоянно создаем новые условия для нашего существования (что проявляется, например, в урбанизации), которые порождают и дополнительные биологические проблемы. Пройдет, без сомнения, еще много времени, прежде чем меры культурного порядка устроят необходимость в генетическом приспособлении к местным условиям.

Все, что говорилось до сих пор, относится к стихийной, биологической эволюции человека. Однако ныне он обрел знания и технические средства, позволяющие ему влиять на собственные наследственные признаки. Наука, занимающаяся этими вопросами, называется евгеникой. В основе ее лежит следующая теория: для каждой из передаваемых по наследству характерных особенностей, по которым люди отличаются друг от друга (например, по системе групп крови А, В, 0 все люди делятся на четыре группы), существует какой-то определяющий фактор (ген), самый лучший в своем роде и встречающийся во всех частях земного шара. Естественный отбор в принципе стремится устранить все возможные факторы, кроме самого лучшего.

Если в результате мутаций появляется новый ген, он оказывается или лучше существующих генов (и тогда заменяет их), или же менее жизнеспособным (и тогда устраняется). Цель евгеники и состоит в том, чтобы способствовать лучшему в природе, изгоняя вредные гены (например, не допуская деторождения у индивидов, обладающих ими) и содействуя распространению наилучшего гена (например, пропагандируя искусственное оплодотворение с помощью семени, содержащего этот ген). Евгеника, следовательно, стремится создать человеческую расу, состоящую из генетически одинаковых индивидов.

Во многих случаях рецессивного гена—даже при всеобщем применении положений евгеники, то есть при полном предупреждении деторождения у лиц, обладающих этим геном,—вредный ген удаётся устранить только через много поколений. Кроме этого практического

аспекта, существуют и другие серьезные возражения против всеобщего применения положений евгеники; в частности, недавно проведенные исследования показали, что очень часто естественный отбор ведет не к созданию единообразия (путем устранения всех генов, кроме одного), а, скорее, к установлению определенного равновесия в частоте различных генов.

Человечеству всегда было присуще большое разнообразие в отношении многих наследственных признаков, что важно не только потому, что жизнеспособность каждой популяции зависит от такого разнообразия (или полиморфизма), но и потому, что определенный ген может быть полезным в одних условиях окружающей среды и вредным в других. Мы знаем, например, гены, определенная частота которых благоприятна в районах распространения малярии, но которые нежелательны в других местах.

Люди расселились по всему земному шару и живут в самых различных природных условиях, постоянно изменяя их в направлениях, которые не всегда можно предвидеть. А в таком случае идеалом с точки зрения генетики будет сохранение разнообразия, что прямо противоположно целям евгеники. Поэтому теоретические предпосылки евгеники совершенно неоправданны. Единственное, в чем она может принести известную пользу,—это искоренение серьезных наследственных болезней, правда, довольно редких.

Если кажущийся неблагоприятным признак часто встречается в популяции, то весьма вероятно, что он желателен в каком-то еще не известном нам отношении. Если же какой-либо ген действительно нежелателен во всех отношениях, его частота благодаря естественному отбору будет очень низкой.

Эта критика относится как к позитивной евгенике, целью которой является увеличение числа «хороших» генов, так и к негативной евгенике, стремящейся искоренить «плохие»; идеалом же обеих является единообразие. Нет оснований надеяться, что приверженцы евгеники выведут в пробирках сверхчеловека; любые высокоодаренные существа, которые им удастся получить, не составят биологически жизнеспособной человеческой расы.

Вместо того чтобы манипулировать с генами, лучше направить усилия на создание для популяций и индивидов таких жизненных условий, в которых передаваемые по наследству возможности будут реализованы наилучшим образом. Но это уже не евгеника, а то, что называют евгеникой.

Сотням миллионов людей голод и болезни мешают так реализовать свои физические возможности, как они могли бы это сделать в лучших условиях. Различия в интеллектуальных

достижениях у разных человеческих популяции обусловлены, по-видимому, исключительно различием в питании, здравоохранении и образовании. Евтеника открывает, таким образом, значительно более широкие и надежные перспективы для улучшения человечества, чем евгеника.

