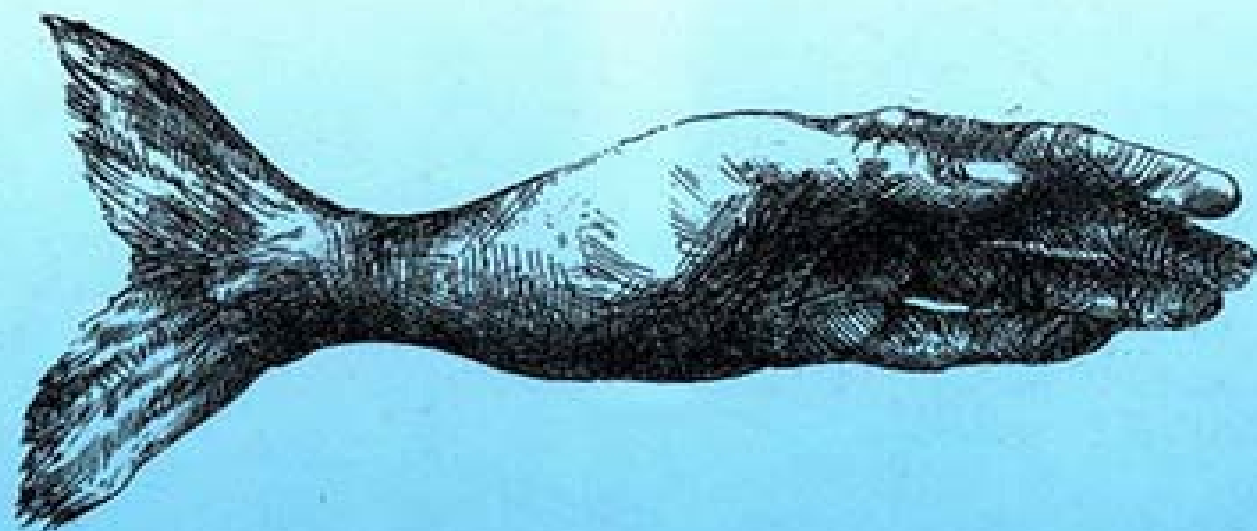


science masters

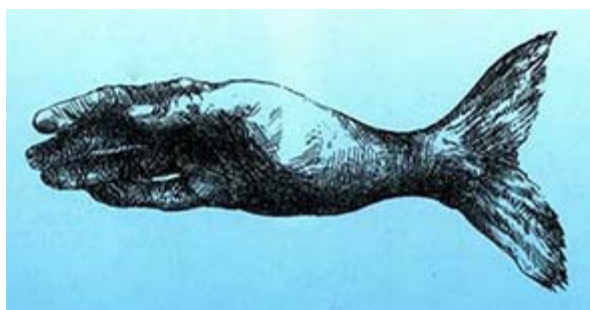


Richard Dawkins

**RZEKA
GENÓW**

Richard Dawkins

RZEKA GENÓW



Tłumaczył Marek Jannasz

Richard Dawkins

RZEKA GENÓW

W jaki sposób doszło do wybuchu bomby replikacyjnej, którą zwiemy życiem, i czym ta eksplozja się skończy: czy wygaśnie na Ziemi, czy może rozszerzy się na inne światy?

RICHARD DAWKINS mierzy się z odwieczną tajemnicą życia i z typową dla siebie błyskotliwością wyjaśnia najbardziej złożone zjawiska natury. Autor, wykładowca na Uniwersytecie Oksfordzkim, napisał między innymi *The Selfish Gene* (Samolubny gen), *The Extended Phenotype*, *The Blind Watchmaker* (Ślepy zegarmistrz).

W serii **Science Masters**, wydawanej równocześnie w ponad trzydziestu językach na pięciu kontynentach ukazują się książki pisane przez najwybitniejszych współczesnych uczonych.

Każdy z tomów **Science Masters** to zwięzła i przystępna - pisana przez uznanych naukowców, lecz w języku zrozumiałym również dla niespecjalistów - prezentacja obecnego stanu i dorobku ludzkiej wiedzy z wybranych dziedzin nauk ścisłych i przyrodniczych: od astronomii po zoologię.

Pamięci Henry'ego Colyera Dawkinsa (1921-1992) profesora St. John's College, Oxford,
mistrza w sztuce czynienia rzeczy trudnych prostymi

z Edenu wypływała rzeka, aby nawadniać ogród.
Księga Rodzaju 2, 10

*Natura — tak nazywamy
miliardy miliardów miliardów
cząstek toczących między sobą nigdy nie kończącą się grę
w biliardy biliardów biliardów.
— Piet Hein*

Piet Hein przedstawia tu klasyczny obraz świata widziany oczyma fizyka. Kiedy jednak w wyniku biliardów przypadkowych zderzeń atomów powstaje nagle coś, co posiada zupełnie nową, niepowtarzalną właściwość, wiadomo, że we wszechświecie wydarzyło się coś doniosłego. Taką właściwością jest zdolność do samoreplikacji. Oznacza to, że owo „coś” potrafi, wykorzystując zewnętrzną materię, stworzyć kopię siebie samego. Pojawianie się coraz to przypadkowych błędów w replikacji sprawia, że nie wszystkie kopie są identyczne. Nastęstwem tego niepowtarzalnego wydarzenia, gdziekolwiek we wszechświecie miałyby ono miejsce, musiało być pojawienie się darwinowskiej zasady doboru naturalnego i jej nieuniknionej konsekwencji, która na naszej planecie osiągnęła barokowe bogactwo form i nazywa się życiem. Nie znajdzie się drugiego takiego fenomenu, gdy tak wiele faktów da się wyjaśnić za pomocą tak małej liczby założeń wstępnych. Teoria Darwina okazuje się jednak nadzwyczaj skuteczna nie tylko do objaśniania świata. Charakteryzująca ją oszczędność i lakoniczność dodaje jej uroku oraz poetyckiego piękna, przyćmiewającego nawet najbardziej przemawiające do wyobraźni mity o pochodzeniu życia, jakie stworzył człowiek. Jednym z celów przyświecających mi przy pisaniu tej książki było oddanie należnej sprawiedliwości teorii Darwina, która — umożliwiając nam nowoczesne rozumienie fenomenu życia — jest stałym źródłem inspiracji. W teorii Mitochondrialnej Ewy jest więcej poezji niż w opowieści o jej biblijnej imiennicze.

Tą cechą życia, która, wedle słów Davida Hume’a, najbardziej „zachwyca, wszystkich, którzy kiedykolwiek się nad tym zastanawiali”, jest precyzyjna perfekcyjność mechanizmu służącego do realizacji określonego celu, mechanizmu, o którym Karol Darwin mówił jako o zespole „organów o niesłychanej złożoności i doskonałości”. Drugą zachwycającą nas cechą ziemskiego życia, jest jego niesłychane zróżnicowanie, mierzone dziesiątkami milionów gatunków, z których każdy oznacza istnienie osobnego, niepowtarzalnego sposobu życia. Kolejnym moim celem było więc przekonanie czytelników, że odmienne „sposoby życia” nie są niczym innym, jak różnymi „metodami przekazywania kodu genetycznego następnym pokoleniom”. „Rzeka”, o której piszę, to rzeka DNA płynąca przez całe epoki geologicznego czasu, a strome brzegi oddzielające jej poszczególne odnogi okazały się niezwykle przydatną metaforą do opisanie nieodwracalnego wyodrębniania się kombinacji genów specyficznych dla poszczególnych gatunków.

W ten czy inny sposób wszystkie moje książki poświęcone były tej samej historii o niemal nieograniczonym potencjale, jaki niesie w sobie darwinowska zasada doboru naturalnego, o ile tylko raz uruchomiony proces samoreplikacji ma szansę rozwijać się na przestrzeni dostatecznie długiego czasu. „Rzeka genów” jest dla mnie dalszym ciągiem misji, jakiej się podjąłem. Doprowadza ona całą opowieść do pozaziemskiej kulminacji, łącznie z rozważaniami na temat zaszczepienia fenomenu samoreplikacji wśród miriadów atomów

przeestrzeni kosmicznej.

W trakcie pisania tej pracy skorzystałem ze wsparcia, zachęt, rad i konstruktywnych uwag wielu życzliwych mi osób: Michaela Birketta, Johna Brockmana, Steve'a Daviesa, Daniela Dennetta, Johna Krebsa, Sary Lippincott, Jerry'ego Lyonsa, a zwłaszcza mojej żony, Lalli Ward. Niektóre fragmenty książki to przeredagowane na jej potrzeby artykuły, które ukazały się już wcześniej. Rozważania z rozdziału pierwszego na temat kodów cyfrowego i analogowego zostały oparte na moim artykule opublikowanym w „The Spectator”, z 11 czerwca 1994 r. Zawarta w rozdziale trzecim relacja z badań Dana Nilssona i Susanne Pelger nad ewolucją oka pochodzi częściowo z artykułu *News and Views*, który opublikowałem w „Nature” z 21 kwietnia 1994 r. Pragnę podziękować wydawcom obu wymienionych pism za udostępnienie artykułów do tej pracy. Chciałbym wreszcie wyrazić moją wdzięczność Johnowi Brockmanowi i Anthony'emu Cheethamowi za zaproszenie mnie do udziału w tak unikalnym przedsięwzięciu wydawniczym jak seria SCIENCE MASTERS.

Oxford, 1994

Każdy lud czy naród ma swoich mitycznych przodków, o których mówią legendarne opowieści. Cześć oddawana przodkom często przybiera formę zorganizowanego kultu. Ludzie proszą swoich przodków o wsparcie, a nawet modlą się do nich. I można by powiedzieć, że dobrze wiedzą, co robią, bo to właśnie u przodków — jak wkrótce się przekonamy — a nie u nadprzyrodzonych bóstw należy szukać klucza do zrozumienia tajemnicy życia. Znakomita większość przychodzących na świat stworzeń ginie, zanim osiągnie dojrzałość. Z tej mniejszości, która żyje dostatecznie długo, by się rozmnożyć, jeszcze mniejsza część dochowuje się potomstwa, które ma własne potomstwo, i tak aż przez tysiące pokoleń. Ową znikomą mniejszość mniejszości, tę prawdziwą praszczurzą elitę, i tylko ją, przyszłe pokolenia będą mogły nazwać swoimi przodkami. Przodkowie stanowią rzadkość, podczas gdy potomkowie to coś pospolitego.

Każde zwierzę i roślina, bakteria czy grzyb, te co pełzają, i ci, którzy czytają tę książkę — wszystkie żyjące stworzenia mogą poszczycić się długim szeregiem przodków, z których ani jednemu nie przydarzyło się zginąć przed osiągnięciem dojrzałości. Wszyscy oni osiągnęli lata sprawne, zdołali znaleźć sobie przynajmniej jednego partnera płci przeciwnej i wydać z nim na świat potomstwo. *[Ścisłe rzecz biorąc, istnieją od tej zasady wyjątki. Niektóre zwierzęta, takie jak mszyce, rozmnażają się bezpłciowo. Poza tym techniki takie jak sztuczne zapłodnienie pozwalają współczesnym ludziom mieć potomstwo bez odbywania aktu seksualnego. Co więcej, ponieważ komórki jajowe do zapłodnienia metodą in vitro mogą zostać pobrane z żeńskiego zarodka, możliwe jest posiadanie potomstwa przed osiągnięciem dojrzałości. Jednak w znakomitej większości przypadków rozważanych w tej książce obowiązuje przytoczona przeze mnie zasada.]* Żaden z naszych przodków nie został unicestwiony przez wroga, chorobę wywołaną wirusem, czy na skutek fałszywego kroku na skraju przepaści, zanim nie spłodził przynajmniej jednego potomka. Tysiącom współczesnych naszym przodkom nie udało się ta sztuka — wystarczyło, że nie spełnili choćby jednego z wymienionych warunków. Tymczasem każdy z naszych antenatów spełnił je wszystkie, co do jednego. Stwierdzenia te są oczywiste, niemalże trywialne, a przecież tak wiele z nich wynika. Niosą w sobie nieoczekiwane i zadziwiające konsekwencje, wnioski z nich wiele wyjaśniają, lecz także dają dużo do myślenia. O tym właśnie będzie ta książka.

Ponieważ wszystkie żywe istoty dziedziczą geny po własnych przodkach, a nie po ich mniej szczęśliwych rówieśnikach, wszystkie organizmy wykazują tendencję do posiadania „szczęśliwych” genów, zapewniających prokreacyjny sukces. Geny te nadają im cechy, jakie są potrzebne, żeby zostać przodkiem, czyli zdolność do przeżycia i reprodukcji. Dlatego właśnie żywe istoty dziedziczą te geny, które zapewniają powstanie dobrze zaprojektowanej maszyny w postaci organizmu funkcjonującego tak, jakby dążył do osiągnięcia jedyne, wymarzonego celu — zostania przodkiem. Dlatego właśnie ptaki tak dobrze latają, ryby pływają, małpy skaczą, a wirusy rozprzestrzeniają się. Dlatego właśnie my kochamy życie, kochamy się kochać i kochamy dzieci. Dzieje się tak dlatego, że wszyscy, bez żadnego wyjątku, odziedziczyliśmy geny przekazane nam w nieprzerwanej linii przodków, którym się udało. Świat stopniowo zapełniają organizmy posiadające to wszystko, co predestynuje je do bycia przodkami. Tak można by ująć w jednym zdaniu darwinizm. Darwin powiedział

oczywiście o wiele więcej, a jeszcze więcej byłoby w stanie dodać na ten temat dzisiejsi uczeni. I to jest powód, dla którego ta książka nie kończy się już w tym miejscu.

To, co zostało powiedziane powyżej, można bardzo łatwo pojąć błędnie, dając się zwieść niezwykle myłacemu, a zarazem kuszącemu rozumowaniu. Owa pułapka polega na wyobrażaniu sobie, że skoro przodkowie działali w sposób skuteczny, to pozostawili po sobie geny w jakimś stopniu ulepszone, w porównaniu z tymi, które otrzymali od swoich rodziców. Coś ze skuteczności przodków musiało — zgodnie z tym rozumowaniem — udzielić się ich genom, i dlatego ich potomkowie tak dobrze latają, pływają bądź zabiegają o względy partnera seksualnego. Wielki błąd! Geny nie ulepszają się w czasie użytkowania, one po prostu są przekazywane w nie zmienionej postaci, z wyjątkiem przypadkowo występujących błędów w dziedziczeniu. To nie skuteczność danego osobnika czyni geny dobrymi. To dobre geny czynią go skutecznym. Cokolwiek by dany osobnik robił w czasie swojego życia, nie ma to najmniejszego wpływu na jego geny. Ci, którzy urodzili się z dobrymi genami mają największe szanse na osiągnięcie dojrzałości i zostanie skutecznymi reproduktorami. W ten sposób dobre geny mają większe szanse być przekazane następnym pokoleniom niż złe geny. Każde kolejne pokolenie jest filtrem czy też sitem, na którym zostają złe geny, a przez które przechodzą dobre. Niektóre złe geny mogą nie zostać odsiane przez jedno czy dwa pokolenia, na przykład dlatego, że miały to szczęście i dzieliły dany organizm z dobrymi. Żeby jednak przejść z powodzeniem przez ciąg tysięcy sit, jedno za drugim, potrzeba czegoś więcej niż szczęścia. Po tysiącu następujących po sobie generacji jest wielce prawdopodobne, że geny, które były przekazywane od pierwszego do ostatniego pokolenia, są właśnie genami dobrymi.

Powiedziałem, że geny, które przetrwały przez wiele pokoleń są tymi, które zapewniły sukces prokreacyjny naszym przodkom. Jest to prawda, ale z jednym, oczywistym wyjątkiem, który muszę omówić już w tym miejscu, zanim zacznę wywoływać zamęt w naszych rozważaniach. Istnieją osobniki nieodwracalnie skazane na bezpłodność, chociaż z drugiej strony wydają się być zaprogramowane tak, by mogły asystować w przekazywaniu swych genów przyszłym pokoleniom. Robotnice mrówek, pszczoł, os czy termitów są bezpłodne. Ich zadaniem nie jest dążenie, by za wszelką cenę zostać przodkiem, lecz by umożliwić to swoim płodnym kuzynom, zwykle siostram i braciom. Dwie rzeczy należy tu sobie uświadomić. Po pierwsze, w przypadku wszelkich gatunków zwierząt, prawdopodobieństwo wystąpienia u rodzeństwa kopii tych samych zestawów genów jest bardzo duże. Po drugie, to nie geny, lecz otoczenie decyduje czy dany osobnik, powiedzmy termit, staje się reproduktorem, czy jednym ze sterylnych robotników. Wszystkie termyty posiadają zarówno geny mogące uczynić je robotnikami, jak również reproduktorami, zależnie od warunków zewnętrznych. Reproduktorzy przekazują następnym pokoleniom kopie tych samych genów, które umożliwiają robotnikom bycie robotnikami. Bepłodni robotnicy wykonują swą robotniczą pracę pod wpływem genów, których kopie znajdują się w organizmach reproduktorów. Robotnicze kopie genów usiłują za wszelką cenę wspomóc swoje kopie królewskie i płodne w wędrówce przez pokoleniowe sita. W przypadku termitów bezpłodne mogą być osobniki obu płci. U mrówek, pszczoł i os bezpłodne są wyłącznie samice — robotnice. Zasada pozostaje jednak ta sama. W mniej jaskrawej postaci ze zjawiskiem tym spotykamy się u niektórych gatunków ptaków, ssaków i innych zwierząt. Polega ono na tym, że o wychowanie młodych dbają nie tylko rodzice, ale i częściowo starsze rodzeństwo. Tak więc geny mogą przedostać się przez sito pokoleniowe nie tylko czyniąc własny organizm skutecznym reproduktorem, ale również pomagając organizmowi pokrewnemu w zostaniu przodkiem.

„Rzeka” z tytułu książki to rzeka DNA, która płynie w czasie, nie w przestrzeni. To rzeka informacji, a nie tkanek. Rzeka abstrakcyjnych instrukcji budowy organizmów, a nie rzeka samych organizmów. Informacja przekazywana jest z organizmu na organizm. Kolejne organizmy są jednak tylko pośrednikami nie mającymi żadnego wpływu na przenoszoną przez siebie informację. Rzeka informacji płynie niezależnie od doświadczeń czy osiągnięć osobników wyznaczających kolejne etapy jej wędrówki, tych, którym udało się osiągnąć sukces reprodukcyjny. Co więcej, płynie ona również niezależnie od potencjalnego źródła skażenia, które mogłoby być o wiele potężniejszym generatorem zmian. Chodzi oczywiście o płęć.

W każdej komórce naszego ciała połowa genów matki staje ramię w ramię z połową genów ojca. Geny matczyne i geny ojcowskie działają ze sobą w jak najbliższym związku, by wspólnym wysiłkiem stworzyć niepowtarzalny zlepek, którym jest każdy z nas. Same jednak geny nie łączą się ze sobą. To jedynie ich oddziaływania nakładają się na siebie. Geny zachowują swoją integralność. Kiedy nadejdzie czas przesiewu do następnego pokolenia, jedne geny mogą zostać przekazane danemu potomkowi, inne nie. Geny matczyne i ojcowskie nie tworzą stałej mieszanki, przekazywane są niezależnie i w nowym pokoleniu mogą tworzyć zupełnie inne konfiguracje. Dany gen w naszym organizmie pochodzi albo od ojca, albo od matki. Pochodzi on również tylko od jednego z czwórki rodziców naszych rodziców i tylko od jednego z ósemki naszych pradziadków, i tak dalej aż do najdalszych protoplastów.

Mówiłem dotąd o rzece genów, równie dobrze można by jednak mówić o grupie dobranych towarzyszy podróży maszerujących przez epoki geologiczne. Wszystkie geny z jednej populacji, zdolnej do krzyżowania się i dawania płodnego potomstwa, są w dłuższej perspektywie czasowej współtowarzyszami, chociaż tymczasowo przebywają w różnych organizmach i wtedy najbliższymi towarzyszami są geny z tego samego organizmu. Geny przeżywają przez pokolenia, jeżeli okazują się skuteczne w tworzeniu organizmów zdolnych do życia i rozmnażania na sposób właściwy danemu gatunkowi. To jednak nie wszystko. Żeby okazać się skutecznym w walce o przetrwanie, gen musi dobrze współpracować z innymi genami w obrębie tego samego gatunku — tej samej rzeki genów. Żeby przetrwać, gen musi być dobrym współtowarzyszem. Musi dobrze sobie radzić w towarzystwie, czy też w otoczeniu innych genów w tej samej rzece. Geny odmiennych gatunków podróżują w różnych rzekach. Nie muszą dobrze ze sobą współdziałać — przynajmniej nie w tym samym sensie, co geny jednego gatunku — ponieważ już nigdy nie przyjdzie im dzielić tego samego organizmu.

Cecha, która wyodrębnia poszczególne gatunki, polega na tym, że wszystkie gatunki mają własną rzekę genów przekazywanych przez należące do nich osobniki, i każdy gen musi być przygotowany na to, by stać się dobrym towarzyszem wszystkich pozostałych genów z tej samej rzeki. Każdy nowy gatunek powstaje przez rozdzielenie na dwa już istniejącego gatunku. Po prostu rzeka genów rozwidła się w czasie. Z punktu widzenia genów, powstanie nowego gatunku, czyli specjacja, to ostateczne pożegnanie z dawnymi współtowarzyszami. Po krótkim okresie częściowej separacji, dwie rzeki rozdzielają się na dobre (żeby już nigdy nie połączyć swych nurtów). Zdarza się też, że jedna z nich z czasem wysycha i przestaje płynąć dalej. Wody każdej z takich rzek mieszają się w obrębie rzecznej koryta dzięki wymianie genów w czasie rozmnażania płciowego. Nigdy jednak nie występują z brzegów i nie wlewają się do koryta innej rzeki. Gdy raz nastąpi rozdzielenie dwóch gatunków, geny z obu grup nie będą już współtowarzyszami. Nigdy już nie przyjdzie im spotkać się ze sobą w jednym organizmie i nie muszą już być przygotowane na zgodną współpracę. Nie znajdzie już między nimi żaden

stosunek, tak samo jak nie nastąpi stosunek płciowy między ich tymczasowymi nosicielami, czyli organizmami.

Dlaczego następuje rozdzielenie się gatunków? Co daje początek długiemu pożegnaniu genów? Co wywołuje rozwidlenie się koryta rzeki i powstanie dwóch odnóg, które oddalają się od siebie coraz bardziej, by już nigdy się nie spotkać? Można się spierać co do szczegółów, ale nikt nie ma wątpliwości, że jednym z najważniejszych czynników jest przypadkowa izolacja geograficzna. Wprawdzie rzeka genów płynie w czasie, ale fizyczne oddzielenie genów dokonuje się w realnych ciałach, a ciała te zajmują określone miejsca w przestrzeni. Szara wiewiórka z Ameryki Północnej byłaby w stanie skrzyżować się i wydać płodne potomstwo z szarą wiewiórką z Anglii, jeżeli kiedykolwiek by się spotkały. Ale się nigdy nie spotkają. Rzeka genów szarej wiewiórki z Ameryki Północnej jest skutecznie oddzielona od rzeki genów szarej wiewiórki z Anglii pięcioma i pół tysiącem kilometrów oceanu. Dwie grupy genów nigdy już nie staną się współtowarzyszami, chociaż prawdopodobnie wciąż posiadają zdolność współdziałania i mogłyby się sprawdzić jako zgodni lokatorzy jednego organizmu, gdyby tylko przytrafiła się okazja. Geny z obu grup powiedziały już sobie „do widzenia”, choć nie jest to jeszcze ostateczne pożegnanie. Wystarczy jednak kilka kolejnych tysięcy lat separacji i najprawdopodobniej obydwie rzeki oddalą się od siebie tak bardzo, że w przypadku spotkania wiewiórki amerykańskiej z angielską wymiana genów między nimi okaże się już niemożliwa. W tym przypadku „oddalą się od siebie” nie oznacza oddalenia w przestrzeni, ale oddalenie pod względem pokrewieństwa i biologicznej zgodności.

Podobnie musiała zapewne wyglądać historia wcześniejszego wyodrębnienia się gatunków wiewiórki rudej [*wiewiórki pospolitej*] i szarej. Wiewiórka szara z rudą nie mogą się krzyżować. Zasięg geograficzny obydwu gatunków pokrywa się obecnie częściowo w niektórych regionach Europy i zapewne dochodzi do przypadkowych spotkań wiewiórek rudych z szarymi, choćby nad ich wspólnym przysmakiem — orzechami. Nie mogą one jednak ze sobą kopulować i wydać na świat płodnego potomstwa. Ich genetyczne rzeki oddaliły się od siebie tak bardzo, że geny obydwu gatunków przestały być przystosowane do tego, by skutecznie współdziałać w ramach jednego organizmu. Wiele pokoleń temu przodkowie szarych wiewiórek i przodkowie rudych wiewiórek byli tymi samymi osobnikami. Nastąpiła jednak geograficzna separacja dwóch grup wiewiórek, przedzielonych górkim łańcuchem, morzem, a w końcu wodami Atlantyku. W ten sposób dwa zespoły genów zaczęły funkcjonować całkowicie odrębnie. Separacja w przestrzeni przyniosła brak zgodności genów z obu grup. Zgodni współtowarzysze zamienili się w mniej zgodnych (czy też raczej okazałoby się, że nie są zbyt zgodni, gdyby doszło do skrzyżowania osobników z obydwu grup). Niezbyt zgodni współtowarzysze zamienili się w niezgodnych współtowarzyszy, aż wreszcie przestali być w ogóle współtowarzyszami. Ich pożegnanie jest ostateczne. Obydwu rzekom przeznaczone jest płynąć w osobnych korytach, które będą oddalać się coraz bardziej od siebie. Taką samą historię można by opowiedzieć o znacznie odleglejszych w czasie rozstaniach, powiedzmy naszych przodków i przodków słoni, czy też przodków strusi (którzy byli też naszymi przodkami) i przodków skorpionów.

Rzeka DNA ma obecnie około trzydziestu milionów odnóg, bo na tyle szacuje się liczbę wszystkich gatunków występujących na Ziemi. Ocenia się poza tym, że żyjące obecnie gatunki stanowią około jednego procenta całkowitej liczby gatunków, które kiedykolwiek występowały na Ziemi. Z tego wynika, że rzeka DNA rozdzieliła się w trakcie swej wędrówki

w czasie na około trzy miliardy odnóg. Istniejących obecnie trzydzieści milionów odnóg już zawsze będzie płynąć własnymi, odrębnymi korytami. Wiele z nich skazanych jest na podróż donikąd, ponieważ większość gatunków wymiera. Jeśliby prześledzić bieg każdej z trzydziestu milionów odnóg w górę rzeki (czyli cofając się w czasie), okazałoby się, że jedna po drugiej łączą się ze sobą i z innymi rzekami. Rzeka genów ludzkich łączy się z rzeką genów szympansi mniej więcej w tym samym czasie, co rzeka genów gorylich, czyli około siedmiu milionów lat temu. Kilka następnych milionów lat wstecz nasza wspólna rzeka małp afrykańskich jest zasilona przez strumień genów orangutanów. Posuwając się nadal w górę rzeki, natrafiamy na punkt połączenia się naszej rzeki z rzeką genów gibbonich, która rozwidla się w przeciwnym kierunku na kilka gatunków gibbonów i siamanga. Kontynuując naszą podróż w przeszłość możemy zaobserwować połączenie się rzek, które później rozdzieliły się w odnogi małp Starego Świata, małp Nowego Świata oraz lemurów z Madagaskaru. Cofając się jeszcze dalej napotykamy inne rzeki prowadzące do głównych grup ssaków: gryzoni, kotów, nietoperzy, słoni. Kolejny etap to połączenie się z rzekami genów różnych rodzajów gadów, ptaków, płazów, ryb i bezkręgowców.

W tym miejscu należy zwrócić uwagę na jedną z pułapek, która powinna skłonić nas do ostrożności w posługiwaniu się rzeczną metaforą. Kiedy myślimy o rozwidleniu prowadzącym do wielkich grup ssaków, w porównaniu, powiedzmy, do odnogi szarej wiewiórki, łatwo ulec pokusie wyobrażenia sobie takiego rozwidlenia jako czegoś na wielką skalę, niczym Missisipi i Missouri. Przecież odnoga ssaków — rozumujemy — musi dzielić się i dzielić na kolejne odnogi, aż będzie ich tyle, ile jest wszystkich gatunków ssaków, od ryjówki po słonia afrykańskiego, od kretów pod ziemią do małp wśród koron drzew. Ssacza odnoga rzeki genów ma zasilić tyle tysięcy innych odnóg, że ulegamy wrażeniu, iż musi toczyć swe wody szerokim korytem, szerszym niż jej kolejne odnogi. Takie wyobrażenie jest jednak całkowicie błędne. Kiedy przodkowie wszystkich obecnych ssaków oddzielili się od nie-ssaków, wydarzenie to nie było w żadnej mierze bardziej wyjątkowe niż każdy inny przypadek wyodrębnienia się nowego gatunku. Nowa, ssacza odnoga rzeki genów była zwykłym strumyczkiem, dającym początek małemu nocnemu stworzonku, różniącemu się od swych niessaczyczych kuzynów niewiele więcej, niż ruda wiewiórka różni się od szarej. To, że naszego ssaczego przodka postrzegamy w ogóle jako ssaka, jest jedynie skutkiem patrzenia z perspektywy wielu tysięcy lat, jakie upłynęły. W owym czasie był to po prostu jeszcze jeden nowy gatunek ssakokształtnego gada, nie różniący się wiele od kilkunastu innych, małych ryjkowatych, owadożernych stworzonek będących pożywieniem dinozaurów.

Tak samo pozbawione dramatyzmu musiały być wcześniejsze podziały między przodkami wszystkich wielkich grup zwierząt: kręgowców, mięczaków, skorupiaków, owadów, pierścienic, robaków płaskich, jamochłonów i tak dalej. Kiedy rzeka, która miała doprowadzić do wyodrębnienia się mięczaków i innych grup, oddzieliła się od rzeki późniejszych kręgowców, obydwie populacje robakokształtnych pewnie stworzeń były ze sobą tak spokrewnione, że mogły się krzyżować. Nie dochodziło do tego tylko dlatego, że obydwie grupy zostały przypadkowo odseparowane jakąś geograficzną przeszkodą, na przykład pasem suchego lądu rozdzielającym dwa, połączone niegdyś akweny. Nikt nie mógł wówczas przypuszczać, że jedna z tych populacji da początek mięczakom, a druga kręgowcom. Dwie rzeki DNA były wówczas ledwie rozdzielonymi strumykami, a obydwie grupy zwierząt nie dawały się zupełnie odróżnić.

Zoologowie widzą to wszystko, ale zdarza się im o tym czasami zapomnieć, gdy zajmują

się dużymi grupami zwierząt, takimi jak mięczaki i kręgowce. Ulegają pokusie myślenia o wyodrębnieniu się wielkich grup zwierząt, jako o ważkich wydarzeniach w dziejach świata ożywionego. Dają się zwieść takim wyobrażeniom, ponieważ zostali wychowani w niemal nabożnej czci dla koncepcji głoszącej, iż każdy wielki podział w królestwie zwierząt musiał wiązać się z czymś unikalnym, określanym często niemieckim słowem **Bauplan**. Chociaż słowo to znaczy tyle co angielskie „blueprint” (plan, projekt), zostało ono zapożyczone do języka angielskiego jako uznany fachowy termin i będę go tutaj używał jako słowa angielskiego, mimo że — ku mojemu zdziwieniu — nie znalazłem go w najnowszym wydaniu **Oxford English Dictionary**. W swoim naukowym znaczeniu termin „bauplan” tłumaczony jest często jako „fundamentalny plan budowy organizmu”. To właśnie użycie owego słowa „fundamentalny” (czy też, co wychodzi na to samo, nieśmiałe uciekanie się do niemieckiego, by wskazać na gruntowność jakiegoś zjawiska) jest całą przyczyną zamieszania. Tym można tłumaczyć poważne błędy, jakie zdarza się popełniać zoologom.

Jeden z zoologów wysunął tezę, jakoby ewolucja w okresie kambryjskim — od około sześciuset do pięciuset milionów lat temu — przebiegała całkowicie odmiennie niż w okresach późniejszych. Jego rozumowanie opierało się na obserwacji, iż obecnie wyodrębiają się wyłącznie nowe gatunki zwierząt, podczas gdy kambr był świadkiem narodzin wielkich grup zwierząt, takich jak mięczaki i skorupiaki. Nic bardziej błędnego! Nawet stworzenia tak bardzo różne od siebie jak mięczaki i skorupiaki były początkowo jedynie dwiema populacjami tego samego gatunku, oddzielonymi od siebie barierą geograficzną. Przez pewien czas osobniki z jednej i drugiej populacji były w stanie krzyżować się ze sobą, gdyby tylko miały okazję się spotkać. Dopiero po milionach lat niezależnej ewolucji obydwie populacje nabrały cech, które my, z perspektywy współczesnej wiedzy zoologicznej, przypisujemy jednej z dwóch wielkich grup zwierząt — skorupiakom bądź mięczakom. Owe cechy charakterystyczne zostały nazwane dumnym mianem „fundamentalnego planu budowy organizmu”, „bauplanu”. Jednakże nie wolno zapominać, że nawet zasadniczo odmiennie plany budowy występujące w świecie zwierząt miały swój wspólny początek i powstały na drodze drobnych, powolnych zmian.

Istnieją oczywiście, bardziej nagłaśniane niż istotne z naukowego punktu widzenia, kontrowersje dotyczące tego, czy ewolucja odbywała się stopniowo, czy też raczej „skokami”. Nikt jednak nie posuwa się do tego, by twierdzić, że w ramach jednego dużego skoku ewolucji mógł zostać wynaleziony cały nowy plan budowy. Wspomniany zoolog przedstawił swoją tezę w 1958 r. Niewielu dzisiejszych zoologów gotowych byłoby wiernie powtarzać jego myśl. Zdarza im się to jednak czynić nie wprost. Czasem bowiem twierdzą, iż wielkie grupy zwierząt wyodrębniły się w sposób spontaniczny od razu w gotowej postaci, niczym Atena wyskakująca z głowy Zeusa, a nie na drodze stopniowego różnicowania się populacji ich przodków ewoluujących w geograficznej izolacji. *[Czytelnicy mogą sobie przypomnieć te uwagi, kiedy zajrzą do Wonderful Life J. Goulda, przepięknej opowieści o kambryjskiej faunie.]*

Najnowsze osiągnięcia biologii molekularnej dowodzą, że wielkie grupy taksonomiczne zwierząt są ze sobą znacznie bliżej spokrewnione, niż zwykło się uważać. Kod genetyczny można wyobrazić sobie jako słownik, w którym sześćdziesiąt cztery słowa w jednym języku (sześćdziesiąt cztery możliwe kombinacje trójkowe — tryplety — z czteroliterowego alfabetu) są przekładane na dwadzieścia jeden słów w innym języku (dwadzieścia aminokwasów plus znak kropki). Prawdopodobieństwo wystąpienia dwukrotnie takiego samego przełożenia, 64

na 21, jest mniejsze niż jeden do miliona miliona miliona milionów. A przecież kod genetyczny u wszystkich zwierząt, roślin, bakterii, które kiedykolwiek były poddane badaniom, jest dokładnie taki sam. Wszystkie stworzenia żyjące na Ziemi pochodzą bezsprzecznie od jednego przodka. Nikt nie podważa tego twierdzenia. Ostatnio jednak ujawniły się zadziwiające podobieństwa pomiędzy, na przykład, owadami i kręgowcami, nie tylko pod względem samego kodu genetycznego, lecz także w poszczególnych sekwencjach genetycznej informacji. Owady posiadają bardzo skomplikowany mechanizm genetyczny odpowiedzialny za segmentową budowę ich ciała. Zaskakująco podobny fragment genetycznej maszyny odkryto również u ssaków. Z molekularnego punktu widzenia wszystkie zwierzęta, a nawet zwierzęta i rośliny, są bardzo bliskimi krewnymi. Trzeba cofnąć się aż do bakterii, by odnaleźć naszych odległych kuzynów, lecz nawet wówczas same kody genetyczne pozostają jednakowe. Tak precyzyjne porównywanie kodów genetycznych jest możliwe, ponieważ mają one ściśle cyfrową postać, w przeciwieństwie do anatomicznego planu budowy organizmów. A cyfry czy też symbole, to coś, co można dokładnie policzyć. Tak więc rzeka genów, to rzeka cyfrowa. Myślę, że powinienem w tym miejscu wyjaśnić, co kryje się pod tym technicznym terminem.

Inżynierowie ściśle rozróżniają kody cyfrowe od analogowych. Działanie gramofonu, magnetofonu i jeszcze ciągle części telefonów opiera się na wykorzystaniu kodów analogowych. Odtwarzacze kompaktowe, komputery i większość nowoczesnych sieci telefonicznych wykorzystują kod cyfrowy. W analogowych systemach telefonicznych drgania wywołujące fale zaburzeń ciśnienia powietrza (dźwięki) przetwarzane są na odpowiadające im fale napięcia elektrycznego prądu płynącego w przewodach. Na podobnej zasadzie działa gramofon: rowki płyty gramofonowej wprawiają igłę w drgania, które przetwarzane są na odpowiadające im zmiany napięcia. Po drugiej stronie przewodu — w słuchawce telefonu lub w głośniku adaptera — sygnał elektryczny przetwarzany jest z powrotem w odpowiadającą mu falę akustyczną, dzięki czemu słyszemy dźwięk. Kodowanie odbywa się tu w sposób prosty i bezpośredni — fale prądu elektrycznego w przewodzie są proporcjonalne do fal niższego i wyższego ciśnienia w powietrzu. Wszystkie możliwe wartości napięcia, w określonych granicach, mogą przejść przez przewód, a różnice między nimi będą słyszalne.

W systemach cyfrowych przez przewód telefoniczny może zostać przesłany sygnał elektryczny o dwóch lub większej liczbie wartości, na przykład 8 albo 256. Zawsze jednak liczba dopuszczalnych wartości jest dyskretna (nieciągła). Informacja zawarta jest nie w samych wartościach napięć, ale w kodzie złożonym z nieciągłych poziomów napięcia. Nazywane jest to **Pulse Code Modulation**. Rzeczywisty poziom napięcia rzadko kiedy odpowiada jednej z — powiedzmy — ośmiu dopuszczalnych wartości, ale odbiornik dokonuje zaokrąglenia do najbardziej zbliżonej z wartości znamionowych. Dzięki temu sygnał akustyczny otrzymany na końcu linii zbliżony jest do doskonałości, nawet jeżeli transmisji towarzyszyły zakłócenia. Należy jedynie zadbać o to, by dyskretnie wartości sygnału zostały ustalone na poziomach dość od siebie odległych, co powinno uniemożliwić błędne przypisanie przez odbiornik przypadkowych skoków napięcia. Odporność na zakłócenia transmisji decyduje o wielkiej przewadze kodów cyfrowych nad analogowymi, dlatego też są one coraz powszechniej wykorzystywane w systemach audio, video i wszelkich technologiach związanych z przetwarzaniem informacji. Dotyczy to, oczywiście, też komputerów, których działanie w całości opiera się na kodowaniu cyfrowym. Dla wygody w komputerach stosuje się kod binarny, z dwiema dopuszczalnymi wartościami napięcia, zamiast 8 czy 256. Nawet

jednak w telefonach wykorzystujących system cyfrowy, dźwięki odbierane przez słuchawkę i dobowywane się z niej są sygnałem analogowym, złożonym z fal wywołanych drganiem cząsteczek powietrza. To jedynie informacja wędrująca od urządzenia nadawczego do odbiorczego ma postać cyfrową. Trzeba posłużyć się jakimś rodzajem kodu, żeby przełożyć wartości analogowe, mikrosekunda po mikrosekundzie, na sygnał dyskretny złożony z impulsów, czyli cyfrowo zakodowanych liczb. Kiedy prowadzisz przez telefon jedną z tych „poważnych” rozmów z ukochaną osobą, każda zmiana tonu, każdy okrzyk i westchnienie, wszystkie możliwe barwy głosu, przenoszone są wzdłuż przewodów w postaci cyfr. Możesz zostać wzruszony do łez przez ciągi cyfr, założywszy, że są one dostatecznie szybko kodowane i rozkodowywane. Nowoczesne centrale elektroniczne działają tak wydajnie, że czas na linii może być dzielony na kawałeczki, mniej więcej tak, jak mistrz szachowy dzieli swą uwagę na dwadzieścia szachownic w trakcie szachowej symultanki. Oznacza to, że tysiące rozmów może być prowadzonych na jednej linii i to równocześnie, przy czym elektroniczny system segregacji zapewnia, że nie zakłócają się one nawzajem. Główna linia transmisji informacji jest więc szeroką rzeką cyfr. Obecnie często zamiast przez tradycyjny kabel przesyłane są one za pośrednictwem fal radiowych transmitowanych bezpośrednio między stacjami nadawczo--odbiorczymi, lub za pomocą satelitów telekomunikacyjnych. W rzeczywistości taka cyfrowa rzeka składa się z tysięcy osobnych rzek, ze względu na elektroniczny system segregacji. Każda z rzek odpowiada osobnej rozmowie i płynie niezależnie od innych, z którymi dzieli jedynie to samo koryto — kabel lub wiązkę fal radiowych. To trochę tak jak z rudą i szarą wiewiórką, które mogą dzielić to samo drzewo, ale nigdy nie wymieniają się swoimi genami.

Wróćmy jeszcze do świata techniki. Należy sobie uświadomić, że niedoskonałości przekazu sygnałem analogowym nie odgrywają większej roli, dopóki przekaz ten nie jest zwielokrotniony. Dźwięk na kasecie magnetofonowej może mieć tak niski poziom szumów, że będą one niemal niesłyszalne, chyba że uruchomimy wzmacniacz, który potęguje również szumy oraz dodaje nowe zakłócenia. Jeżeli jednak przegramy kasetę na drugą kasetę, a później na trzecią, czwartą i tak dalej, to po stu „pokoleniach” nagrań pozostanie nam tylko jeden wielki szum. To właśnie zjawisko było poważnym problemem w czasach, gdy wszystkie telefony działały w systemie analogowym. Każdy sygnał telefoniczny transmitowany kablem na znaczną odległość zanika po pewnym czasie i musi być wzmacniany co około dwieście kilometrów. W czasach analogowych stanowiło to prawdziwą zmore, gdyż każde wzmocnienie sygnału oznaczało zwiększenie szumów w tle. Sygnały cyfrowe też wymagają wzmocniania, tyle że w tym przypadku nie wprowadza ono — z powodów, które poznaliśmy wyżej — żadnych dodatkowych zakłóceń. Kod cyfrowy można zaprogramować tak, by sygnał był przekazywany całkowicie wiernie, niezależnie od tego, ile razy musi być wzmocniony na swej drodze. Szum nie wzrasta nawet po setkach i tysiącach kilometrów.

Kiedy byłem małym chłopcem, matka wyjaśniła mi, że komórki nerwowe to jakby przewody telefoniczne w organizmie. Pozostaje pytanie, czy przesyłają sygnał cyfrowy czy analogowy? Odpowiedź brzmi: są bardzo ciekawym przykładem połączenia obydwu systemów. Komórka nerwowa mało przypomina przewód elektryczny. To raczej bardzo cienka i wydłużona kolba, wzdłuż której przemieszczają się fale w postaci zaburzeń chemicznych. Przywodzi to na myśl usypaną z prochu strzelniczego linię, która niczym lont stopniowo dopala się przekazując coraz dalej swój syczący, wybuchowy sygnał. Różnica polega na tym, że nerw — w przeciwieństwie do lontu — może po krótkiej chwili odpoczynku ponownie przekazywać chemiczny sygnał. Całkowita wielkość fali — temperatura prochu strzelniczego

— może zmieniać się w czasie podróży wzdłuż nerwu, nie ma to jednak wpływu na przekaz. Kod cyfrowy ignoruje te wahania. Istotne jest tylko, czy chemiczny impuls dotrze czy nie, podobnie jak dyskretny sygnał złożony z dwóch wartości napięć w telefonach w systemie cyfrowym. W tym sensie system nerwowy korzysta z sygnału cyfrowego. Impulsy nerwowe nie są jednak przetwarzane w sztywny kod bitów informacji, nie tworzą razem dyskretnego kodu cyfr. Za to natężenie bodźca (głośność dźwięku, jasność światła, a może nawet agonizm uczucia) jest kodowane w postaci szybkości impulsów. Inżynierowie określają to mianem *Pulse Frequency Modulation* i stosowali chętnie tę technikę, zanim przeszli na *Pulse Code Modulation*.

Natężenie impulsów stanowi wielkość analogową, podczas gdy same impulsy z definicji mają charakter cyfrowy — albo są, albo ich nie ma, *tertium non datur*. System nerwowy odnosi z tego takie same korzyści, jak każdy inny system wykorzystujący sygnał cyfrowy (zdygitalizowany). Ze względu na sposób działania komórek nerwowych, jest to ekwiwalent wzmacniaczy cyfrowych sygnałów telefonicznych. Z tą różnicą, że wzmacnianie sygnału następuje nie co dwieście kilometrów, lecz co milimetr. Między koniuszkiem palca u ręki a splotem słonecznym znajduje się osiemset wzmacniaczy. Jeżeli zakłócenia maksymalnych wartości impulsu nerwowego odgrywałyby rolę, ich wielokrotne wzmocnienie na długości całego ramienia — nie mówiąc o szyi żyrafy — całkowicie zagłuszyłyby przenoszona informację. Na każdym etapie do pierwotnego przekazu dołączane byłyby przypadkowe błędy, podobnie jak zwielokrotniałby się poziom szumów przy przegrywaniu osiemset razy tego samego nagrania z kasety na kasetę. Równie dobrze można wyobrazić sobie wykonywanie kserokopii z kserokopii. Po osmiuset „pokoleniach” kserokopii, na kartce papieru nie zostałoby nic, poza szarawą kaszą. Jedynym ratunkiem dla systemu nerwowego było kodowanie cyfrowe, i właśnie to rozwiązanie zostało wynalezione na drodze naturalnej selekcji. Podobnie rzecz się ma z genami.

Francis Crick i James Watson, odkrywcy molekularnej budowy genu, zasłużyli sobie, w moim przekonaniu, na pamięć u potomnych przynajmniej w tym samym stopniu, co Arystoteles i Platon. Otrzymali Nagrodę Nobla w dziedzinie „fizjologii i medycyny”, co, choć zgodne ze stanem faktycznym i regułami, brzmi w ich przypadku nazbyt trywialnie. Mówienie o nieustającej rewolucji grozi narażeniem się na zarzut stosowania terminów sprzecznych wewnątrz. Jakże jednak inaczej nazwać to, co się dzieje nie tylko w medycynie, ale i w całej nauce zajmującej się problemem zrozumienia natury życia, wstrząsanej kolejnymi odkryciami określanymi jako rewolucyjne, a będącymi bezpośrednią konsekwencją przełomu w myśleniu, jakiemu początek dali ci dwaj młodzi ludzie w 1953 roku. Same geny i choroby o podłożu genetycznym to jedynie wierzchołek góry lodowej. Naprawdę rewolucyjne w biologii molekularnej ery postwatsonowsko-crickowskiej jest to, jak została ona zdigitalizowana.

Od czasów Watsona i Cricka wiemy, że same geny pod względem swej szczegółowej budowy wewnętrznej są długimi łańcuchami cyfrowo zapisanej informacji w czystej postaci. Są one cyfrowe w pełnym znaczeniu tego słowa, tak jak komputery i dyski kompaktowe, a nie tylko na poły cyfrowe na modłę układu nerwowego. Kod genetyczny nie jest dwójkowy, jak w komputerach, ani ósemkowy, jak w niektórych systemach telefonicznych, tylko czwórkowy, operuje bowiem czterema symbolami. System kodowania genów jest zadziwiająco podobny do kodowania binarnego stosowanego w komputerach. Gdyby nie pewne różnice w fachowym żargonie, specjalistyczne pisma poświęcone biologii molekularnej mogłyby z powodzeniem być mylone z pismami informatycznymi. Poza wieloma innymi konsekwencjami, rewolucja

cyfrowa w samym sercu nauki o życiu zadała śmiertelny cios witalizmowi, przekonaniu jakoby istniało coś, co w sposób zasadniczy i fundamentalny odróżnia materię ożywioną od nieożywionej. Aż do roku 1953 można było wierzyć w istnienie niepowtarzalnego i tajemniczego składnika w żywej protoplazmie. Po roku 1953 już nie. Filozofowie zdradzający skłonność do mechanistycznego pojmowania tajemnicy życia nie śmieli nawet myśleć, że pewnego dnia w sposób tak przekonujący zostaną spełnione ich najskrytsze marzenia.

Historia, którą opowiem poniżej, to jeszcze dzisiaj fantastyka naukowa, ale wystarczy całkiem nieznaczny postęp w inżynierii genetycznej, by okazała się całkiem prawdopodobna. Profesor Jim Crickson zostaje porwany przez agentów wrogiego mocarstwa i zmuszony do pracy w laboratorium biologicznym, gdzie prowadzi się badania dla potrzeb wojska. Żeby uratować całą cywilizację, profesor musi koniecznie przekazać na zewnątrz ściśle tajne informacje. Jednakże odcięty jest od wszelkich normalnych kanałów informacyjnych. Pozostaje tylko jeden sposób. Kod DNA składa się z sześćdziesięciu czterech trypletów, zwanych też kodonami. Jest to liczba wystarczająca, żeby za jej pomocą przedstawić wszystkie duże i małe litery angielskiego alfabetu, plus dziesięć liczebników, znak spacji oraz kropkę. Profesor Crickson bierze więc z półki laboratorium wirusa grypy, wprowadza do jego genomu zaszyfrowany w postaci kodonów tekst swojego ostrzeżenia dla świata, posługując się całkowicie poprawnymi zdaniami angielskimi. Powtarza wielokrotnie swą wiadomość w poddanym zabiegowi inżynierii genetycznej genomie, dodając na początku sekwencję rozpoznawczą, na przykład w postaci dziesięciu cyfr. Następnie zaraża się wirusem i kicha w jakimś zatłoczonym miejscu. Zarazek grypy rozprzestrzenia się po świecie. Laboratoria medyczne na całej kuli ziemskiej rozpoczynają badanie genomu chorobotwórczego wirusa w celu znalezienia szczepionki. Wkrótce zostaje zauważony osobliwie powtarzający się ciąg znaków w genomie. Ktoś zwraca uwagę na początkową sekwencję złożoną z następujących po sobie cyfr, która w żaden sposób nie mogła powstać spontanicznie, bez ingerencji człowieka. Wystarczy teraz uruchomić procedurę łamania szyfru, by wkrótce pełny angielski tekst ostrzeżenia profesora Cricksona został odczytany. Tekst, którym profesor zaraził świat drogą kropelkową.

Nasz kod genetyczny, uniwersalny kod dla całego ożywionego świata, ma charakter cyfrowy pod każdym względem. Z dokładnością co do słowa i sylaby można by zakodować cały *Nowy Testament* wykorzystując te fragmenty ludzkiego genomu, które obecnie są wypełnione „niemym” DNA, czyli DNA nie wykorzystywanym — przynajmniej w zwykły sposób — przez organizm. Każda komórka ludzkiego ciała zawiera jakby ekwiwalent sześćdziesięciu czterech niesłychanie pojemnych taśm magnetycznych do zapisu danych w postaci cyfrowych symboli, które przewijają się przez liczne, pracujące równocześnie głowice czytników. W każdej komórce taśmy te — chromosomy — są nośnikami tych samych informacji, ale głowice odczytujące w różnych rodzajach komórek ustawione są na wyszukiwanie fragmentów danych odpowiednich dla ich wyspecjalizowanych zadań. To właśnie sprawia, że komórki mięśniowe różnią się od komórek wątroby. Nie ma żadnej metafizycznej siły sprawczej życia, żadnego *spiritus movens* w postaci rytmicznie pulsującej, pobudzającej do życia, plazmatycznej i mistycznej galarety. Życie to nic innego tylko bity, setki tysięcy bitów cyfrowej informacji.

Geny to czysta informacja, która może być kodowana, szyfrowana i rozkodowywana bez żadnych zakłóceń i zmian znaczenia. Czysta informacja — dzięki temu, że ma postać cyfrową — może być wielokrotnie powielona z zachowaniem doskonałej wierności kolejnych kopii.

Znaki kodu DNA są kopiowane z dokładnością, której mogą pozazdrościć inżynierowie wyposażeni w najbardziej wyrafinowane narzędzia współczesnej techniki. Kod powielany jest bezbłędnie przez wiele pokoleń, a liczba sporadycznych błędów jest akurat taka, by zapewnić zróżnicowanie genetycznej informacji. Wśród tej różnorodności, zakodowane kombinacje, które występują najliczniej, w sposób automatyczny i nieunikniony, stają się tymi, które po zdekodowaniu wewnątrz organizmów programują je tak, by przechowywały i powielały tę samą genetyczną informację. Ludzie, jak i wszystkie inne organizmy, są żyjącymi maszynami zaprogramowanymi na powielanie cyfrowej bazy danych, która ich programuje. Darwinizm może być obecnie postrzegany jako dobór naturalny form żywych na poziomie czystego, cyfrowego kodu.

Z perspektywy widać, że nie mogło być inaczej. Można sobie wprawdzie wyobrazić analogowy system genetyczny, ale mieliśmy już okazję zobaczyć, co się dzieje z analogową informacją przekazywaną kolejnym pokoleniom. Wygląda to zupełnie tak, jak zabawa w głuchy telefon. Wzmacniany sygnał telefoniczny, kopiowane wielokrotnie nagrania magnetofonowe, kserokopie z kserokopii — wszystko to są przykłady na to, jakim zniekształceniom ulega informacja nadawana w sposób analogowy pod wpływem kumulowania się zakłóceń towarzyszących każdemu powieleniu. Stąd też w przypadku systemów analogowych powielanie informacji jest ograniczone do niezbyt wielkiej liczby generacji. Geny zaś mogą się powielać przez dziesiątki milionów pokoleń niemal bez żadnych zmian. Ewolucja w rozumieniu darwinizmu jest możliwa tylko dlatego, że — poza dyskretnymi mutacjami, które na drodze naturalnej selekcji są albo odrzucane, albo zachowywane — proces przekazywania genetycznej informacji odbywa się z idealną precyzją. Jedynie cyfrowy system genetyczny mógł podtrzymać ewolucję przez całe eony geologicznego czasu. Rok 1953, rok podwójnej spirali, przejdzie do historii nie tylko jako koniec mistycznych i obskuranckich poglądów na istotę życia, lecz także jako rok ostatecznego triumfu zdigitalizowanej wizji darwinizmu.

Rzeka cyfrowej informacji w czystej postaci, majestatycznie płynąca przez geologiczne epoki i rozdzielająca się na trzy miliardy odnóg to wizja, która może działać na wyobraźnię. Jak jednak ją odnieść do bliskich nam i widzialnych form życia? Gdzie wzdłuż biegu rzeki genów powstają ciała, ręce i nogi, oczy, mózgi i czułki, liście, pnie i korzenie? Gdzie jesteśmy my — żywe organizmy wraz z naszymi narządami? Czy my — zwierzęta, rośliny, pierwotniaki, grzyby, bakterie — wyznaczamy koryta, którymi płyną strumienie genetycznych danych? Z jednej strony — tak. Z drugiej jednak, o czym już wyżej mówiłem, problem jest bardziej złożony. Geny nie tylko replikują się, by ich kopie mogły przepływać w czasie poprzez kolejne generacje. One również w zupełnie namacalny i rzeczywisty sposób przebywają przez cały czas w organizmach. Wpływają na budowę, procesy życiowe i zachowania poszczególnych organizmów, w których przyszło im przebywać w swej wędrówce przez pokolenia. A i same organizmy nie są bez znaczenia.

Organizm, dajmy na to, białego niedźwiedzia nie jest po prostu korytem dla cyfrowego strumienia. Jest również skomplikowaną maszyną na niedźwiedzią skalę. Wszystkie geny całej populacji białych niedźwiedzi tworzą zgrany kolektyw współtowarzyszy podróży w czasie, którzy wciąż natykają się na siebie. Żaden z członków kolektywu nie przebywa jednak stale w towarzystwie wszystkich pozostałych współtowarzyszy, bowiem co jakiś czas następuje wymiana tymczasowych partnerów, którym przyszło współdziałać w tym samym organizmie. Kolektyw można zdefiniować jako zespół genów — współtowarzyszy podróży, które mogą zetknąć się ze sobą w trakcie swej podróży w czasie, natomiast nigdy nie zetkną

się z członkami któregoś z pozostałych trzydziestu milionów kolektywów. Do rzeczywistego spotkania genów z danego kolektywu, dochodzi zawsze w organizmie konkretnego osobnika, w przypadku kolektywu z naszego przykładu, białego niedźwiedzia. A sam organizm nie jest wyłącznie biernym pośrednikiem w przekazywaniu DNA.

Na początek dobrze jest sobie uświadomić, jak niewyobrażalnie wielka jest liczba komórek, z których każda posiada pełny zestaw genów. W przypadku dużego samca niedźwiedzia polarnego wynosi ona dziewięćset milionów milionów. Jeżeli komórki, z których zbudowane jest ciało pojedynczego osobnika, ustawić jedna za drugą, utworzyłyby szereg ponad dwa razy dłuższy niż odległość od Ziemi do Księżyca. Komórki te dzielą się na kilkaset typów, takich jak komórki mięśniowe, nerwowe, kostne, naskórkowe, wspólnych dla wszystkich gatunków ssaków. Komórki jednego typu łączą się w tkanki, mięśniową, kostną i tak dalej. Wszystkie komórki, niezależnie od specjalizacji, posiadają genetyczne instrukcje dla wszystkich typów komórek występujących w ramach danego organizmu. Rzecz w tym, że tylko geny właściwe dla tkanki, którą tworzy dana komórka są „włączone”. Dzięki temu komórki budujące poszczególne tkanki mają różną budowę i właściwości, mimo że wyposażone są w ten sam zestaw genów. Co więcej, owe „włączone” geny w komórkach określonego typu, programują nie tylko budowę samych komórek, ale też wzrost i budowę odpowiednich tkanek. Wszak kości nie są bezkształtnym zlepkiem sztywnych osteocytów. Mają określony kształt, puste przestrzenie, chrząstki stawowe, wyrostki, kręgi. Komórki są programowane przez włączone w ich wnętrzu geny tak, że funkcjonują jakby ze świadomością swego miejsca wśród komórek sąsiednich. Dzięki tej właściwości zdolne są do tworzenia w sposób jakby planowy skomplikowanych tkanek i narządów, płatków usznych, zastawek sercowych, gałek ocznych czy różnych typów mięśni.

Złożona budowa organizmu tak wysoko rozwiniętego jak niedźwiedź polarny ma charakter wielopoziomowy. Ciało składa się z wielu precyzyjnie dopasowanych i skomplikowanych narządów, takich jak wątroba, nerki, kości. Każdy organ jest sam w sobie skomplikowaną konstrukcją, której budulcem są tkanki złożone z cegiełek w postaci komórek. Cegiełki te mogą być układane warstwami, mogą też tworzyć jednorodną masę. Z kolei same komórki, mimo swych mikroskopijnych rozmiarów, mają również skomplikowaną budowę. Wnętrze każdej z nich podzielone jest specjalnymi błonami, zwanymi błonami plazmatycznymi. W rozgraniczonych błonami i wypełnionych płynem obszarach komórki zachodzi mnóstwo różnorodnych i niezwykle złożonych reakcji chemicznych. W laboratorium chemicznym jakiegoś wielkiego koncernu można przeprowadzać jednocześnie kilkaset różnych reakcji chemicznych. Związki uczestniczące w tych reakcjach będą od siebie oddzielone szklanymi ściankami kolb, butli i probówek. W żywej komórce może również zachodzić równocześnie podobna liczba reakcji. Błony plazmatyczne spełniają w takim ujęciu funkcję szkła laboratoryjnego. Jednak przynajmniej z dwóch powodów porównanie takie jest niedoskonałe. Po pierwsze, oprócz reakcji zachodzących licznie wewnątrz wydzielonych przestrzeni komórkowych, duża liczba reakcji ma miejsce na samych błonach. Po drugie, w przypadku komórki o wiele ważniejsza od oddzielenia fizycznego w postaci błony jest separacja chemiczna. Każda bowiem reakcja chemiczna w komórce katalizowana jest przez właściwy dla niej enzym.

Enzym to cząsteczka o skomplikowanej, trójwymiarowej budowie, która przyspiesza zachodzenie w komórce reakcji chemicznych określonego rodzaju. Ponieważ w przypadku cząsteczek organicznych duże znaczenie ma ich struktura przestrzenna, enzym możemy sobie

wyobrażać jako dużą starannie zaprojektowaną maszynę, jako element linii produkcyjnej cząsteczek o ściśle określonym kształcie. Dzięki temu w dowolnej komórce mogą zachodzić równocześnie, na niezależnych od siebie „liniach produkcyjnych”, setki różnych reakcji chemicznych obsługiwanych przez wyspecjalizowane enzymy. To, jakie konkretnie reakcje chemiczne zachodzą w danej komórce, zależy od występujących w niej enzymów. Za budowę każdej cząsteczki enzymu, łącznie z jej tak ważną strukturą przestrzenną, odpowiedzialny jest osobny gen. Sekwencja kilkuset znaków kodu w danym genie określa, za pomocą dobrze znanych reguł (kod genetyczny), sekwencję aminokwasów w cząsteczce enzymu. Każdy enzym składa się z łańcuchów aminokwasów, które łączą się ze sobą tworząc unikalną, przestrzenną strukturę, niczym przeplatane odcinki sznura tworzącego węzeł. Przestrzenna struktura poszczególnych węzłów trójwymiarowych jest precyzyjnie określona przez jednowymiarową sekwencję aminokwasów, a co za tym idzie, przez jednowymiarową sekwencję znaków kodu w genie. W ten oto sposób, to, jakie reakcje chemiczne zachodzą w danej komórce, zależy od tego, które z genów całego DNA są w niej uruchomione.

Co w takim razie decyduje o tym, jakie geny w poszczególnych komórkach są włączone, a jakie wyłączone? Określają to substancje chemiczne już obecne w komórce. Jest w tym coś z paradoksu jaja i kury. W tym jednak przypadku da się uniknąć pytania, co było pierwsze. Rozwiązanie opiera się na bardzo prostej zasadzie, chociaż w szczegółach jest nieco skomplikowane. Informatykom znane jest ono jako ładowanie systemu. Kiedy pierwszy raz zacząłem posługiwać się komputerami, a było to w latach sześćdziesiątych, wszystkie programy musiały być ładowane za pomocą taśm perforowanych. (W Ameryce zamiast taśm używano kart, ale zasada była ta sama.) Zanim można było zacząć ładować program użytkowy zapisany na długiej taśmie, należało wgrać programik nazywany *bootstrap loader*. Miał on jedno zadanie: wprowadzić do komputera instrukcje odczytywania papierowych taśm. Ale — i tu mamy do czynienia z paradoksem jaja i kury — jak miał być załadowany sam *bootstrap loader*, skoro też był na papierowej taśmie? We współczesnych komputerach odpowiednik *bootstrap loadera* jest zainstalowany sprzętowo, ale w tamtych, zamierzchłych, z punktu widzenia informatyki, czasach trzeba było zacząć od ustawienia przełączników według z góry zakodowanej sekwencji. Ta sekwencja mówiła komputerowi, jak ma rozpocząć odczytywanie pierwszej części taśmy z programikiem ładującym. Następnie pierwsza część programu udzielała instrukcji jak odczytywać dalszą, i tak dalej. Po przejściu przez maszynę całej taśmy z programem ładującym, komputer potrafił już odczytać dowolną taśmę perforowaną i wreszcie był gotowy do pracy.

Początek zarodkowi daje pojedyncza, zapłodniona komórka jajowa, zygota. Dzieli się ona na dwie komórki, a każda z tych komórek dzieli się znowu na dwie. Z czterech komórek powstaje osiem, z ośmiu szesnaście. Z pokolenia na pokolenie liczba rośnie wykładniczo tak, że po kilkunastu podziałach osiąga wielkość rzędu trylionów. Gdyby to jednak była cała tajemnica rozwoju organizmów, mielibyśmy tryliony identycznych komórek. Jak to się więc dzieje, że przy kolejnych podziałach powstają wyspecjalizowane komórki wątroby, mięśni, nerek, w których uruchomione są różne grupy genów i działają różne enzymy? Odpowiedź brzmi: tak jak w przypadku ładowania systemu w komputerze. Chociaż zapłodnione jajo wygląda na symetryczną kulę, w rzeczywistości jest ono wewnątrznie zróżnicowane, posiada bowiem bieguny warunkowane chemicznie. Ma chemicznie zdefiniowaną górę i dół, jak również przód i tył, a co za tym idzie prawą i lewą stronę. Stężenie jednych substancji chemicznych stale wzrasta wraz z przesuwaniem się z dołu do góry, innych — przy

przemieszczaniu z tyłu do przodu. Te pierwsze wskaźniki orientujące przestrzennie pierwotną komórkę są dosyć proste, wystarczają jednak na pierwszym etapie programowania systemu.

Wyobraźmy sobie teraz sytuację po pięciu podziałach. Mamy już do czynienia z trzydziestoma dwoma komórkami. Niektóre z nich mogą mieć więcej niż pozostałe substancji chemicznych z górnego bieguna pierwotnej komórki, inne z dolnego. Mogą również występować między nimi różnice stężenia związków wyznaczających pierwotnie przód i tył. Te odmienności wystarczą, aby zaprogramować uruchamianie się różnych kombinacji genów w różnych komórkach. Dzięki temu w komórkach różnych części zarodka są aktywne odmienne zespoły enzymów. Jak więc widać, przy kolejnych podziałach nie mnożą się identyczne klony; wręcz przeciwnie — z pokolenia na pokolenie komórki zarodka różnicują się coraz bardziej.

Owa specjalizacja komórek w sposób zasadniczy różni się od wyodrębniania się coraz to nowych gatunków żywych organizmów, o czym mówiliśmy wcześniej. Różnicowanie się komórek przebiega od początku w sposób zaprogramowany i da się przewidzieć co do najmniejszych szczegółów. Nie ma tu bynajmniej miejsca na żadne przypadkowe zdarzenia, które przecież są warunkiem koniecznym dla różnicowania się gatunków. Poza tym, przy wyodrębnianiu się gatunków mutacjom ulegają same geny, co nazwałem ostatecznym pożegnaniem. Gdy zaś różnicują się komórki w zarodku, każdy z wyspecjalizowanych rodzajów wyposażony zostaje dokładnie w ten sam zestaw genów. Specjalizacja polega na tym, że komórki poddane są działaniu różnych substancji chemicznych, które uruchamiają odpowiednie kombinacje genów. Niektóre z nich są odpowiedzialne za włączanie i wyłączenie następnych genów. I tak postępuje proces ładowania systemu, czy też programowania organizmu, aż do powstania pełnego zestawu komórek wszelkich typów.

Rozwijający się zarodek nie tylko obrasta w coraz to bardziej zróżnicowane komórki. Całe jego ciało podlega ogromnym przemianom tak pod względem zewnętrznego kształtu, jak i formowania się narządów wewnętrznych. Jedną z najbardziej niezwykłych, a zarazem najwcześniejszych faz tego procesu jest moment gastrulacji. Wybitny embriolog Lewis Wolpert posunął się nawet do twierdzenia, że to nie „narodziny, śmierć czy małżeństwo są najważniejszymi chwilami w życiu człowieka, lecz gastrulacja”. Proces ten przebiega w ten sposób, iż pusty w środku pęcherzyk z komórek wpukla się do wewnątrz tworząc jamę wyściełaną drugą warstwą komórek. Wszystkie zarodki w królestwie zwierząt przechodzą ten sam proces gastrulacji. Jest to wspólny fundament dla różnorodnych algorytmów procesu rozwoju embrionalnego. Gastrulacja to tylko jeden z przykładów — szczególnie obrazowy — dynamicznych ruchów całych warstw komórek w procesie rozwoju zarodka, do złudzenia przypominających składanie bibułowych figur — origami.

Na zakończenie pełnego wirtuozerii przedstawienia niczym z akademii ruchu origami — po licznych przekształceniach, zwijaniu się i rozwijaniu, kurczeniu i rozciąganiu, wybrzuszeniu i zapadaniu całych warstw komórek; po pełnym dynamiki i zróżnicowania procesie rozrostu jednej części zarodka kosztem drugich; po różnicowaniu się w setki komórek wyspecjalizowanych pod względem chemicznym i technicznym; po ich rozmnożeniu do całkowitej liczby wyrażanej w trylionach — na świat przychodzi gotowy produkt embriogenezy: młody przedstawiciel swojego gatunku. Ale przecież to jeszcze nie koniec. Indywidualny rozwój osobniczy, przez wiek dojrzwały aż do starości, wraz z nierównomiernym wzrostem, a później starzeniem się poszczególnych części ciała i narządów — to nic innego, jak logiczny ciąg dalszy embriogenezy.

Poszczególne osobniki danego gatunku różnią się między sobą pod względem ilościowych

różnic w procesie rozwoju zarodkowego i osobniczego. Gdy warstwa komórek urośnie trochę dalej, zanim zacznie się zakrzywiać do wewnątrz, co otrzymujemy w efekcie? Orli nos zamiast zadartego; płaskostopie, które może nam uratować życie, bo chroni przed wojskiem; szczególne ukształtowanie łopatki zapewniające predyspozycje do rzucania oszczepem (granatami, piłką do krykieta — zależnie od okoliczności). Niekiedy osobnicze odchylenia w origami warstw komórek mogą mieć tragiczne konsekwencje, na przykład gdy dziecko rodzi się bez dłoni, z kikutami zamiast ramion. Różnice osobnicze, które nie powstają podczas układania się origami z warstw komórek, lecz mają czysto chemiczną naturę, są nie mniej istotne. Mogą warunkować niezdolność do trawienia mleka, skłonności homoseksualne, uczulenie na orzeszki ziemne, albo przekonanie, iż owoce mango mają nieprzyjemny posmak terpentyny.

Rozwój zarodkowy to bardzo złożony proces fizyczny i chemiczny. Drobną zmianą na wczesnym etapie może mieć daleko idące konsekwencje. Nie ma w tym nic dziwnego, jeżeli przypomnimy sobie jak trudne i skomplikowane jest zaprogramowanie całego procesu załadowania systemu. Wiele różnic w rozwoju embrionalnym poszczególnych osobników wiąże się z wpływem środowiska, czynnikami zewnętrznymi, na przykład z niedotlenieniem. Za inne odpowiedzialne są geny, rozpatrywane nie w izolacji, lecz jako elementy jednej układanki, uzależnione ponadto od wpływu czynników zewnętrznych. Niestęchanie złożony, przypominający układanie skomplikowanej mozaiki, proces rozwoju embrionalnego może z jednej strony zadziwiać swą odpornością na zakłócenia, z drugiej zaś wrażliwością i podatnością na zmiany. O odporności świadczy to, że mimo wszelkich przeciwności, zakłóceń i potencjalnych zagrożeń, w znakomitej większości przypadków z zarodka rozwija się młody, w pełni ukształtowany osobnik. Wrażliwość natomiast na wszelkie wpływy czynników zewnętrznych przejawia się w tym, że w wyniku rozwoju embrionalnego nigdy nie powstają dwa osobniki identyczne, bliźniaczo podobne w każdym szczególe. Zawsze dochodzi do jakichś przypadkowych zmian i odchyłeń.

Czas wreszcie zająć się tym, do czego miały prowadzić nasze dotychczasowe rozważania na temat genów w organizmie i rozwoju zarodkowego. Dopóki różnice między osobnikami danego gatunku warunkowane są przez geny — niezależnie, czy są to różnice duże, czy małe — w wyniku doboru naturalnego pewne kaprysy embrionalnego rozwoju origami mogą zostać rozpowszechnione i utrwalone, inne natomiast odrzucone. Jeżeli sprawność w rzucaniu na odległość została uwarunkowana genetycznie, podlega ona prawu naturalnej selekcji. O ile tylko cecha ta zwiększa, choćby w minimalnym stopniu, szanse danego osobnika na przeżycie i osiągnięcie wieku pozwalającego na posiadanie potomstwa, warunkujące ją geny będą miały odpowiednio większe szanse na przejście przez kolejne, pokoleniowe sita. Oczywiście pojedynczy osobnik wyposażony w te geny, może zginąć przed osiągnięciem wieku dojrzałego z przyczyn nie mających żadnego związku z umiejętnością rzucania. Jednakże gen, którego obecność w organizmie warunkuje lepsze predyspozycje do rzucania na odległość, występuje w wielu organizmach, zarówno silnych, jak i słabych, i przekazywany jest z pokolenia na pokolenie. Z punktu widzenia tego genu przypadki przedwczesnej śmierci organizmów z powodów niezależnych od zdolności rzucania, są statystycznie pomijalne. Dla genu istnieje tylko długofalowa perspektywa. Uczestniczy on bowiem w zbiorowej wędrówce przez pokolenia wraz z całą rzeką DNA, a poszczególne organizmy są dla niego tylko tymczasowym schronieniem. Z tego względu nie ma większego znaczenia dla „dobrego” genu, jeżeli zdarzy mu się dzielić jedno z owych tymczasowych schronień z mniej skutecznymi towarzyszami.

Na dłuższą metę w rzece DNA pozostają i tak tylko „dobre” geny. Mogą być one dobre z różnych powodów, wystarczy, że zapewniają nieco większą sprawność ramion, albo poprawiają wrażliwość receptorów smakowych na toksyny. Gen może być „zły”, bo wywołuje astygmatyzm, co utrudnia celne ciskanie oszczepem, lub bo czyni ciało mniej atrakcyjnym zewnątrz, a więc utrudnia danemu osobnikowi znalezienie partnera i dochowanie się potomstwa. Przy tym wszystkim należy pamiętać o zasadzie, którą sformułowaliśmy wcześniej. Geny, które pozostają w rzece, to geny zapewniające reprodukcyjny sukces i zwiększające szanse przeżycia w warunkach typowych dla danego gatunku. A tym, co określa dany gatunek, są typowe dla niego geny. Tak więc geny skuteczne, to te, które potrafią przetrwać w środowisku innych genów, z którymi mogą się zetknąć w jednym organizmie, w trakcie wspólnej wędrówki przez geologiczne epoki w tej samej odnodze rzeki DNA.

Za szczyt błyskotliwości uchodzi ostatnio głoszenie, iż nauka to nic innego tylko współczesna odmiana mitu o prapoczątkach świata. Hebrajczycy mieli swojego Adama i Ewę, Sumerowie Marduka i Gilgamesza, Grecy Zeusa i cały Olimp, Normanowie Walhallę, a my mamy ewolucję. Czymże bowiem jest ewolucja — mówią niektórzy

— jeśli nie współczesnym ekwiwalentem bogów i herosów, ani gorszym, ani lepszym, i wcale niekoniecznie dużo bardziej prawdziwym. Ta modna ostatnio salonowa filozofia, zwana relatywizmem kulturowym, w swojej najbardziej skrajnej formie każe uważać, iż nauka nie ma żadnych podstaw do roszczenia sobie wyłączności na głoszenie prawdy, że w niczym nie jest lepsza od plemiennych mitów. Sama bowiem jest mitem, tyle że tworzonym przez nasze współczesne plemię, nazywające się cywilizacją Zachodu. Sprowokowany raz przez kolegę antropologa do jasnego wyrażenia swojego poglądu na ten temat, zaproponowałem, by wyobraził sobie plemię, które wierzy, że Księżyc to stary baniak wyrzucony w niebo i kołyszący się tuż nad czubkami drzew. Czy naprawdę uważasz — zapytałem — że nasza naukowa prawda o Księżycu oddalonym od nas o czterysta tysięcy kilometrów i mającym średnicę tylko cztery razy mniejszą od ziemskiej, jest tak samo dobrą prawdą, jak wiara tego plemienia w baniak? Tak — odpowiedział znajomy antropolog — my jesteśmy po prostu wychowani w kulturze, która postrzega świat w sposób naukowy, podczas gdy ich kultura każe widzieć go zupełnie inaczej. Nie ma żadnych powodów, by jedną uważać za lepszą od drugiej — zakończył z pełną wiarą w słuszność swoich słów.

Trudno o lepszy przykład hipokryty niż kulturowy relatywista na wysokości dziewięciu tysięcy metrów. Samoloty skonstruowane zgodnie z prawami współczesnej nauki latają. Startują kiedy trzeba i lądują w miejscu przeznaczenia. Statki powietrzne budowane według mitologicznych lub plemiennych technologii, takie jak tekturowe aeroplany wyznawców kultu cargo, wzorowane na samolotach przelatujących nad przecinkami w dżungli, czy nawoskowane skrzydła Ikara, albo w ogóle nie unoszą się w powietrze, albo spadają. *[To nie pierwszy raz, kiedy zdarza mi się posłużyć tego rodzaju ostatecznym argumentem. A czynię to zawsze — co chcę podkreślić — spierając się z takimi osobami, jak mój kolega od baniaka. Zdaję sobie sprawę, że istnieją osoby również nazywające się kulturowymi relatywistami — i stąd to całe zamieszanie — które prezentują zupełnie odmienne poglądy. Dla nich relatywizm kulturalny oznacza przyjęcie do wiadomości, iż nie da się zrozumieć obcej kultury, jeżeli jej wierzenia i mity będzie się interpretować według norm i języka własnej kultury. Każde z wierzeń danej kultury należy rozważać w kontekście tej właśnie kultury i jej pozostałych wierzeń. Podejrzewam, że pierwotnie relatywizm kulturalny miał właśnie taką, rozsądną postać. Natomiast ta, którą pozwalam sobie skrytykować, jest ekstremalnym wypaczeniem pierwowzoru. Rozsądni relatywiści kulturowi powinni bardziej zadbać o to, aby się odróżniać od swych skrajnych imienników.]*

Jeżeli lecisz samolotem na międzynarodowy kongres antropologów albo krytyków literackich, masz duże szanse, by dolecieć, a nie roztrzaskać się w szczerym polu, właśnie dlatego, że całe mnóstwo wykształconych inżynierów z plemienia nazywającego się cywilizacją Zachodu zrobiło multum obliczeń, które im się zgodziły. Nauka Zachodu, wychodząc z dobrze udokumentowanych przesłanek, że Księżyc okrąża Ziemię w odległości czterystu tysięcy kilometrów, oraz wykorzystując takie wytwory cywilizacji, jak komputery i

rakiety, potrafiła wysłać nań swoich przedstawicieli. Plemienna cywilizacja, z wiarą, że księżyc zawieszony jest tuż nad wierzchołkami drzew, nigdy nie zdoła się do niego choćby zbliżyć, chyba tylko w snach.

Niemal za każdym razem, gdy mam publiczny wykład, ktoś ze słuchaczy wyrwie się z komentarzem w stylu mojego znajomego antropologa. I niemal zawsze taki komentarz wywołuje pomruk aprobaty na sali. W ten sposób audytorium daje wyraz swym liberalnym i antyrasistowskim poglądom. Bardziej jednak godne uwagi i prowokujące są demaskatorskie uwagi typu: „Zasadniczo rzecz biorąc, pańska wiara w ewolucję sprowadza się do religijnego przeświadczenia o prawdziwości dogmatu i w tym sensie niczym nie różni się od czyjejs wiary w istnienie Raju”.