Действующие и сегодня процессы — в особенности отбор, вызывающий дифференциацию популяций посредством генетической адаптации к условиям обитания, а также браки между представителями разных национальностей, которые приводят к большей однородности и в то же время усиливают полиморфизм,— сами по себе достаточны для создания единства в многообразии, что, по-видимому, и соответствует биологическим потребностям нашего вида. Свойства, приобретенные в результате индивидуального приспособления, никогда не бывают очень заметными: они характеризуют человека в значительно меньшей степени, чем его врожденная (определенная генетически)

способность приспосабливаться к меняющимся условиям существования.

Следовательно, человек вовсе не должен подвергаться разительным биологическим превращениям в ходе естественной или искусственно вызванной эволюции. Однако он претерпевает все ускоряющуюся культурную эволюцию: потребовались сотни тысяч лет (эпоха-палеолита), чтобы техника обработки камня достигла сравнительно высокого уровня, но всего лишь несколько тысячелетий, чтобы перейти от каменного века к атомному. Именно в сфере культурных достижений человек переживает глубокую эволюцию, которая, как мы видели, хотя и отличается от генетической, но идет в том же направлении и представляет собой форму эволюции, характерную именно для человека.

Эволюция такого рода приобрела сознательный характер. Она основана на стремлении человека к прогрессу и на эффективности средств, которые он применяет для этого. Она требует

от людей неустанных усилий для совершенствования как индивида, так и общества в целом. Однако нельзя с уверенностью сказать, что эволюция не отклонится от этого пути: ведь современный уровень знаний дает человечеству и средства для самоуничтожения.

Вправе ли мы тогда предсказывать дальнейший прогресс культурной эволюции? Возможно, мы действительно несколько сверхоптимистичны, но для этого имеются основания. Генетическая эволюция, проходя через многочисленные фазы под влиянием отбора, продолжалась в течение миллиарда лет, и каждый раз более сложная, более высокоразвитая форма вытесняла низшую, когда они сосуществовали и соперничали. Так, высшие млекопитающие вытеснили сумчатых во всех частях земного шара, кроме Австралии, куда были завезены сравнительно недавно. Поэтому есть все основания надеяться, что с помощью подобного механизма более высокоразвитая форма культуры, придя в соприкосновение с менее развитой, вытеснит ее.

Примеры этого можно найти в нашем прошлом — таково, скажем, быстрое распространение неолитической революции, выразившейся в переходе к земледелию и скотоводству.

Силы, направляющие биологическую эволюцию (употребляя слово «биологическая» в его прямом смысле), изменяют наследственные признаки, тогда как движущие силы культурной эволюции, наоборот, сохраняют все, что может служить стимулом для прогресса человечества: стремление к знаниям, ведущее к научному прогрессу, и стремление отдельных лиц и человеческих сообществ к тесному взаимосближению, которое побуждает нас любить ближнего, чувствовать себя причастным ко всему, что затрагивает человечество в любой части земного шара, бороться за социальную справедливость.

Правда, движущие силы культурной эволюции, как и силы эволюции генетической, определяют лишь общую тенденцию и не исключают периодов регресса и частичных неудач. Тем не менее, если рассматривать ход истории в целом, можно убедиться, что основания верить в успех культурной эволюции у нас есть.

Куда же может привести человечество культурная эволюция? В некоторых областях жизни она идет очень быстро: бурными темпами развивается наука, люди ищут новые формы обще-

ственной морали, созвучные их растущему пониманию своего единства и солидарности. Принимая во внимание темпы такого развития, мы вправе задать вопрос: не готовится ли «живая материя» Земли претерпеть — именно в человеке — то «изменение состояния», которое мы в силах предвидеть благодаря диалектическому мышлению? Ведь в биологии, как и в физике, незначительные, но постепенно накапливающиеся количественные изменения могут привести к внезапному переходу в качественно новое состояние (достаточно вспомнить об изменениях, претерпеваемых куском льда при постепенном нагревании).

Так увеличение сложности неживой материи привело в свое время к возникновению жизни (живая материя обладает новыми свойствами, но составляющие ее химические частицы сохраняют свои обычные характеристики; только взаимодействие и иная организация этих частиц отличают новое качество — «жизнь»). Именно возрастающая сложность живой материи привела к появлению человека — существа, в определенном смысле качественно нового для природы, способного, к примеру, мыслить абстрактно; однако клетки его организма имеют те же основные биологические свойства, что и у амеб.

Если экстраполировать этот принцип далее, то за следующим критическим порогом мы увидим новое состояние, при котором люди, мало отличающиеся от современных людей, благодаря своему стремлению к дальнейшему сближению, благодаря интенсивности и характеру их взаимодействий, образуют качественно новую ступень развития живой материи.

Таким образом, если предлагаемый здесь подход правилен, можно сказать, что наша эволюция идет в направлении создания не столько неких «суперменов», сколько более совершенного человеческого общества. Возможно, на данной стадии эволюции мы еще не в состоянии представить себе полную картину будущего, но уже сейчас мы в принципе знаем ведущий к нему путь. И если мы действительно намерены взять на себя ответственность, принадлежащую нам как человеческим существам, если мы действительно хотим управлять силами прогресса, мы должны идти вперед по пути, ведущему к самопознанию и сближению людей.

1965, апрель

ГЕННАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Бернард Диксон

Двадцать лет назад «зеленая революция» принесла людям не только блага, но и проблемы, поэтому нет ничего удивительного в том, что сейчас, когда речь заходит о будущем применении генной инженерии в сельском хозяйстве, реакция бывает одновременно оптимистической и настороженной. Это естественно, поскольку новые подходы, основанные на использовании так называемой рекомбинантной ДНК, будут иметь еще более далеко идущие последствия, чем новшества «зеленой революции». Несомненно, этим волшебным способом можно преобразовать сельское хозяйство всего мира. В то же время при модификации живой клетки нужны осторожность и благоразумие.

Центральная роль здесь принадлежит дезоксирибонуклеиновой кислоте (ДНК), материалу, несущему в закодированной форме наследственную информацию о поведении клеток растений, микробов и животных. Исключительно длинная молекула ДНК может быть разделена на отрезки — гены, ответственные за формирование конкретных признаков. Рекомбинантной ДНК называют вещество, возникающее при искусственном соединении фрагментов ДНК двух разных организмов.

Именно эти генетические манипуляции и стали причиной бума, происшедшего в биотехнологии за последние десять лет. Конечно, нечто похожее происходило и раньше: некоторые приемы, например, искусство изготовления алкогольных напитков путем сбраживания сахара, известны человеку с древнейших времен, другие, в число которых входит и массовое производство антибиотиков, появились в начале нашего века. Однако во все эти процессы организмы вовлекаются в том виде, в каком они встречаются в природе, даже когда речь идет о выведении высокопродуктивных сортов.

С появлением же рекомбинантных ДНК «правила игры» совершенно изменились. У человека появилась возможность модифицировать живые организмы в утилитарных целях, что, несомненно, найдет широкое применение в будущем.

Открытия, положившие начало новому этапу в создании не существовавших прежде растений и микробов, были сделаны в начале 70-х гг., в основном молекулярными биологами.

Специалисты научились внедрять в бактерии гены, взятые у других бактерий и даже из животных и растительных клеток, принадлежащих к совершенно иному виду. Сначала определяют местонахождение нужного гена среди бесчисленного множества генов в ДНК одного организма. Затем с помощью естественных катализаторов (ферментов) «вырезают» этот ген и «вшивают» его в вектор. Это чаще всего вирус или плаزمид (кусочек ДНК, воспроизводящий себя независимо от ядра, главного хранилища ДНК). Вектор служит средством передачи выбранного участка ДНК реципиенту. Оказавшись в новом хозяине, инородный ген при делении клетки тоже делится. Так образуется клон клеток, причем каждая из них содержит точную копию этого гена.

В связи с тем что ферменты, применяемые в генной инженерии, в значительной степени специфичны, нужна максимальная точность при извлечении генов и переносе их в другой организм. Такие манипуляции принципиально отличаются от гораздо менее предсказуемых случаев передачи генов, которые происходят в природе. Они дают возможность соединить друг с другом такие гены, для которых соединение естественным путем маловероятно. Таким образом, генетики могут создавать бактерии с нужными свойствами, отвечающими задачам сельского хозяйства, промышленности и медицины.