Każdy lud ma swoją mitologię na temat początków wszechświata, życia i ludzkości. W pewnym sensie nauka rzeczywiście oferuje ekwiwalent mitów o prapoczątkach, przynajmniej dla wykształconej części współczesnych społeczeństw. Naukę można opisywać jak religię i zdarzyło mi się nawet popełnić krótki artykuł, w którym całkiem na serio proponowałem wprowadzenie nauk ścisłych jako jednego z tematów na lekcjach religioznawstwa. [„*The Spectator*” (Londyn), 6 sierpnia 1994.]

(W Wielkiej Brytanii religia jest obowiązkowa jako część programu szkolnego, w przeciwieństwie do Stanów Zjednoczonych, gdzie w szkołach publicznych jest zakazana w obawie, by — wobec wielości różnych wyznań — nie obrażać niczyich przekonań). Nauka, podobnie jak religia, rości sobie prawo do odpowiedzi na najbardziej zasadnicze pytania dotyczące początków wszechrzeczy, istoty życia i kosmosu. Na tym jednak podobieństwa się kończą. Nauka bowiem zajmuje się wyłącznie tym, co udokumentowane i sprawdzalne. Jest zorientowana praktycznie i musi mieć konkretne rezultaty. Mity i wierzenia nie muszą opierać się na żadnych dowodach i osiągać jakichkolwiek wyników.

Spośród wielu mitów o prapoczątkach ludzkości, biblijna opowieść o Raju stała się tak wszechobecna w naszej kulturze, że nawet użyczyła nazwy jednej z ważniejszych teorii naukowych na temat naszych przodków. Mam tu na myśli teorię „afrykańskiej Ewy”. Rozdział ten poświęciłem „afrykańskiej Ewie” z dwóch powodów. Po pierwsze umożliwi mi to ukazanie analogii do rzeki DNA. Po drugie, chciałem tę naukową hipotezę zestawić z mitem o matce ludzkości z Rajskich Ogrodów. Jeżeli zamiar skonstruowania mitu z hipotezą udał mi się, czytelnik powinien uznać naukową prawdę za ciekawszą, może nawet bardziej poetycką i działającą na wyobraźnię, niż biblijna opowieść. Rozpoczniemy od ćwiczenia na czystą umiejętność logicznego myślenia. Wkrótce przekonamy się, do czego było nam to potrzebne.

Każdy z nas ma dwoje rodziców, czworo dziadków, ośmioro pradziadków, i tak dalej. Z każdym pokoleniem liczba przodków podwaja się. Jeżeli cofniemy się o g generacji, liczba przodków będzie wynosiła 2 pomnożone przez siebie g razy, czyli 2 do potęgi g . Niby wszystko się zgadza, ale nawet nie ruszając się z fotela, szybko zorientujemy się, że coś tu nie tak. Wystarczy, że cofniemy się tylko trochę w czasie — powiedzmy do czasów Jezusa, około dwa tysiące lat wstecz. Przy założeniu, że na każde stulecie przypadają cztery pokolenia — przyjmujemy w ten sposób, że ludzie wydają na świat potomstwo mając średnio dwadzieścia pięć lat — dwa tysiąclecia zamieniają się nam na ledwie osiemdziesiąt generacji. Faktyczna ich liczba musiała być prawdopodobnie większa zważywszy, że jeszcze całkiem niedawno kobiety rodziły w znacznie młodszym wieku. Jednak dla naszych fotelowych rozważań zadowolimy się przybliżoną liczbą osiemdziesięciu pokoleń. I tak bowiem dwa pomnożone przez siebie osiemdziesiąt razy daje niebotyczny wynik w postaci jedyńki z dwudziestoma

czterema zerami. Każdy z nas miał milion milion milion milionów przodków współczesnych Jezusowi! A przecież w rzeczywistości całkowita liczba ludności ówczesnego świata wynosiła znikomy ułamek tego, co obliczyliśmy.

Gdzieś musieliśmy popełnić błąd, tylko gdzie? Obliczenia wykonaliśmy poprawnie. Błąd polegał na przyjęciu założenia o podwajaniu się liczby przodków z każdym pokoleniem wstecz. Zapomnieliśmy o małżeństwach między krewnymi. Założyłem, że każdy z nas ma ośmioro pradziadków. Jednakże dzieci z małżeństwa krewnych mają tylko sześcioro pradziadków, jako że wspólni dziadkowie spokrewnionych małżonków są, po dwóch osobnych liniach, pradziadkami dzieci (jakby po matce i ojcu równocześnie). No to co? — możesz zapytać. Wprawdzie zdarza się, że ludzie poślubiają swoich krewnych (żona Karola Darwina, Emma Wedgwood była jego kuzynką), ale na pewno nie dzieje się to na tyle często, żeby mogło w sposób istotny wpłynąć na nasze obliczenia. Otóż dzieje się to wystarczająco często, bowiem w naszych rozważaniach słowo „krewny” oznacza kuzyna w drugim, trzecim, jak również piątym, szesnastym, i osiemdziesiątym pokoleniu. Jeżeli uwzględnimy tak dalekich krewnych, każde małżeństwo jest faktycznie małżeństwem między kuzynami. Zdarza się czasem słyszeć przechwałki ludzi podających się za odległych krewnych brytyjskiej królowej. Brzmi to dość śmiesznie, skoro faktycznie wszyscy jesteśmy dalekimi krewnymi królowej i każdego, kogo tylko sobie wymarzymy jako kuzyna; pozostaje jedynie kwestia stopnia pokrewieństwa. Arystokratów i członków rodziny królewskiej wyróżnia jedynie to, że potrafią określić precyzyjnie stopień pokrewieństwa i swoje koligacje. Jak ujął to czternasty lord Home, gdy jeden z przeciwników politycznych dworował sobie z jego tytułu, „gdyby się dobrze nad tym zastanowić, to pan Wilson jest pewnie też co najmniej czternastym panem Wilson”.

Wniosek z tego jest taki, że wszystkich nas łączą bliższe lub dalsze więzy pokrewieństwa, z których normalnie nie zdajemy sobie sprawy, a więc mamy o wiele mniej przodków niż mogłoby to wynikać z prostego rachunku dwa do potęgi równej liczbie pokoleń. Usiłując skłonić pewną studentkę do przeprowadzenia podobnego rozumowania, poprosiłem ją, by w sposób przemyślany odpowiedziała na pytanie, o ile pokoleń należałoby się cofnąć w czasie, żeby odnaleźć wspólnych przodków jej i moich. Patrząc mi hardo w oczy odpowiedziała, cedząc każde słowo: „Aż do małpoludów”. Pomyliła się o jakieś dziesięć tysięcy procent, ale to typowa intuicyjna odpowiedź i łatwo zrozumieć błąd studentki. Dała się zwieść złudzeniu, że wspólnych korzeni z innymi ludźmi należy szukać w odległej przeszłości geologicznej liczonej w milionach lat. Tymczasem jest wielce prawdopodobne, że wspólni przodkowie moi i studentki żyli nie dawniej niż kilkaset lat temu, bardzo możliwe, że później, niż Wilhelm Zdobywca zdobywał Anglię. Co więcej, jest niemal pewne, że byliśmy ze sobą spokrewnieni równocześnie poprzez różnych antenatów.

Model, który doprowadził nas do tak gigantycznego błędu w oszacowaniu liczby przodków, można sobie wyobrazić jako nieustająco rozgałęziające się drzewo. Im bardziej cofamy się w czasie, tym więcej ma konarów. Jeżeli teraz odwrócimy to drzewo do góry nogami, otrzymamy równie fałszywy model rozmnażania się potomków, w postaci klasycznego drzewa genealogicznego. Przeciętny mężczyzna i kobieta ma dwójkę dzieci, czwórkę wnucząt, ośmioro prawnucząt, i tak dalej, aż do absurdalnej liczby trylionów potomków w ciągu kilku stuleci, [historycy nazywają to paradoksem genealogicznym — dopisek M. J.]. O wiele lepszym przybliżeniem rzeczywistości jest model rzeki genów, który opisaliśmy w poprzednim rozdziale. Przez kolejne stulecia płynie rwący strumień genów, które stale wirują i zmieniają

się miejscami, ograniczone jedynie korytem rzeki DNA. Kolejne konfiguracje genów zmieniają się w czasie, geny łączą się ze sobą i rozdzielają. Tworzą wiry, które przez pewien czas wędrują w dół rzeki. Pary molekuł, zanim się spotkały w takim wirze, były już dobranymi współtowarzyszami, są nimi w okresie wspólnej wędrówki w czasie, i będą po rozstaniu. Mimo długich okresów rozłąki, nie ma wątpliwości, że stykały się już ze sobą i będą znowu się stykać. Trudno wprawdzie wysledzić poszczególne momenty spotkań, ale żelazne prawa matematyki pozwalają mieć pewność, że miały one miejsce. Rachunek prawdopodobieństwa każe nam sądzić, iż jeżeli nawet dwa geny znajdują się w danym momencie z dala od siebie, nie trzeba zbyt długo wędrować w górę rzeki, żeby stwierdzić, że spotkały się znowu.

Nawet na myśl ci pewnie nie przyjdzie, że współmałżonek może być twoim kuzynem, ale statystycznie rzecz biorąc nie trzeba wcale cofać się zbyt daleko, by znaleźć waszych wspólnych przodków. Zwracając się w drugą stronę, ku przyszłości, można bez obaw przewidywać, iż w którejś z następnych generacji będziecie musieli dzielić się potomkami z inną parą małżeńską, bo dojdzie do związku między waszymi potomkami. Przy najbliższej okazji, gdy będziesz w sali koncertowej lub na stadionie piłkarskim, rozejrzyj się po zgromadzonej tłumnie publiczności i pomyśl sobie: o ile w ogóle będę miał wnuki, prawnuki i prapraprawnuki, to bardzo prawdopodobne, że wśród zebranych, są ludzie, którym mógłbym uścisnąć rękę, jako pra-prapradziadkom moich prapraprawnuków. Dziadkowie tych samych wnuków wiedzą zwykle o sobie, i nawet jeżeli nie utrzymują zbyt bliskich stosunków, mają poczucie wspólnoty. Mogą, przyglądając się sobie, pomyśleć: „Za dużo to nie mam z nim wspólnego, ale przecież jego DNA wymieszało się z moim w naszych wspólnych wnukach i możemy liczyć na dalszych wspólnych potomków w przyszłości, kiedy już nas dawno nie będzie. Coś nas jednak łączy.” Ja chciałem jednak uświadomić wam coś więcej. Że skoro zostaniemy obdarzeni potomkami i nasza linia długo nie wygaśnie, to wśród całkowicie obcych nam osób, przypadkowo zgromadzonych na meczu czy koncercie, znajdą się prawdopodobnie praprapradziadkowie naszych prapraprawnuków. Możesz więc przy najbliższym pobycie na koncercie lub meczu pobawić się w lustrowanie widowni i zgadywanie, z kim będziesz miał wspólnych potomków. Także ze mną, Czytelniku, niezależnie jakiej jesteś płci i rasy, możesz kiedyś mieć wspólnych prapraprawnuków. Możliwe, że przeznaczeniem Twojego DNA, jest zostać wymieszanym z moim. Pozdrowienia!

Wyobraźmy sobie teraz, że w wehikule czasu podróżujemy do przeszłości. Zatrzymujemy się w Koloseum, albo cofamy się jeszcze i lądujemy na targu w sumeryjskim Ur, albo wędrujemy jeszcze dalej w przeszłość, byleśmy trafili na duże zgromadzenie ludzkie. Przyglądamy się tłumowi, podobnie jak współczesnej widowni na koncercie lub meczu piłkarskim. Przede wszystkim uświadomiamy sobie, że tych dawno zmarłych ludzi możemy podzielić na dwie kategorie: naszych przodków i tych, którzy nimi nie są. Jeżeli wehikuł czasu zabrał nas dostatecznie daleko w przeszłość, możemy dokonać jeszcze bardziej fundamentalnego podziału: na tych, co są przodkami wszystkich żyjących w roku 1995 i na tych, którzy nie są przodkami ani jednego dzisiaj żyjącego człowieka. W tak odległej przeszłości nie ma wariantów pośrednich; albo jest się przodkiem wszystkich, albo nikogo. Na kimkolwiek zatrzymasz wzrok, wysiadając z wehikułu czasu, będzie on naszym uniwersalnym przodkiem, albo nie będzie nim wcale.

Takie twierdzenie może wydać się szokujące, ale jest banalnie proste do udowodnienia. Jedyne, co należy zrobić, to przenieść nasz wirtualny wehikuł czasu w absurdalnie odległą przeszłość, powiedzmy trzysta piętnaście milionów lat wstecz, kiedy naszymi przodkami były

trzonopłetwe ryby z płucami, wychodzące właśnie z wody, by przeobrazić się w płazy. Jeżeli jakaś konkretna ryba jest moim przodkiem, to bez wątpienia musi być także twoim. Gdyby nie była, oznaczałoby to, że łańcuch ewolucyjny, na którego końcu znalazłem się ja, i drugi, którego uwieńczeniem jesteś ty, przebiegały całkowicie niezależnie poprzez wszystkie etapy: ryby, płazy, gady, ssaki, naczelne, małpy człekokształtne, człowiekowate, aż zakończyły się w sposób tak niewiarygodnie podobny, że możemy ze sobą rozmawiać i, jeśli jesteś kobietą, mieć wspólne potomstwo. To, co zostało dowiedzione dla naszej dwójki, jest prawdziwe dla dowolnej pary ludzi.

Zdołaliśmy wykazać, że jeśli cofnąć się dostatecznie daleko w czasie, każdy napotkany osobnik, jest albo przodkiem nas wszystkich, albo nikogo. Co to jednak oznacza „dostatecznie daleko”? Oczywiście nie musimy wracać aż do ryb trzonopłetwych, to było *reductio ad absurdum*. Jak jednak daleko musimy cofnąć się w czasie, by znaleźć uniwersalnych przodków wszystkich żyjących w 1995 roku ludzi? To jest znacznie trudniejsze pytanie i właśnie poszukiwaniem odpowiedzi na nie chciałbym się zająć w następnej kolejności. Tym razem nie można znaleźć odpowiedzi posilując się wyłącznie fotelowymi spekulacjami i obliczeniami. Potrzebujemy bardzo konkretnej wiedzy, danych i liczb zaczerpniętych z wymagającego świata faktów rzeczywistych.

Sir Ronald Fisher, znakomity angielski genetyk i matematyk, którego można uznać za najwybitniejszego dwudziestowiecznego następcę Darwina, a zarazem ojca współczesnej statystyki, powiedział w 1930 roku:

Gdyby nie bariery geograficzne i inne przeszkody, uniemożliwiające kontakty seksualne między przedstawicielami różnych ras (...) cała ludzkość miałaby, z wyjątkiem ostatniego tysiąca lat, wspólnych przodków. W ramach tego samego narodu wystarczy cofnąć się pięćset lat, by niemal wszyscy mieli wspólnych przodków, dwa tysiące lat wstecz i różnice będą występowały już tylko między dużymi rasami etnograficznymi; ostatni etap, możliwe, że niesłychanie odległy w czasie, miał miejsce wtedy, gdy przez długie wieki w żyłach przedstawicieli różnych, osobnych obecnie grup, płynęła ta sama krew.

Posługując się językiem naszej rzecznej analogii, Ronald Fisher wykorzystuje fakt, że geny przedstawicieli jednej geograficznie wyodrębnionej rasy płyną w tej samej odnodze rzeki genów. Kiedy jednak podaje konkretne daty — pięćset lat, dwa tysiące lat, zamierzchłość podziału ludzkości na rasy — musi się zdać na własną naukową intuicję i domysły. W czasach Fishera nie było bowiem jeszcze wiarygodnych danych na ten temat. Dostarczyła ich dopiero biologia molekularna, której rewolucyjne odkrycia przyniosły aż nadmiar informacji. To dzięki biologii molekularnej powstała tak działająca na wyobraźnię teoria o afrykańskiej Ewie.

Cyfrowa rzeka nie jest jedyną metaforą, którą możemy się posłużyć. Można na przykład wyobrazić sobie DNA każdego z nas, jako rodzinną Biblię. DNA to bardzo długi tekst napisany, o czym przekonaliśmy się w poprzednim rozdziale, czteroliterowym alfabetem. Składające się na tekst litery zostały niesłychanie skrupulatnie skopiowane po naszych przodkach, z zachowaniem wierności przekazu przez wiele pokoleń. Ponieważ tekst kopiowany może być wyłącznie odziedziczony po przodkach, powinno być możliwe odtworzenie pokrewieństwa obcych sobie ludzi i odnalezienie ich wspólnych przodków poprzez porównanie wersji tekstu, jaki się zachował w ich DNA. Odlegli krewni, których teksty od dłuższego czasu kopiowane były niezależnie — niech to będą Norwegowie i Aborygeni z Australii — powinni mieć wersje różniące się od siebie znaczną ilością słów. Uczni dokonują podobnego rodzaju analizy przy porównywaniu różnych przekazów tekstów

biblijnych. Niestety, w przypadku tekstów źródłowych DNA jest pewien szkopuł — rozmnażanie płciowe.

Rozmnażanie płciowe, czyli — zgodnie z naszą metaforą — nakładanie się różnych wersji tekstu przy każdym kopiowaniu, to koszmar dla każdego archiwisty. Zamiast ciągu wiernych kopii, identycznych, jeśli pominąć nieuniknione, przypadkowe błędy przekazu, otrzymuje on za sprawą rozmnażania płciowego przekaz całkowicie zdeformowany. Żaden słoń nie zrobił nigdy takiego spustoszenia w składzie porcelany, jakie rozmnażanie płciowe czyni w archiwach DNA. Bibliistyka nie zna takich problemów. Biblista pragnący ustalić pierwotną wersję *Pieśni nad Pieśniami*, zdaje sobie oczywiście sprawę, że nie została ona przekazana aż do naszych czasów w całkowicie nie zmienionej postaci. W *Pieśni* łatwo jest znaleźć miejsca, gdzie została przerwana ciągłość utworu, co sugeruje, iż stanowi on połączenie kilku, pierwotnie niezależnych fragmentów, z których tylko część miała tematykę erotyczną. Obecne wersje muszą w sobie zawierać błędy związane z nieścisłością przekazu, dotyczy to zwłaszcza przekładów wersji oryginalnej. „Take us the foxes, the little foxes, that spoil the vines” jest błędem przekładu. Jednakże, wielokrotnie powtarzany, utrwalił się on tak silnie w naszej świadomości, że trudno sobie wyobrazić zastąpienie go bardziej poprawnym „Catch for us the fruit bats, the little fruit bats...”:

For lo, the winter is past, the rain is over and gone. The flowers appear on the earth; the time of the singing of birds is come, and the voice of the turtle is heard in our land.

Poetyka tego cytatu jest tak urzekająca, że wynajdywanie w niej uchybień wobec oryginału wydaje się czymś wysoce niestosownym. Wstaw jednak „dove” po „turtle”, zgodnie z tyleż poprawnym co ciężkim przekładem współczesnym, a przekonasz się, jak gubi się rytm. Tym podobne błędy mają jednak mniejsze znaczenie i musiały się zdarzać, zwłaszcza w czasach, gdy biblijne wersety przepisywali omylni kopiści z rzadkich i nieraz źle zachowanych papirusów, bo nie było wtedy tysięcznych nakładów drukowanych książek ani bezdusznych komputerów kopiujących bezbłędnie teksty z dyskietki na dyskietkę.

Wróćmy teraz do przemożnego wpływu rozmnażania płciowego. (Nie chodzi tu oczywiście o wszechogarniającą siłę miłości, o jakiej mowa w *Pieśni nad Pieśniami*). Wykorzystując nadał naszą biblijną metaforę, za sprawą rozmnażania płciowego połowa jednej wersji dokumentu, złożona z całkowicie przypadkowo wybranych fragmentów, jest połączona z komplementarną wobec niej połową zupełnie innej wersji. Taki właśnie niewiarygodny akt wandalizmu — pocięcie oryginalnego dokumentu i złożenie z przypadkowych fragmentów połowy tekstu — dokonuje się każdorazowo, gdy powstaje komórka rozrodcza. Na przykład, gdy w organizmie mężczyzny powstaje plemnik, chromosomy, które odziedziczył po ojcu łączą się z chromosomami po matce, a następnie znaczna część z nich zamienia się miejscami. Chromosomy dziecka są zatem konglomeratem chromosomów dziadków, pomieszanych tak, że nie sposób odtworzyć pierwotnego układu. Tak samo mieszane są chromosomy wszystkich przodków dziecka. W przypadku wczesnych archiwaliów DNA, poszczególne litery, może nawet słowa, mogły pozostać nie zmienione w wyniku kolejnych kopiowań z pokolenia na pokolenie. Jednakże całe rozdziały, strony, nawet akapity genetycznych tekstów zostały poddane wielokrotnej procedurze cięcia i składania od nowa, w sposób losowy, co czyni z nich niemal bezużyteczne źródła przy próbach odtworzenia pierwotnych wersji. Rozmnażanie płciowe to wielka maszyna szyfrująca, uniemożliwiająca nam poznanie genetycznej przeszłości naszych przodków.

Z archiwaliów DNA możemy korzystać przy rekonstrukcji przeszłości, o ile rozmnażanie

płciowe nie występuje jako czynnik zakłócający. Mogę tu przytoczyć dwa ważne przykłady. Pierwszy z nich to teoria afrykańskiej Ewy, którą zajmę się niżej. Drugi wiąże się z poszukiwaniem przodków i pokrewieństwa w bardziej ogólnym sensie, na skalę wszystkich gatunków, a nie w ramach jednego z nich. Jak wiemy z poprzedniego rozdziału, wymiana materiału genetycznego związana z rozmnażaniem płciowym odbywa się wyłącznie w obrębie jednego gatunku. Kiedy gatunek rodzicielski wyda nowy gatunek, rzeka genów rozwidła się i powstaje nowa odnoga. Po pewnym czasie obydwie odnogi oddalają się od siebie na tyle, że nie może dojść do krzyżowania się osobników obu gatunków — zakłócenie w postaci rozmnażania płciowego zostaje wyeliminowane. Pozwala to archiwście-genetykowi na wiarygodne porównywanie archiwów DNA obu gatunków. Dzięki temu może czerpać wiedzę na temat pokrewieństwa gatunków i rekonstruować dzieje ich powstawania. Rozmnażanie płciowe uniemożliwia wykorzystanie genetycznych dowodów jedynie przy badaniu pokrewieństwa w obrębie poszczególnych gatunków. W przypadku badania relacji międzygatunkowych jest wręcz odwrotnie, ponieważ mieszanie materiału genetycznego w obrębie jednego gatunku, związane z rozmnażaniem płciowym, sprawia, iż każdy osobnik może być traktowany jako przedstawiciel swego gatunku, nosiciel reprezentatywnej próbki DNA. Wszak nie ma znaczenia, w którym miejscu zanurzysz naczynie w strumieniu, za każdym razem otrzymasz taką samą wodę, czy też — wyrażając się ściślej — próbkę wody reprezentatywną dla całego strumienia.

I rzeczywiście, drzewo genealogiczne gatunków zostało odtworzone poprzez pobieranie tekstów DNA od przedstawicieli poszczególnych gatunków i porównywanie ich ze sobą, litera po literze. Metoda ta jest na tyle wiarygodna, że według jednej ze szkół w genetyce, możliwe jest przypisanie konkretnych dat poszczególnym rozgałęzieniom. Genetycy z tej szkoły przyjmują, kontrowersyjną skądinąd, tezę o istnieniu czegoś takiego jak „zegar molekularny”. Działanie takiego zegara opiera się na założeniu, że w dowolnie wybranym fragmencie genetycznego tekstu mutacje zdarzają się ze stałą częstotliwością — n razy na milion lat. Za chwilę wrócimy jeszcze do hipotezy zegara molekularnego.

W naszym DNA „akapit” odpowiedzialny za białko nazywane cytochromem *c* ma długość trzystu trzydziestu dziewięciu liter. Zmiana dwunastu liter dzieli ludzki cytochrom *c* od cytochromu *c* koni lub innych równie odległych naszych kuzynów. Zmiana tylko jednej litery tego „akapitu” dzieli nas od małp, naszych stosunkowo bliskich krewnych. Taka sama różnica występuje w DNA koni i osłów, bardzo blisko ze sobą spokrewnionych. Natomiast nieco dalsi kuzyni, jakimi są świny i konie, różnią się trzema literami. Czterdzieści pięć zmian w literach tego „akapitu” dzieli ludzi od drożdży, tyle samo — świny od drożdży. Nie ma w tym nic dziwnego, skoro wędrując w górę rzeki genów ludzka odnoga łączy się z odnogą świń o wiele wcześniej niż ich wspólna odnoga z odnogą drożdży. Jest jednak pewna nieścisłość w liczbie zmian między poszczególnymi gatunkami, bowiem cytochrom *c* koni różni się od cytochromu *c* drożdży nie o czterdzieści pięć lecz o czterdzieści sześć liter. Nie oznacza to jednak, że pokrewieństwo świń i ludzi z drożdżami jest bliższe niż koni. Są one w równym stopniu spokrewnione z drożdżami, co inne kręgowce, a nawet wszystkie inne zwierzęta. Prawdopodobnie całkiem niedawno, już po rozejściu się odnogi koni i świń, jakaś dodatkowa zmiana wkradła się do kodu dziedzicznego po linii prowadzącej do koni. Różnica ta nie ma dla nas większego znaczenia. Ogólnie rzecz biorąc porównywanie liczby zmian liter, które kodują cytochrom *c*, dzielących poszczególne pary gatunków, ilustruje to, co było postulowane w naszym pierwotnym modelu rozgałęziającego się drzewa ewolucyjnego.

Hipoteza zegara molekularnego głosi — jak już zostało to powiedziane — iż zmiany w danym fragmencie tekstu genetycznego zachodzą ze stałą w przybliżeniu częstotliwością na milion lat. W przypadku czterdziestu sześciu różnic w cytochromie c, dzielących konie od drożdży, przyjmuje się, że połowa z nich przypadła na ewolucję od ich wspólnego przodka do współczesnych koni, a połowa na ewolucję od wspólnego przodka do współczesnych drożdży (oczywiście oba te ewolucyjne procesy musiały trwać tę samą liczbę milionów lat). Początkowo takie rozumowanie wydaje się trudne do zaakceptowania. Chociażby z tej prostej przyczyny, że ich wspólny przodek wydaje się o wiele bardziej przypominać drożdże niż konia. Wyjaśnienie tego paradoksu zaproponował wybitny genetyk japoński Motoo Kimura, a ponieważ cieszy się on w świecie naukowym dużym autorytetem, zyskało ono szeroką akceptację. Kimura twierdzi, że istotna część zmian w genetycznym tekście może się dokonywać bez wpływu na znaczenie, jakie ten tekst niesie.

Tezę japońskiego genetyka dobrze ilustruje porównanie różnic w wyglądzie zewnętrznym drukowanych zdań: „**Koń jest ssakiem**”. „**Drożdże to grzyby**”. Nie ma żadnych problemów z odczytaniem i zrozumieniem znaczenia tych dwóch zdań, chociaż każde ze słów zostało wydrukowane inną czcionką. Zegar molekularny tyka odmierzając miliony lat ewolucyjnego procesu — także na każdą zmianę w DNA, która nie niesie w sobie zmiany znaczenia genetycznego tekstu. Zmiany, które podlegają prawu doboru naturalnego, te które warunkują różnice między koniem a drożdżami, czyli zmiany znaczenia genetycznego tekstu, są jedynie wierzchołkiem góry lodowej wszystkich mutacji.

W przypadku jednych cząsteczek zegar bije szybciej, w przypadku innych wolniej. Cytochrom c zmienia się w relatywnie powolnym tempie, mniej więcej o jedną literę na każde dwadzieścia pięć milionów lat. Dzieje się tak zapewne dlatego, że cytochrom c ma podstawowe znaczenie dla organizmu. To, czy dany organizm przeżyje, czy nie, zależy od precyzyjnej budowy tego białka. Większość zmian w cząsteczkach, których struktura ma tak ogromne znaczenie, zostaje wyeliminowana na drodze doboru naturalnego. Inne białka, takie jak włóknik (fibryna), choć także bardzo ważne dla funkcjonowania organizmu, mogą równie skutecznie działać przybierając inne formy. Włóknik odgrywa główną rolę w procesie krzepnięcia krwi. Można jednak zmienić wiele szczegółów jego struktury bez szkody dla krzepliwości krwi. Częstotliwość mutacji w przypadku tych białek wynosi jedną zmianę na około sześć tysięcy lat, czyli jest ponad czterdzieści razy większa niż w przypadku cytochromu c. Włóknik nie nadaje się więc do rekonstrukcji odległych w czasie związków pokrewieństwa, za to może okazać się przydatny do porównywania bliskich sobie gatunków, na przykład w obrębie ssaków. Istnieją setki różnych białek, każde określane przez inną częstotliwość mutacji i każde w innym zakresie przydatne do odtwarzania drzewa genealogicznego gatunków. Istotne jest to, że badanie pokrewieństwa na podstawie mutacji wszystkich tych białek składa się na wspólny obraz jednego drzewa rodowego gatunków, co jest, między innymi, całkiem niezłym dowodem na prawdziwość teorii ewolucji.

Rozważania powyższe rozpoczęliśmy od stwierdzenia, iż rozmnażanie płciowe miesza genetyczne źródła do badania pokrewieństwa i związków genealogicznych między osobnikami. Zazaczyłem wówczas, iż istnieją dwa sposoby ominięcia zakłóceń wywoływanych rozmnażaniem płciowym. Jeden z nich to ograniczenie się do badania całych gatunków, co właśnie opisaliśmy. Pozwala on nam na posłużenie się sekwencjami DNA przy odtwarzaniu naszego pokrewieństwa z bardzo odległymi przodkami, na długo zanim zaczęli oni przypominać ludzkie istoty. Z drugiej strony już udowodniliśmy sobie, że — jeśli cofniemy

się dostatecznie daleko w czasie — my, ludzie, pochodzimy wszyscy bez wyjątku od jednego, jedyne go osobnika, naszego uniwersalnego przodka. Zadaliśmy sobie wówczas pytanie, jak daleko musimy się cofnąć, by odnaleźć tego wspólnego nam wszystkim praszczura. W celu odpowiedzi na nie musimy posłużyć się drugim sposobem dowodzenia opartym na analizie sekwencji DNA. Tu właśnie wkracza na scenę naszego dramatu afrykańska Ewa.

Afrykańską Ewę określa się niekiedy mianem Ewy mitochondrialnej. Mitochondria to maleńkie ciała o pałeczkowatym kształcie, których tysiące znajdują się w każdej komórce naszego organizmu. Są one właściwie puste w środku, ale mają skomplikowaną strukturę wewnętrzną, gdyż otaczająca je błona jest wielokrotnie pofałdowana do środka. Sfałdowanie błony wewnętrznej sprawia, iż całkowita powierzchnia mitochondriów jest znacznie większa, niż mógłby na to wskazywać ich wygląd zewnętrzny. Fałdy błony wewnętrznej, zwane grzebieniami, są liniami produkcyjnymi zakładów chemicznych, czy też bardziej trafnie „siłowniami” energii biochemicznej. Wzdłuż grzebieni zachodzą precyzyjnie kontrolowane reakcje o stopniu skomplikowania i liczbie faz znacznie większej niż w jakichkolwiek zakładach chemicznych. Dzięki tym reakcjom energia zawarta w substancjach pokarmowych zostaje w sposób kontrolowany uwalniana i magazynowana w postaci umożliwiającej jej późniejsze spalanie oraz wykorzystanie w procesach życiowych organizmu. Bez mitochondriów nie przeżylibyśmy nawet sekundy.

Wiemy już, co mitochondria robią. Nas jednak interesuje przede wszystkim to, skąd się wzięły. Pierwotnie, w zamierzchłej epoce ewolucyjnej starożytności, mitochondria były bakteriami. Ta śmiała teoria Lynn Margulis z University of Massachusetts w Amherst przeszła długą drogę od odrzucania przez świat naukowy jako groźna herezja, poprzez rosnące zainteresowanie, aż do niemal powszechnego uznania. Dwa miliardy lat temu odlegli przodkowie mitochondriów byli wolno żyjącymi bakteriami. Wraz z bakteriami innych rodzajów obierały sobie za siedlisko większe komórki. Taka społeczność prokariotycznych bakterii stała się w rezultacie dużą, eukariotyczną komórką. Każdy z nas stanowi zbiorowość stu milionów milionów wzajemnie od siebie zależnych komórek eukariotycznych. Każda z tych komórek stanowi z kolei zbiorowość tysięcy specjalnie „oswojonych” bakterii, całkowicie zamkniętych w obrębie komórki, gdzie dzielą się one tak, jak na bakterie przystało. Policzone, że gdyby wszystkie mitochondria z organizmu ludzkiego ustawić jedno za drugim, powstałby sznur, którym można by opasać Ziemię dwa tysiące razy. Pojedyncze zwierzę czy roślina jest wielką zbiorowością zbiorowości funkcjonujących na różnych, współzależnych od siebie poziomach, podobnie jak dzieje się to w wielopoziomym ekosystemie wilgotnego lasu równikowego. Sam las równikowy to kipiąca różnymi formami życia zbiorowość, w której każdy osobnik jednego z dziesięciu milionów gatunków stanowi zbiorowość zbiorowości udomowionych bakterii. Czyż więc teoria Lynn Margulis — współczesny mit o pierwotnej komórce jako zamkniętym ogrodzie bakterii, nie jest nieporównywalnie bardziej fascynująca i inspirująca niż biblijny mit o ogrodzie Edenu? A przecież ma ona jeszcze tę przewagę, że niemal na pewno jest prawdziwa.

Podobnie jak większość biologów, uznaję prawdziwość teorii Lynn Margulis. Omówiłem ją pokrótce w tym rozdziale tylko po to, by móc przedstawić szczególnie dla nas ważną implikację tej teorii. Otóż mitochondria mają własne DNA, które jest ograniczone do pojedynczego pierścienia chromosomu, jak u innych bakterii. Dochodzimy teraz do zasadniczego momentu w naszych rozważaniach. DNA mitochondriów nie podlega na żadnym etapie wymianie materiału genetycznego związanej z rozmnażaniem płciowym, nie miesza się

ani z „głównym” jądrowym DNA organizmu, ani z DNA innych mitochondriów. Mitochondria, podobnie jak wiele innych bakterii, rozmnażają się przez prosty podział. Za każdym razem, gdy dochodzi do podziału mitochondriów, powstają dwie identyczne — jeśli nie brać pod uwagę przypadkowych błędów — kopie pierwotnego chromosomu. Teraz możesz zrozumieć, Czytelniku, całe piękno tej teorii z naszego punktu widzenia, z punktu widzenia genetycznych genealogów. Wykazaliśmy już, że w przypadku zwykłych tekstów DNA, w każdym kolejnym pokoleniu następuje, na skutek rozmnażania płciowego, wymieszanie wersji odziedziczonych po rodzicach, uniemożliwiające odtworzenie linii dziedziczenia po ojcu i po matce.

Na szczęście dla nas DNA mitochondrialne zachowuje przy rozmnażaniu cnotliwą czystość.

Nasze mitochondria dziedziczymy wyłącznie po matce. Plemniki są zbyt małe, by zawierać więcej niż kilka mitochondriów. Mają ich akurat tyle, by dostarczyły energii potrzebnej na napędzanie ich ogonków w podróży ku jaj. Mitochondria te są odrzucane wraz z ogonkiem, gdy główka plemnika zostaje wchłonięta przez jajo przy zapłodnieniu. W porównaniu z plemnikiem, jajo ma imponujące rozmiary, a jego obszerne, wypełnione płynem wnętrze zawiera bogatą kulturę mitochondriów. Z tego posiewu biorą się wszystkie mitochondria w organizmie dziecka. Niezależnie od tego, czy jesteś kobietą czy mężczyzną, wszystkie twoje mitochondria pochodzą od pierwotnego szczepu matki, które odziedziczyła ona po swojej matce, czyli twojej babce, a ta z kolei po twojej prababce. Żadne z mitochondriów nie pochodzi od twojego ojca ani od dziadka, ani od babki ojczystej. Mitochondria są więc niezależnym zapisem genetycznej przeszłości, nie zakłóconym przez wtręty z głównego DNA jądra komórkowego, które może pochodzić z równym prawdopodobieństwem od każdego z czwórki dziadków, ósemki pradziadków, i tak dalej.

DNA mitochondrialne zachowuje swą pierwotną, nie zanieczyszczoną żadnymi domieszkami postać, co nie oznacza jednak, że pozostaje wolne od mutacji — przypadkowych błędów w procesie kopiowania genetycznej informacji. Faktycznie mutacje w DNA mitochondrialnym zdarzają się częściej niż w przypadku „naszego” głównego DNA jądrowego. Dzieje się tak, ponieważ mitochondria, jak i inne bakterie, nie wytworzyły, w odróżnieniu od naszych zaawansowanych komórek, skomplikowanego systemu zabezpieczenia prawidłowego kopiowania informacji. Między twoim i moim DNA mitochondrialnym będzie występowało kilka różnic, a ich liczba będzie miarą tego, jak dawno rozdzieliły się linie naszych przodków. Nie wszystkich naszych przodków, ale wyłącznie tych po kądzieli, i po kądzieli, i po kądzieli. Jeżeli akurat zdarzyło się tak, że twoja matka jest pełnej krwi Aborygenką lub Chinką, lub Buszmenką z Kalahari, różnice między naszymi mitochondrialnymi DNA będą znaczne. Natomiast nie będzie miało znaczenia pochodzenie twojego ojca. Może być angielskim lordem albo wodzem Siuksów, nie pozostawi to żadnego śladu w DNA twoich mitochondriów. To samo dotyczy każdego z twoich przodków po mieczu.

Istnieje więc osobny mitochondrialny Apokryf przekazywany razem z wersjami tekstów kanonicznych, z tą jednak różnicą, że jedynie wzdłuż żeńskich linii drzewa genealogicznego. Dla nas jest to jego wielka zaleta, i nie chodzi tu o faworyzowanie płci pięknej. Równie dobrze mógłby być przekazywany wyłącznie wzdłuż linii męskiej. Wszystko zasada się na wierności przekazu — tekst naszego Apokryfu nie jest co pokolenie kawałkowany i składany na powrót z wymieszanych fragmentów. Nie zakłócony rozmnażaniem płciowym przekaz wzdłuż linii jednej lub drugiej płci, ale nie obydwu naraz — tego właśnie potrzebuje genealog-genetyk. Równie dobry mógłby być, zgodnie z tym kryterium, chromosom Y,

przekazywany z pokolenia na pokolenie — niczym nazwisko — wyłącznie po linii męskiej. Niesie on jednak zbyt mało informacji, by mógł być przydatny. Do określania wieku wspólnych przodków dwóch osobników w ramach tego samego gatunku idealnie nadaje się apokryf w postaci DNA mitochondrialnego.

DNA mitochondrialne zostało poddane badaniom przez grupę uczonych związanych z Allanem Wilsonem w Berkeley w Kalifornii. W latach osiemdziesiątych Wilson i jego współpracownicy pobrali próbki sekwencji DNA od stu trzydziestu pięciu kobiet z całego świata. Były wśród nich Aborygenki z Australii, góralki z Nowej Gwinei, Indianki, Europejki, Chinki i przedstawicielki różnych ludów Afryki. Naukowcy określili liczbę różnic w poszczególnych literach kodu genetycznego między wszystkimi kobietami. Wprowadzili te dane do komputera i polecieli mu stworzyć, w sposób możliwie oszczędny, drzewo genealogiczne. Postulat „oszczędności” oznacza w tym miejscu potrzebę wyeliminowania możliwie dużej liczby zbieżnych wariantów. Wymaga to bliższego wyjaśnienia.

Zastanówmy się jeszcze raz nad naszymi wcześniejszymi wnioskami dotyczącymi koni, świń, drożdży oraz analizy sekwencji liter kodu genetycznego cytochromu c. Pamiętamy, że konie różniły się od świń tylko trzema literami, świnię od drożdży czterdziestoma pięcioma, a konie od drożdży czterdziestoma sześcioma. Zwróciliśmy uwagę, że teoretycznie — posiadające niezbyt odległego wspólnego przodka — konie i świnię powinny różnić się od drożdży o taką samą liczbę liter. Różnica między czterdziestoma pięcioma literami w przypadku świni, a czterdziestoma sześcioma u konia jest anomalią, czymś, co w świecie idealnie odpowiadającym modelowi nie powinno mieć miejsca. Można ją wytłumaczyć jedynie dodatkową mutacją w linii prowadzącej do koni, lub odwrotną mutacją w linii prowadzącej do świń.

Rozważmy teraz absurdalne przypuszczenie, choć teoretycznie możliwe, iż świnię są w rzeczywistości bliżej spokrewnione z drożdżami niż z końmi. Teoretycznie jest możliwe, że podobieństwo obu gatunków, z różnicą jedynie trzech liter cytochromu c, jak również niemal identyczny, wspólny wszystkim ssakom plan budowy organizmu, to nic innego jak tylko jedna wielka przypadkowa zbieżność. Nie uznajemy takiej możliwości przede wszystkim dlatego, że liczba podobieństw między koniem a świnią wielokrotnie przewyższa liczbę podobieństw między świnią a drożdżami. Istnieje wprawdzie pojedyncza litera w DNA świni, przypominająca bardziej drożdże niż konie, ale ginie ona w zalewie miliona podobieństw dowodzących pokrewieństwa konia i świni. Na tym właśnie polega postulat oszczędności. Jeśli przyjmiemy, że świnię są bliżej spokrewnione z końmi, będziemy musieli zgodzić się na pominięcie, jako przypadkowego, pojedynczego przypadku podobieństwa do drożdży. Gdybyśmy jednak założyli, że świnię są bliżej spokrewnione z drożdżami, musielibyśmy przejść do porządku nad ogromną liczbą podobieństw, uznając je wszystkie, wbrew zdrowemu rozsądkowi, za przypadkowe zbieżności.

W przypadku koni, świń i drożdży, postulat oszczędności jest niezbyt oczywisty, by mógł wzbudzać wątpliwości. Jednakże w przypadku porównywania DNA mitochondrialnego u różnych ras ludzkich nie występują przytłaczające różnice w liczbie podobieństw. Postulat oszczędności stosuje się nadal, ale nie dostarcza on stuprocentowo pewnych, rozstrzygających argumentów, lecz pozwala jedynie na ilościową analizę i wybór najlepszego wariantu. To właśnie było zadaniem komputera w Berkeley. Miał on sporządzić zestaw wszystkich możliwych drzew rodowych dla stu trzydziestu pięciu kobiet. Następnie miał dokonać obliczeń dla każdego z tych drzew i wybrać z nich to, które najlepiej spełnia postulat

oszczędności, czyli zawiera najmniejszą liczbę przypadkowych, nie uzasadnionych pokrewieństwem, podobieństw. Z góry musimy przyjąć, że nawet w przypadku najlepszego drzewa znajdzie się kilka pomniejszych podobieństw, sugerujących inny model pokrewieństwa, nad którymi będziemy musieli przejść do porządku dziennego, tak samo, jak to uczyniliśmy w przypadku jednej litery DNA, pod względem której drożdże bardziej przypominały świnie niż konie. Teoretycznie komputer powinien z łatwością sobie z tym poradzić i obliczyć nam, które ze wszystkich możliwych drzew spełnia najlepiej postulat oszczędności.

Tak powinno być w teorii. W praktyce natrafiamy na poważną przeszkodę. Liczba możliwych drzew rodowych jest znacznie większa niż ty, ja, czy jakikolwiek matematyk mógłby sobie wyobrazić. Dla konia, świni i drożdży mamy tylko trzy możliwe drzewa genealogiczne. Tym bez wątpienia właściwym jest drzewo w postaci **[[Świnia koń] drożdże]**, ze świnia i koniem w nawiasach wewnętrznych i drożdżami jako grupą zewnętrzną. Pozostałe dwa możliwe warianty to: **[[Świnia drożdże] koń]** oraz **[[koń drożdże] Świnia]**. Jeśli dodamy czwarte stworzenie, niech to będzie kałamarnica, liczba możliwych drzew rodowych skoczy nam do dwunastu. Nie będę wyliczał ich wszystkich. Najbardziej prawdopodobny (oszczędny) jest model **[[[świnia koń] kałamarnica] drożdże]**. W tym przypadku koń i Świnia znów znalazły się między tymi samymi nawiasami jako najbliżsi krewni. Następne miejsce przypadło kałamarnicy, która ma bliższych wspólnych przodków z linią świni i konia niż drożdże. Każde z pozostałych jedenastu drzew genealogicznych, możliwych dla tej czwórki, na przykład **[[Świnia kałamarnica] [koń drożdże]]**, już zdecydowanie gorzej realizuje postulat oszczędności. Jest wysoce nieprawdopodobne, żeby koń i Świnia ewoluując całkowicie niezależnie, wytworzyły tak wielką liczbę podobnych cech, gdyby jedno z nich było bliżej spokrewnione z kałamarnicą, a drugie z drożdżami.

Skoro dla trzech stworzeń istnieją trzy warianty drzewa rodowego, a dla czterech dwanaście, to ile drzew genealogicznych można wykreślić dla stu trzydziestu pięciu kobiet? Jako odpowiedź trzeba by podać tak absurdalnie wielką liczbę, że nie ma nawet sensu próbować jej zapisać. Gdyby zaprzęgnąć największe i najszybsze komputery świata do tworzenia zestawu wszystkich możliwych drzew genealogicznych dla stu trzydziestu pięciu kobiet, szybciej doczekalibyśmy się końca świata, niż jakichś, choćby częściowych, rezultatów.

Mimo to, sprawa nie przedstawia się aż tak beznadziejnie. Nauczyliśmy się oswajając niewyobrażalnie wielkie liczby, stosując różne metody próbek losowych. Nikt nie byłby w stanie policzyć wszystkich owadów w dorzeczu Amazonki, możemy jednak oszacować ich liczbę, licząc osobniki występujące na małych, losowo wybranych obszarach amazońskiej selwy i uznając te próbki za reprezentatywne dla całej Amazonii. Komputer nie będzie w stanie dokonać odpowiednich obliczeń dla wszystkich możliwych drzew genealogicznych dla stu trzydziestu pięciu kobiet. Może jednak wybrać losowo reprezentatywne próbki ze zbioru liczącego gigamiliardy możliwych wariantów. W przypadku dowolnie wybranego podzbioru ze zbioru wszystkich drzew, większość oszczędnych wariantów próbki będzie miała pewne cechy wspólne. Można z tego wyciągnąć wniosek, że najprawdopodobniej większość realizujących postulat oszczędności wariantów ze zbioru wszystkich drzew będzie posiadała te same cechy.

Tak właśnie postąpili badacze. Musieli jednak jeszcze rozstrzygnąć, jaki sposób realizacji powyższej metody będzie najlepszy. Podobnie jak entomolodzy mogli się spierać, jakie

obszary brazylijskiego lasu równikowego można uznać za reprezentatywne, tak i genetyczni genealodzy posłużyli się różnymi metodami losowego wybierania próbek. Na nieszczęście, uzyskane wyniki nie zawsze się ze sobą zgadzały. Niezależnie od oceny ich wiarygodności, zaprezentuję konkluzje, do jakich doszła grupa z Berkeley na podstawie swych oryginalnych badań nad DNA mitochondriów człowieka.

Wnioski te są niesłychanie intrygujące. Według uczonych z Berkeley najlepsze drzewo genealogiczne okazuje się głęboko zakorzenione w Afryce. Oznacza to, że niektórzy Afrykanie są nieco dalej spokrewnieni z innymi Afrykanami, i jeszcze dalej z pozostałymi ludami na świecie. Owa reszta świata — Europejczycy, Indianie, Aborygeni, Chińczycy, Papuasi, Eskimosi, i wszyscy inni — tworzy odgałęzienie stosunkowo blisko spokrewnionych kuzynów. Niektórzy Afrykanie również zaliczają się do tej grupy. Inni nie. Zgodnie z tą analizą drzewo genealogiczne spełniające najlepiej postulat oszczędności wyglądałoby następująco [pewni Afrykanie [inni Afrykanie [jeszcze inni Afrykanie [jeszcze inni Afrykanie oraz reszta świata]]]]. Stąd już tylko krok do konkluzji, iż najdawniejsza, wspólna przodkini całej ludzkości wywodziła się z Afryki. Oto i mamy naszą afrykańską Ewę. Jak jednak wspomniałem, wnioski grupy z Berkeley są kontrowersyjne. Inne zespoły badaczy twierdzą, że można znaleźć równie prawdopodobne drzewa genealogiczne, których korzenie znajdują się poza Afryką. Wynikowi naukowców z Berkeley zarzuca się również, iż miała na niego wpływ kolejność, z jaką komputer dokonywał obliczeń dla poszczególnych wariantów. Oczywiście algorytm, w którym wynik zależy do kolejności obliczeń, jest w tym przypadku niedopuszczalny. Zapewne wciąż większość naukowców uznaje prawdziwość afrykańskiego pochodzenia mitochondrialnej Ewy, nie mogą mieć jednak co do tego stuprocentowej pewności.

O wiele mniej kontrowersji wzbudzał drugi wniosek, jaki na podstawie swej analizy postawili uczeni z Berkeley. Potrafili oni bowiem oszacować, kiedy żyła mitochondrialna Ewa, niezależnie od tego, skąd pochodziła. Wiadomo, z jaką częstotliwością dokonują się mutacje w DNA mitochondriów. Na tej podstawie można więc podać przybliżoną datę każdego z rozgałęzień w drzewie ewolucyjnym mitochondrialnego DNA. Wspólne dla wszystkich kobiet rozgałęzienie — moment narodzin mitochondrialnej Ewy — miało miejsce około dwieście pięćdziesiąt tysięcy do pół miliona lat temu.

Niezależnie od tego, czy Ewa mitochondrialna była Afrykanką, czy nie, nie należy tego mieszać z innym stwierdzeniem, wedle którego i tak wszyscy wywodzimy się z Afryki. Mitochondrialna Ewa jest stosunkowo niedawnym, wspólnym przodkiem całej ludzkości. Należała ona do gatunku *Homo sapiens*. Szczątki znacznie wcześniejszego przedstawiciela człowiekowatych, nazywanego *Homo erectus*, zostały odnalezione zarówno w Afryce, jak i na innych kontynentach. Szczątki jeszcze dalszych przodków człowieka, takich jak *Homo habilis* oraz różne gatunki australopiteków (w tym nowo odkryte znalezisko datowane na ponad cztery miliony lat), odkrywano wyłącznie na kontynencie afrykańskim. Jeżeli więc jesteśmy potomkami afrykańskiej diaspory sprzed ćwierć miliona lat, była to druga diaspora przodków człowieka z tego kontynentu. Musiał mieć miejsce wcześniejszy exodus człowiekowatych, prawdopodobnie około półtora miliona lat temu, kiedy to przedstawiciele gatunku *Homo erectus* wyruszyli z Afryki, by kolonizować Bliski Wschód i Azję. Teoria afrykańskiej Ewy nie wyklucza istnienia wcześniejszych, azjatyckich człowiekowatych, głosi jedynie, że nie mogli oni pozostawić po sobie żadnych potomków, którzy przetrwaliby do naszych czasów. Dowody w postaci szczątków kopalnych człowieka, nie pozostawiają

wątpliwości, że gdy cofnąć się w czasie o dwa miliony lat, to wszyscy jesteśmy Afrykańczykami. Teoria afrykańskiej Ewy głosi natomiast, iż wystarczy byśmy cofnęli się jedynie o kilkaset tysięcy lat, aby odnaleźć wspólnych dla całej ludzkości afrykańskich przodków. Byłoby jednak możliwe, gdyby pojawiły się jakieś nowe dowody, stwierdzenie, że wspólna przodkini, po której wszyscy dziedziczymy mitochondrialne DNA, wywodzi się z innego kontynentu, na przykład z Azji, przy równoczesnym uznaniu prawdziwości twierdzenia o afrykańskim pochodzeniu naszych bardziej odległych przodków.

Przyjmijmy na razie, że naukowcy z Berkeley mają rację i zastanówmy się, co z teorii o afrykańskiej Ewie wynika, a co nie. Posłużenie się imieniem „Ewa” może wywoływać nie zawsze trafne skojarzenia. Niektórzy entuzjaści tej teorii zagalopowali się tak daleko, że zaczęli wyobrażać sobie samotną matkę ludzkości, jedyną kobietę na Ziemi, ostatnie genetyczne wąskie gardło, a nawet dowód na prawdziwość *Księgi Rodzaju*. Jest to całkowite nieporozumienie. Mitochondrialna Ewa wcale nie była jedyną kobietą na Ziemi, nie ma również żadnych podstaw, by zakładać, iż populacja współczesnych jej ludzi była mała. Jest wielce prawdopodobne, że była jedną z wielu w ludzkiej społeczności, złożonej z normalnych, płodnych kobiet i mężczyzn. Część z nich może mieć nawet licznych potomków żyjących obecnie, z tym zastrzeżeniem, że nie dziedziczą już oni oryginalnego mitochondrialnego DNA, ponieważ w pewnym momencie dziedziczenie musiało nastąpić po linii męskiej. W ten sam sposób jakieś szlachetne rodowe nazwisko (do nazwisk porównuje się często chromosomy Y, które są przekazywane wyłącznie po mieczu, analogicznie jak mitochondria po kądzieli) mogło wygasnąć, co wcale nie oznacza, że nie ma żyjących potomków rodu. Może ich być nawet wielu, tyle że po kądzieli. Hipoteza uczonych z Berkeley upoważnia jedynie do głoszenia, iż afrykańska Ewa jest pierwszą, gdy cofamy się w czasie, kobietą, której potomkami w linii żeńskiej są wszyscy żyjący obecnie ludzie. Pewne jest jedno: musiała istnieć jakaś kobieta, o której można by to powiedzieć. Można się jedynie zastanawiać, kiedy ona żyła i gdzie. Fakt, że żyła w jakimś określonym miejscu i czasie w przeszłości, nie podlega dyskusji.

W tym miejscu dochodzimy do drugiego, występującego o wiele częściej, nieporozumienia związanego z teorią o mitochondrialnej Ewie. Zdarzało mi się słyszeć, jak nawet wybitni specjaliści w dziedzinie DNA mitochondriów powtarzali ten błąd. Polega on na przekonaniu, jakoby mitochondrialna Ewa była najbliższym wspólnym przodkiem wszystkich ludzi w ogóle. Bierze się ono z pomieszania dwóch pojęć: „najbliższego wspólnego przodka” oraz „najbliższego wspólnego przodka wyłącznie w linii żeńskiej”. Mitochondrialna Ewa jest naszym najbliższym wspólnym przodkiem wyłącznie w tym drugim pojęciu. Poza tym jednak istnieją miliony wariantów mieszanych prowadzących nas do naszych przodków. Aby się o tym przekonać, wystarczy, że wrócimy do obliczeń liczby przodków (abstrahując tym razem od istotnej poprzednio kwestii małżeństw między krewnymi). Każdy z nas ma ośmioro pradiadków, jednak tylko jedna prababka z całej ósemki jest przodkiem w wyłącznie żeńskiej linii. Podobnie z szesnastki prapradziadków tylko jedna praprababka spełnia warunek bycia przodkiem wyłącznie w linii żeńskiej. Nawet jeżeli uwzględnimy poprawkę związaną z małżeństwami między kuzynami, to i tak widać wyraźnie, że istnieje o wiele, wiele więcej sposobów na bycie przodkiem niż tylko w wyłącznie żeńskiej linii. Gdybyśmy podjęli wędrówkę w górę naszej genetycznej rzeki, po drodze z pewnością znaleźlibyśmy wielu Adamów i wiele Ew, wspólnych przodków wszystkich żyjących w 1995 roku ludzi. Ewa mitochondrialna jest tylko jedną z nich. Nie ma żadnej podstawy, by przypuszczać, że spośród

tych wszystkich naszych wspólnych przodków, akurat ona jest nam czasowo najbliższa. Wręcz przeciwnie. Ponieważ Ewa mitochondrialna może być naszym przodkiem tylko na jeden z milionów innych sposobów, jest statystycznie wysoce mało prawdopodobne, by akurat ona była tym najbliższym wspólnym przodkiem z tylu innych Ew i Adamów. I tak mitochondrialna Ewa jest już wyjątkowa pod jednym tylko względem — jako przodek wyłącznie w jednej, żeńskiej linii. Byłoby nadzwyczaj dziwne, gdyby okazała się wyjątkowa również jako najbliższy ze wspólnych naszych przodków.

Można jeszcze dodać, choć nie ma to dla nas większego znaczenia, że najbliższy nasz wspólny przodek był raczej Adamem niż Ewą. Jest bowiem bardziej prawdopodobne, że w odległej przeszłości istniały haremy kobiet, a nie mężczyzn. Choćby dlatego, że tylko mężczyźni są, ze względów fizjologicznych, zdolni do tego, by mieć setki, a nawet tysiące własnych dzieci. *Księga Rekordów Guinnessa* notuje rekord ponad tysiąca potomków, ustanowiony przez Moulaya Ishmaela Krwiopijcę. (Nawiasem mówiąc Moulay Ishmael mógłby znakomicie posłużyć feministkom za przykład obmierzłej samczości. Podobno miał on zwyczaj dosiadać konia w ten sposób, że wyciągał miecz i wskakiwał na siodło obcinając jednocześnie głowę niewolnikowi trzymającemu cugle, dzięki czemu mógł od razu ruszać z kopyta. Uważano również, iż zabił własnoręcznie dziesięć tysięcy ludzi. Niezależnie do wiarygodności takich opowieści, sam fakt, że przetrwały one do naszych czasów, daje pojęcie o tym, jakie kwalifikacje musieli spełniać wówczas prawdziwi mężczyźni.) Kobiety, nawet w najbardziej sprzyjających warunkach, nie mogą mieć więcej niż kilkadziesiąt dzieci. Jest też bardziej prawdopodobne, że kobieta będzie miała liczbę dzieci odpowiadającą przeciętnej dzietności. Za to niewielkiej grupie mężczyzn może przypaść w udziale nieproporcjonalnie liczne potomstwo, co oznacza, że znajdą się tacy, którzy nie mają dzieci wcale. Jest więc bardziej prawdopodobne, że to mężczyzna nie będzie miał potomstwa, a nie kobieta, jak również i to, że mężczyzna będzie miał nieproporcjonalnie liczne potomstwo. Tu wracamy do rozważań o najbliższym wspólnym naszym przodku. Z tego bowiem, co zostało wyżej powiedziane, wynika jasno, że był to raczej Adam, a nie Ewa. Żeby lepiej to sobie uzmysłowić, posłużmy się przykładem ekstremalnym: Czy bardziej prawdopodobne jest to, że wspólnym przodkiem wszystkich dzisiejszych Marokańczyków jest Moulay Krwiopijca, czy któraś z nieszczęsnych kobiet z jego haremu?

Uporządkujmy nasze wnioski. Po pierwsze: jako pewnik możemy przyjąć istnienie jednej kobiety, nazwijmy ją mitochondrialną Ewą, która jest najbliższym przodkiem wszystkich żyjących obecnie ludzi po wyłącznie żeńskiej linii. Po drugie: jest również pewne, że musiała istnieć jedna osoba nieznaney płci, nazwijmy ją Pierwszym Przodkiem, która jest w ogóle, bez względu na linię, najbliższym wspólnym przodkiem wszystkich żyjących obecnie ludzi. Po trzecie: chociaż teoretycznie nie można wykluczyć, iż mitochondrialna Ewa i Pierwszy Przodek to ta sama osoba, ze statystycznego punktu widzenia jest to całkowicie nieprawdopodobne. Po czwarte: jest nieco bardziej prawdopodobne, że Pierwszy Przodek był mężczyzną, a nie kobietą. Po piąte: mitochondrialna Ewa żyła najprawdopodobniej niecałe dwieście pięćdziesiąt tysięcy lat temu. Po szóste: uczeni wciąż nie doszli do porozumienia, gdzie żyła mitochondrialna Ewa, ale wśród różnorodnych opinii wciąż przewagę zdaje się mieć Afryka. Jedyne wnioski piąty i szósty wymagają specjalnego aparatu naukowego, aby ich dowieść. Pierwsze cztery można wydedukować snując rozmyślania w wygodnym fotelu, opierając się wyłącznie na powszechnie znanych faktach.

Powiedziałem, że u przodków należy szukać klucza do tajemnicy samego życia. Historia

afrykańskiej Ewy to mały rozdział poświęcony mikrokosmosowi ludzkości w ramach nieporównywalnie większej i znacznie starszej sagi. Powinniśmy ponownie wrócić do naszej metafory rzeki genów. Tym razem powędrujemy w jej górę dużo dalej, docierając w rejony o tysiąclecia wcześniejsze od biblijnej Ewy i o setki tysięcy lat wcześniejsze od Ewy afrykańskiej. Rzeka DNA płynęła i płynie przez pokolenia naszych przodków nieprzerwanym strumieniem przez co najmniej trzy miliardy lat.

Kreacjonizm wciąż ma wielu zwolenników. Nietrudno znaleźć powód, dla którego tak skutecznie odwołuje się on do ludzkiej wyobraźni. Nie chodzi tu, przynajmniej w przypadku osób, z którymi się zetknąłem, o wierność dosłownie rozumianej prawdzie przekazanej w *Księdze Rodzaju* lub innym micie o prapoczątku. Raczej o to, że ludzie odkrywają dla siebie piękno oraz złożoność świata ożywionego i pod wrażeniem własnego odkrycia dochodzą do wniosku, iż to wszystko po prostu musiało zostać zaprojektowane. Ci kreacjoniści, którzy uznają w darwinizmie jakąś sensowną alternatywę dla biblijnych teorii, uciekają się do podnoszenia nieco bardziej rzeczowych wątpliwości. Twierdzą oni, że nie mogły istnieć ewolucyjne formy przejściowe. „X musiał powstać według planu Stwórcy — twierdzą ludzie — bo pół X w ogóle nie mogłoby funkcjonować. Wszystkie części X musiały zostać złożone w jedną całość równocześnie, nie mogły więc stopniowo ewoluować”. Traf chciał, że w dniu, gdy zacząłem pisać ten rozdział, dostałem akurat list od pastora z Ameryki, który dawniej był ateistą, ale nawrócił się po przeczytaniu artykułu w „National Geographic”. Oto wybrane fragmenty z listu pastora:

Artykuł opisywał zadziwiające przystosowanie do warunków zewnętrznych, jakie wytworzyły storczyki, aby móc jak najlepiej się rozmnażać. Szczególnie zaintrygowała mnie strategia reprodukcyjna jednego z gatunków, która opierała się na wykorzystaniu samca osy. Polega to na tym, że kwiat do złudzenia przypomina samicę tego gatunku os i ma nawet odpowiedni otwór we właściwym miejscu. Zwabiony samiec, kopulując z kwiatem, dosięga pręcików z pyłkiem. Przelatuje następnie na inny kwiat, zwabiony w ten sam sposób. Przenosi pyłek i dzięki temu dochodzi do krzyżowego zapylania kwiatów.

O atrakcyjności storczyka dla samca osy decyduje przede wszystkim to, iż wydziela on feromony (specjalne substancje chemiczne wydzielane głównie przez owady, służą między innymi do wabienia) dokładnie takie same, jak samica tego gatunku. Z zainteresowaniem przyglądałem się dłuższą chwilę załączonej do tekstu fotografii, by nagle doznać olśnienia. Uświadomiłem sobie, że aby taka strategia rozrodcza mogła w ogóle zaistnieć, musiała działać doskonale od samego początku. Nie mogło być mowy o żadnych fazach pośrednich. Gdyby bowiem storczyk od samego początku nie wyglądał jak osa, nie wydzielał substancji jak osa, nie miał otworu kopulacyjnego i pręcików z pylnikami dokładnie w zasięgu narządu kopulacyjnego samca osy, cała strategia rozrodcza skończyłaby się jednym wielkim fiaskiem.

Nigdy nie zapomnę tego przejmującego uczucia, jakie mnie ogarnęło, gdy w jednym momencie uświadomiłem sobie, że musi istnieć Stwórca, który w ten czy inny sposób bierze udział w procesie powoływania bytów do życia. Zrozumiałem, że Bóg Stwórca to nie jakiś starodawny mit, ale coś realnego. Jednocześnie stało się dla mnie jasne, choć niezbyt chętnie się do tego przyznałem, że muszę coś zrobić, by dowiedzieć się czegoś więcej o tym Bogu.

Istnieje oczywiście wiele innych dróg, które prowadzą ludzi do religii. Bez wątpienia jednak wielu doświadcza podobnych olśnień, które stały się udziałem pastora, zmieniając jego życie (przez wzgląd na zasady nie podałem nazwiska autora listu). Ludzie obserwują jakiś cud natury lub czytają o nim. Zwykle napawa ich to podziwem, przeobrażającym się często w nabożny zachwyty. Gdy starają się sprecyzować swoje uczucia, dochodzą do wniosku — podobnie jak autor listu — że sieć pająka czy oko sokoła, czy skrzydło orła, czy cokolwiek innego nie mogło powstawać etapami, gdyż wszelkie niedoskonałe formy pośrednie na nic by

się nie zdały. Celem przyświecającym mi przy pisaniu tego rozdziału było właśnie rozprawienie się z argumentem, że wymyślne sposoby i mechanizmy muszą być doskonałe, aby mogły w ogóle zadziałać. Warto w tym miejscu wspomnieć, iż właśnie storczyki służyły Karolowi Darwinowi za jeden z ulubionych przykładów. Poświęcił on całą książkę na pokazanie, jak zasada stopniowej ewolucji poprzez dobór naturalny znakomicie wyjaśnia „różnorodność sposobów zapładniania storczyków przez owady”.

Podstawą argumentacji pastora jest zawarte w jego liście spostrzeżenie, sformułowane jako pewnik: „aby taka strategia rozrodcza mogła w ogóle zaistnieć, musiała działać doskonale od samego początku. Nie mogło być mowy o żadnych fazach pośrednich”. Na poparcie tego samego rodzaju rozumowania przywoływano często przykład ewolucji oka. Powrócę do tego w dalszej części rozdziału.

Gdy słyszę argumenty tego typu, zawsze zadziwia mnie pewność, z jaką są wygłaszane. Chciałbym spytać pastora, skąd owo nie zachwiane przekonanie, że imitujący osę storczyk nie miałby szans na przetrwanie, gdyby wszystko nie działało do razu w sposób doskonały? Czy zastanowił się Ojciec nad tym choćby przez chwilę? Czy rzeczywiście pewność ta wypływa ze znajomości podstawowych faktów o storczykach, osach czy też oczach, którymi samce os obserwują samice i kwiaty? Co upoważniło Ojca do przyjmowania za pewnik, że osy tak trudno dają się oszukać, iż storczyk musiał łudząco przypominać samicę osy w najdrobniejszym szczególe, żeby zwabić samca?

Przypomnij sobie, Czytelniku, jak ostatnio dałeś się zwieść czyimś przypadkowym podobieństwem. Może uchyliłeś kapelusza pozdrawiając na ulicy obcego przechodnia, którego wzięłeś za znajomego. Gwiazdy filmowe wyręczają się dublerami, skaczącymi w ich zastępstwie z koni lub rzucającymi się w przepaść. Podobieństwo dublera do aktora jest zwykle bardzo powierzchowne, ale przy rozgrywających się w szybkim tempie scenach filmowych wystarczy, by oszukać widownię. Samcom nie osy, ale człowieka, wystarczy zdjęcie w kolorowym piśmie, żeby wzbudzić ich pożądanie. A przecież to tylko zadrukowany farbą kawałek papieru. Na dodatek obrazek jest dwuwymiarowy i ma tylko kilka centymetrów wysokości. Wystarczy nawet, że będzie to prosty rysunek, a nie wierne odwzorowanie rzeczywistości w postaci barwnej fotografii, a i tak może wywołać erekcję u mężczyzny. Możliwe więc, że przelatującemu szybko samcowi osy, wystarczało jedynie przybliżone wyobrażenie samicy, by dał się zwabić. Możliwe, że samiec osy reaguje wyłącznie na kilka najważniejszych podniet.

Poza tym istnieje wiele powodów, by podejrzewać, że osy łatwiej oszukać niż ludzi. Tak bez wątplenia jest w przypadku cierników, a przecież ryby mają większy mózg i lepsze oczy niż osy. Samce cierników mają czerwono zabarwiony brzuch. Odstraszają się nawzajem, ale żeby wzbudzić w nich wrogie odruchy wystarczy pokazać im prymitywną imitację, byle z czerwonym „brzuchem”. Mój stary mistrz, laureat Nagrody Nobla, etolog Niko Tinbergen, lubił opowiadać znakomitą historyjkę o czerwonej furgonetce, która przejeżdżała koło okien jego laboratorium, i o ciernikach, które na widok furgonetki gromadziły się przy szybie akwarium od strony okna i ze wszystkich sił starały się odstraszyć domniemanego samca. Samice cierników mają tuż przed tarłem wyraźnie powiększone podbrzusza. Tinbergen zaobserwował, że niesłychanie prymitywna imitacja w postaci podłużnego, obłego przedmiotu srebrnego koloru, w niczym nie przypominająca ryby, mająca za to wyraźnie zaokrąglone podbrzusze, wywoływała u samców cierników zachowanie w niczym nie odbiegające od typowego rytuału godowego. Późniejsze eksperymenty przeprowadzane przez uczniów

Tinbergen wykazały, że tak zwana seksbomba — podobny do gruszki przedmiot, obły i wydłużony, ale w niczym według ludzkich wyobrażeń nie przypominający ryby — okazała się nawet skuteczniejsza w pobudzaniu aktywności płciowej samców ciernika niż prawdziwe samice. Seksbomba cierników jest klasycznym przykładem nadnaturalnego bodźca, który okazuje się skuteczniejszy od naturalnej podniety. Innym przykładem może być ostrigojad z opublikowanego przez Tinbergena zdjęcia, który usiłuje usiąść na jaju wielkości strusiego jaja. Ptaki mają większy mózg i lepszy wzrok od ryb — tym bardziej więc od os — a jednak ostrigojad uznał wielkie jajo strusie za znakomity obiekt do wysiadania.

Mewy, gęsi i inne gniazdujące na ziemi ptaki mają ustalony wzorzec zachowania w sytuacji, gdy jedno z jaj wytoczy się z gniazda. Wyciągają szyje za gniazdo, sięgają jaj, i starają się je wturlać z powrotem popychając wewnętrzną stroną dzioba. Tinbergen wraz z uczniami pokazał, że mewy zachowują się tak samo, gdy podstawią im kurze jaja, a nawet drewniane otoczki lub porzucone przez turystów puszki po kakao. Pisklę mewy srebrzystej, żeby zdobyć pożywienie, musi się o nie energicznie upominać u rodziców, uderzając w czerwoną plamę na dziobie rodzica. Jego zachowanie jest dla rodzica bodźcem do zwrócenia części ryby z wypchanego wola. Tinbergen przeprowadził wraz z asystentami eksperyment, w którym pisklętom mewy pokazano prymitywną, papierową imitację rodziców, co natychmiast wywołało u młodych reakcję w postaci zebrania o pokarm. Wystarczyło, że atrapy dorosłych osobników posiadały czerwoną plamkę. Dla pisklęcia mewy jej rodzic to czerwona plamka i tyle. Możliwe, że widzi również resztę postaci rodzica, ale to nie ma wpływu na jego zachowanie.

Tak ograniczony sposób postrzegania i reagowania na bodźce nie jest bynajmniej wyłączną domeną piskląt mewy. Dorosłe mewy śmieszki są bardzo charakterystyczne ze względu na występowanie czarnej maski na głowie. Uczeń Tinbergena, Robert Mash, badał znaczenie takiego wzoru za pomocą pomalowanych na czarno mewich głów z drewna. Każda główka zasadzona była na drewnianym kijku przymocowanym do silniczka elektrycznego ukrytego w pudełku. Mash mógł zdalnie sterować silniczkami podnosząc, opuszczając i obracając główki. Uczony zakopał pudełko w pobliżu gniazda prawdziwych mew i zostawił je, przysypując główki piaskiem, żeby nie pozostawały na widoku. Następnie przez wiele dni obserwował z kryjówek w pobliżu gniazda zachowanie mew i ich reakcje na ukazujące się co jakiś czas drewniane główki. Ptaki reagowały na ruchy obracanych atrap tak samo, jakby były to żywe mewy śmieszki. Nie przeszkadzało im, że widzą kukły na patykach, pozbawione na dodatek tułowia, skrzydeł, ogona, nóg. Nawet ich ruchy — monotonne niczym u robota wznoszenie się, opadanie i obracanie w prawo lub lewo — w niczym nie przypominały sposobu poruszania się żywego stworzenia. Dla mewy śmieszki wzbudzający obawy sąsiedzi byli najwyraźniej czymś więcej niż tylko czarnymi główkami na kijach. Brak tułowia, skrzydeł, ogona, zdawał się nie mieć żadnego znaczenia.

Żeby korzystać ze swej kryjówki, Mash, jak całe zastępy ornitologów przed nim i po nim, wykorzystał znaną od dawna przypadłość ptasiego mózgu. Natura bowiem nie wyposażała ptaków w talent do rachunków. Wystarczy więc, że do kryjówki uda się dwóch obserwatorów, a po chwili wyjdzie z niej jeden, żeby oszukać ptaki. Bez wykorzystania tego triku ptaki byłyby spłoszone widokiem kryjówki „wiedząc”, że ktoś tam wszedł. Jeśli jednak zobaczą, że ktoś wychodzi, „uznają” kryjówkę za pustą. Skoro ptak nie potrafi odróżnić, co jest jeden, a co dwa, to czy byłoby czymś niezwykłym, gdyby samiec osy dał się oszukać storczykowi tylko w przybliżeniu przypominającemu samicę?

Jeszcze jedna historia o ptakach, tym razem o tragicznym wydźwięku. Samice indyka należą do niezwykle troskliwych matek, zaciekle broniących swoich młodych. Muszą je chronić przed napadającymi na gniazda łasicami lub przeszukującymi okolicę szczurami. Indyczki stosują niezwykle prostą i praktyczną zasadę, którą kierują się przy rozpoznawaniu wrogów. W bezpośredniej bliskości gniazda atakują wszystko, co się porusza, o ile nie wydaje dźwięków charakterystycznych dla indyczego pisklęcia. Tę prawidłowość w zachowaniu samic indyka odkrył austriacki zoolog Wolfgang Schleidt. Schleidt hodował indyczkę, która z dziką furją zabiła swe młode. Powód takiego zachowania ptasiej matki był okrutnie prosty — okazała się głucha jak pień. Drapieżnik, wedle zmysłów i mózgu indyczki, to ruszający się obiekt, który nie wydaje dźwięków typowych dla indyczego pisklęcia. Nieszczęsne pisklęta z naszej historii, choć wyglądały jak indyczęta, poruszały się jak one i garnęły się ufnie pod skrzydła matki, padły ofiarą jej uproszczonej definicji drapieżnika. Obroniła ona własne pisklęta przed nimi samymi, zabijając je wszystkie.

Nie tylko ptaki narażone są na tragiczne pomyłki wynikające z zakodowanych reakcji systemu nerwowego. Jedna z komórek czuciowych w czułkach (antenach) pszczoły reaguje tylko na jedną substancję chemiczną, kwas oleinowy. (Pszczoła posiada więcej komórek wrażliwych na różne substancje). Kwas oleinowy wydzielają rozkładające się ciała tych owadów. Wywołuje on u pszczoł „reakcję grabarza” polegającą na usuwaniu ciał z ula. Jeżeli eksperymentator spuści kroplę kwasu oleinowego na żywą pszczołę, nieszczęsny owad jest unoszony i siłą wyrzucany z ula wraz z ciałami martwych pszczoł, choćby jak najżywiej się opierał.

Układ nerwowy owadów jest znacznie słabiej rozwinięty niż u ptaków bądź ludzi. Zmysłowi wzroku owadów — nawet ważek wyposażonych w duże, złożone oczy — daleko do ostrości wzroku ptaków i ludzi. Wiadomo, że oczy owadów ukazują świat w całkowicie odmienny sposób niż nasze oczy. Wybitny zoolog austriacki Karl von Frisch odkrył jeszcze w młodości, że owady nie widzą światła czerwonego, za to jako odrębną barwę rozróżniają ultrafiolet, znajdujący się poza zakresem fal elektromagnetycznych widzialnych dla nas. Oczy owadów rejestrują raczej ruch, czy też coś, co można by nazwać „migotaniem”, a nie obraz. Szybko przelatującemu owadowi owo „migotanie” umożliwia rozpoznawanie przedmiotów, będąc tym, czym dla nas jest kształt. Obserwowano zaloty motyli samców do wirujących w powietrzu liści, które opadały z drzew. Dla naszych oczu samica motyla to para dużych, poruszających się w górę i w dół skrzydeł. Dla oczu lecącego samca motyla samica to „migotanie” o odpowiednim natężeniu. Takiego samca można zwabić za pomocą lampy stroboskopowej, która wcale się nie porusza, tylko zapala i gaśnie. Jeśli migotanie lampy będzie odbywać się z właściwą częstotliwością, motyl potraktuje ją jak innego motyla machającego skrzydłami. Prążki to dla nas statyczny deseń, natomiast dla przelatującego obok nich owada to ciąg migotań, które w niczym nie różnią się od błysków lampy stroboskopowej. Świat oglądany owadzimi oczami jest tak dalece odmienny od naszego, że formułowanie kategorycznych stwierdzeń na podstawie naszych własnych doświadczeń na temat doskonałego podobieństwa storczyka do samicy osy, nie jest niczym innym, niż tylko nieporozumieniem wynikającym z przyjęcia subiektywnej, ludzkiej perspektywy.

Właśnie osy, i inne pasożytnicze błonkówki, były przedmiotem klasycznego już w biologii eksperymentu przeprowadzonego po raz pierwszy przez wielkiego francuskiego przyrodnika Jean Henri Fabre’a, a następnie powtarzanego przez wielu innych uczonych, między innymi ze szkoły Tinbergena. Samice os samotnych i grzebaczowatych mają zwyczaj wracać do swego

ziemnego gniazda ze sparaliżowaną po użądleniu ofiarą. Pozostawiają ją na chwilę na zewnątrz norki, co jakiś czas sprawdzając, czy wszystko w porządku. Jeśli tak, wciągają zdobycz do środka. Eksperyment polega na tym, że gdy osa znajduje się w gnieździe, odsuwa się zdobycz kilka centymetrów dalej. Gdy osa wychodzi na powierzchnię, zauważa brak zdobyczy. Po krótkich poszukiwaniach odnajduje ją i z powrotem zaciąga do wejścia do gniazda. Minęło ledwie kilka sekund, kiedy ostatni raz sprawdzała wnętrze swego mieszkania. Wydawałoby się nam, ludziom, że nie ma najmniejszego powodu, by powtarzać jeszcze raz całą procedurę i dokonywać ponownej inspekcji. Jednakże osa jest zaprogramowana tak, że każdorazowe oddalenie się od gniazda uruchamia od nowa całą procedurę z pozostawianiem zdobyczy i sprawdzaniem wnętrza norki. Eksperymentator może odciągać zdobycz od gniazda nawet sto razy, aż do znudzenia. Osa zachowuje się jak pralka automatyczna, której programator cofamy sto razy na jedynekę i jest jej obojętne, że za każdym razem pierze to samo pranie. Douglas Hofstadter, wybitny informatyk, zaczął stosować termin „sphexish” na określenie całkowicie zrutynizowanego, bezmyślnego automatyzmu (*Sphex* to nazwa jednego z rodzajów os grzebaczowatych). Jak więc widać, przynajmniej w pewnych sytuacjach, oszukanie owada nie przedstawia żadnych trudności. Oczywiście eksperyment z odciąganiem ofiary różni się znacznie od mimikry stosowanej przez storczyk. Niemniej nakazuje nam jak największą ostrożność w posługiwaniu się ludzką intuicją przy formułowaniu wniosków typu „aby taka strategia rozrodcza mogła w ogóle zaistnieć, musiała działać doskonale od samego początku”.