И хотя генетические манипуляции с растениями не так просты, уже есть некоторые результаты. Из разработанных на сегодняшний день методик самая эффективная основана на использовании бактерии *Agrobacterium tumefaciens*, которая приводит к образованию корончатых галлов на поверхности многих цветковых растений. В ее состав входит плазмид, вызывающая рост опухолей. Генная инженерия научилась удалять из этой плазмиды гены, способствующие возникновению опухолей, и использовать ее как вектор для переноса в растения новых генов.

При помощи *A. tumefaciens* в табак ввели ген, способствующий выделению смертельного для насекомых токсина. Присутствующий внутри растения инсектицид придает ему устойчивость к насекомым. Некоторые растения спо-

способны мобилизовать в себе защитные силы и противостоять вирусу. Данный процесс аналогичен иммунизации у животных, и это указывает на еще один путь генетических изменений. Внедрение одного вирусного гена в табак способствует защите растения от последующего заражения самим вирусом.

Другое направление исследований связано с сорняками, которые являются основной помехой для возделывания культурных растений в большинстве стран. И хотя с сорняками можно бороться при помощи избирательно действующих гербицидов, их применение зачастую отрицательно сказывается на росте основной культуры. Однако сейчас стало возможным вводить гены устойчивости к гербициду в табак и петунию. Одна из подобных манипуляций приводит к синтезу в растении ферментов, благодаря которым оно утрачивает чувствительность к замедляющему рост гербициду.

Около 70% белка люди получают из злаков и бобовых. Но сами по себе эти культуры не могут обеспечить человеку сбалансированное питание, потому что накопленным в них белкам недостает одной или нескольких аминокислот. Сейчас, помимо данных анализа структуры белков, входящих в состав злаков и бобовых, мы располагаем точной информацией о кодирующих их последовательностях ДНК. На основе этих знаний можно разработать методы, с помощью которых будет изменена эта последовательность или введены новые гены, кодирующие белки с более сбалансированным спектром аминокислот.

Мировые запасы энергии и продовольствия зависят от способности зеленых растений под действием солнечного света превращать содержащийся в атмосфере углекислый газ в углеводы, жиры и белки. К сожалению, у растений, выращиваемых в умеренном климате, например у пшеницы, ячменя и картофеля, механизм переработки углекислого газа действует неэффективно. Атмосферный кислород мешает первому ферменту, участвующему в ассимиляции углекислого газа. Сейчас прилагаются значительные усилия, чтобы изменить последовательность ДНК, гена, кодирующего этот фермент, и тем самым снять отрицательное воздействие кислорода. Другие ученые пытаются ввести в растения умеренной зоны гены, взятые у кукурузы, у которой механизм преобразования углекислого газа более эффективен. В природе такой механизм, по-видимому, действует только при более высоких температурах, но есть надежда заставить его работать и в более прохладных районах.

Параллельно изучается возможность использования еще одного атмосферного газа для по-

вышения продуктивности растений—азота. Он составляет 80% воздуха, однако растения не могут непосредственно усваивать его. Вот почему современное интенсивное сельское хозяйство так сильно зависит от синтезируемых химической промышленностью удобрений. Фиксация природного азота отчасти осуществляется ризобиями — бактериями, существующими в симбиозе с бобовыми, такими, как горох, фасоль и клевер. Эти бактерии используют для своего развития сахара, выделяемые растением, и образуют клубеньки на его корнях. В них происходит превращение азота в аммиак, что в свою очередь ведет к синтезу растительных белков.

Специалисты в области молекулярной биологии уже выделили и охарактеризовали некоторые гены, которые требуются для фиксации азота. Однако они обнаружили, что в этом процессе участвует гораздо больше генов бактерий и растений, чем они изначально предполагали. Это, естественно, затрудняет работу с такими генами.

Засуха и жара неблагоприятны для всех растений, хотя сорта, выведенные в такой среде, переносят их лучше. Засушливые почвы часто содержат много солей и токсичных металлов, сдерживающих рост растений. Генная инженерия с радостью создала бы растения, устойчивые к подобным стрессам, но надежд на успех в этой области в ближайшем будущем мало. Прежде чем выявить последовательности ДНК, подходящие для передачи от одного растения к другому, ученым предстоит глубже изучить многообразные механизмы взаимодействия растений с окружающей средой. Дело может осложниться участием в этом процессе других генов, как это было в случае с фиксацией азота. Например, устойчивость к засухе, которая зависит от уменьшения поверхности листьев, может обеспечиваться взаимодействием множества генов.