Bardzo możliwe, że zagalopowałem się w udowadnianiu, jak łatwo oszukać osę. Zapewne ciśnie się wam teraz na usta pytanie zupełnie odwrotne do tego, które zadał mi listownie pastor. Skoro oczy owadów są tak niepewnym przyrządem, to po co storczyki wytworzyły aż tak doskonale przystosowanie, żeby zwabić osy? Otóż wzrok os nie zawsze okazuje się tak słaby. Są sytuacje, w których osy zdradzają całkiem dużą spostrzegawczość, na przykład gdy po długich lotach w poszukiwaniu ofiary odnajdują bez trudu gniazdo. Tinbergen badał to na przykładzie polujących na pszczoły drapieżnych grzebaczowatych z rodzaju taszczyń (*Philanthus*). Czekał aż owad schowa się w norce, następnie szybko umieszczał w pobliżu wlotu kilka znaków rozpoznawczych, takich jak gałązka czy szyszka sosnowa. Taszczyń wylatując z gniazda robił kilka okrążeń nad wlotem, jakby starając się stworzyć pamięciową mapę okolic jamy i dopiero wyruszał na łowy. Wtedy Tinbergen przesunął szyszkę i gałązkę o parę metrów od miejsca wylotu norki. Kiedy owad wracał, usiłował znaleźć gniazdo kierując się w locie na przesunięte punkty orientacyjne. Znowu możemy powiedzieć, że owad został oszukany, jednak tym razem zyskał nasze uznanie swoim bystrym wzrokiem. Wydaje się, że rzeczywiście przed wyruszeniem na łowy zrobił kilka okrążeń, żeby stworzyć sobie mapę pamięciową otoczenia norki, a później rozpoznał gałązkę i szyszkę. Tinbergen powtarzał eksperyment wielokrotnie posługując się różnymi „punktami orientacyjnymi”, zawsze z tym samym rezultatem.

Przedstawię teraz eksperyment będący zaprzeczeniem „teorii pralki automatycznej” sformułowanej na podstawie doświadczeń Fabre’a. Przeprowadzony on został przez Gerarda Baerendsa, jednego z uczniów Tinbergena. Gatunek grzebaczowatych *Ammophila campestris* zwany szczyrkliną, który wybrał Baerends (a który obserwował także Fabre), odróżnia się od innych grzebaczowatych sposobem zaopatrywania larw w pożywienie. Większość tych owadów zaopatruje gniazda w pożywienie, składa w nich jaja, zamyka i pozostawia swojemu losowi. Larwy po wykluciu żywią się wyłącznie zapasami. Natomiast szczyrkliną, niczym

ptaki, wraca codziennie do gniazda, by sprawdzić, jak ma się larwa i uzupełnić zapasy pożywienia. Nie ma w tym jeszcze nic szczególnego, dopóki nie dowiemy się, że każda samica szczyrkliny może mieć jednocześnie dwa lub trzy gniazda z larwami do karmienia. W jednym może znajdować się już całkiem podrośnięta larwa, w drugim dopiero co wykluta, a w trzecim larwa o pośrednim wieku i wzroście. Każda z nich ma inne wymagania pokarmowe, które matka-osa musi uwzględniać odpowiednio rozdzielając pożywienie między norki.

Przeprowadzając skrupulatnie całą serię doświadczeń, polegających między innymi na podmienianiu larw, Baerends wykazał, że samica szczyrkliny faktycznie uwzględnia zróżnicowane potrzeby pokarmowe larw w poszczególnych gniazdach. Takie postępowanie z powodzeniem można by określić jako rozumne. Jednakże Baerendsowi udało się również dowieść, że nie ma ono wiele wspólnego z rozumowaniem. „Obchód”, czy też raczej „oblot”, wszystkich gniazd z larwami, to pierwsza czynność, jaką co ranka wykonuje osa-matka. To właśnie wynik porannej inspekcji gniazd programuje zachowania aprowizacyjne szczyrkliny na resztę dnia, do kolejnego „obchodu” o świcie. Baerends mógł podmieniać larwy dowolną ilość razy w ciągu dnia i nie miało to już żadnego wpływu na postępowanie owada. Wygląda to tak, jakby samica włączała swój aparat od oceny zapotrzebowania gniazda tylko na czas porannej inspekcji, a następnie go wyłączała, żeby oszczędzać prąd przez resztę dnia.

Z jednej strony mamy podstawy, by sądzić, że w głowie osy znajduje się przemyślny system umożliwiający jej liczenie, mierzenie, a nawet szacowanie zapotrzebowania pokarmowego larw. W takim razie, żeby oszukać wyposażonego w taki sam mózg samca, potrzeba rzeczywiście doskonałej imitacji samiczki. Z drugiej jednak strony, to samo doświadczenie Baerendsa dostarcza dowodów na selektywną ślepotę i bezmyślność osy, usprawiedliwiając porównanie ich układu nerwowego do programatora pralki automatycznej. W tym drugim przypadku doskonale wręcz podobieństwo storczyka do samiczki osy byłoby sztuką dla sztuki, skoro owada tak łatwo jest oszukać. Z tego wszystkiego płynie dla nas jedna, ogólna nauka: nigdy nie oceniać zachowań zwierząt według naszej, ludzkiej miary. Sami nigdy nie wypowiadajmy i nie bierzmy poważnie opinii w stylu: „Nie wierzę, by to czy tamto mogło powstać na drodze stopniowej ewolucji”. Tego typu fałszywe rozumowanie nazwałem na własny użytek „argumentacją przez osobiste niedowiarstwo”. Za każdym razem okazuje się, jak bardzo powierzchowna jest tego typu argumentacja.

W rozumowaniu typu: „stopniowa ewolucja tego czy tamtego nie mogła mieć miejsca, ponieważ bez wątplenia to czy tamto, żeby w ogóle funkcjonować, musiało być od razu w postaci doskonałej i skończonej”, największy sprzeciw budzi we mnie owo „bez wątplenia”. Rozpawiłem się z nim, udowadniając powyżej, jak bardzo różni się nasz sposób postrzegania świata zewnętrznego od tego, co widzą osy i inne zwierzęta, oraz wykazując, że w pewnych przypadkach również nas — ludzi, nietrudno przychodzi oszukać. Istnieją jednak jeszcze inne argumenty, natury bardziej ogólnej, podważające samą istotę rozumowania kreacjonistów. Wynalazek lub urządzenie, które, żeby działać, musi być od samego początku doskonałe, nazwijmy więc „wymagającym”. Zauważmy teraz, że niezwykle trudno znaleźć, nawet w myślach, przykład urządzenia, które bez wątplenia byłoby „wymagające” w naszym rozumieniu. Samolot na przykład wcale nie zalicza się do kategorii tworców „wymagających”. Oczywiście każdy z nas wolałby lecieć Boeingiem 747, w którym każda z tysięcy części znajduje się w doskonałym porządku, ale również maszyna niesprawna, pozbawiona na przykład jednego lub dwóch silników, jest w stanie wzbić się w powietrze. Na tej samej zasadzie wynalazkiem „niewymagającym” jest mikroskop, skoro nawet zupełnie prosta

odmiana tego urządzenia, dająca niewyraźny i nieostry obraz, pozwala widzieć małe przedmioty lepiej niż gołym okiem. Radio też nie należy do urządzeń „wymagających”, ponieważ nawet uszkodzone, pozwala na słuchanie audycji, tyle że odbiór dźwięków bywa nieco zakłócony. Przez dziesięć minut patrzyłem przez okno i zastanawiałem się nad dobrym przykładem urządzenia lub wynalazku, będącego wytworem człowieka, które spełniałoby warunek bycia „wymagającym”. Przyszedł mi do głowy tylko jeden przykład, zaczerpnięty z architektury: sklepiony łuk. Łuk ma w sobie coś z doskonałości wynalazku „wymagającego” w tym sensie, że dopiero wtedy, gdy podpory z dwóch stron zejdą się razem, spinając konstrukcję budowli, sklepienie łukowe zyskuje stabilność i wielką siłę nośną. Zanim jednak zwornik połączy ostatecznie łuk, obydwa jego ramiona są całkowicie niestabilne. Dlatego też w czasie budowy trzeba korzystać z drewnianych stempli, które stają się zupełnie zbędne i są usuwane, gdy konstrukcja zostaje ukończona.

Nie ma żadnego powodu, by wytwory ludzkiej techniki nie były z zasady „wymagające”. Inżynierowie mają pełną swobodę w projektowaniu na papierze urządzeń, które jeżeli nie będą w stu procentach kompletne i doskonałe, nie będą w ogóle działały. Nawet jednak wśród wytworów ludzkiej myśli technicznej trudno nam znaleźć przykład naprawdę „wymagających” urządzeń. Śmiem twierdzić, że w przypadku tworów natury o takie fakty jeszcze trudniej. Historia o samcu osy i storczyku to tylko jeden z przykładów na fascynujący fenomen mimikry. Wiele zwierząt i niektóre rośliny czerpią korzyści z podobieństwa do innych zwierząt lub roślin, bądź do tworów przyrody nieożywionej. Niemal każdy przejaw aktywności życiowej dostarcza przykładów na wykorzystanie mimikry. Zacznijmy od zdobywania pożywienia. Tygrysy czy lamparty są dzięki swoim maskującym paskom bądź cętkom niemal niewidoczne w prześwietlonych słońcem zaroślach, gdy czatują na ofiarę. Ryba żabnica, zwana też diabłem morskim, doskonale stapia się z dnem morskim, na którym spoczywa, wabiąc zdobyczą na „wędkę” w postaci długiego wyrostka zakończonego tak zwanym wabikiem przypominającym robaka. Samice jednego z gatunków świetlików naśladują godowe błyski samicy innego gatunku, by zjadać zwabione samce. Niektóre „szablozębne” ślizgowce upodobniły się do niewielkich rybek — czyścicieli, tak że mogą pod pływać bez przeszkód do ich zmyłonego klienta, by wydzierać kęsy pożywienia z jego płetw. Tego typu kamuflaż (lub mimetyzm) równie dobrze sprawdza się przy zdobywaniu pożywienia, jak przy unikaniu zostania pożywieniem. Wiele gatunków potencjalnych ofiar często upodobia się do kory drzew, suchych gałęzi, zielonych lub suchych liści, kwiatów, kolców róży, wodorostów, kamieni, ptasich odchodów oraz zwierząt znanych ze swej jadowitości bądź tego, że są trujące. Podobne metody znajdują zastosowanie przy chronieniu młodych przed drapieżnikami, jak czynią to szablodzioby i inne ptaki gniazdujące na ziemi, które udając, że mają złamane skrzydło, odciągają uwagę drapieżnika od młodych. Mimetyzm można też wykorzystać, żeby wyręczyć się innym zwierzęciem przy wysiadywaniu jaj. Jaja kukułcze łudząco przypominają jaja tego gatunku, którego rodzicom kukułka je podrzuca. Samice jednego z gatunków ryb, których narybek wykluwa się w paszczy rodzica, mają atrapy jaj zabarwione po bokach, żeby przyciągały samce, które połykają prawdziwe jaja i pozwalają wylęgnąć się w ten sposób młodym.

W przypadku każdego z wymienionych przykładów istnieje pokusa, by pomyśleć, że kamuflaż musi być idealny, żeby w ogóle mógł się powieść. W konkretnym przypadku storczyka przypominającego osę, wykazałem wiele niedoskonałości w postrzeganiu świata zewnętrznego przez osy, jak również inne ofiary imitacji. Moim oczom storczyki te wcale nie

wydają się tak łudząco podobne do os, pszczoł czy much. Podobieństwo owada udającego liść wydaje się mi o wiele doskonalsze. Prawdopodobnie dlatego, że mój wzrok jest bardziej podobny do ptasiego, przed którym maskuje się ów owad, niż do owadziego, który daje się oszukać storczykom.

Istnieje jednak znacznie mocniejszy i bardziej zasadniczy kontrargument na twierdzenie, że mimikra czy inne formy imitacji muszą być doskonałe, jeżeli w ogóle mają zadziałać. Niezależnie od tego, jak dobry wzrok ma drapieżnik, zależna od warunków zewnętrznych widzialność wcale nie musi być dobra. Co więcej, widzialność zmienia się w sposób ciągły od bardzo złej od znakomitej.

Pomyśl o czymś, co znasz bardzo dobrze, czego nigdy nie pomyliłbyś z czymś innym. Albo niech to będzie bliska ci osoba, tak droga i dobrze znana, że nigdy nie możesz pomylić jej z kimś innym. Wyobraź sobie teraz, że jest bardzo daleko i zbliża się do ciebie. Istnieje taka odległość, że nie widzisz jej wcale. Jak również taka, która pozwala ci rozpoznać najdrobniejszy szczegół postaci, wszystkie rysy twarzy, nawet zauważyć mrugnięcie powieki. Między tymi dwoma granicznymi przypadkami mieszczą się wszystkie etapy pośrednie, bez żadnego przeskoku, nagłej zmiany. Przybliżająca się osoba stopniowo staje się coraz lepiej widzialna. Wojskowe podręczniki dla strzelców wyborowych uczą: „W odległości dwustu jardów wszystkie części ciała są wyraźnie widoczne. W odległości trzystu jardów zarys twarzy traci ostrość. W odległości czterystu jardów, twarzy nie widać. W odległości sześciuset jardów głowa to kropka nad niewyraźną sylwetką”. W przypadku powoli zbliżającego się znajomego, często nagle rozpoznaje się osobę. Jednakże w takiej sytuacji odległość stanowi miarę prawdopodobieństwa nagłego rozpoznania. Rozpoznanie osoby następuje w jednym momencie, ale widzialność zmienia się stopniowo.

Widzialność zmienia się więc w sposób ciągły. Niezależnie od stopnia podobieństwa między modelem a imitacją — czy jest ono doskonałe, czy nie ma go prawie wcale — musi zawsze istnieć taka odległość, z której wzrok ofiary kamuflażu da się z pewnością oszukać, i nieco mniejsza odległość, pozwalająca jej zorientować się w oszustwie. W procesie ewolucji podobieństwo stopniowo wzrasta, ponieważ na drodze doboru naturalnego wygrywają te organizmy, które potrafią zwieść ofiarę oszustwa z jak najbliższej odległości. Użyłem określenia „wzrok ofiary kamuflażu”, ale ofiara ta może być równie dobrze drapieżnikiem polującym na owada podobnego do liścia, zdobyczą cętkowanego lamparta czy ptakiem wysiadającym kukułcze jaja, samicą ryby, i tak dalej.

Demonstrowałem ten problem na publicznych wykładach dla młodych słuchaczy. Mój przyjaciel, dr George McGavin z Muzeum Uniwersyteckiego w Oxfordzie, był na tyle uprzejmy, że przygotował dla mnie makietę „leśnej ściółki” z gałązkami, suchymi liśćmi i kępami mchu. Na makiecie przemyślnie umieścił kilkanaście martwych owadów. Niektóre z nich, na przykład błyszczący metalicznym połyskiem żuk, były bardzo dobrze widoczne. Inne, jak patyczaki czy motyle udające liście, maskowały się tak dobrze, że prawie nie było ich widać na tle podłoża. Jeszcze inne, na przykład brązowy karaluch, były gorzej widoczne od tych pierwszych, ale lepiej od drugich. Prosiłem, by słuchające wykładu dzieci powoli zbliżały się do makiety i dawały za każdym razem znać, gdy zlokalizują owada. Na początku znajdowały się na tyle daleko, że nie mogły dostrzec nawet tych najlepiej widocznych. Po chwili znalazły się już na tyle blisko, że oprócz chrząszcza o metalicznie połyskującym grzbiecie, widziały również, mniej wyraźnie odróżniającego się od tła makiety, brązowego karalucha. Wreszcie, już przy samej makiecie, zauważały owady dobrze zamaskowane.

Zostało jednak kilka tak doskonale zlewających się ze ściółką leśną, że dzieci nie mogły ich wypatrzyć nawet mając je przed samym nosem. Wydawały okrzyki zdumienia, kiedy pokazywałem im tych mistrzów sztuki kamuflażu.

Nie tylko odległość jest czynnikiem wpływającym na widzialność, a zatem i skuteczność kamuflażu. Równie ważną rolę odgrywa oświetlenie. W środku nocy, gdy prawie nic nie widać, nawet najbardziej prymitywna atrapa może spełnić swoje zadanie, natomiast w promieniach słońca każdy szczegół odróżniający imitację od modelu zostanie prawdopodobnie wykryty. Między tymi skrajnościami, między brzaskiem a zmrokiem, światłem słonecznym a cieniem, mgłą a idealnie przejrzystym powietrzem, rozciąga się całe spektrum warunków widzialności. I znowu, dobór naturalny faworyzuje formy coraz doskonalsze w sztuce upodabniania się, ponieważ wierna imitacja sprawdzi się zarówno w warunkach złej, jak i dobrej widzialności. Im lepszy kamuflaż, tym większy zakres natężenia światła, przy którym okazuje się skuteczny, a więc tym większe szanse na przeżycie maskującego się stworzenia.

Obok odległości i natężenia światła, kolejnym czynnikiem dobrej lub złej widzialności jest kąt patrzenia. Stosujący kamuflaż, nieważne na ile perfekcyjnie, owad raz może być obserwowany przez drapieżnika jedynie kątem oka, podczas gdy innym razem będzie wystawiony wprost na jego bezlitosne spojrzenie. Musi więc istnieć kąt patrzenia na tyle ostry, że nawet najbardziej nieudolne naśladownictwo ujdzie uwagi, jak również zbliżony do prostopadłego, pod którym najdoskonalsza imitacja może zostać zdemaskowana. Między tymi dwiema skrajnościami stopień widzialności zmienia się w sposób ciągły, tak jak miary kątów. Dla każdego, dowolnego stopnia wierności w naśladownictwie, można znaleźć taki kąt patrzenia, przy którym nawet nieznaczne udoskonalenie kamuflażu będzie miało zasadnicze znaczenie, bo uczyni go skutecznym. W procesie ewolucji następuje stopniowe udoskonalanie kamuflażu, ponieważ kąt krytyczny jego skuteczności zbliża się dzięki temu coraz bardziej do kąta patrzenia na wprost.

Również ostrość wzroku oraz stopień rozwoju systemu nerwowego adresatów mimetyzmu można traktować jako kolejny czynnik warunkujący skuteczność taktyki naśladownictwa i konieczny stopień jego doskonałości. O różnicach w sposobie patrzenia i postrzegania świata pisałem już wyżej. Teraz ograniczę się do stwierdzenia, iż dla każdego stopnia podobieństwa między modelem a imitacją, można prawdopodobnie znaleźć oczy, które dadzą się zwieść, jak również takie, które wykryją mistyfikację. I w drodze doboru naturalnego wygrywają coraz lepsze imitacje, zapewniające skuteczność wobec coraz bystrzejszych i mądrzejszych przeciwników. Mówiąc o coraz bystrzejszych przeciwnikach nie mam na myśli równoległej ewolucji autorów i adresatów kamuflażu. Chodzi mi o zwrócenie uwagi, że w środowisku, powiedzmy, owada stosującego mimikrę mogą występować drapieżniki o lepszym i gorszym wzroku, mądrzejsze i głupsze. Wszystkie one stanowią dla niego zagrożenie. Nieudolny kamuflaż uchroni go jedynie przed tymi mniej bystrymi. Dobry zdoła zwieść także najbystrzejszych wrogów. Liczba przeciwników, których uda się zwieść udoskonalając kamuflaż, zmienia się w sposób ciągły.

Rozważania na temat słabych i bystrych oczu, przywiodły mi na myśl pytanie z lubością stawiane przez kreacjonistów, przekonanych o jego retoryczności. Jaki może być pożytek z połowy oka? W jaki sposób na drodze doboru naturalnego mogły powstawać niedoskonałe wersje oka? Po części odpowiedziałem na to już wcześniej, pisząc o gorszym lub lepszym wzroku najrozmaitszych przedstawicieli królestwa zwierząt. Teraz mogę jeszcze dodać do tego teoretyczną miarę zmieniających się w sposób ciągły współczynników. Istnieje bowiem

w przypadku wzroku pewne continuum, zmieniający się czynnik. Jest nim ciąg różnych zadań, do których mogą służyć oczy. W tym momencie posługuję się swoim narządem wzroku, by rozpoznawać litery alfabetu ukazujące się na ekranie komputera. W tym celu potrzebne są dobre oczy. Osiągnąłem wiek, w którym nie mogę już czytać bez okularów, na razie wyposażonych w dość słabe soczewki. Im będę starszy, tym ilość dioptrii moich szkieł do czytania będzie musiała być większa. Bez okularów będzie mi coraz trudniej dostrzec z bliska wszystkie szczegóły. Mamy tu nowy czynnik zmieniający się w sposób ciągły — czynnik wieku.

Niezależnie do wieku, każdy, nie dotknięty schorzeniem wzroku, człowiek widzi lepiej od jakiegokolwiek owada. Istnieją zadania i sytuacje, którym z powodzeniem mogą sprostać ludzie nawet o słabym wzroku. Można grać w tenisa ziemnego nie mając sokołego wzroku, bowiem piłka tenisowa jest na tyle duża, że nietrudno śledzić jej ruchy, nawet gdy widzi się nieco zamazany obraz. Wzrok ważki, słaby jak na ludzką miarę, pozwala jej chwycić w locie inne owady, a jest to zadanie co najmniej tak trudne jak trafienie rakieta w piłkę tenisową. Jeszcze słabszy wzrok okaże się wystarczający, aby uniknąć zderzenia się z przeszkodą, runięcia w przepaść, czy wpadnięcia do rzeki. Całkiem już marny wzrok wystarcza, by rozpoznać padający cień, który może rzucać chmura, ale też nadlatujący drapieżca. Nawet jeszcze słabsze oczy mogą okazać się pożyteczne przy rozpoznawaniu dnia i nocy, co pozwala, między innymi, zsynchronizować okres godowy oraz mówić, kiedy trzeba iść spać. Istnieje całe spektrum zadań, do których mogą służyć oczy. Dla dowolnie wybranej sprawności narządu wzroku, od bardzo ostrego do całkiem słabego, można znaleźć zadanie o takim stopniu trudności, żeby nawet minimalna poprawa wzroku miała decydujące znaczenie. Wobec tego żadnych trudności nie powinno nastęrczać wyobrażenie sobie stopniowej ewolucji narządu wzroku — od prymitywnych początków, poprzez coraz lepsze formy pośrednie, aż do doskonałości oczu sokoła czy młodego człowieka.

W ten sposób jawi się banalnie prosta odpowiedź na pytanie kreacjonistów o pożytek z połowy oka. Połowa oka jest dokładnie o jeden procent lepsza od 49 procent oka, które pozostaje przecież lepsze niż oko czterdziestośmioprocentowe, a jak wykazaliśmy, różnica nawet jednego procenta może mieć w określonych przypadkach kolosalne znaczenie. Wydaje się, że znacznie poważniejsza i trudniejsza do obalenia argumentacja może się kryć za nieuniknionym pytaniem, sformułowanym przez kreacjonistów w następnej kolejności. „Jako przyrodnik nie potrafię uwierzyć, by narząd tak skomplikowany jak oko, mógł powstać w toku ewolucji z niczego. Czy naprawdę sądzicie, że było na to dość czasu?” *[Mam nadzieję, że nie zostanie to poczytane jako powód do obrazy. Aby poprzeć moje słowa przytaczam cytaty z Science and Christian Belief, 1994, dzieła wybitnego fizyka o. Johna Polkinghorne'a (s. 16): „Ktoś taki jak Richard Dawkins może ukazywać przemawiające do wyobraźni obraz na powstawanie rozwiniętych form na drodze stopniowego gromadzenia się drobnych zmian. Jednakże jako fizyk instynktownie odczuwam potrzebę poznania choćby nawet bardzo przybliżonego oszacowania, jak wiele ewolucyjnych kroków dzieli nas od słabo rozwiniętej komórki światłoczułej po w pełni uformowane oko, i jak wiele pokoleń potrzeba na taki ciąg mutacji.”]* To pytanie również stanowi przykład „argumentacji przez osobiste niedowiarstwo”. A jednak słuchacze na wykładach domagają się odpowiedzi. Uciekam się wówczas zwykle do uświadomienia im niewyobrażalnej rozciągłości ewolucyjnego czasu. Jeżeli stulecie będzie miało długość jednego kroku, całe dwutysiąclecie po Chrystusie zmieści się w zasięgu rzutu piłką do krykieta. Żeby cofnąć się do początków wielokomórkowców,

trzeba by, wedle tej samej skali, przebyć drogę z Nowego Jorku do San Francisco.

Wydaje się nam teraz, że niesłychany ogrom czasu, jaki miała ewolucja na wytworzenie oka, to jakby posłużyć się młotem parowym do rozłupania orzeszka ziemnego. Porównanie odległości od wschodniego do zachodniego wybrzeża Ameryki uświadamia nam, jak dużo czasu miała natura. Co więcej, ostatnie badania pary szwedzkich naukowców, Dana Nilssona i Susanne Pelger, każą przypuszczać, że nawet znikomy ułamek tego czasu mógłby okazać się całkowicie wystarczający. Kiedy bowiem mówimy „oko” mamy zwykle na myśli oko kręgowca, a przecież oczy, zdolne do odbierania bodźców świetlnych i tworzenia obrazu, ewoluowały na czterdzieści do sześćdziesięciu sposobów w różnych grupach bezkręgowców. Wśród tych z górą czterdziestu niezależnych procesów ewolucyjnych zostało odkryte przynajmniej dziewięć odmiennych zasad funkcjonowania narządu wzroku, między innymi oczy o charakterze aparatu szczelinowego (bezsoczewkowego), dwa rodzaje oczu działających na zasadzie soczewek fotograficznych, oczy funkcjonujące jak zwierciadła wklęsłe oraz kilka rodzajów oczu złożonych. Nilsson i Pelger zajęli się oczami działającymi jak aparat fotograficzny z soczewką, które rozwinęły się u kręgowców i ośmiornic.

Pozostaje pytanie, jak zabrać się do oszacowania czasu niezbędnego do dokonania się danego procesu ewolucyjnego. Powinniśmy znaleźć jednostkę miary poszczególnych kroków na drodze ewolucyjnego rozwoju. Najlepiej, gdyby taką miarę dało się określić w postaci wyrażonego w procentach stosunku stanu przed i po mutacji. Nilsson i Pelger posłużyli się, jako miarą stopnia zmian anatomicznych, liczbą kolejnych mutacji, która dawałaby w sumie jeden procent różnicy. Jest to po prostu umowna jednostka, dobra dlatego, że wygodna w użyciu na tej samej zasadzie jak jedna kaloria, definiowana jest jako ilość energii potrzebnej do wykonania określonej pracy. Najłatwiej posługiwać się jednostką jednoprocentowej zmiany wówczas, gdy ewolucja danego organu dotyczy wyłącznie jednego aspektu.

Wyobraźmy sobie nieprawdopodobną sytuację, gdy na drodze doboru naturalnego faworyzowane są rajskie ptaki o coraz dłuższym ogonie. Ile etapów ewolucyjnego rozwoju potrzeba, by ogony jednometrowe przeistoczyły się w ogony kilometrowej długości? Wydłużenie się ptasiego ogona o jeden procent pozostałoby prawdopodobnie nie zauważone przez najbardziej spostrzegawczego ornitologa. Niemniej jednak liczba takich jednoprocentowych zmian, niezbędnych do tego, by ptaki o metrowych ogonach zyskały w procesie ewolucji ogony kilometrowe, okazuje się nadzwyczaj skromna. Wynosi bowiem mniej niż siedemset kolejnych kroków na drodze ewolucji.

W przypadku wydłużania metrowego ogona metoda z jednoprocentową miarą sprawdza się znakomicie (pomijając absurdalność takiego przykładu). Gorzej jednak, gdy próbujemy zastosować tę samą skalę do ewolucji oka. Problem polega na tym, że ewolucja oka w żadnym wypadku nie przebiega jednowymiarowo, lecz wiele zmian zachodzi równolegle w różnych częściach narządu. Zadanie Nilssona i Pelger polegało na stworzeniu takiego komputerowego modelu ewolucji oka, który umożliwiłby odpowiedź na dwa zasadnicze pytania. Pierwsze z nich, oprócz bardziej systematycznego i „informatycznego” podejścia, w swej istocie nie różni się wiele od tego, które wielokrotnie zadawaliśmy wcześniej: Czy zmiany dokonują się stopniowo, w sposób kroczący — od równej płaszczyzny do w pełni rozwiniętej gałki ocznej, gdzie każda kolejna forma pośrednia stanowi ulepszenie poprzedniej? (W odróżnieniu od inżynierów-ludzi, dobór naturalny nie może się cofnąć, nawet jeżeli zabranie się do problemu od innej strony dałoby szybsze i lepsze rezultaty). Drugie pytanie, na jakie miała pomóc odpowiedzieć komputerowa symulacja, dotyczyło właśnie czasu niezbędnego do dokonania

się danego procesu ewolucyjnego, czyli tego, od czego zaczęliśmy te rozważania.

W opracowanym przez siebie modelu komputerowym Nilsson i Pelger nie usiłowali zaprogramować symulacji procesów wewnątrzkomórkowych. Przeskoczyli pierwszy etap do wynalezienia pojedynczej komórki światłoczułej — nazwijmy ją sobie fotokomórką. Na marginesie warto zauważyć, że byłoby bardzo interesujące, gdyby w przyszłości opracowano komputerowy model ewolucji wewnątrz komórki, ukazujący krok po kroku proces, który doprowadził do przemiany komórki „ogólnego przeznaczenia” w komórkę światłoczułą. Trzeba jednak od czegoś zacząć i para szwedzkich naukowców zaczęła od momentu powstania fotokomórki. Model swój konstruowali na poziomie tkanek, czyli zespołów komórek, a nie na poziomie pojedynczych komórek. Tkanką jest skóra, jak również śluzówka jelita, inna tkanka tworzy mięśnie, inna wątrobę. Tkanki mogą zmieniać się na wiele różnych sposobów na drodze przypadkowych mutacji. Mogą powiększać lub zmniejszać swoją powierzchnię, stawać się grubsze lub cieńsze. W przypadku szczególnego rodzaju tkanek przezroczystych, takich jak tkanka soczewki oka, mogą one zmieniać miejscowo stopień załamania światła.

Symulacja komputerowa wzroku daje możliwość stworzenia eleganckiego modelu matematycznego — w odróżnieniu na przykład od symulacji nogi biegnącego geparda — dzięki temu, że efektywność oka daje się mierzyć za pomocą elementarnych praw optyki. Oko przedstawiono jako dwuwymiarowy przekrój i komputer mógł bez trudu wyliczyć ostrość bądź rozdzielczość, podając jako wynik konkretną liczbę rzeczywistą. Trudno byłoby o równie policzalny ekwiwalent dla wyrażenia sprawności nogi lub kości biegnącego geparda. Nilsson i Pelger rozpoczęli symulację od płaskiej siatkówki na równie płaskiej warstwie pigmentu, otoczonej również płaską warstwą ochronną przezroczystej tkanki. Warstwa przezroczysta mogła zgodnie z programem podlegać przypadkowym mutacjom, zmieniającym miejscowo współczynnik załamania fal świetlnych. Następnie pozwolili, by model ulegał przypadkowym deformacjom, z tym jedynie zastrzeżeniem, żeby pojedyncze zmiany nie były zbyt duże i zawsze stanowiły postęp w funkcjonowaniu narządu.

Na rezultaty nie trzeba było długo czekać. Krzywa ostrości wzroku stale rosła równoległe do zwiększania się promienia krzywizny ewoluującej tkanki. Na ekranie komputera płytkie wklęsnięcie pierwotnie płaskiego narządu stopniowo się pogłębiało aż do uformowania się gałki. Przezroczysta warstwa stawała się coraz grubsza, aż wypełniła całe wnętrze zamykając gałkę równo zakrzywioną wypukłością. Następnie, zupełnie jakby to była magiczna sztuczka, część przezroczystej tkanki zgęstniała miejscowo i powstał kulisty twór charakteryzujący się wyższym współczynnikiem załamania światła. Współczynnik ten nie jest taki sam dla całego kulistego zagęszczenia tkanki przezroczystej, lecz zmienia się stopniowo czyniąc z niej znakomitą soczewkę. Ludzie nie potrafią wytwarzać soczewek o zmieniającym się stopniowo współczynnikiem załamania światła, występujących powszechnie w narządach wzroku żywych organizmów. Soczewki optyczne produkowane przez ludzi to bryłki szkła o odpowiednich kształtach. Soczewki złożone, takie jak w zabarwionych na fioletowo obiektywach współczesnych aparatów fotograficznych, wykonuje się poprzez łączenie ze sobą kilku różnych soczewek. Każda jednak z pojedynczych soczewek stanowi bryłkę jednolitego szkła o takim samym współczynnikiem załamania światła na całej objętości. W odróżnieniu od soczewek optycznych, w soczewce oka współczynnik załamania światła jest różny dla różnych punktów wewnątrz soczewki. Soczewki w oczach zwierząt mają zwykle największy stopień załamania światła w pobliżu środka. W takie właśnie soczewki wyposażone są na przykład oczy ryb. Od dawna wiadomo, że dla soczewek tego typu istnieje teoretyczna, optymalna wartość stosunku

długości ogniskowej do jej promienia, przy której otrzymywany obraz pozostaje wolny od zniekształceń. Wartość ta nazywana jest stosunkiem Mattiessena. Okazało się, że symulacja komputerowa Nilssona i Pelger w sposób nieomylny wytworzyła model, w którym stosunek długości ogniskowej do promienia jest stosunkiem Mattiessena.

Wróćmy teraz do pytania o czas potrzebny na dokonanie się takiego procesu ewolucyjnego. Ażeby na nie odpowiedzieć, szwedzcy naukowcy musieli dokonać pewnych założeń wstępnych dotyczących praw genetycznych w naturalnych populacjach. Musieli wprowadzić do swojego modelu wiarygodne wartości definiujące takie czynniki jak np. stopień „dziedziczenia”. Stopień ten to w naszym rozumieniu miara uzależnienia od dziedziczenia zmienności w kolejnych pokoleniach. Ulubionym sposobem mierzenia tego jest porównywanie podobieństwa bliźniaków jednojajowych i różnojajowych. Wyniki jednego z badań nad dziedzicznością wykazały na przykład, że długość kończyny dolnej u mężczyzn jest warunkowana dziedzicznie w siedemdziesięciu siedmiu procentach. Dziedziczność stu procentowa oznaczałaby, że wystarczyłoby zmierzyć długość nogi jednego z bliźniąt, by wiedzieć z idealną dokładnością jak długa jest noga drugiego, nawet jeżeli bliźniaki wychowywały się oddzielnie. Dziedziczność zeroprocentowa oznaczałaby, że nogi bliźniąt jednojajowych mogą różnić się od siebie lub być podobne w tym samym stopniu, co nogi dowolnie wybranych przedstawicieli z danej populacji, żyjących w danym środowisku. Oto kilka innych przykładów stopnia dziedziczności dla różnych cech wyglądu człowieka: 95 procent — szerokość głowy, 85 procent — wysokość w pozycji siedzącej, 80 procent — długość ramion, 79 procent — typ sylwetki.

Wskaźnik dziedziczności przekracza zwykle 50 procent. Dlatego też Nilsson i Pelger uznali, że bezpiecznie będzie przyjąć dla ich modelu oka dziedziczność na poziomie 50 procent. Takie założenie możemy określić jako „pesymistyczne” czy też asekuranckie. W porównaniu bowiem z bardziej realistycznym oszacowaniem na poziomie około 70 procent, założenie przyjęte na potrzeby komputerowej symulacji spowalnia ewolucję i wpływa na zawyżenie ostatecznego wyniku określającego czas niezbędny do wytworzenia się oka. Szwedzcy badacze woleli jednak nie doszacować przyspieszającego czynnika dziedziczności, bo i tak spodziewali się rezultatu sprzecznego z ugruntowanymi przekonaniem, iż potrzeba niezwykle długiego czasu, by w procesie ewolucji powstał narząd tak skomplikowany jak oko.

Z tego samego powodu Nilsson i Pelger przyjęli „pesymistyczne” wartości dla współczynnika zmienności, czyli przeciętnej wielkości zmienności w jednym pokoleniu, oraz dla współczynnika selektywności, określającego, na ile dane usprawnienie narządu wzroku zwiększa szanse na przeżycie. Swoją ostrożność posunęli tak daleko, że założyli z góry, iż w każdym nowym pokoleniu może pojawiać się mutacja wyłącznie jednej części oka. W ten sposób wyeliminowali zmiany zachodzące równolegle w różnych częściach narządu, które w warunkach rzeczywistych znacznie przyspieszają ewolucję. Nawet jednak przy tak konserwatywnych założeniach wstępnych czas potrzebny na to, by z płaskiej tkanki rozwinęło się w pełni ukształtowane oko ryby, okazał się zaskakująco krótki.

W modelu komputerowym badaczy szwedzkich potrzeba było na to mniej niż czterysta tysięcy pokoleń. W przypadku małych stworzeń, o których mówimy, możemy z powodzeniem liczyć jedno pokolenie na rok. Wynikałoby z tego, że ewolucja w pełni rozwiniętego oka z soczewką trwała mniej niż pół miliona lat.

W świetle wyników, jakie otrzymali szwedzcy badacze, nie może już dziwić fakt, że proces ewolucji oka mógł przebiegać w całym królestwie zwierząt na co najmniej czterdzieści

różnych, niezależnych od siebie sposobów. Czasu było tyle, że oko mogło ewoluować od samego początku tysiąc pięćset razy, raz za razem w ramach poszczególnych odgałęzień drzewa filogenetycznego. Dla małych zwierząt, gdy przeciętna liczba pokoleń na jednostkę czasu jest duża, czas potrzebny na ewolucję oka okazuje się zbyt krótki, by mierzyć go za pomocą geologicznych epok! Na przestrzeni całej historii geologicznej Ziemi trwało to krócej niż mgnienie oka.

Małymi kroczkami do celu — taka wydaje się naczelna zasada ewolucji. Potęga bowiem ewolucji tkwi w stopniowości zmian. I nie ma tu większego znaczenia, czy rzeczywiście w dziejach życia na Ziemi miały miejsce epizody przyspieszające proces ewolucyjny. Mogły istnieć momenty nagłych, skokowych zmian, jednorazowych makromutacji, które w sposób zasadniczy odróżniały dziecko od obojga rodziców. Nie można również wątpić, że występowały przypadki nagłego wymierania całych grup gatunków, wywołane naturalnym kataklizmem w rodzaju zderzenia Ziemi z kometą lub planetoidą. Próżnię ekologiczną powstałą po takim wielkim wymaraniu jednej grupy zwierząt, szybko wypełniali niedawni słabsi konkurenci, jak miało to miejsce w przypadku ssaków, które stały się sukcesorami dinozaurów. W rzeczywistości więc ewolucja nie zawsze odbywa się stopniowo. Żeby jednak wyjaśnić powstanie tak skomplikowanych i jakby zaprojektowanych przez świadomego kreatora narządów jak oczy, trzeba przyjąć model stopniowych zmian ewolucyjnych. W przeciwnym razie musielibyśmy uznać, że ewolucjonizm nie dostarcza nam żadnego wyjaśnienia na temat powstania tak skomplikowanych tworów. Bez stopniowości ewolucji, musielibyśmy znowu zdać się na wiarę w cudowny akt sprawczy Kreatora, a zdanie się na cud, to nic innego jak przyznanie się do niemożności znalezienia wyjaśnienia.

Ewolucja oka oraz zapyłanych przez osy storczyków robi na nas takie wrażenie, dlatego że ich całkowicie spontaniczne powstanie wydaje się nieprawdopodobne. Szanse na to, by tak skomplikowane twory powstały jednorazowo, na skutek przypadkowego zbiegu okoliczności, są znikome. Dopiero stopniowa ewolucja, dokonywana małymi kroczkami, oznaczającymi za każdym razem jakiś postęp, byle niezbyt wielki, stanowi rozwiązanie zagadki ich powstania. Jeżeli odrzucimy założenie o stopniowości procesów ewolucyjnych, nie odrzucając samej ewolucji, będziemy musieli szukać innych rozwiązań.

Istnieją przypadki, w których trudno nam sobie wyobrazić, jak miałyby wyglądać owe pośrednie etapy ewolucji. Jeżeli okaże się, że nie starcza nam wyobraźni w takich wypadkach, tym gorzej dla naszej wyobraźni. Jej ograniczoność nie może bowiem stanowić dowodu na nieistnienie ogniw pośrednich w łańcuchu ewolucyjnych przemian. Jedno z większych wyzwań dla naszych myślowych nawyków przynosi słynny „język tańca” pszczoł, opisany po raz pierwszy w klasycznym dziele Karla von Frischa, które przyniosło mu największy rozgłos. W tym przypadku ostateczny efekt procesu ewolucyjnego wydaje się tak skomplikowany, przemyślany i daleko wykraczający poza to, co bylibyśmy skłonni przypisywać owadom, że nie sposób wyobrazić sobie jego etapów pośrednich.

Pszczoły informują się o tym, gdzie są kwiaty z nektarem, za pomocą ściśle określonego kodu ruchów ciała, który wygląda jak rytualny taniec. Jeśli pożywienie znajduje się blisko ula, wykonują kółka. Inne pszczoły reagują na ten sygnał wylatując z ula i poszukując kwiatów w jego okolicy. To jeszcze nic. Prawdziwie zadziwiająca precyzja języka tańca objawia się dopiero, gdy pokarm znajduje się daleko do ula. Zwiadowca, który odkrył nektarodajne kwiaty, odbywa coś w rodzaju tańca węża. Ruchy oraz rytm tańca mówią pozostałym pszczołom w jakim kierunku i w jakiej odległości od ula znajduje się pożywienie. Taniec

odbywa się w środku ula, na pionowej powierzchni plastra. W ulu jest ciemno, tak więc pszczoły nie mogą widzieć ruchów tańczącego zwiadowcy. Wyczuwają je, jak również słyszą, gdyż tańcząca pszczoła wydaje z siebie rytmiczne dźwięki. Taniec przybiera formę wydłużonej ósemki. To właśnie jej oś informuje, za pośrednictwem przemysłnego kodu, o kierunku, w jakim znajduje się pożywienie.

Oś nie jest jednak bezpośrednio skierowana w stronę pożywienia, bo nie może być. Taniec odbywa się przecież na pionowej płaszczyźnie plastra, a samo ustawienie plastra w przestrzeni również jest całkowicie niezależne od tego, gdzie akurat znajduje się pożywienie. Poziomy azymut trzeba odczytać z pionowej figury na plastrze, który dla pszczoł jest niczym mapa rozpięta na ścianie. Linia wykreślona na mapie ściennej nie wskazuje rzeczywistego kierunku, ale potrafimy go z niej odczytać, ponieważ mapa to rodzaj kodu wykorzystującego znane wszystkim znaki umowne.

Żeby zrozumieć znaki umowne kodu, którym posługują się pszczoły, musimy najpierw wiedzieć, że tak jak inne owady orientują się one w terenie według słońca, służącego im za kompas. My również potrafimy w przybliżeniu określić kierunki świata według słońca. Metoda ta ma jednak dwa minusy. Po pierwsze, słońce często chowa się za chmury. Pszczoły radzą sobie z tym za pomocą umiejętności, której my nie mamy. Potrafią one, co również odkrył von Frisch, rozpoznawać kierunek polaryzacji światła, a to umożliwia im określenie położenia słońca, nawet gdy pozostaje ono niewidoczne. Drugi problem z posługiwaniem się słońcem jako kompasem, polega na tym, że w ciągu dnia odbywa ono pozorną wędrówkę po niebie, zmieniając z upływem czasu swe położenie. Pszczoły i na to mają sposób. Wyposażone są bowiem w rodzaj wewnętrznego zegara. Von Frisch wykazał coś wręcz niewiarygodnego. Otóż tańcząca pszczoła, uwięziona w ulu przez wiele godzin od czasu swej zwiadowczej ekspedycji, stopniowo zmienia w tańcu kierunek osi, tak jakby była to wskazówka całodobowego zegara. Do ula nie dochodzą najmniejsze promienie słoneczne, ale pszczoła stopniowo zmienia oś kreślonej w tańcu figury w tempie zgodnym z wędrówką słońca po niebie. O tym, jakie powinno być to tempo, mówi owadowi jego zegar wewnętrzny. Co więcej, odmiany pszczoł żyjące na półkuli południowej robią dokładnie to samo, tyle że w odwrotną stronę, czyli dokładnie tak, jak powinny.

Wróćmy teraz do samego kodu. Jeśli oś tanecznej figury wskazuje w górę plastra, oznacza to, że pożywienie znajduje się w tym samym kierunku, co słońce. Wskazanie na dół plastra, każe szukać pyłku dokładnie w przeciwnym kierunku. Wszystkie położenia pośrednie oznaczają to, co powinny według nas oznaczać. Pięćdziesiąt stopni na lewo od pionu oznacza, że aby dotrzeć do pożywienia, należy obrócić poziomy azymut pięćdziesiąt stopni od słońca. Jednakże pszczoły nie wyznaczają kierunku z dokładnością do jednego stopnia. Niby zresztą dlaczego miałyby akurat stosować tę samą miarę kątową co my, dzieląc tarczę kompasu na 360 stopni? Pszczoły dzielą kompas na osiem swoich pszczelich stopni. Ludzie czynią podobnie, gdy niepotrzebna im dokładna miara nawigacyjna, lecz tylko przybliżone określenie kierunku. Zadowolają się wówczas także ośmiostopniowym podziałem na północ, północny wschód, wschód, południowy wschód, południe, południowy zachód, zachód, północny zachód.

W tańcu pszczoł zakodowana jest również informacja o tym, jak daleko znajduje się pożywienie. Elementy tego kodu to szybkość obrotów, ilość wykonywanych skrętów, częstotliwość towarzyszących ruchom dźwięków. Z kombinacji tych elementów pozostałe pszczoły potrafią odczytać, jaka jest odległość do pożywienia. Im bliżej do kwiatów, tym szybszy jest taniec. Łatwo to zapamiętać przez skojarzenie, że pszczoła, która znalazła

pożywienie blisko ula musi być bardziej podniecona i mniej zmęczona, niż gdyby leciała z daleka. Skojarzenia takie to jednak coś więcej, niż tylko sposób na zapamiętanie zasady rządzącej kodem. Przekonamy się wkrótce, że może nas ono naprowadzić na rozwiązanie zagadki, jak w toku ewolucji doszło do rozwinięcia tak skomplikowanych zachowań pszczoł jak „język tańca”.

Prześledźmy raz jeszcze te zachowania. Pszczoła zwiadowca znajduje dobre źródło pożywienia. Wraca do ula obciążona pyłkiem i nektarem, który to ładunek przekazuje czuwającym robotnikom. Następnie rozpoczyna swój taniec. W dowolnie wybranym miejscu na pionowym plastrze zaczyna się kręcić i przesuwac, kreśląc figurę w kształcie podłużnej ósemki. Inne pszczoły gromadzą się wokół tańczącej, słuchając i wyczuwając jej ruchy. Liczą częstotliwość dźwięków i ilość obrotów. Mierzą kąt osi figury tanecznej względem pionu, podczas gdy pszczoła zwiadowca potrząsa swym odwłokiem. Następnie pszczoły wylatują zgodnie z ula, wypadając z całkowitej ciemności na światło słoneczne. Określają położenie słońca, ale nie jego wysokość na niebie, lecz poziomy azymut odpowiadający dokładnie kątowi osi tańca pszczoły zwiadowcy wobec pionowej osi plastra miodu. W równym szyku lecą w wyznaczonym w ten sposób kierunku. Tak jak kierunek, również długość tego lotu jest ściśle wyznaczona. Pozostaje ona w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do częstotliwości obrotów i dźwięków wydawanych przez zwiadowcę. Co ciekawe, jeżeli pszczoła zwiadowca przed znalezieniem pożywienia kluczyła w poszukiwaniu odpowiednich kwiatów, to po powrocie do ula wskazuje innym pszczołom właściwy kierunek prowadzący prosto do celu.

Cała ta historia o tańcu pszczoł wydaje się nieprawdopodobna, i są tacy, którzy w nią nie uwierzyli. W następnym rozdziale powrócę do tych sceptyków oraz do najnowszych doświadczeń, które ostatecznie przesądziły o prawdziwości obserwacji von Frischa. Teraz chciałbym się zająć stopniową ewolucją tańca pszczoł. Spróbuję zastanowić się, jak mogły wyglądać etapy pośrednie w tej ewolucji, i na ile taki taniec mógł być skuteczny, zanim osiągnął swoją obecną, skończoną i doskonałą postać pełnego kodu znaków umownych.

Na początku należy zwrócić uwagę, że takie postawienie pytania nie jest do końca właściwe.

O żadnym żyjącym teraz czy w przeszłości stworzeniu nie można powiedzieć, że jego istnienie jest bądź było niepełne i niedoskonałe, bo stanowiło „etap pośredni”. Przodkinie dzisiejszych pszczoł, których taniec możemy, z obecnego punktu widzenia, oceniać jako etap pośredni w ewolucji do tańca współczesnego, nie były w żaden sposób ułomne, bądź upośledzone. Żyły pełnią swojego pszczelego życia, nic nie wiedząc o tym, że są etapem pośrednim na drodze do czegoś lepszego. Co więcej, „pełny” i „doskonały” taniec naszych współczesnych pszczoł może również okazać się tylko etapem na drodze ku rozwiązaniu daleko doskonalszemu i skuteczniejszemu, którego już ani nam, ani naszym dzisiejszym pszczołom nie będzie dane poznać. Niezależnie od tych, skądinąd słusznych zastrzeżeń, pozostaje nam do rozwiązania zagadka: jak obecny taniec pszczoł mógł się rozwinąć na drodze stopniowej ewolucji. Jak mogły wyglądać pośrednie formy tańca, i na ile były skutecznym narzędziem porozumiewania się?

Sam von Frisch zadał sobie tego typu pytania, a odpowiedzi na nie zaczął szukać w drzewie filogenetycznym współczesnych, odległych kuzynów pszczoł. Nie są oni oczywiście przodkami pszczoł, skoro są współcześni, ale niewykluczone, że posiadają pewne cechy pszczelich prarodziców. Nasze pszczoły miodne są owadami strefy umiarkowanej, gniazdującymi w dziuplach i skalnych szczelinach. Ich najbliższymi krewnymi są pszczoły ze

strefy równikowej, które mogą zakładać gniazda na otwartym powietrzu, zwieszając swoje plastry z konarów drzew lub skalnych okapów. Dlatego też pszczoły te widzą słońce w czasie swojego tańca i nie muszą posługiwać się pionową osią plastra, wyobrażając kierunek, w którym znajduje się słońce. Słońce pozostaje cały czas widoczne, więc azymut można wyznaczać bezpośrednio według niego.

Jeden z tych tropikalnych kuzynów naszej pszczoły, pszczoła karłowata *Apis florea*, odbywa taniec na poziomej płaszczyźnie stycznej do wierzchołka plastra. Oś figury kreślonej w czasie tańca wskazuje bezpośrednio kierunek, w którym znajduje się pożywienie. Nie ma potrzeby stosowania żadnych umownych odwzorowań „kartograficznych”, wystarczy proste wskazanie. Bez wątpienia mamy tu do czynienia z poszukiwaną przez nas fazą przejściową na drodze do tańca naszych pszczół miodnych. Wciąż jednak pozostają fazy, które poprzedzały etap osiągnięty przez *Apis florea*, oraz te, które nastąpiły po nim. Jak wyglądały początki tańca pszczoły z tropików? Dlaczego pszczoła, która właśnie znalazła pożywienie, zaczyna kręcić się kreśląc ósemki, których oś wskazuje kierunek, w jakim znajdują się kwiaty z pyłkiem lub nektarem? Teza, jaką zaproponował von Frisch, głosiła, że taniec taki jest zrytualizowaną formą zachowań poprzedzających odlot pszczoły. Zanim rozwinęły się one w taniec — argumentował von Frisch — pszczoła zwiadowca, która pozbyła się ładunku pożywienia, odlatywała po prostu w tym samym kierunku, z którego przyleciała. Przygotowując się do startu, odwracała się zapewne we właściwą stronę i przechodziła kilka kroków. W procesie doboru naturalnego wzmacniana była każda tendencja do podkreślenia i przedłużenia tych zachowań tuż przed odlotem, skoro zachęcały one pozostałe pszczoły do pójścia w ślady współtowarzyszki. Zgodnie z tą tezą taniec byłby rodzajem rytualnie powtarzanego rozbiegu przed odfrunięciem w stronę pożywienia. Wydaje się to całkiem prawdopodobne, gdyż pszczoły, niezależnie od tańca, stosują prostszą taktykę w celu dotarcia do nektarodajnych kwiatów, lecąc jedna za drugą do źródła pożywienia. Tezę von Frischa uprawdopodobnia również to, że tańczące pszczoły trzymają skrzydełka lekko rozchylone, jakby w przygotowaniu do lotu, i poruszają mięśniami skrzydeł, nie na tyle wprawdzie energicznie, żeby natychmiast odfrunąć, ale dość szybko, by wydawać charakterystyczne dźwięki będące jednymi z ważniejszych elementów kodu.

Naturalnym sposobem na przedłużenie i podkreślenie rytuałów związanych z odlotem, jest powtarzanie rozbiegu. Oznacza to powracanie na miejsce startu i robienie ponownie kilku kroków w stronę, gdzie znajduje się pożywienie. Wrócić do początku rozbiegu można na dwa sposoby: obracając się w prawo lub w lewo. Gdyby stale odwracać się w jedną stronę, pojawiłaby się dwuznaczność, który kierunek wskazuje odlot, a który powrót. Najprościej pozbyć się tej dwuznaczności obracając się, przy powrocie raz w prawo, raz w lewo. W ten sposób na drodze doboru naturalnego rozwinęła się figura taneczna w kształcie ósemki.

Pozostaje nam jeszcze wyjaśnić, jak w procesie ewolucji języka tańca powstał kod na odległość od źródła pożywienia. Gdyby częstotliwość obrotów pozostawała w stosunku wprost proporcjonalnym do odległości, mielibyśmy nie lada kłopot z wyjaśnieniem ewolucyjnego powstania takiego kodu. Jak jednak pamiętamy, jest dokładnie odwrotnie — im bliżej znajduje się pożywienie, tym szybciej porusza się tańcząca pszczoła. To natychmiast nasuwa na myśl najbardziej prawdopodobną drogę stopniowego rozwoju ewolucyjnego. Zanim taniec osiągnął dzisiejszą, dojrzałą formę, pszczoły powtarzały zrytualizowane ruchy przed odlotem z dowolną, nic nie oznaczającą szybkością. Częstotliwość obrotów była taka, jak im się podobało. Ale czy po kilku milach lotu z obciążeniem w postaci zbiorniczków

pełnych pyłku i nektaru, mogło im się podobać wirowanie z obłądną prędkością po plastrze? Raczej nie, gdyż musiały być srodze wyczerpane. Z drugiej strony, jeżeli pszczoła znalazła obfite źródło pożywienia w pobliżu ula, wracała świeża i podniecona odkryciem. Nietrudno teraz sobie wyobrazić, jak początkowo całkowicie przypadkowa zbieżność między odległością od pożywienia a szybkością tańca, zamieniała się stopniowo w zrytualizowany, formalny kod informujący w sposób całkowicie czytelny, jak daleko znajdują się kwiaty obfitujące w nektar i pyłek.

Pozostał nam do wyjaśnienia najbardziej zagadkowy aspekt ewolucji pszczelego tańca. Jak pierwotny taniec na płaszczyźnie poziomej, który wskazywał bezpośrednio kierunek pożywienia, przeistoczył się w taniec, gdzie kierunek wyznacza azymut obierany na słońce, zakodowany w postaci wielkości kąta między osią figury tanecznej a pionową osią plastra. Taka transformacja pszczelego tańca była konieczna z dwóch względów. Po pierwsze, w środku pszczelego ula panują ciemności i nie widać słońca. Po drugie, kreśląc taneczne figury na pionowej płaszczyźnie plastra, nie można wskazywać bezpośrednio kierunku poziomego, w jakim znajduje się pożywienie, chyba że akurat sam plaster ustawiony jest w ten sposób, iż wskazuje we właściwą stronę. Nie wystarczy jednak, że wykażemy, iż jakaś transformacja była konieczna. Musimy jeszcze wyjaśnić, w jaki sposób tak dalece skomplikowany proces mógł postępować, ukazując ciąg prawdopodobnych etapów pośrednich.

Wydaje się to niemożliwe, na ratunek przychodzi nam jednak pewna istotna właściwość owadziego układu nerwowego. Opisany poniżej eksperyment został przeprowadzony na wielu różnych owadach, od mrówek po chrząszcze. Zaczniemy od chrząszcza chodzącego wzdłuż poziomej deski, któremu towarzyszy elektryczne światło padające z wyraźnego źródła. Po pierwsze zauważamy, że owady orientują się w kierunkach podług światła. Żeby się o tym przekonać, wystarczy zmienić położenie żarówki, a chrząszcz odpowiednio zmieni kierunek swojej marszruty. Jeżeli obrał sobie azymut 30 stopni do światła, to skreśli tak, by znowu iść pod kątem 30 stopni do przesuniętej żarówki. W ten sposób można skierować chrząszcza, gdzie się chce, używając promienia światła jak przyrządu do zdalnego sterowania. Od dawna wiadomo było, że owady używają słońca (księżycy, gwiazd) jak kompasu, i łatwo można je oszukać za pomocą żarówki elektrycznej. Przejdźmy teraz do ciekawszej fazy eksperymentu z chrząszczem. Zgaśmy światło i w tym samym momencie postawmy pionowo deskę, po której wędruje owad. Nie zrażony niczym chrząszcz kontynuuje swą wędrówkę i, rzecz zadziwiająca, zmienia jej kierunek tak, by kąt w stosunku do pionu był taki sam, jak poprzednio kąt do kierunku padania światła, czyli w naszym przypadku 30 stopni. Nikt dokładnie nie wie, jak to się dzieje. Możliwe, że zachowanie takie ujawnia przypadkowe zwarcie w owadzim systemie nerwowym, przecięcie się traktacji zmysłu grawitacji oraz wzroku. Coś w rodzaju spięcia w naszym mózgu, kiedy po silnym uderzeniu w głowę pokazują nam się gwiazdki przed oczami. Tak czy owak, ta szczególna właściwość systemu nerwowego owadów zdaje się wyjaśniać, jak pszczoły wypracowały kod na określenie poziomego azymutu na pionowej płaszczyźnie.

Zgodnie z tą koncepcją, jeśli w środku ula zapali się żarówkę, pszczoły zapominają jakby o swoim zmyśle grawitacji, i posługują się kierunkiem padania światła, wobec którego, jak wobec słońca, określają azymut. Ten znany od dawna fakt został wykorzystany w jednym z najbardziej pomysłowych eksperymentów, jaki kiedykolwiek przeprowadzono. Eksperyment ten potwierdził ostatecznie szyfrowe znaczenie pszczelego tańca, wbrew opiniom niektórych sceptyków. Opowiem o tym w następnym rozdziale. Na razie wystarczy nam to, że zdołaliśmy znaleźć ciąg prawdopodobnych etapów pośrednich, które mogły doprowadzić do rozwinięcia

się z zupełnie prostych form wysoce skomplikowanego i zrytualizowanego tańca współczesnych pszczół miodnych. Ewolucja tego tańca, tak jak tu ją przedstawiłem na podstawie badań von Frischa, mogła w rzeczywistości przebiegać nieco inaczej. Nie ma to jednak wpływu na samą zasadę stopniowości. Całą tę historię o pszczołach opowiedziałem z myślą o przełamaniu naturalnego sceptycyzmu wobec ewolucjonizmu, tego co nazywam „argumentacją przez osobiste niedowiarstwo”, który w sposób naturalny budzi się w ludziach w zetknięciu z naprawdę genialnymi i przemyślnymi fenomenami natury. Sceptyk w takich sytuacjach mówi: „Nie mogę w żaden sposób wyobrazić sobie ciągu ogniów pośrednich, stąd wniosek, że takich nie było, a więc ten fenomen natury powstał poprzez spontaniczny akt cudotwórczy”. Von Frisch przedstawił nam przekonujący szereg etapów pośrednich, które doprowadziły do powstania jednego z takich fenomenów. Nawet jeżeli koncepcja Frischa nie do końca odpowiada temu, co rzeczywiście wydarzyło się w odległej przeszłości z przodkami pszczół, sam fakt, że jest prawdopodobna wystarcza, by obalić „argumentację przez osobiste niedowiarstwo”. Pokazuje bowiem, że było to możliwe. To samo stosuje się również do innych przykładów, które omówiliśmy w tym rozdziale — storczyków imitujących samice osy, jak również ewolucji oka z soczewką.

Ludzie sceptycznie odnoszący się do darwinizmu i nie wierzący w potęgę ewolucyjnych zmian krok po kroku, przywołują najprzeróżniejsze przykłady z życia roślin i zwierząt na ziemi, byle były niezwykle i zadziwiające. Pytano mnie na przykład, jak mogło dojść do powstania w toku ewolucji stworzeń zamieszkujących głębokie rowy oceaniczne na dnie Pacyfiku, gdzie panują zupełne ciemności, a ciśnienie przekracza tysiąc atmosfer. Całe zespoły zwierząt rozwinęły się w tych warunkach, zasiedlając gorące kratery wulkaniczne głęboko na dnie pacyficznych rowów. Bakterie tych zespołów rozwinęły całą alternatywną biochemię, spożytkowując ciepło wulkanicznych wyziewów jako energię potrzebną do procesów metabolicznych, w których zamiast tlenu wykorzystywana jest siarka. Wszystkie inne organizmy pozostają całkowicie uzależnione od tych bakterii siarkowych, stanowiących pierwsze ogniwo łańcucha pokarmowego, spełniających takie zadanie, jak w normalnych warunkach rośliny czerpiące energię ze słońca.

Wszystkie zwierzęta tego siarkowego ekosystemu są krewniakami zwykłych zwierząt żyjących w innych środowiskach. Jak mogła wyglądać ich ewolucja, i jak w przypadku przystosowania do tak skrajnych warunków wyobrażać sobie ogniwa pośrednie? Żeby odpowiedzieć na te pytania, wystarczy znaleźć przynajmniej jeden naturalny czynnik, który zmienia się w sposób ciągły. Nietrudno o takie czynniki, gdy stopniowo opuszczamy się w morskie głębiny. Tysiąc atmosfer to ciśnienie niesłychanie wielkie, a przecież tylko na matematycznej skali różni się czymkolwiek od ciśnienia 999 atmosfer, które z kolei jest znowu niezauważalnie większe od ciśnienia 998 atmosfer, i tak dalej. Głębokość dna morskiego daje nam zmieniającą się w sposób ciągły skalę od zera do 10 kilometrów. Panujące na różnych głębokościach ciśnienie również bardzo gładko zmienia się w skali od jednej atmosfery do tysiąca. Podobnie rzecz się ma z natężeniem światła, które jest bardzo intensywne tuż przy powierzchni, by stopniowo zamienić się w całkowite ciemności panujące na głębinach, rozświetlane jedynie od czasu do czasu fosforyzującymi bakteriami. W przypadku wszystkich tych czynników nie istnieją żadne nagłe skoki i zmiany. Dla dowolnego ciśnienia i stopnia natężenia światła, na głębokości już zamieszkałej przez żywe organizmy, zawsze znajdzie się stworzenie, ledwie minimalnie lepsze od istniejących, które będzie w stanie przeżyć na nieco choćby większej głębokości, przystosować się do ciśnienia o jedną atmosferę wyższego i

natężenia światła mniejszego o jeden lumen. Dla dowolnego... no, ale ten rozdział i tak ciągnie się już zbyt długo. Poznałeś moją metodę, Watsonie. Zastosuj ją.

Wspomniany już pastor odnalazł wiarę przeczytawszy o zachowaniu jednego z gatunków os. Karol Darwin natomiast stracił ją za sprawą osy, tyle że innej. „Nie potrafię sobie wyobrazić — pisał Darwin — że miłośnicy i wszechmocny Pan mógł w sposób celowy stworzyć gąsieniczki z wyraźnym przeznaczeniem ich do odżywiania się w ciałach żywych gąsienic”. W rzeczywistości stopniowa utrata wiary przez ojca ewolucjonizmu, z czym się ukrywał ze względu na swą pobożną żonę Emmę, miała o wiele bardziej złożone przyczyny. Jego sentencję o gąsieniczkach należy traktować metaforycznie. Makabryczne zwyczaje, do których w niej się odnosi, są udziałem spokrewnionych z gąsieniczkami os samotnych, z którymi zetknęliśmy się wcześniej. Samica osy samotnej składa jaja w ciele gąsienicy, konika polnego lub pszczoły, aby rozwijająca się larwa mogła się nim żywić. To jednak nie wszystko. Osa matka, według Fabre’a i innych entomologów, umiejętnie trafia żądłem dokładnie w każdy zwój nerwowy ofiary, paraliżując ją, lecz nie zabijając. Dzięki temu mięso dla larwy zachowuje świeżość. Nie wiadomo, czy paraliżujące użądlenie działa jak ogólny środek znieczulający, czy też raczej niczym kurara obezwładnia tylko ofiarę, uniemożliwiając jej poruszanie się. W tym drugim przypadku ofiara zachowywałaby świadomość, że jest zjadana od środka na żywca, ale nie byłaby w stanie poruszyć ani jednym mięśniem, żeby temu przeciwdziałać. Zakrawa to na niewiarygodne okrucieństwo. Jak się jednak przekonamy, natura nie jest okrutna, lecz tylko bezdusznie obojętna. To jedna z najtrudniejszych do zaakceptowania przez ludzi nauk, wynikających z obserwacji przyrody. My ludzie nie potrafimy pogodzić się z myślą, że coś może nie być ani złe, ani dobre, ani okrutne, ani łaskawe, lecz zwyczajnie obojętne, bezduszne i bezcelowe.

Mamy zakodowaną w naszych umysłach potrzebę celowości wszystkiego. Trudno nam patrzeć na cokolwiek nie zadając sobie od razu pytania: czemu to służy, w jakim celu istnieje? Kiedy obsesja celowości nabiera cech patologicznych, nazywa się ją paranoją, czyli dopatrywaniem się ukrytych sensów i zamiarów we wszystkim, co się dzieje, w każdym przypadkowym zdarzeniu. To tylko chorobliwa postać niemal powszechnego złudzenia. Wobec każdego prawie nowo poznanego przedmiotu czy zjawiska cisną się nam na usta pytania: dlaczego?, po co?, w jakim celu?

Pragnienie znajdowania sensu i celu we wszystkim jest naturalne dla stworzenia żyjącego w otoczeniu maszyn, narzędzi, przedmiotów mających zawsze wyraźne przeznaczenie; stworzenia, którego wszystkie myśli nastawione są na realizację osobistych dążeń. Samochód, otwieracz do konserw czy widły do siana, wszystkie te przedmioty zdają się utwierdzać zasadność pytania: po co coś jest? Nasi pogańscy przodkowie w ten sam sposób pytali o strumienie, głązy, błyskawice i zaćmienia słońca. Dzisiaj z pobłażaniem mówimy o dawnych animistycznych wierzeniach, dumni z tego, że jesteśmy wolni do takich przesądów. Jeżeli trafi się kamień pozwalający suchą nogą przejść przez strumyk, traktujemy to jako szczęśliwy przypadek nie doszukując się żadnej celowości. Jednakże echo dawnych wierzeń wraca, kiedy dotyka nas jakieś nieszczęście. W samym sformułowaniu „dotyka nieszczęście” kryje się atawistyczna wiara w celowość przypadkowych zdarzeń. Pytamy się: dlaczego to (śmiertelna choroba dziecka, trzęsienie ziemi, niszcząca wszystko wichura) musiało dotknąć właśnie nas? Również wtedy, gdy rozważamy praprzyczynę wszystkiego lub genezę fundamentalnych praw fizyki, pojawia się to samo echo dawnych przesądów, przybierając postać egzystencjalnego

pytania bez odpowiedzi: dlaczego raczej jest coś niż nic?

Straciłem już rachubę, ileż to razy po zakończonym wykładzie ktoś ze słuchaczy wstawał i mówił mniej więcej coś takiego: „Wy, naukowcy, jesteście dobrzy w odpowiadaniu na pytanie «jak», kiedy jednak przychodzi do odpowiedzi na pytanie «dlaczego», okazujecie się bezsilni”. Dokładnie taką tezę zaprezentował Filip, książę Edynburga, w czasie wykładu wygłoszonego w Windsorze przez jednego z moich kolegów, doktora Petera Atkinsa. Za tego typu pytaniami kryje się zawsze nie wypowiedziana, ale wyraźna sugestia, że skoro nauka nie potrafi odpowiadać na pytania „dlaczego” i „po co”, musi istnieć inna kompetentna w tym zakresie dyscyplina. Takiemu rozumowaniu brakuje w sposób oczywisty logiki.

Obawiam się, że doktor Atkins szybko rozprawił się z książęcym „dlaczego”. Sam fakt, że można postawić jakieś pytanie, nie przesądza o jego zasadności bądź sensowności z punktu widzenia logiki. Pytać możemy o całe mnóstwo różnych rzeczy, na przykład jaka jest temperatura czegoś lub w jakim coś jest kolorze. Nie ma jednak sensu pytanie o kolor bądź temperaturę, powiedzmy, zazdrości albo modlitwy. Na tej samej zasadzie, mamy pełne prawo, by pytać o przeznaczenie błotników rowerowych albo tamy Kariba, co jednak nie daje nam żadnych podstaw, żeby uznać sensowność pytania o celowość istnienia głazu, naturalnego kataklizmu, Mount Everestu czy całego wszechświata. Pytania mogą być po prostu niewłaściwie stawiane, niezależnie od tego, jak są szczerze.

Gdzieś pomiędzy samochodowymi wycieraczkami i otwieraczami do konserw, z jednej strony, a górami i wszechświatem z drugiej, plasują się żywe stworzenia. Żywe organizmy i ich narządy stanowią byty, które — w odróżnieniu od gór — wydają się mieć celowość wpisana we własne jestestwo. Jak można się tego spodziewać, pozorna celowość żywych organizmów stała się fundamentem klasycznej argumentacji za istnieniem Planu Bożego i była przywoływana przez teologów od św.

Tomasza z Akwinu, przez Williama Paleya, po współczesnych „naukowych” kreacjonistów.

Prawdziwa natura procesu, który doprowadził do powstania skrzydeł, oczu, dziobów, rozwinięcia się instynktu gniazdowania, i tego wszystkiego, co związane z życiem na Ziemi, a co wzbudza w nas iluzję celowości, została wreszcie odkryta i właściwie zrozumiana. Zrozumienie przyniosła darwinowska teoria doboru naturalnego. Nastąpiło to zadziwiająco późno, bo ledwie sto pięćdziesiąt lat temu. Przed Darwinem nawet wykształceni ludzie, którzy już dawno uwolnili się od przesądów kazać dopatrywać się celowości w istnieniu kamieni, zaćmień czy strumyków, wciąż jeszcze uważali za zasadne stawianie pytań „po co” i „dlaczego” w odniesieniu do żywych organizmów. Obecnie tylko naukowci dyletanci zadają takie pytania. Za owym „tylko” kryje się jednak smutna prawda, że ci dyletanci stanowią wciąż absolutną większość.

W rzeczywistości również darwiniści formułują pytania „dlaczego” i „po co”, ale posługują się nimi w specjalny, metaforyczny sposób. Dlaczego ptaki śpiewają i po co są skrzydła? Takie pytania są akceptowane przez współczesnych darwinistów jako wygodne skróty myślowe, na które istnieją lub mogą istnieć sensowne odpowiedzi w formie opisu procesu doboru naturalnego ptasich przodków. Iluzja celowości narzuca się w sposób tak oczywisty, iż nawet sami biologowie posługują się roboczą hipotezą celowego działania wedle przemyślanego planu jako wygodnym narzędziem badawczym. Na długo przed swoim epokowym dziełem na temat tańca pszczół, Karl von Frisch odkrył, wbrew obowiązującej wówczas teorii i na przekór autorytetom, że niektóre owady posiadają zdolność widzenia

kolorów. Do podjęcia badań skłoniła go obserwacja prostego faktu, że kwiaty zapylane przez pszczoły podejmują się trudnego i skomplikowanego procesu wytwarzania kolorowych pigmentów. Od razu rodzi się pytanie, po co miałyby to robić, gdyby pszczoły nie rozróżniały kolorów. W tym przypadku metafora celu, oznaczająca faktycznie założenie, iż musiało zadziałać prawo doboru naturalnego, posłużyła do wyciągnięcia ważkich konkluzji badawczych. Gdyby von Frisch wnioskował w ten sposób: „Kwiaty są kolorowe, a więc pszczoły muszą posiadać zdolność barwnego widzenia”, świadczyłoby to o bezkrytycznej wierze w iluzję celowości. Miał jednak pełne prawo sformułować swoją myśl tak, jak to uczynił: „Kwiaty są kolorowe, a więc warto trochę się natrudzić przeprowadzając nowe doświadczenia, żeby sprawdzić hipotezę, czy pszczoły nie posiadają barwnego widzenia”. Po przeprowadzeniu owych eksperymentów stwierdził, że pszczoły bardzo dobrze rozróżniają kolory, tyle że ich spektrum światła widzialnego jest nieco przesunięte względem naszego. Nie widzą światła czerwonego (my na ich miejscu nazwalibyśmy je pewnie „podżółcią”). Widzą za to fale świetlne o krótszej długości, których my nie możemy dostrzec, nazywane ultrafioletowymi. Ultrafiolet rozróżniają jako odrębny kolor, określane niekiedy mianem „pszczelego fioleto”.

Gdy von Frisch odkrył, że pszczoły widzą ultrafioletową część widma, przeprowadził kolejne rozumowanie przy użyciu metafory celu. Zadał sobie tym razem pytanie, po co pszczołom zdolność widzenia ultrafioletu. W swych rozważaniach powrócił do kwiatów. Chociaż nie widzimy ultrafioletu, potrafimy wykonać błonę fotograficzną czułą na fale świetlne o tej długości. Co więcej, możemy posłużyć się specjalnymi filtrami, które przepuszczają ultrafiolet, ale zatrzymują fale ze spektrum widzialnego dla człowieka. Kierowany własną intuicją, von Frisch wykonał serię ultrafioletowych zdjęć kwiatów. Ku swej radości odkrył, że na fotografiach widnieją złożone z kresek i kropek wzory, których oko ludzkie nigdy nie widziało. Kwiaty, które dla nas są po prostu żółte lub białe, w rzeczywistości zdobi jeszcze ultrafioletowy deseń, który zwykle jest znakiem rozpoznawczym dla poszukujących nektaru pszczół. Metafora przemyślanego i celowego działania znowu spełniła swoją funkcję: kwiaty, jeżeli były stworzone w sposób przemyślany, musiały wykorzystać fakt, że pszczoły widzą światło ultrafioletowe.

Kiedy Karl von Frisch był już w wieku sędziwym, dzieło jego życia, epokową pracę o tańcu pszczół, którą omawialiśmy w poprzednim rozdziale, poddał krytyce amerykański biolog Adrian Wenner, kwestionując wyniki badań i wnioski austriackiego uczonego. Von Frisch miał jednak szczęście dożyć chwili, gdy jego teoria została ostatecznie potwierdzona przez innego amerykańskiego biologa Jamesa L. Goulda, obecnie wykładającego na Princeton University. Gould dokonał tego przeprowadzając jeden z najbardziej błyskotliwych eksperymentów w dziejach biologii. Pokrótkę opiszę całą tę historię, gdyż bardzo dobrze ukazuje to, co chciałem powiedzieć o przydatności roboczego założenia, że natura działa jakby według „przemyślanego planu”.

Wenner i jego zwolennicy nie negowali istnienia czegoś takiego jak taniec pszczół. Nie przeczyli nawet, że taniec ten niesie ze sobą wszystkie te informacje, o których mówił von Frisch. Wenner potwierdzał, że oś figury tanecznej względem osi pionowej plastra wskazuje kierunek względem słońca, w jakim znajduje się pożywienie. Nie zgadzał się jednak z tym, że inne pszczoły są w stanie odczytać tę informację. Przyznawał, że częstotliwość obrotów jest odwrotnie proporcjonalna do odległości od pożywienia, i że w innych elementach tańca pszczoły zwiadowcy jest również zakodowana informacja na temat położenia nektarodajnych

kwiatów. Tyle że — twierdził Wenner — nie mamy żadnego dowodu na to, iż inne pszczoły rozumieją kod i odbierają informacje. Mogą ją po prostu ignorować. Eksperymenty von Frischa były, wedle sceptyków ze szkoły Wennera, naciągane. Powtórzyli je uwzględniając alternatywne sposoby odnajdywania pożywienia przez pszczoły i okazało się, że nie stanowią wcale bezsprzecznego dowodu na prawdziwość hipotezy von Frischa o języku tańca pszczół.

W tym miejscu naszej opowieści na scenę wkracza James Gould wraz ze swoim genialnym eksperymentem. Gould wykorzystał znany dobrze fakt związany z zachowaniem pszczół miodnych, o którym wspominałem w poprzednim rozdziale. Pszczoły miodne zwykle odbywają swój taniec w zupełnych ciemnościach ula, odwzorowując poziomy kierunek wobec słońca na pionowej płaszczyźnie plastra. Nie sprawia im jednak trudności przestawienie się na bezpośrednie wskazywanie kierunku względem źródła światła — jak zapewne czynili to praprzodkowie dzisiejszych pszczół — jeżeli tylko w środku ula zapalimy światło. Zapominają wówczas o grawitacji i określają kierunek według żarówki zastępującej im słońce. Taka zmiana nie wywołuje bynajmniej nieporozumień u innych pszczół obserwujących taniec informatorki. Pszczoły rozumieją go dokładnie tak jak powinny, z uwzględnieniem zmiany układu odniesienia z osi pionowej plastra na źródło światła w postaci żarówki. Wylatując z ula kierują się niezmiennie w stronę wskazaną przez tancerkę, niezależnie od tego, co stanowiło dla niej punkt odniesienia.