Генная инженерия занимается также микробами, способствующими здоровому росту растений. Изучается возможность получения и распространения во внешней среде ри-зобии, фиксирующей азот более эффективно, чем природные штаммы. Исследуются также другие бактерии, способные фиксировать азот во взаимодействии с пшеницей и кукурузой. Еще одна перспектива связана с открытием ученых из Калифорнийского университета (Беркли), обнаруживших, что во время заморозков клубника гибнет от бактерий, которые становятся центром кристаллизации льда на листьях. Этот процесс вызван особым бактериальным белком, ген которого калифорнийские ученые научились удалять из бактерий. Они считают, что мо-

гут предотвратить огромные убытки от заморозков путем распыления такого не вызывающего образования льда штамма, который вытеснит естественную микрофлору.

Генная инженерия многое обещает и в плане совершенствования «биологических инсектицидов» — микробов, поражающих вредителей и имеющих огромные экологические преимущества по сравнению с соответствующими химическими веществами. Так, в течение многих лет для борьбы с особо стойкими видами вредителей использовалась *Bacillus thuringiensis*, но она и ей подобные бактерии и вирусы могут быть усовершенствованы с помощью рекомбинантной ДНК. Интересен пример шелкопряда, повреждающего стелющуюся сосну на севере Англии. В других районах Англии численность этого шелкопряда находится под естественным контролем бакуловируса, который заражает гусениц. Сейчас планируется создать вирус, более эффективно уничтожающий гусениц, и распространить его в сосновых массивах. Первые эксперименты проводились с вирусом, который отличался только тем, что содержал «маркер» в некодирующем участке ДНК. Это даст ученым возможность следить за распространением и выживанием вируса после распыления. Если все будет идти хорошо, то вирус можно будет снабдить геном, благодаря которому он сможет синтезировать смертельный для насекомых токсин. Потенциальные возможности этой методики для борьбы с другими насекомыми очевидны.

Безопасность работы с создаваемыми в лабораториях и на предприятиях организмами основана на принципе разумного контроля. Введена градация предприятий по степени риска. Но при внедрении микробов и растений в окружающую среду возникают новые вопросы. Например, высказываются опасения, что кто-нибудь нечаянно «создаст» сорняки, с которыми потом будет чрезвычайно трудно бороться: если они окажутся устойчивыми к засухе, гербицидам и холоду, то смогут быстро распространяться на большой площади сельскохозяйственных угодий, и от них будет нелегко избавиться. Как видно на примере растений кудзу в Азии и водяного гиацинта в Америке, даже естественно растущие сорняки могут причинить немало хлопот.

Однако перспектива превращения созданных генной инженерией злаков в сорняки малореальна, поскольку злаки, если их оставить без ухода, не выстоят перед другими растениями. Трудности, связанные с мобилизацией генов растений, также делают маловероятным случайное появление нежелательных видов. Растение, полученное с помощью генной инженерии, вначале высаживают на ограниченном участке, и, если возникнет необходимость, его всегда можно сжечь или уничтожить другим способом. Тем не менее за полевыми испытаниями новых растений, особенно культур, способных к перекрестному опылению с сорняками, надо внимательно следить.

Особая осторожность нужна при работе с новыми микробами, которые размножаются в астрономических количествах. Любая случайность—и за ними будет невозможно уследить. Однако пока нет оснований беспокоиться: с тех пор как десять лет назад впервые были выделены организмы-рекомбинанты, они не создали опасности ни для здоровья, ни для окружающей среды, ни в ином отношении. Более того, сейчас биологи пришли к выводу, что нет существенной разницы между микробом, получившим новый фрагмент ДНК в результате искусственной манипуляции, и микробом, получившим точно такой же фрагмент ДНК посредством естественного механизма передачи генов. Большинство специалистов утверждает, что работа с рекомбинантными ДНК намного безопаснее, потому что она более точна и избирательна.