Przejdźmy wreszcie do genialnego pomysłu Jima Goulda. Powlekł on oczy pszczoły tancerki czarnym szlakiem, by nie mogła widzieć żarówki. Odbywała więc swój zaszyfrowany taniec w zwykły sposób, biorąc za punkt odniesienia pionową oś plastra. Natomiast inne pszczoły, które śledziły jej taniec, nie miały zasłoniętych oczu i mogły widzieć palącą się żarówkę. Interpretowały one taniec pszczoły zwiadowcy według konwencji z żarówką zastępującą słońce, czyli wbrew intencjom tańczącej. Mierzyły kąt między kierunkiem wyznaczonym przez taniec, a kierunkiem padania promieni słonecznych, podczas gdy dla samej tańczącej układ odniesienia tworzył pion wyczuwalny za pomocą zmysłu grawitacji. W praktyce oznaczało to, że Gould zmusza pszczołę zwiadowcę do nadawania fałszywego kodu na temat położenia nektarodajnych kwiatów. Zafałszowanie było w tym przypadku bardzo konkretne i dotyczyło wyłącznie kierunku, w jakim znajduje się pożywienie. Gould mógł swobodnie manipulować różnicą między kierunkiem, który pokazywała tancerka, a kierunkiem odczytywanym przez pozostałe pszczoły. Powtórzył on swoje doświadczenie wielokrotnie na reprezentatywnej próbie pszczół i przy różnych wartościach kątów wyznaczających kierunki. Za każdym razem pszczoły obierały kierunek odchylony od właściwego o przewidzianą przez Goulda różnicę. W ten sposób pierwotna hipoteza von Frischa uzyskała ostateczne potwierdzenie.

Nie opowiedziałem tej historii wyłącznie dlatego, że jest ciekawa sama w sobie. Chciałem ją wykorzystać do zwrócenia uwagi zarówno na negatywne, jak i pozytywne aspekty wykorzystywania roboczego założenia, iż natura działa według przemyślanego planu. Kiedy po raz pierwszy zetknąłem się z pismami Wennera i jego zwolenników, nie ukrywałem lekceważącego stosunku do ich tez. Nie było to wcale dobre, niezależnie od tego, że w końcu okazały się one błędne. Moje bowiem lekceważenie wyływało całkowicie z bezkrytycznego zasugerowania się „założeniem o naturze działającej według przemyślanego planu”. Wenner nie przeczył wcale, że istnieje coś takiego jak taniec pszczół, ani też nie podważał twierdzeń von Frischa na temat zakodowanych w nim informacji. Ograniczył się jedynie do zakwestionowania faktu, iż pozostałe pszczoły potrafią odczytać te informacje. Dla mnie i dla

innych darwinistów twierdzenie takie było nie do przyjęcia. Nie dopuszczaliśmy myśli, żeby tak wysoce skomplikowany i przemyślny sposób przekazywania informacji, jak taniec pszczół, miał się okazać zupełnie bezcelowy. Z naszego punktu widzenia tak doskonały system kodów mógł powstać jedynie na drodze doboru naturalnego. W pewnym sensie wpadliśmy więc w tę samą pułapkę, w którą wpadają kreacjoniści zachwycając się cudami natury. Taki taniec musiał, według nas, czemuś służyć, a najlepszym uzasadnieniem dla jego istnienia wydawała się teoria o przekazywaniu informacji na temat miejsca występowania pożywienia. Tym bardziej że znakomicie tłumaczyła ona korelację między kierunkiem wskazywanym w czasie tańca oraz jego szybkością, a kierunkiem i odległością, w jakiej znajduje się pożywienie. Dlatego według nas — darwinistów — Wenner po prostu musiał się mylić. Byłem wówczas tak pewny swego, że nawet gdybym miał geniusz Goulda i wpadł na pomysł eksperymentu z zasłanianiem pszczole oczu, nie zadałbym sobie trudu, żeby go przeprowadzić.

Gould okazał się genialny nie tylko dlatego, że wpadł na pomysł swojego eksperymentu, ale również dlatego, że rozumiał potrzebę przeprowadzenia go, nie dawszy się zwieść „założeniu o naturze działającej według przemyślanego planu”. Jednakże cały czas poruszamy się w naszych rozważaniach po cienkiej linii. Podejrzewam, że Gould, tak jak przed nim von Frisch przy badaniu barwnego widzenia pszczół, przystępował do eksperymentu z wiarą, że przyniesie on pozytywny rezultat i wart jest zachodu, właśnie dzięki przekonaniu o celowości istniejących w naturze fenomenów.

Chciałbym teraz wprowadzić do naszych rozważań dwa techniczne terminy: „odwrotnej inżynierii” oraz „funkcji użyteczności”. Pozostaję tutaj pod wpływem znakomitej książki Daniela Dennetta *Darwin's Dangerous Idea*. „Odwrotna inżynieria” to nazwa określająca pewną metodę rozumowania. Polega ona na tym, że postępujemy jak inżynier postawiony w sytuacji, gdy widzi wytwór o niezrozumiałym dla niego przeznaczeniu. Przyjmujemy na początku robocze założenie, że rzecz ta została stworzona w jakimś celu. Rozbieramy i badamy przedmiot zastanawiając się, do czego nadawałby się najlepiej. Zadajemy sobie przy tym pytania typu: „Gdybym chciał wykonać maszynę, która robiłaby to i tamto, czy zrobiłbym ją właśnie tak? albo „Czy przeznaczenie tego przedmiotu lepiej wyjaśnia traktowanie go jako maszyny do wykonywania tego, czy tamtego?”

Suwak logarytmiczny, jeszcze do niedawna nieodłączny atrybut inżyniera świadczący niezbicie o jego przynależności do tej szacownej profesji, w epoce elektronicznej wydaje się już niemal takim samym reliktem jak jakieś narzędzie z epoki brązu. Archeolog z przyszłości, znalazłszy suwak logarytmiczny zacznie się zastanawiać nad jego przeznaczeniem. Zauważy zapewne, że jest poręczny i dobrze by się nadawał do wykreślania prostych linii lub smarowania masłem kromki chleba. Jednakże przyjęcie każdej z tych hipotez kłóciłoby się z zasadą ekonomiczności. Przecież zwykła linia do odrysowywania lub nóż do masła nie musiałyby mieć suwanego liniału z podziałką. Poza tym, gdyby przyszły archeolog zadał sobie trud i policzył odstępy podziałki, odkryłby ich zadziwiająco precyzyjną zbieżność ze skalą logarytmiczną, którą trudno by tłumaczyć przypadkowym zbiegiem okoliczności. Z pewnością naprowadziłoby go to na myśl, że przyrząd taki mógł, zanim wynaleziono kalkulator, służyć do szybkiego obliczania wyników skomplikowanych działań. Tajemnica suwaka logarytmicznego zostałaby w ten sposób odkryta dzięki metodzie odwrotnej inżynierii, przy założeniu, że urządzenie było projektowane w sposób przemyślany i projekt spełnia postulat ekonomiczności.

„Funkcja użyteczności” to termin techniczny używany nie przez inżynierów, lecz

ekonomistów. Stosują oni tę funkcję wtedy, gdy pragną znaleźć „to, co ma być maksymalizowane”. Planiści i ekonomiści w tym przypominają budowniczych i inżynierów, że dążą do maksymalizacji czegoś konkretnego. Utylitaryści dążą do osiągnięcia „maksymalnej szczęśliwości dla maksymalnej liczby ludzi” (sentencja ta brzmi mądrze, jeżeli głębiej się nad nią nie zastanawiać). Wychodząc z takiego założenia utylitaryści mogą uznać za priorytetową długoplanową stabilizację kosztem chwilowego powodzenia, traktowanego jako mniej ważne. Między sobą utylitaryści różnią się tym, jak mierzą ową powszechną szczęśliwość: czy zasobnością finansową, satysfakcją zawodową, poczuciem samorealizacji czy też powodzeniem w stosunkach międzyludzkich. Są też tacy, którzy jawnie dążą do maksymalizacji własnego powodzenia kosztem dobra ogólnego. Usprawiedliwiają swój egoizm filozofią głoszącą, że drogą do maksymalizacji powszechnej szczęśliwości jest powodzenie jednostek. Obserwując postępowanie poszczególnych ludzi, można — stosując metodę odwrotnej inżynierii — rozpoznać, jaka jest ich funkcja użyteczności. Jeżeli tę samą metodę odnieść do rządów różnych państw, okaże się, że jedne dążą do maksymalizacji zatrudnienia i ogólnego dobrobytu, inne — władzy prezydenta, zamożności rodziny panującej lub wielkości sułtańskiego haremu, jeszcze inne — stabilizacji na Bliskim Wschodzie czy też wysokości cen ropy naftowej. Istotne jest to, że w każdym przypadku można wyobrazić sobie więcej niż jedną użyteczność. Nie zawsze jest oczywiste, na czym najbardziej zależy poszczególnym ludziom, firmom, rządowi. Można jednak bez obawy popełnienia błędu założyć, że istnieje coś, jakaś wartość, do której maksymalizacji dążą. Dzieje się tak, ponieważ *Homo sapiens* stanowi gatunek w znacznej mierze funkcjonujący na zasadzie celowości. Zasada ta sprawdza się nawet wówczas, gdy funkcja użyteczności okazuje się sumą ważoną lub innym, równie skomplikowanym wskaźnikiem będącym funkcją innych, równie abstrakcyjnych czynników.

Wróćmy teraz do żywych organizmów i spróbujmy odnaleźć ich funkcję użyteczności, czyli to, do czego maksymalizacji dążą. Potencjalnie można wyobrazić sobie takich użyteczności bardzo wiele, ale ostatecznie okazuje się, że sprowadzają się one do jednej. Dobrym sposobem na bardziej obrazowe sformułowanie naszego zadania jest wyobrażenie sobie, że wszystkie żywe stworzenia są dziełem Boskiego Inżyniera, a my mamy rozpoznać za pomocą metody odwrotnej inżynierii, co ON chciał maksymalizować. Innymi słowy, jaka była funkcja użyteczności Pana Boga.

Gepard wydaje się pod każdym względem stworzony do konkretnego celu i nie powinno być najmniejszych problemów z rozpoznaniem za pomocą odwrotnej inżynierii jego użyteczności. Wszystko w tym drapieżnym kocie zdaje się być podporządkowane jednemu — skuteczności w zabijaniu antylop. Zęby, pazury, nos, mięśnie nóg, układ kostny, mózg, wszystko jest w nim dokładnie takie, jakie powinno być, gdybyśmy założyli, że celem Boga było stworzenie zwierzęcia maksymalnie skutecznego w polowaniu na antylopy. Z drugiej strony, jeżeli zastosujemy to samo rozumowanie wobec antylop, okaże się, że zostały one stworzone dokładnie po to, by zminimalizować szanse gepardów na udane polowanie i skazać drapieżniki na głód. Wszystko w nich podporządkowane jest jednemu — skuteczności w ucieczce. Wyglądałoby na to, że oba gatunki zostały stworzone przez dwóch rywalizujących ze sobą bożków, jednego od gepardów, drugiego od antylop. Jeżeli jednak jest tylko jeden Stwórca, który zaplanował zarówno jagnię, jak i tygrysa, geparda i gazelę, to do czego On dąży, jaki ma cel? Czy jest sadystą lubującym się w oglądaniu krwawych spektakli? Czy usiłuje zapobiec nadmiernemu rozmnożeniu się ssaków Afryki? Czy może stara się

maksymalizować atrakcyjność i oglądalność telewizyjnych seriali przyrodniczych Davida Attenborougha? Wszystkie te funkcje użyteczności mogą posłużyć za dobrze uzasadnione hipotezy tłumaczące celowość działań Stwórcy. W rzeczywistości jednak wszystkie one są całkowicie fałszywe. Obecnie rozumiemy dokładnie jaka jest naprawdę funkcja użyteczności życia, i żadna z powyższych hipotez nie ma z tym nic wspólnego.

Po lekturze rozdziału pierwszego czytelnik powinien z łatwością zrozumieć, że prawdziwa funkcja użyteczności życia na ziemi polega na maksymalizacji przetrwania DNA. Tyle że strumień DNA nie płynie swobodnie w czasie. Pośrednikami w podróży genów są żywe organizmy, i DNA, żeby przetrwać, musi całą swą potęgę przekazać im do dyspozycji. W ten sposób geny, którym za schronienie przypadł organizm geparda, dążą do maksymalizacji swych szans na przetrwanie, czyniąc z geparda specjalistę w polowaniu na gazy. Z kolei geny, które w swej wędrówce w czasie znalazły się w organizmie gazy, będą dążyły do osiągnięcia tego samego, wyposażając gazy w cechy umożliwiające skuteczną ucieczkę przed gepardami. W obu jednak przypadkach cel pozostaje ten sam — maksymalizacja szans na przetrwanie DNA. W rozdziale tym zamierzam wykazać na kilku przykładach zaczerpniętych z życia zwierząt, jak przy zastosowaniu metody odwrotnej inżynierii wszystko okazuje się jasne, gdy przyjmiemy założenie, że dla natury funkcją użyteczności jest przetrwanie DNA.

Proporcja samców do samic w populacjach dzikich zwierząt wyraża się zwykle stosunkiem 50:50. Rozwiązanie to wydaje się całkowicie sprzeczne z postulatem ekonomiczności w przypadku gatunków, w których mniejszość samców cieszy się dyskryminacyjnym wobec reszty monopolem na wszystkie samice. Jest to tak zwany system haremowy. W pewnej dokładnie przebadanej populacji słoni morskich osiemdziesiąt osiem procent wszystkich kopulacji przypadła ledwie na cztery procent samców. Pomińmy niesprawiedliwe potraktowanie przez funkcję użyteczności Stwórcy większości samców skazanych na stan kawalerski. Zastanówmy się jednak nad niesłychanym marnotrawstwem, które pozwala istnieć bezużytecznym dziewięćdziesięciu sześciu procentom samców, które pochłaniają połowę zasobów żywnościowych przypadających na całą populację (faktycznie zjadają one jeszcze więcej, gdyż dorosły samiec słonia morskiego jest znacznie większy od samicy). Bezużyteczna rzesza samców kawalerów nie robi nic innego, tylko czeka, żeby zająć miejsce jednego ze szczęściarzy z czteroprocentowej, samczej elity. Jak można uzasadnić celowość istnienia takiego stada bezużytecznych samców? W przypadku każdej funkcji użyteczności, która choćby w minimalnym stopniu przywiązywała wagę do efektywności całej populacji, samce te zostałyby uznane za zbędne. Samców rodziłoby się akurat tyle, żeby zapłodnić wszystkie samice. Ta pozorna anomalia znakomicie się tłumaczy, a wyjaśnienie urzeka prostotą, jeśli tylko zrozumie się, iż prawdziwą, darwinowską funkcją użyteczności jest maksymalizacja szans przetrwania DNA.

Nieco bliżej zajmę się przykładem proporcji płci w populacjach dzikich zwierząt, gdyż w tym przypadku funkcja użyteczności nadaje się do typowo ekonomicznej analizy. Sam Karol Darwin przyznawał się w tej sprawie do bezsilności: „Sądziłem początkowo, że tendencja do tego, by obie płci były równo reprezentowane jest korzystna dla gatunków i stanowi konsekwencję naturalnej selekcji. Teraz jednak widzę, że cały problem jest daleko bardziej skomplikowany i bezpieczniej będzie zostawić jego rozwiązanie przyszłym generacjom”. Jak w wielu innych przypadkach tym, który podjął pytanie pozostawione przez Darwina, okazał się wielki Ronald Fisher. Oto jak przedstawiało się rozumowanie Fishera.

Wszystkie rodzące się osobniki mają dokładnie jedną matkę i jednego ojca. Stąd też całkowity sukces reprodukcyjny mierzony w przyszłych potomkach jest taki sam dla wszystkich żyjących samców, jak dla wszystkich żyjących samic. Nie chodzi tu o każdego poszczególnego samca i samicę, ponieważ w sposób oczywisty istnieją osobniki będące lepszymi reproduktorami niż inne. Istotne jest w tym przypadku porównanie ogółu samców z ogółem samic. Ogólna liczba potomstwa przypadająca po równo na żeńską i męską część populacji musi zostać podzielona, tym razem już nierówno, między poszczególne osobniki. Skoro reprodukcyjny tort dzielony jest na dwie połówki, męską i żeńską, to jeśli liczba samców byłaby większa od liczby samic, kawałek tortu przypadający na jednego samca okazałby się cieńszy od przeciętnego kawałka samicy. Wynika z tego, że sukces rozrodczy statystycznego samca (czyli przeciętna liczba oczekiwanego potomstwa) oraz sukces rozrodczy statystycznej samicy zależy całkowicie od proporcji osobników jednej i drugiej płci w danej populacji. Przeciętny przedstawiciel płci znajdującej się w mniejszości będzie cieszył się większym sukcesem rozrodczym niż przeciętny przedstawiciel płci znajdującej się w większości. Jedynie gdy stosunek samców do samic jest jak jeden do jednego, przedstawiciele obu płci mają równe szanse na sukces jako reproduktorzy. Tę znaczącą, a zarazem prostą konkluzję można osiągnąć oddając się czysto logicznym spekulacjom siedząc wygodnie w fotelu. Nie potrzeba do tego znajomości żadnych faktów empirycznych, poza tym jednym podstawowym, że każde dziecko ma jednego ojca i jedną matkę.

Płeć dziecka przesądzana jest zwykle w chwili zapłodnienia, możemy więc przypuszczać, że poszczególny osobnik nie ma możliwości decydowania o jego płci. Załóżmy teraz, idąc w ślad Fishera, że rodzic ma zdolność determinowania płci własnego potomstwa. Mówiąc o zdolności nie mamy oczywiście na myśli świadomego działania czy też sprawowania kontroli. Możemy sobie jednak wyobrazić, że organizm matki wyposażony został w genetyczny mechanizm, który sprzyja wytwarzaniu w pochwie środowiska biochemicznego choć trochę nieprzyjaznego dla plemników, z których powstają potomkowie męscy. Ojciec z kolei mógłby mieć genetycznie uwarunkowaną skłonność do wytwarzania większej ilości „żeńskich” niż „męskich” plemników. Niezależnie od fizjologicznego rozwiązania spróbujmy postawić się w sytuacji rodzica, który staje przed dylematem czy wybrać córkę, czy syna.

I znowu sformułowanie „staje przed dylematem” jest tu tylko przenośnią, gdyż nie chodzi nam o świadomy wybór, lecz selekcję dokonaną na przestrzeni pokoleń, faworyzującą dany zestaw genów, umożliwiający fizjologiczny wpływ na płeć potomstwa.

Czy gdyby celem twoim była maksymalizacja liczby wnuków, wybrałbyś syna czy córkę? Jak już się przekonaliśmy, najlepiej w takiej sytuacji mieć dziecko tej płci, która znajduje się w mniejszości w danej populacji. Wtedy twojemu dziecku powinien przypaść relatywnie większy udział w liczbie potomstwa całej populacji, a więc ty będziesz miał więcej wnuków. Jeżeli nie ma płci, która znajdowałaby się w mniejszości, a więc stosunek jest jak jeden do jednego, płeć dziecka nie ma znaczenia dla liczby twoich wnuków. Dlatego też stosunek płci jeden do jednego określa się jako ewolucyjnie stabilny, używając terminu ukutego przez wybitnego brytyjskiego ewolucjonistę Johna Maynarda Smitha. Jedynie gdy równowaga płci w istniejącej populacji została zachwiana, wybór płci dziecka może przynieść reprodukcyjną korzyść. Natomiast na pytanie, dlaczego dany osobnik miałby zabiegać o pomnożenie liczby swoich wnuków, właściwie nie potrzeba odpowiadać. Po prostu geny, które sprawiają, że dany osobnik dąży do maksymalizacji potomstwa, są tymi, które przetrwały przez pokolenia i występują w świecie organicznym. Stworzenia, które oglądamy, odziedziczyły geny po

przodkach, którzy okazali się skutecznymi jako reproduktorzy.

Chciałoby się w tym momencie teorię Fishera sprowadzić do stwierdzenia, że stosunek płci jeden do jednego jest „optymalny”. Jednak ściśle rzecz biorąc takie określenie jest niewłaściwe. Optymalna płeć dla potomka to samiec, o ile samce znajdują się w mniejszości, oraz samica, o ile samice znajdują się w mniejszości. Jeżeli żadna płeć nie jest w przewadze, nie ma optimum. Rodzic spełniający warunek bycia „dobrze zaprojektowanym” reproduktorem będzie wykazywał całkowitą obojętność wobec płci swojego potomstwa. Pół na pół stanowi ewolucyjnie stabilną proporcję płci, ponieważ naturalna selekcja nie wyróżnia odchylenia w żadną ze stron. Jeżeli takie odchylenie pojawia się na drodze doboru naturalnego, wkrótce zostaje przywrócona równowaga.

Fisher posunął się w swych rozważaniach o krok dalej. Zdał on sobie sprawę, że ściśle rzecz biorąc dobór naturalny nie regulował bezpośrednio proporcji samic i samców, lecz wpływał na — jak to określił Fisher — stopień rodzicielskiego poświęcenia w płodzeniu potomstwa jednej i drugiej płci. „Rodzicielskie poświęcenie” oznacza tu ilość ciężko zdobytego pokarmu dostarczanego dziecku, czas przeznaczony na pilnowanie go i wychowywanie, który można by wykorzystać inaczej, choćby faworyzując potomka odmiennej płci. Przypuśćmy dla przykładu, że rodzice jednego z gatunków fok poświęcają średnio dwa razy więcej czasu i energii na wychowanie młodych samców niż samic. Dorosłe samce fok są tak masywne w porównaniu z samicami, że nietrudno w to uwierzyć (choć wcale nie musi to być prawdą). Zastanówmy się teraz, co to oznacza. Prawdziwy wybór, jaki stałby wówczas przed rodzicem, nie brzmiałby: „czy powinienem mieć syna czy córkę”, lecz „czy powinienem mieć syna czy dwie córki”. Czas potrzebny na odchowanie jednego potomka męskiego wystarczy bowiem na dwoje potomków płci żeńskiej. Ewolucyjnie stabilna proporcja płci wyrażałaby się w takiej sytuacji stosunkiem jeden do dwóch (na jednego młodego samca przypadająby dwie samice). Jednakże ta sama, ewolucyjnie stabilna proporcja mierzona nie liczbą potomków jednej i drugiej płci, tylko ilością rodzicielskiego poświęcenia dla potomków jednej i drugiej płci pozostawałaby w stosunku jeden do jednego. W praktyce okazuje się zwykle, że oznacza to jednocześnie równowagę ilości osobników obu płci.

Nawet w przypadku fok nie wydaje się, by wskaźnik rodzicielskiego poświęcenia był wyraźnie większy w przypadku młodych płci męskiej niż płci żeńskiej. Ogromna dysproporcja wagi między samcami i samicami przychodzi później, już po okresie pozostawania pod opieką rodziców. Wydaje się więc, że faktycznie rodzice ciągle stają przed dylematem „syn czy córka”. Nie ma tu bowiem znaczenia całkowity „koszt” wychowania dorosłego samca. Jeżeli część kosztów decydująca o dysproporcji między samcami i samicami nie jest ponoszona przez rodziców, to teoria Fishera cały czas zachowuje ważność.

Zasada Fishera o równowadze rodzicielskiego poświęcenia okazuje swą przydatność w przypadkach, gdy przedstawiciele jednej płci wykazują większą śmiertelność niż drugiej. Przypuśćmy, że panuje większa umieralność wśród młodych płci męskiej niż żeńskiej. Jeżeli proporcja płci w momencie poczęcia wynosi jeden do jednego, to samce osiągnące dorosłość będą w mniejszości w stosunku do samic. W tej sytuacji moglibyśmy w swej naiwności przypuszczać, że dobór naturalny będzie faworyzował rodziców wyspecjalizowanych w synach. Fisher również oczekiwał czegoś podobnego, ale w ściśle ograniczonym zakresie. Nie przypuszczał, że rodzice będą poczynać męskich potomków w takim nadmiarze, żeby dokładnie zrekompensować ich większą umieralność. Owszem, zakładał, że proporcja między płciami w chwili poczęcia może być nieco korzystniejsza dla samców, ale tylko do punktu, w

którym spodziewane koszty ponoszone przez rodziców na odchowianie męskiego potomstwa zrównają się z kosztami ponoszonymi na wychowanie żeńskiej progenitury.

Ponownie najlepszym sposobem na zrozumienie tego zagadnienia, jest postawienie się w sytuacji rodzica, który musi podjąć decyzję, czy lepiej mieć córkę, która prawdopodobnie osiągnie wiek dojrzały, czy ryzykować z synem mogącym umrzeć jeszcze jako dziecko. Chcąc osiągnąć jak największą liczbę wnuków poprzez synów, trzeba się liczyć z tym, że prawdopodobnie przyjdzie ponieść dodatkowe koszty wychowania pewnej liczby synów, którzy nie dożyją wieku dojrzałego. Każdego z męskich potomków, który osiągnął wiek dojrzały, można sobie wyobrazić, jak niesie na swoich barkach duchy zmarłych przedwcześnie braci. Metafora ta ma o tyle sens, że dla rodzica zdecydowanie się na męskiego potomka w celu pomnożenia wnuków oznacza spożytkowanie pewnej ilości energii i poświęcenia na marne, skoro na każdego z synów, który będzie miał własne potomstwo, przypada kilku zmarłych przedwcześnie. Zasada równowagi stopnia rodzicielskiego poświęcenia znowu się sprawdza. Całkowita ilość środków i energii zainwestowanych w męskich potomków (wraz z odchowaniem przedwcześnie zmarłych do momentu ich śmierci) będzie równa całkowitej ilości środków i energii przeznaczonych na wychowanie córek, których ostatecznie pozostaje więcej.

Jak jednak przedstawia się zasada Fishera w sytuacji, gdy zamiast wyższej śmiertelności młodych płci męskiej, mamy do czynienia z nadumieralnością osobników płci męskiej, które wyszły już spod rodzicielskiej opieki? W rzeczywistości może się tak często zdarzać, gdyż dorosłe samce nierzadko walczą ze sobą i ranią się nawzajem. Wówczas w populacji zdolnej do rozmnażania również dochodzi do nierównowagi na korzyść samic. Wydawałoby się więc, że dobór naturalny powinien faworyzować rodziców płodzących męskie potomstwo, gdyż znajdzie się ono po osiągnięciu wieku dojrzałego w mniejszości. Wystarczy jednak chwilę się zastanowić, żeby zdać sobie sprawę z niewłaściwości takiego rozumowania. Tym razem dylemat, przed którym staje rodzic przedstawia się następująco: „Czy lepiej mieć syna, który, co bardzo prawdopodobne, zginie w walce, jak tylko go odchowam, ale za to, jeśli przeżyje, da mi prawdopodobnie więcej wnucząt; czy też lepiej mieć córkę, która da mi przeciętną liczbę wnucząt, ale za to bez ryzyka?” Średnia liczba wnucząt, jakiej można spodziewać się w przypadku syna, jest ciągle taka sama jak w przypadku córki. Koszty wychowania męskiego potomstwa również pozostają takie same, gdyż do osiągnięcia dojrzałości nie grozi mu większa śmiertelność. Fakt, że zaraz po wyjściu spod skrzydeł rodziców może zginąć, nie ma wpływu na nasze kalkulacje.

W każdym z rozważanych powyżej przypadków zakładaliśmy za Fisherem, że decydującym w sprawie płci jest rodzic. Całe rozumowanie należy przeprowadzić od nowa, gdy zmienia się ów decydent. Przypuśćmy, że dany osobnik mógłby wybierać własną płć. I tym razem nie mam na myśli świadomego, intencjonalnego wyboru. Hipotetycznie zakładam jedynie istnienie genów, które mogłyby, zależnie od bodźców zewnętrznych, przedstawiać rozwój osobniczy z wersji żeńskiej na męską lub odwrotnie. Dla wygody będę jednak nadal posługiwał się umowną metaforą świadomego wyboru płci. Gdyby zwierzętom, u których panuje system haremowy, na przykład słoniom morskim, dano swobodę wyboru własnej płci, mogłoby to przynieść nieobliczalne skutki. Poszczególne osobniki za wszelką cenę pragnęłyby zostać samcami, panami haremu; jeżeli jednak nie udałoby się im znaleźć w samczej elicie, wołałyby zostać samicami niż skazanymi na stan kawalerski samcami. W populacji przytłaczającą większość zaczęłyby stanowić samice. Słonie morskie nie mogą zmieniać płci, która została

zdeteminowana w chwili poczęcia, istnieją jednak gatunki ryb, które to potrafią. Samce jednego z gatunków ryb z rodziny wargaczowatych są duże, jaskrawo ubarwione i mają haremy złożone z mniejszych i mniej kolorowych samic. Jednak niektóre z samic są większe od innych i zajmują dominującą pozycję w zhierarchizowanej społeczności. Jeżeli samiec, pan haremu, ginie, jego miejsce szybko zajmuje największa z samic, która niemal momentalnie zmienia się w jaskrawo ubarwionego samca. Taka ryba najlepiej wykorzystuje czas dany jej przez naturę na płodzenie potomstwa. Zamiast marnować się jako samiec kawaler oczekujący bezproduktywnie na śmierć pana haremu, wykorzystuje ten czas jako w pełni sprawna samica. Dynamiczny charakter proporcji płci w populacjach wargaczy jest rzadkością w świecie zwierząt. W przypadku tych niezwykłych ryb zachodzi zbieżność Funkcji Użyteczności Stwórcy i czegoś, co ekonomiści mogliby nazwać racjonalnością.

Rozważyliśmy więc przypadki, gdy wpływ na płćć może mieć rodzic oraz sam zainteresowany. Kogo w takim razie jeszcze należałoby wziąć pod uwagę? Wśród owadów społecznych decyzja w dużej mierze zależy od bezpłodnych robotnic, które normalnie byłyby starszymi siostrami młodej, wychowywanej na królową-samicę (starszymi braćmi w przypadku robotników u termitów). Najlepiej znanym nam owadem społecznym są pszczoły miodne. Czytelnicy-pszczelarze pewnie już się zorientowali, że proporcja płci w ulu zdaje się nie potwierdzać teorii Fishera. Przede wszystkim trzeba zwrócić uwagę, że robotnic nie należy faktycznie liczyć jako samic. Teoretycznie są one samicami, ale skoro nie mogą mieć potomstwa, to proporcję płci populacji pszczół należy, w myśl teorii Fishera, określać stosunkiem liczby trutniów do liczby królowych wychowywanych i ekspediowanych w świat przez dany ul. W przypadku pszczół i mrówek istnieją ściśle techniczne powody, które przedstawiłem w książce *Samolubny gen* i których nie chcę tu powtarzać, pozwalające określić proporcję płci jako trzy do jednego na korzyść samic. A przecież każdy pszczelarz dobrze wie, że rzeczywista proporcja płci w ulu jest wyraźnie korzystna dla samców. Dobrze prosperujący ul jest w stanie w ciągu jednego sezonu wydać na świat pół tuzina nowych królowych. W tym samym jednak czasie rodzą się w nim setki, jeśli nie tysiące trutni.

Jak to więc jest z tymi pszczołami? Odpowiedź na to pytanie, podobnie jak i na wiele innych, przed którymi stają współcześni ewolucjoniści, zawdzięczamy W. D. Hamiltonowi z uniwersytetu w Oxfordzie. Jest ona odkrywczą między innymi dlatego, że w genialnym skrócie ujmuje teorię Fishera. Klucz do zagadki proporcji płci w społeczności pszczół miodnych tkwi w niezwyklej fenomenie rójki. Rozwój ula pszczelego pod wieloma względami przypomina rozwój osobniczy jakiegoś stworzenia. Ul osiąga dojrzałość, mnoży się i ostatecznie ginie. W środku lata, gdy ul osiąga maksimum swojego potencjału, wydała na zewnątrz własną kolonię zwaną rojem. Rojenie stanowi w przypadku ula ekwiwalent rozmnażania. Jeżeli traktować ul jak fabrykę, to rój jest jej produktem finalnym, będącym depozytariuszem tego, co najważniejsze, czyli genów pochodzących z macierzystego ula. Rój składa się z jednej królowej i kilku tysięcy robotnic. Wszystkie pszczoły z roju opuszczają wspólnie macierzysty ul i razem, tłocząc się jedna przy drugiej, czepiają się gałęzi lub nawisu skalnego, który będzie ich tymczasowym gniazdem. Po kilku dniach znajdą szczelinę lub dziuplę, gdzie założą nowy ul (w przypadku pszczół udomowionych zostaną po prostu schwytane przez pszczelarza).

Zadaniem dobrze rozwijającego się ula jest właśnie wypuszczanie w świat nowych rojów. Pierwszym krokiem przy formowaniu roju jest powstanie nowej królowej. Początkowo około pół tuzina pszczół przysposabianych jest do roli królowej, jednak tylko jednej dane będzie przeżyć i panować w roju. Pierwsza z kandydatek na królową z reguły zabija za pomocą żądła

następne (prawdopodobnie są one potrzebne wyłącznie na wszelki wypadek, gdyby pierwszej coś się stało). Pod względem genetycznym królowe mogłyby swobodnie zamienić się rolami z robotnicami, są one jednak wychowywane w specjalnych komórkach, które zwisają u dołu plastra miodu, i otrzymują pożywienie zgodne z wymogami specjalnej, pożywnej, królewskiej diety. W skład tej diety wchodzi tak zwane mleczko mateczne, substancja, której powieściopisarka Barbara Cartland przypisuje moc zapewniania długowieczności i obdarowywania królewskimi manierami. Przyszłe robotnice są wychowywane w mniejszych komórkach, tych samych, które służą później do magazynowania miodu. Pod względem genetycznym różnią się natomiast trutnie. Pochodzą one z nie zapłodnionych jaj. Jest godne uwagi, że to, czy dane jajo wyda na świat trutnia czy samicę (królową bądź robotnicę), zależy od królowej. Królowa kopuluje tylko raz w życiu, w czasie swojego lotu godowego, u samego początku dojrzałego życia. Pobrane wówczas nasienie magazynuje w swoim organizmie na resztę życia. Ponieważ każde jajo przechodzi przez jajowód królowej, może ona uwolnić (lub nie) odpowiednią porcję nasienia, żeby je zapłodnić. W ten sposób królowa sprawuje kontrolę nad proporcją samców wobec samic na etapie zapładniania (lub niezapładniania) jaj. Później jednak wszystko zależy od robotnic, one bowiem decydują o dostawach pożywienia dla larw. Mogą na przykład zagłodzić larwy samców, jeżeli uznają, że królowa wydała na świat zbyt dużo samczych jaj. Poza tym jedynie od robotnic zależy, czy z danego samiczego jaja powstanie królowa czy robotnica, decydują bowiem o tym wyłącznie warunki rozwoju larw, a zwłaszcza ich dieta.

Wróćmy teraz do naszego problemu proporcji płci i zastanówmy się nad decyzją, którą muszą podjąć robotnice. Jak wiemy ich dylemat nie polega na wyborze między potomstwem płci żeńskiej bądź męskiej, lecz na wyborze między braćmi (trutniami) lub siostrami (młodymi królowymi). Jesteśmy teraz w punkcie wyjścia, ponieważ faktyczna proporcja płci wydaje się być skrajnie niekorzystna dla samic, co zdaje się przeczyć teorii Fishera. Spróbujmy jednak wnikliwiej przyjrzeć się dylematowi pszczelich robotnic. Wcześniej mówiliśmy o tym jako o wyborze między odchowaniem braci bądź sióstr. Ale przecież decyzja, żeby odchowac brata--trutnia oznacza w praktyce o wiele mniej poświęcenia niż decyzja o odchowaniu nowej królowej, która oznacza nie tylko konieczność zapewnienia samicy specjalnej diety, ale również wykarmienie całej rzeszy robotnic, które będą tworzyły społeczność nowego roju. Faktyczne koszty odchowania królowej należy więc powiększyć o koszty odchowania robotnic z jej roju. To nie „mleczko mateczne”, lecz tysiące robotnic do wykarmienia stanowi o stopniu poświęcenia przy odchowaniu przyszłej królowej.

To właśnie tłumaczy pozornie nienormalną przewagę samców w społeczności płodnych pszczół. To szczególne „odwrócenie” skrajnego przypadku społeczności opartej na systemie haremowym, o której mówiliśmy wcześniej. Zasada Fishera głosi, że równe muszą być ogólne koszty ponoszone przez rodziców na wychowanie samców i samic, a nie liczba samców i samic w danej populacji. Odchowanie jednej królowej pociąga za sobą ogromne poświęcenie związane z odchowaniem tysięcy robotnic, które opuszczą ul. Przypomina to naszą hipotetyczną populację fok, w której wychowanie jednego samca kosztowało dwa razy więcej wysiłku niż jednej samicy, przy czym samców musiało być dwukrotnie mniej. W przypadku pszczół odchowanie jednej królowej jest setki lub tysiące razy bardziej kosztowne niż odchowanie jednego trutnia, ponieważ królowa ma za sobą cały zastęp robotnic z własnego roju do odchowania. Dlatego też królowe są setki lub tysiące razy mniej liczne niż trutnie. Jest jeszcze dodatkowy element w tej historii. Otóż z nowym rojem nie odlatuje wcale nowa

królowa, która pozostaje w ulu, lecz dotychczasowa. To zagadkowe zjawisko nie wpływa jednak na nasze kalkulacje. Decyzja bowiem o hodowaniu nowej królowej niezmiennie oznacza konieczność wyhodowania całego roju robotnic, które będą eskortowały starą królową do nowego ula.

Wróciliśmy w naszych rozważaniach o proporcji płci do problemu, od którego je rozpoczęliśmy, to znaczy opłacalności istnienia wielkiej liczby niepotrzebnych samców w populacjach, gdzie panuje system haremowy. Samce kawalerowie pochłaniają znaczną część pożywienia przypadającego na całą populację, chociaż nie płodzą potomstwa i są całkowicie bezużyteczne. Nie ma wątpliwości, że nie chodzi tu o maksymalizację „ekonomicznej” efektywności danej populacji. O co w takim razie chodzi? Jeszcze raz postawmy się w sytuacji, powiedzmy, matki, która stoi przed wyborem, czy lepiej mieć syna czy córkę, żeby osiągnąć jak największą liczbę wnucząt. Na pierwszy rzut oka wybór wydaje się oczywisty, jeżeli sformułuję pytanie w ten sposób: czy lepiej mieć syna, który prawdopodobnie skończy jako bezdzielny kawaler, czy córkę, co do której można mieć pewność, że przyniesie kilkoro wnucząt? Jednak nie jest to właściwe postawienie sprawy, gdyż nasz hipotetyczny rodzic powinien zdawać sobie sprawę, iż syn może stać się panem haremu, a wtedy da o wiele więcej wnuków niż przeciętnie należy się spodziewać po córce. Dla uproszczenia przyjmijmy, że wszystkie samice mają jednakową, przeciętną liczbę potomstwa, oraz że na dziesięć samców, dziewięć nigdy nie zostaje dopuszczonych do samicy, podczas gdy jeden staje się panem haremu. Mając córkę można w takiej sytuacji liczyć na przeciętną liczbę wnucząt. Natomiast mając syna, w dziewięciu przypadkach na dziesięć, nie będzie się w ogóle miało wnucząt, ale za to istnieje dziesięć procent szans, że liczba wnuków, które przyniesie syn, będzie dziesięciokrotnie przekraczała przeciętną. Wynika z tego, że średnia liczba wnucząt, jakich można spodziewać się po synach wynosi tyle samo, co średnia liczba wnucząt, które dadzą córki. Dobór naturalny ciągle więc dąży do zachowania proporcji jeden do jednego, nawet jeżeli z punktu widzenia ekonomiki na poziomie gatunkowym jak najbardziej pożądana byłaby przewaga samic. Zasada Fishera cały czas zostaje zachowana. v Całe to rozumowanie przeprowadziłem posługując się metaforą o podejmującym decyzję rodzicu. Nie wolno jednak zapominać, że to tylko wygodny skrót myślowy. W rzeczywistości wszystko sprowadza się do tego, że geny sprzyjające maksymalizacji liczby wnuków, stają się w sposób naturalny najliczniejsze w całej puli genów. Świat żywych organizmów zapełnia się genami, które potrafiły przetrwać przez kolejne pokolenia. A jak inaczej jakiś gen może sobie zapewnić długowieczność, jeśli nie poprzez wpływanie na osobnika, który jest jego tymczasowym gospodarzem, aby maksymalizował liczbę potomstwa? Teoria Fishera o proporcji płci pokazuje nam, w jaki sposób się to dokonuje. Jak mogliśmy się przekonać, w niczym nie przypomina to dążenia do maksymalizacji „ekonomicznej” efektywności danego gatunku czy populacji. Widać w tym wszystkim funkcję użyteczności, ale jest to funkcja użyteczności bardzo różniąca się od tej, o której pomyślałyby nasze ludzkie, ekonomicznie zorientowane umysły.