Многие исследователи считают, что испытания рекомбинантных организмов всегда должны проводиться в замкнутых средах, например в теплицах. Но такие «микросмсы» никогда не смогут воспроизвести все богатство природной биосферы и никогда не дадут окончательных данных о потенциальной безопасности организма или о его поведении в природе. Сейчас ученые согласны с тем, что нужен поэтапный подход, при котором на основании априорных данных о возможном поведении созданного организма необходимо последовательно проводить все более крупномасштабные испытания, накапливать опыт и уверенность в том, как этот организм поведет себя в природе.

1987, апрель

КРАСОТА КАК СВЯТОСТЬ

Сергей Аверинцев

В летописном предании о событиях, происходивших на Руси тысячу лет назад, есть поразительный эпизод «испытания вер».

С князем Владимиром уже беседовали и мусульмане, и католики, и хазарские иудеи. Перед ним прозвучала проповедь греческого «философа», вместившая в себя библейскую историю и краткий катехизис в придачу, и она, кажется, уже произвела должное впечатление: князь констатирует, что греки говорят «хитро» и «чюд-но», что каждому любо их послушать. И все-таки проповеди мало; не доктрина, не катехизис решает дело. Необходимо не только услышать, но и увидеть. И вот Владимир по разумному совету своих бояр и старцев выбирает десять «мужей добрых и смысленных», чтобы те своими глазами посмотрели на зримую реальность каждой веры — в каком облике предстает она у себя дома?

Посланцы исполнили приказ. Молитвенные телодвижения мусульман в мечети оттолкнули их чуждостью ритма и пластики, показались безрадостными: «несть веселья в них». Латинский обряд тоже не доставил эстетического удовлетворения: «красоты не видехом никоея-же». Но в Константинополе патриарх показал им «красоту церковную», и они рассказывают своему князю: «Не знаем, на небе ли были мы, или на земле, ибо нет на земле такого вида и такой красоты, и мы не знаем, как рассказать об этом; только знаем, что там Бог с человеками пребывает, и богослужение их лучше, чем во всех странах. Мы же не можем забыть красоты той». Слово «красота» повторяется вновь и вновь, и переживание красоты служит решающим богословским аргументом: «там Бог с человеками пребывает». Теперь и князь может, наконец, сделать свой выбор. «Отвечал же Владимир, и рек: «Где крещение приемем?»

Эстетическая аргументация воспринимается как самая убеждающая. «Бог с человеками пребывает» там, где есть красота, наличие которой и свидетельствует об этом «пребывании». Красота есть доказательство.

Какие бы события ни стояли за рассказом «Повести временных лет», за ним стоит некое мировоззрение или хотя бы мироощущение, которое само по себе — исторический факт. Даже если образ мыслей князя Владимира и его

людей был не совсем таким, таким был образ мыслей летописца. Даже если весь рассказ вымышлен, у вымысла есть смысл; и смысл этот неожиданно близок к тому, что совсем недавно, в нашем столетии, было сформулировано русским священником, ученым и философом П. А. Флоренским (1882—1943), который писал, имея в виду прославленную икону из русских икон — рублевскую «Троицу»:

«Из всех философских доказательств бытия Божия наиболее убедительно звучит именно то, о котором даже не упоминается в учебниках; примерно оно может быть построено умозаключением: «Есть «Троица» Рублева, следовательно, есть Бог».

Спора нет, рассказ летописи и фраза из философского трактата являют очень много несходства. Летописец — простодушен, Флоренский — вовсе нет: он высказывает изысканный парадокс и, конечно, понимает это. Сходства нет ни в чем, кроме простейшего логического смысла: красота — не «просто» красота, красота — критерий истины, и притом наиболее глубокой, наиболее важной истины.

Если мы проведем через тысячулетний интервал мысленную линию, соединяющую эпизод «испытания вер» с пассажем из Флоренского, на этой линии окажется многое: например, то неразделимое соединение чувства стилия и чувства святых, которое в своем отношении к иконописи унаследовали от Древней Руси старообрядцы и которое так проникновенно описал Н. С. Лесков (1831—1895) в своем рассказе «Запечатленный Ангел» (1873). «Крылья же пространны и белы как снег, а ис-под лазурь светлая, перо к перу, и в каждой бородке пера усик к усика. Глянешь на эти крылья, и где твой весь страх денется; молишься: «осени», и сейчас весь стишаешь, и в душе станет мир», — вспоминает любимую икону Строгановской школы (XVII век) простосердечный лесковский каменщик, который, как сам признается, «воспитание получил самое деревенское».

Что это — молитва или любование? Если мы скажем, что одно соединено с другим, мы скажем слишком мало. Любование само по себе уже строго, как молитва; потворство эмоции, сублимированной чувственности, самоцельному артистизму исключено в гораздо большей

ского иконописания. Доказывать не надо — достаточно показать. Они сами доказательство. Чтобы писать так, нужно было всем своим существом верить, что красота — категория не эстетическая, а уж скорее онтологическая.

Употребив два философских термина подряд, вспомним по ассоциации, что Русь до XVII века не знала школьной философии, а потому не дала таких ученых сочинений, которые, как «Источник знания» Иоанна Дамаскина (ок. 650 — ок. 749) в Византии или «Сумма богословия» Фомы Аквинского (1225 — 1274) на средневековом Западе, подводили бы итог смысловому содержанию целой эпохи. Но это не значит, что на Руси не было своего философского осмысления бытия, только философствование осуществлялось в специфических формах: в формах иконописания. Не в трактатах, а в иконах, не в силлогизмах и дефинициях, а в зримых явлениях красоты — достаточно строгой, твердой и незамутненной, чтобы пропускать чистый свет духовного смысла, — приходится искать центральные идеи древнерусской культуры. Творчество красоты приняло на себя дополнительные функции, которые в других культурах принимало на себя абстрактное мышление.

И тогда мы понимаем, почему стиль русской иконы требует от красоты такой единственной в своем роде строгости, превосходящей даже аскетизм византийского искусства и резко отличной от поэтической атмосферы готики. Воплощения высших возможностей искусства бесполезно сравнивать по принципу — что лучше, что хуже. «Троица» Рублева не «лучше» статуи Девы Марии из Реймского Сретения, потому что лучше нее не может быть ничего, и наоборот. Однако духовность этих двух одухотвореннейших творений различна. Реймская Дева Мария обращается к эмоциям и воображению, между тем как рядом с ней схоластика обращается к интеллекту.

Чувство — это одно, познание — это другое. Поэтому духовность готической статуи вся пропитана душевностью — благородным ры-

царским восторгом перед обаянием женственности. Готический мастер может это себе позволить, потому что с него снято бремя обязанности доказывать духовные истины — для доказательств существуют силлогизмы. Строгость русской иконы идет дальше — до замолчания душевного, чтобы слышен был только голос духовного. Русский мастер хочет не внушать, не трогать, не действовать на эмоции, а показывать самую истину, непреложно, непререкаемо о ней свидетельствовать. Этот долг принуждает его к величайшей сдержанности: вместо порываний готического энтузиазма требуется «безмолвие». По-гречески безмолвие — «исихия»; отсюда термин «исихазм». «Да молчит всяка плоть человека...» Красота, которая хочет быть удостоверением истины, не может не быть к себе суровой.

Новая русская культура, предвосхищенная в кризисе XVII века, рожденная в эпоху Петра, обновляющаяся в бурях отечественной истории, стоит в сложных, порой драматичных отношениях к старому наследию «благообразия». Но она не может отрицать своего родства с тысячелетней традицией. Повидимому, русскому человеку трудно перестать мыслить о красоте как ориентире в поисках истины. Последние два века дали русских философов, подчас замечательных, но еще вопрос, не содержится ли подлинная русская философия в стихах Пушкина и Тютчева, в романах Достоевского, быть может, в музыке Скрябина. Классическая русская литература смертельно боится эстетического «баловства»: Гоголь сжег свою рукопись, Лев Толстой пытался отречься от художника в самом себе, только бы остаться искателем и учителем истины, — этому не сыщешь параллели в истории других литератур. Совсем уникальное явление нашей жизни — русское отношение к поэзии, как к глотку воздуха и возможности спасения.

Если древнее доверие к красоте, о котором говорит «Повесть временных лет», нас покинет — что с нами станется?

1988, июль