Marnotrawstwo systemu haremowego można by w skrócie przedstawić następująco. Samce, zamiast poświęcić się jakiemuś pożytecznemu zajęciu, tracą energię i zdrowie na bezsensowne walki między sobą. Takie stwierdzenie jest zasadne, nawet jeżeli przyjmiemy zawężoną, darwinowską, definicję „pożytecznego zajęcia”. Dla darwinistów bowiem pożyteczne jest wyłącznie to, co służy pomnożeniu i odchowaniu potomstwa. Jeżeli więc samce obróciłyby energię traconą w walkach na coś pożytecznego, gatunek jako całość

skorzystałby na tym, gdyż większa liczba potomstwa mogłaby być wychowywana mniejszym wysiłkiem i przy mniejszym zapotrzebowaniu na pożywienie.

Specjalista od organizacji i racjonalizacji pracy złapałby się za głowę na widok „niegospodarności” panującej w społeczności słoni morskich. Spróbujmy wyobrazić sobie analogiczną sytuację w świecie ludzi. Niech to będzie warsztat, w którym pracować może nie więcej niż dziesięć osób, gdyż znajduje się w nim akurat dziesięć obrabiarek. Zamiast jednak dziesięciu pracowników, kierownictwo decyduje się zatrudnić stu. Codziennie do pracy stawia się cała setka i cała setka dostaje swoją dniówkę. Dzień pracy zaczynają od walki o miejsce przy obrabiarkach, których jest tylko dziesięć. Obrabiarki wreszcie zaczynają pracować, ale z pewnością nie zostaje wykonane więcej pracy niż przy zatrudnieniu tylko dziesięciu pracowników. Można raczej przypuszczać, że mniej, gdyż dużą część czasu i energii pracowników pochłania walka o miejsca, co zmniejsza ich efektywność. Ekspert od organizacji pracy nie miałby wątpliwości, co trzeba zrobić. Uznałby, że w warsztacie występuje dziewięćdziesięcioprocentowy przerost zatrudnienia i niepotrzebnych pracowników należy zwolnić.

Samce wielu gatunków zwierząt marnują swoją energię — marnują oczywiście z punktu widzenia ludzkiej ekonomiki — nie tylko walcząc ze sobą, ale i rywalizując w inny sposób, na przykład w ramach swoistych konkursów piękności. Tu dochodzimy do innej użyteczności, którą my ludzie gotowi jesteśmy uznać, mimo braku ekonomicznego znaczenia. Tą użytecznością jest piękno rozumiane w kategoriach czysto estetycznych. Gdyby przyjąć taką optykę, można by ulec wrażeniu, że funkcja użyteczności Stwórcy bywa niekiedy podporządkowana konkursom piękności przypominającym nasze wybory miss, tyle że z samcami w roli kandydatów do tytułu. Znakomitym na to przykładem są ptaki tokujące, jak cietrzewie czy bataliony. Toki polegają na zalotnych tańcach i pozorowanych walkach samców w obecności samic. Tokujące samce przybierają zwykle dziwaczne szaty godowe, eksponowane w czasie tańców przy akompaniamencie trzepotań i różnych odgłosów. Oczywiście słowo „dziwaczny”, zawierające wyraźnie negatywną konotację, odnosi się wyłącznie do ludzkiego, subiektywnego punktu widzenia. Możemy przypuszczać, że tokujący cietrzew wcale nie wydaje się samicy tego samego gatunku dziwaczny, lecz właśnie atrakcyjny, i tylko to się liczy. W niektórych przypadkach koncepcja piękna ptasich samic pokrywa się z naszą, dzięki czemu zachwycamy się pawim ogonem i wielobarwnością rajskich ptaków.

Śpiew słowika, ogon pawia, tęcze kolory i błyski ryb zamieszkujących rafy koralowe, wszystko to są przykłady maksymalizacji wrażeń estetycznych, a przecież nie powstały one po to, by ludzie mieli się czym zachwycać. Nasza radość z możliwości podziwiania piękna natury to tylko dodatek ekstra, produkt uboczny. Geny, które czynią samca atrakcyjnym dla samicy tego samego gatunku, w sposób automatyczny przekazywane są następnym pokoleniom, trafiając do wielkiej rzeki DNA, która niesie je w przyszłość. Istnieje tylko jedna jedyna funkcja użyteczności, która nadaje temu pięknu praktyczny sens. Jest to ta sama funkcja użyteczności, która reguluje proporcje płci wśród słoni morskich, każe gepardom i antylopom uczestniczyć w pozornie bezowocnych gonitwach za sobą, uczy kukułki podrzucać jaja, a wszy skakać, wyposaża nas w oczy, uszy i tchawicę, jedne mrówki czyni sterylnymi robotnicami, a inne superpłodnymi królowymi. Ową uniwersalną użytecznością, wartością, której maksymalizacja stanowi naczelny cel całego świata żywych organizmów, jest w każdym przypadku przetrwanie DNA. Wiedząc to, jesteśmy w stanie wyjaśnić wszelkie — z pozoru

zagadkowe bądź paradoksalne — fenomeny natury.

Pawie zmuszone są do noszenia tak ciężkiego i zawadzającego ogona, że prawie uniemożliwia to im podejmowanie jakichkolwiek pożytecznych działań. Gdyby nawet chciały poświęcić się jakiemuś pożytecznemu zajęciu — a raczej nie wykazują ku temu ochoty — okazałoby się, że nie są w stanie. Samce ptaków śpiewających zużywają niebezpiecznie dużo czasu i energii na śpiewanie. Ich śpiew może, po pierwsze, zwabiać drapieżniki. Po drugie, jest marnotrawstwem czasu, który mogłyby wykorzystać na zbieranie pożywienia i uzupełnianie energii, którą tracą na śpiewacze popisy. Pewien ornitolog, specjalista od strzyżyków, twierdził, że widział na własne oczy jak jeden z obserwowanych przez niego samców zaśpiewał się dosłownie na śmierć. W przypadku każdej funkcji użyteczności, która miałaby na względzie dobro gatunku, czy też danego samca, zostałaby zredukowana ilość czasu i sił przeznaczanych na śpiewanie, tokowanie, rywalizację z innymi samcami. Tak się jednak nie dzieje, ponieważ prawdziwym celem jest maksymalizacja szans na przetrwanie DNA. Nic nie może powstrzymać rozprzestrzeniania się genów, których jedyną szansą przetrwania jest czynienie samców bardziej atrakcyjnymi dla samic. Piękno czy atrakcyjność nie jest tu wartością samą w sobie. Jednakże w sposób nieunikniony następnym pokoleniom zostają przekazane właśnie te geny, które czynią samca bardziej pożądanym w oczach samicy.

Dlaczego drzewa w lesie są takie wysokie? Bo każde chce przewyższyć rywali wokół siebie. Z pozoru znacznie sensowniej byłoby, gdyby wszystkie osiągały zgodnie znacznie mniejszą wysokość. Otrzymywałyby wtedy tę samą ilość energii w postaci promieniowania słonecznego, oszczędzając na utrzymaniu grubych strzelistych pni i rozbudowanych systemów korzeniowych. Gdyby jednak cały las był niskopienny, dobór naturalny musiałby uprzywilejować pojedyncze drzewa, które urosły nieco wyższe. Inne bowiem szybko poszłyby w ich ślady i nic nie byłoby już w stanie zahamować eskalacji współzawodnictwa w wyścigu ku niebu. W efekcie wszystkie drzewa stałyby się absurdalnie i rozrzutnie wysokie. O rozrzutności natury można jednak mówić wyłącznie z punktu widzenia planisty gospodarczego, dla którego głównym celem jest maksymalizacja ogólnej efektywności. Z pozoru absurdalny pęd drzew ku górze nabiera sensu, gdy zrozumiemy istotę prawdziwej funkcji użyteczności w naturze, która polega na maksymalizacji szans na przetrwanie DNA. Nietrudno wyobrazić sobie analogiczne sytuacje zaczerpnięte z życia społeczności ludzkiej. Na przyjęciach, rozmawiając ze sobą, zwykle zdzieramy gardło. Dzieje się tak dlatego, że wszyscy inni również mówią najgłośniej jak potrafią. Gdyby tylko wszyscy goście doszli do porozumienia, że będą szeptać, słyszeliby się nawzajem równie dobrze, nie nadwężając strun głosowych i oszczędzając sobie wysiłku. Jednakże tego typu umowy nie działają, chyba że zostaną narzucone z góry. Zawsze bowiem znajdzie się jakiś samolub, który zacznie mówić nieco głośniej od innych, a cała reszta stopniowo czuje się zmuszona, by iść w jego ślady. Stabilna równowaga zostaje osiągnięta dopiero wówczas, gdy wszyscy mówią tak głośno, jak tylko jest to fizycznie możliwe. Co sprawia, że poziom głośności znacznie przekracza to, co można by uznać za „racjonalne”. Za każdym razem okazuje się w tego typu sytuacjach, że wspólne uzgodnienie pohamowania się przed eskalacją załamuje się wobec nieuchronnych aktów destabilizacji układu od wewnątrz. Funkcja użyteczności Stwórcy rzadko oznacza najlepsze rozwiązanie dla jak największej liczby podmiotów. Ujawnia ona nam tu swoją prawdziwą genezę, którą jest bezładna, samolubna walka o własną korzyść.

Ludzie mają tendencję do utożsamiania tego co pożyteczne lub dobre z dobrem ogółu, pożytkiem dla danej grupy bądź społeczności. Dobre w świecie przyrody oznacza dla nas to,

co korzystne dla przyszłej pomyślności całego gatunku czy nawet ekosystemu. Funkcja użyteczności Stwórcy, ujawniająca się nam poprzez „dziwne” wybory procesu doboru naturalnego, okazuje się bezlitośnie przeczyć tym utopijnym wizjom. Dla porządku należy zaznaczyć, że istnieją przypadki, gdy geny we własnym, egoistycznym interesie, warunkują tak organizmy, że na poziomie poszczególnych osobników, a nie genów, są one zdolne do współpracy, a nawet poświęceń. Zawsze jednak dobro grupy stanowi uboczną konsekwencję realizacji naczelnej użyteczności. Stąd właśnie termin „samolubny gen”.

Zajmijmy się teraz innym aspektem funkcji użyteczności Stwórcy. Zacznijmy od pewnej nader trafnej analogii. Darwinista Nicholas Humphrey zwrócił uwagę na bardzo interesujący fakt z życia Henry’ego Forda. „Mówi się”, że Ford, prekursor w dziedzinie masowej produkcji i patron wydajności pracy, pewnego razu:

...zlecił inspekcję złomowisk samochodów w całej Ameryce, w celu znalezienia tych części słynnego modelu ford T, które nigdy się nie psują. Inspektorzy Forda powrócili z raportami opisującymi prawie wszelkie możliwe rodzaje uszkodzeń: zepsute hamulce, osie, tłoki — niemal wszystkie części i podzespoły mogły ulec awarii. Uwagę inspektorów zwrócił jednak jeden, znaczący wyjątek. Otóż sworznie zwrotnicy w złomowanych samochodach okazywały się zawsze w pełni sprawne. Z bezlitosną logiką Henry Ford doszedł do wniosku, że sworznie zwrotnic w modelu T były za dobre, jak na swoje przeznaczenie, i nakazał, by na przyszłość wykonywać je według obniżonych standardów.

Możecie, podobnie jak ja, mieć pewne wątpliwości, do czego służą te sworznie, nie ma to jednak dla nas większego znaczenia. Wystarczy, że jest to coś, co musi się znaleźć w aucie, żeby działało, a bezwzględna logika Forda była jak najbardziej uzasadniona. Alternatywą w tym przypadku mogłoby być takie ulepszenie pozostałych części samochodu, by spełniały normy niezniszczalnych niemal sworzni. Wówczas jednak nie byłby to już popularny model T, ale luksusowy rolls royce, a przecież nie o to chodziło Fordowi i jego inspektorom. Zarówno rolls royce, jak i model T to dobre marki, każda jednak w swojej klasie i za odpowiadającą jej cenę. Rzecz w tym, żeby cały samochód był produkowany albo według standardów rolls royce’a, albo modelu T. Gdyby powstała hybryda, wyposażona zarówno w części o jakości godnej rolls royce’a, jak i w części odpowiadające normom modelu T, łączyłaby ona wyłącznie wady obu aut. Byłaby droga jak rolls royce i miała przeciętną jakość modelu T. Trwałość bowiem takiego samochodu określałaby wytrzymałość najsłabszych części. Te o wysokiej jakości nigdy nie miałyby czasu się zużyć, tak więc włożone w nie pieniądze poszłyby na marne.

Logika Forda z równym powodzeniem daje się zastosować do żywych organizmów, tym bardziej że nie ma do nich, w odróżnieniu od samochodów, części zamiennych. Małpy prowadzące żywot wśród koron drzew zawsze są narażone na upadek i połamanie kości. Przypuśćmy, że zlecamy badanie, którego celem będzie określenie częstości urazów głównych elementów małego kośćca. Przyjmijmy, że wyniki wykazały, iż złamania poszczególnych kości występują ze zbliżoną częstotliwością, z jednym wyjątkiem: nie zdarzyło się zaobserwować u żadnej z małp złamania kości strzałkowej. Henry Ford bez wahania zaleciłby w takiej sytuacji przekonstruowanie kości strzałkowej według zaniżonych wymagań jakościowych. Dokładnie tak zadziałałby również dobór naturalny. Zmutowane osobniki, charakteryzujące się cieńszą kością strzałkową, mogłyby nadwyżkę cennego budulca wapniowego zużyć na pogrubienie pozostałych kości, osiągając w ten sposób optymalny stan, w którym każda część szkieletu jest równie wytrzymała. Mutanty te mogłyby również

spożytkować zaoszczędzony wapń na produkcję większej ilości mleka, którym karmią młode. Strzałkę można by z powodzeniem odchudzić, przynajmniej do momentu, gdy nie okaże się ona mniej wytrzymała niż kość zajmująca drugie miejsce w klasyfikacji odporności na złamanie. Trudno byłoby natomiast wyobrazić sobie mutację przynoszącą rozwiązanie alternatywne — „na rolls royce’a” — czyli poprawę wszystkich pozostałych składowych szkieletu tak, by były równie wytrzymałe jak strzałka.

W rzeczywistości nie przedstawia się to oczywiście tak prosto, gdyż niektóre kości są ważniejsze niż inne. Podejrzewam, że południowoamerykańskie czepiaki łatwiej przeżyłyby z pogruchotaną piętą, niż ze złamaną ręką. Dlatego też nie należy oczekiwać, iż dobór naturalny prowadzi do powstania szkieletu, w którym wszystkie kości są równie wytrzymałe na złamanie. Istota nauki, jaka płynie dla nas z przypowieści o Fordzie i sworzniach w modelu T, pozostaje jednak nie zmieniona. Może się zdarzyć, że jakaś część ciała jest zbyt dobra. W takiej sytuacji mamy podstawy oczekiwać, iż dobór naturalny będzie sprzyjać mutacjom zmniejszającym jej jakość do standardu reprezentowanego przez pozostałe części ciała, ale nie poniżej tego standardu. Ściśle mówiąc dobór naturalny sprzyja wyrównywaniu poziomów poprzez poprawę jakości jednych części ciała i obniżenie jakości innych, aż do osiągnięcia stanu optymalnej równowagi wszystkich części organizmu.

Najłatwiej uświadomić sobie, na czym polega ta równowaga, rozważając dwa odrębne aspekty życia danego stworzenia, na przykład szanse na przetrwanie pawia, z jednej strony, wobec jego atrakcyjności dla pawicy, z drugiej. Teoria Darwina głosi, że wszystkie funkcje życiowe podporządkowane są jednemu celowi, propagacji genów. Nie zabrania nam to jednak klasyfikować narządów na te, które, jak nogi, służą przede wszystkim danemu osobnikowi umożliwiając mu przeżycie, oraz takie, które, jak penis, służą głównie do reprodukcji. Są też takie, jak rogi, których istnienie uzasadnione jest współzawodnictwem z innymi osobnikami. Różnią się pod tym względem zarówno od nóg, jak i penisa, o których znaczeniu nie przesądza przydatność w walce z przeciwnikami. W przypadku wielu owadów mamy do czynienia ze sztywnym podziałem na kolejne etapy rozwoju osobniczego. Gąsienice zbierają pokarm i rosną. Motyle — podobnie jak kwiaty, które zapylają — są od tego, żeby się rozmnażać. Nie rosną, a nektar piją tylko po to, żeby go zaraz spalić, jak samoloty paliwo. Kiedy motylowi udaje się wydać potomstwo, rozprzestrzenia nie tylko geny od dobrego latania i spółkowania, ale i geny sprawnej w żywieniu się gąsienicy, którą motyl sam był swego czasu. Jętki, zwane też efemerydami, przez pierwsze trzy lata pędzą podwodny żywot larw, które jedzą, rosną i linieją. Gdy osiągają dorosłą postać, wyfruwają nad wodę i żyją pełnią owadziego życia ledwie kilka godzin. Znaczną ich część zjadają ryby, ale nawet te, które unikną rybiej paszczy, i tak skazane są na rychłą śmierć, ponieważ nie potrafią się żywić i nie mają nawet układu pokarmowego (Henry Ford byłby z pewnością zachwycony). Ich jedyne zadanie polega na lataniu w poszukiwaniu partnera do kopulacji. Jak już go znajdą i przekażą następnym pokoleniom swoje geny — łącznie z tymi, które programują powstanie żyjącej pod wodą larwy — giną. Jętka jest niczym drzewo, które rośnie przez całe lata, żeby doczekać jednego dnia chwały, gdy całe obsypie się kwieciami i zaraz potem obumrze. Dorosła jętka jest jak kwiat, który zakwita na krótko pod koniec życia rośliny, by dać początek nowemu życiu.

Młode łososie migrują zaraz po urodzeniu w dół strumieni kierując się do morza, gdzie spędzają znaczną część życia poszukując pożywienia i rosnąc. Kiedy osiągną dojrzałość, wyszukują ponownie ujścia macierzystego strumienia, kierując się prawdopodobnie węchem. Następnie ma miejsce wielka epopeja ich wędrówki w górę macierzystej rzeki lub strumienia,

podczas której dzielnie pokonują bystrzyce, wodospady i katarakty, aby dotrzeć do miejsca swoich narodzin. Tam odbywają tarło i cały cykl rozpoczyna się od nowa. W tym momencie występuje różnica między łososiami atlantyckimi i pacyficznymi. Niektóre gatunki łososi atlantyckich mogą po tarle wrócić do morza i później jeszcze raz lub dwa powtórzyć wędrówkę w górę i w dół rzeki. Łososie z Pacyfiku giną w kilka dni po odbyciu tarła.

Typowy łosoś pacyficzny przypomina więc jętkę. Różnica polega na tym, że podział na różne etapy życia nie jest tak wyrazisty, jak w przypadku całkowicie odmiennych anatomicznie postaci owada: niedojrzałej larwy i dorosłego imago. Wysilek włożony przez łososia w wędrówkę w górę macierzystej rzeki jest tak wielki, że nie opłaca się jej powtarzać. Stąd też dobór naturalny faworyzuje te osobniki, które spożytkowują wszystkie swoje siły na ten jednorazowy wysilek rozrodczy. Gdyby łosoś dysponował po tarle jakimś zapasem sił, byłaby to zbędna nadwyżka — ekwiwalent zbyt dobrych sworzni w modelu T. Ewolucja łososi pacyficznych przebiegała tak, że czas ich życia po tarle był stopniowo redukowany do zera, a oszczędzone w ten sposób zasoby energetyczne zostały spożytkowane na ikrę lub mlecz. Z inną drogą ewolucyjnego rozwoju mamy do czynienia w przypadku łososi atlantyckich. Możliwe, że rzeki, które przyszło pokonywać łososiom z Atlantyku były krótsze lub płynęły mniej wartkim nurtem, co sprawiło, że poszczególne osobniki miały szanse zachować na tyle dużo sił, by odbyć jeszcze raz tę samą wędrówkę i powtórzyć cały cykl reprodukcyjny. Ceną zdwojonego wysiłku łososi atlantyckich jest ich mniejsza efektywność jako reproduktorów w czasie tarła. Istnieje odwrotna zależność między długowiecznością a efektywnością każdorazowego tarła i poszczególne odmiany łososi realizują różne warianty: odbywają albo jedno dobre tarło, albo dwa lub więcej gorszych. Zasada „coś za coś” obowiązuje jednak bezwzględnie. Fenomen życia łososi w postaci ich rzecznych wędrówek sprawia, że zależność między długowiecznością a jakością tarła nie może zmieniać się w sposób ciągły. Odbycie cyklu reprodukcyjnego po raz drugi wymaga ponownego podjęcia wyczerpującej wędrówki, co zmusza do drastycznych oszczędności w czasie pierwszego tarła. Łososie pacyficzne „postawiły” na pierwsze tarło, co oznacza, że w imię maksymalizacji efektywności rozrodczej podejmują tak ogromny wysilek, że zaraz po nim giną z wyczerpania.

Tego typu nieubłagana logika zależności między długością życia a rozrodczością rządzi wszystkimi żywymi stworzeniami, tyle że zwykle nie objawia się w tak dramatyczny sposób jak w przypadku łososi. Prawdopodobnie również nasza śmierć została wpisana w nasz rozwój jako ewolucyjnie optymalne rozwiązanie dylematu łososi, z tą różnicą, że człowiek nie podlega cyklom rozrodczym ujawniającym problem z całą ostrością. Zwolennicy eugeniki bez wątpienia byłiby w stanie wyhodować rasę ludzką charakteryzującą się ponadprzeciętną długowiecznością. Należałoby w tym celu wybierać osobniki, których organizmy większość swoich sił witalnych zużywają, kosztem potomstwa, na własne przetrwanie. Mogłyby to być na przykład jednostki o niesłychanie mocnych i odpornych na złamanie kościach, a za to produkujących — w przypadku kobiet — ubogie w wapń mleko. Nietrudno żyć choć trochę dłużej, w sytuacji gdy jest się rozpieszczanym kosztem następnego pokolenia. Dobierając odpowiednie genotypy eugenicy mogliby bez problemu wyhodować rasę „pieszczochów” i, zgodnie z zasadą „coś za coś”, zachwiać równowagę między rozrodczością a długowiecznością na korzyść tej drugiej. Natura nie wybierze jednak takiej opcji, gdyż geny „egoistycznych pieszczochów” z definicji nie mają szans rozprzestrzeniać się w kolejnych pokoleniach.

Funkcja użyteczności natury nigdy nie ceni długowieczności samej w sobie, lecz traktuje ją

jako środek do nadrzędnego celu, jakim jest reprodukcja. Każde zwierzę, które tak jak my (ale nie jak łosoś z Pacyfiku) rozmnaża się więcej niż jeden raz, staje wobec dylematu „coś za coś”: dobro dzieci (młodych), które już są, czy nowe dzieci. Królik, spożytkowujący wszystkie swoje siły witalne na pierwsze młode, będzie miał zapewne bardzo udane króliczątka za pierwszym razem. Nie starczy mu już jednak siły, żeby je odchowić, ani żeby spłodzić kolejnych potomków. Geny warunkujące bardziej równomierne rozłożenie sił w sposób naturalny będą miały tendencje do rozprzestrzeniania się w populacji królików, będąc przenoszone przez młode z drugiego i trzeciego miotu. Takie właśnie geny nie miały szans, żeby rozprzestrzenić się w populacji łososia pacyficznego, ponieważ między okresami tarła występują zbyt długie przerwy.

Krzywa zależności wieku człowieka, od prawdopodobieństwa, że umrze w danym roku, przedstawia się następująco: po początkowym spadku z lokalnego maksimum we wczesnym dzieciństwie, biegnie na jednym ustalonym poziomie przez jakiś czas, by w pewnym momencie zacząć piąć się nieustannie w górę. Co kryje się za tym nieprzerwanym wzrostem śmiertelności po osiągnięciu pewnego wieku? Rządzi tym w istocie ta sama reguła, która tak bezlitośnie objawiła się w przypadku łososia z Pacyfiku. Różnica polega na tym, że zagrożenie śmiercią w przypadku ludzi rozłożone jest na wiele lat, podczas gdy u łososi wszystko koncentruje się w krótkim okresie — szybka śmierć przychodzi zaraz po rozrodczej orgii tarła. Pierwszy raz zadowolającą odpowiedź na pytanie, jak to się dzieje, że ewolucja doprowadziła do powstania fenomenu starzenia się, znalazł w latach pięćdziesiątych wybitny lekarz i uczonego, laureat Nagrody Nobla, sir Peter Medawar. Jego koncepcja, z niewielkimi zmianami wprowadzonymi przez słynnych darwinistów G. C. Williamsa i W. D. Hamiltona, przyjmowana jest dzisiaj powszechnie jako obowiązująca teoria tłumacząca zjawisko starzenia się.

Dla jej zrozumienia niezbędne jest uświadomienie sobie pewnych podstawowych faktów. Po pierwsze, jak już mogliśmy się przekonać, geny warunkujące określoną cechę lub proces uruchamiane są w określonym momencie życia organizmu. Wiele genów zostaje ujawnionych już w embrionalnej fazie rozwoju. Są jednak też takie, jak gen płasawicy Huntingtona, choroby, która przyniosła przedwczesną śmierć ludowego poety i pieśniarza Woody Guthrie'ego, które ujawniają swe działania dopiero w średnim wieku. Po drugie, pewne szczegóły związane z przebiegiem warunkowanego genetycznie procesu, takie właśnie jak czas jego uruchomienia, mogą być modyfikowane pod wpływem oddziaływania innych genów. Człowiek mający gen płasawicy Huntingtona najprawdopodobniej umrze na tę chorobę. To jednak, czy przyniesie mu ona śmierć w wieku czterdziestu lat czy na przykład pięćdziesięciu pięciu, jak to miało miejsce w przypadku Guthrie'ego, może zależeć od innych genów. Wynika z tego, że poprzez dobór owych genów modyfikujących działanie innych genów czas aktywności danego genu może być albo opóźniany, albo przyspieszany w procesie ewolucji.

Geny takie jak gen wywołujący płasawicę Huntingtona, który uruchamia się między trzydziestym piątym a pięćdziesiątym piątym rokiem życia, mają mnóstwo okazji, żeby zostać przekazane kolejnym pokoleniom, zanim zabiją swojego nosiciela. Gdyby jednak taki gen ujawniał się w wieku dwudziestu lat, byłby przekazywany tylko przez ludzi, którzy mają dzieci w młodym wieku, co znacznie zmniejszałoby jego szanse na rozprzestrzenienie się wśród kolejnych pokoleń. Gdyby uruchamiał się, gdy człowiek osiągnie dziesięć lat, nigdy nie mógłby zostać przekazany następnym pokoleniom. Tak więc dobór naturalny sprzyja genom, które wywierają efekt opóźniający uaktywnienie się genu płasawicy Huntingtona. Zgodnie z

teorię Medawara-Williamsa, właśnie dlatego gen wywołujący tę śmiertelną chorobę uaktywnia się dopiero w średnim wieku. Kiedyś mógł być to gen ujawniający się w młodzieńczym okresie życia, ale dobór naturalny sprzyjał takim konfiguracjom genetycznym, które opóźniały jego śmiertelne działanie. Niewątpliwie wciąż istnieje tendencja do przesuwania czasu uaktywnienia się genu, jest ona już jednak słaba, gdyż bardzo niewiele ofiar tej choroby umiera zanim dochowa się dzieci i przekazuje swe geny dalej.

Gen wywołujący płasawicę Huntingtona jest ewidentnym przykładem genu śmiertelnego. Istnieje wiele genów, które same nie mogą wywołać śmierci, ale ich działanie zwiększa prawdopodobieństwo zgonu z innej przyczyny. Także w przypadku takich genów, czas ich uaktywnienia się może zależeć od innych genów, dzięki czemu może podlegać przyspieszeniu lub opóźnieniu w wyniku naturalnej selekcji. Medawar zwrócił uwagę, że starcze niedołęstwo i podatność na choroby może być efektem kumulacji działania genów śmiertelnych i zwiększających ryzyko śmierci, których uaktywnienie się było w procesie ewolucji przesuwane coraz bardziej w stronę podeszłego wieku z tej prostej przyczyny, że właśnie dlatego geny te mogły być przekazywane następnym pokoleniom.

W 1957 G. C. Williams, nestor współczesnych darwinistów amerykańskich, wprowadził do teorii Medawara istotną poprawkę, nawiązującą do naszych rozważań na temat ekonomiki przeżycia i rozrodczości oraz zasady „coś za coś”. Żeby dobrze ją zrozumieć, musimy dodać kilka nowych danych.

Jeden gen warunkuje zwykle więcej niż jedną cechę. Programowane przez gen cechy dotyczą często części organizmu z pozoru nie mających ze sobą nic wspólnego. Takiej właśnie „plejotropii” powinniśmy się spodziewać, skoro geny kontrolują rozwój embrionalny, który jest niezwykle złożonym procesem wyodrębniania się poszczególnych organów. Tak więc każda nowa mutacja oznacza w konsekwencji nie jedną, ale kilka zmian w funkcjonowaniu organizmu. To właśnie z tej prostej przyczyny większość mutacji okazuje się zła. Tego zresztą należało się spodziewać. Wyobraźmy sobie bowiem, że zaczynamy coś zmieniać w skomplikowanym mechanizmie, na przykład radioodbiornika — istnieje o wiele więcej sposobów, żeby go zepsuć niż coś w nim poprawić.

Za każdym razem, gdy dobór sprzyja rozprzestrzenianiu się jakiegoś genu, ze względu na jego korzystne działanie w młodości — na przykład zwiększenie seksualnej atrakcyjności młodego samca — istnieje prawdopodobieństwo, że ten sam gen niesie ze sobą śmiertelne zagrożenie w postaci choroby, która może się ujawnić w podeszłym wieku. Teoretycznie geny uaktywniające się w określonym wieku, mogłyby działać dokładnie w odwrotny sposób, ale zgodnie z logiką teorii Medawara trudno wyobrazić sobie, by dobór naturalny sprzyjał genom, które wywołują chorobę w młodości, ze względu na ich korzystne działanie w starszym wieku. Poza tym powinniśmy pamiętać o znaczeniu genów modyfikujących działanie innego genu. Każdy z poszczególnych procesów lub cech warunkowanych przez jeden gen może podlegać odrębnym ewolucyjnym przesunięciom czasu uaktywniania. Zgodnie z zasadą Medawara, korzystne dla organizmu oddziaływania genetyczne mają tendencję do ujawniania się w młodym wieku, natomiast ujawnianie się niekorzystnych jest z pokolenia na pokolenie opóźniane. Co więcej, w niektórych przypadkach musi dojść do głosu zasada „coś za coś”. Rozważaliśmy już przypadek łososia, ginącego dokładnie po tarle. Skoro jakieś zwierzę ma zbyt ograniczony zasób sił witalnych, by móc uciec na przykład przed niebezpieczeństwem, każda tendencja do zużytkowania ich za młodu będzie w procesie ewolucji faworyzowana w porównaniu z tendencją do zachowywania ich na schyłek życia. W przypadku osobników

zaprogramowanych na oszczędzanie sił na starość istnieje większe prawdopodobieństwo, że zginą wcześniej z jakichś innych przyczyn, zanim zdążą spożytkować zasoby swoich sił witalnych. Spróbujmy teraz przedstawić teorię Medawara posługując się językiem, którego używaliśmy w rozdziale pierwszym: Każde żyjące obecnie stworzenie pochodzi z nieprzerwanej linii od przodków, którzy wszyscy musieli być kiedyś młodzi, ale nie każdy z nich musiał osiągnąć starość. Tak więc dziedziczymy to wszystko, co wiąże się z byciem młodym, ale niekoniecznie wszystko, co niesie starość. Istnieje statystycznie warunkowana tendencja, żebyśmy dziedziczyli geny programujące naszą śmierć na długo po urodzeniu, a nie te, które sprzyjają śmierci za młodu.

Wróćmy do pesymistycznego początku tego rozdziału. Gdy funkcją użyteczności, czyli tym, co ma być maksymalizowane, jest przetrwanie DNA, nie ma miejsca na żadną receptę na szczęście. Dopóki DNA jest przekazywane kolejnym pokoleniom, nie ma znaczenia, co lub kto może ucierpieć w trakcie tego procesu. Dla genów osy samotnej korzystne jest, by gąsienica, w której składa jaja pozostawała żywa — jako magazyn świeżego mięsa dla pożerającej ją osiej larwy i nie ma tu znaczenia, kosztem jakich cierpien się to odbywa. Geny nie liczą się z cierpieniem, ponieważ nie liczą się z niczym.

Gdyby Natura знаła co to współczucie, wykazałaby chociaż minimum dobrej woli i zadbała o to, by nieszczęsna gąsienica została przynajmniej znieczulana, zanim będzie zjadana od środka. Natura nie jest jednak ani współczująca, ani bezduszna. Nie znajduje upodobania w cierpieniu żywych stworzeń, ani też się nim nie przejmuje. Natura, w ten czy inny sposób, może starać się oddziaływać na cierpienie wyłącznie w sytuacji, gdy ma ono wpływ na przetrwanie DNA. Nietrudno byłoby wymyślić gen znieczulający gazelę tuż przed rozszarpaniem na strzępy przez geparda. Czy jednak taki gen miałby szanse rozprzestrzenić się w następnych pokoleniach gazeli w procesie doboru naturalnego? Nie, chyba że w jakiś sposób znieczulenie gazeli tuż przed śmiercią mogłoby zwiększyć szanse tego genu na przetrwanie w organizmach jej potomków. Raczej trudno sobie coś takiego wyobrazić. Dlatego też mamy pełne podstawy, by przypuszczać, że gazy przed śmiercią nie są znieczulane i cierpią potworny ból, kiedy są zagryzane żywcem, co jest przeznaczeniem większości z nich. Całkowita ilość cierpień będących co roku udziałem wszystkich żywych stworzeń przekracza wszelkie wyobrażenia. W ciągu minuty, jaką zajęło mi napisanie tego zdania, tysiące zwierząt zostało zjedzonych żywcem, tysiące uciekało przed śmiertelnym niebezpieczeństwem umierając ze strachu, tysiące było powoli drażnionych od środka przez pasożyty, tysiące umierało w koszmarnych mękach z głodu, pragnienia i choroby. Tak musi być. Gdyby kiedykolwiek nadszedł czas powszechnej pomyślności i obfitości, automatycznie nastąpiłby wzrost populacji wszystkich stworzeń, co przywróciłoby naturalny stan zagrożenia głodem i śmiercią.

Teologowie roztrząsają „problem zła na świecie” i związany z nim „problem cierpienia”. W dniu, kiedy zabrałem się do pisania tego fragmentu, wszystkie angielskie gazety donosiły o tragicznym wypadku. Autobus wiozący uczniów szkoły rzymskokatolickiej rozbił się z niewiadomych powodów. Wszystkie dzieci zginęły na miejscu. Nie po raz pierwszy duchowni rzucili się do wyjaśniania teologicznego problemu, który jedna z londyńskich gazet („The Sunday Telegraph”) ujęła następująco: „Jak tu wierzyć w miłującego, wszechmogącego Boga, który dopuszcza do takich tragedii?” Dalej gazeta przytacza odpowiedź pewnego duchownego: „Po prostu nie wiemy, dlaczego musi tak być, że jest Bóg, który dopuszcza, by działy się tak straszne rzeczy. Tragedia tego wypadku jest jednak dla chrześcijanina potwierdzeniem faktu,

że żyjemy w świecie realnych wartości, pozytywnych i negatywnych. Gdyby wszechświat był jedynie zbiorowiskiem elektronów, nie istniałby problem zła bądź cierpienia”.

Można jednak odwrócić to rozumowanie. Gdyby świat był wyłącznie zbiorowiskiem elektronów i samolubnych genów, bezsensowne tragedie, takie jak rozbicie się autobusu z dziećmi, byłyby właśnie tym, czego należałoby się spodziewać, podobnie jak równie ślepych trafów szczęścia. Taki świat nie byłby sam z siebie ani dobry, ani zły. Nie ujawniałyby się żadne rządzące nim normy. We wszechświecie rządzonym przez ślepe prawa fizyki i zasadę genetycznej replikacji niektórym ludziom przydarzają się nieszczęścia, inni cieszą się zdrowiem i przychylnością losu, i nie sposób dopatrzeć się w tym jakiegokolwiek intencji ani jakiegokolwiek sprawiedliwości. Świat, który obserwujemy, ma dokładnie takie właściwości, jakich należałoby oczekiwać, gdyby nie było żadnego planu, celu, dobra ani zła, tylko ślepa, bezwzględna obojętność. Właśnie taki świat miał na myśli nieszczęśliwy poeta, A. E. Housman, pisząc:

Naturo, bezlitosna i bezwzględna, Co o niczym nie wiesz i o nic nie dbasz.

DNA ani o niczym nie wie, ani o nic nie dba. DNA po prostu jest, a my tańczymy tak, jak nam zagra.

Większość gwiazd — i nasze Słońce do nich należy — świeci stałym światłem przez miliardy lat utrzymując równowagę zachodzących w nich procesów. Niezwykle rzadko zdarza się, że jakaś gwiazda w odległym zakątku galaktyki nagle rozbłyśnie stając się supernową. W ciągu zaledwie kilku tygodni jasność takiej gwiazdy wzrasta kilka miliardów razy, żeby zaraz potem przygasnąć, zamieniając się w cień wspomnienia o sobie samej. Przez te kilka dni blasku i chwały jako supernowa, gwiazda może wypromieniować więcej energii niż przez całe swoje dotychczasowe życie. Gdyby Słońce weszło kiedyś w fazę supernowej, cały układ słoneczny wyparowałby w okamgnieniu. Na szczęście jest to bardzo mało prawdopodobne. W naszej galaktyce, liczącej setki miliardów gwiazd, astronomowie zanotowali jedynie trzy eksplozje supernowych od czasu, kiedy w ogóle notuje się obserwacje nieba. Miały one miejsce w 1054, 1572 oraz 1604 roku. Mgławica Kraba stanowi pozostałość po wybuchu supernowej w 1054 r., który zaobserwowali i odnotowali chińscy astronomowie. (Kiedy mówimy o wybuchu z 1054 roku mamy oczywiście na myśli wybuch, o którym wiadomości w postaci promieni świetlnych dotarły do Ziemi w tym roku. Sam wybuch miał miejsce sześć tysięcy lat wcześniej, bo właśnie w odległości sześciu tysięcy lat świetlnych od nas znajduje się Mgławica Kraba). Od roku 1604 jedyne obserwowane wybuchy supernowych miały miejsce poza Drogą Mleczną.

Istnieje inny rodzaj eksplozji, jakiej może podlegać gwiazda. Zamiast wybuchu energii promieniowania, może nastąpić wybuch informacji. Początek takiej eksplozji nie przebiega równie gwałtownie jak wybuch supernowej, a proces narastania informacji trwa nieporównywalnie dłużej niż gromadzenia się energii. Taką gwiazdę możemy nazwać bombą informacyjną albo, z powodów, o których zaraz, bombą replikacyjną. Przez pierwszych kilka miliardów lat narastania informacji, zanim bomba osiągnie punkt krytyczny, jej istnienie można wykryć jedynie znajdując się w bezpośredniej bliskości. Z czasem do przestrzeni kosmicznej zaczynają przenikać pierwsze niewyraźne symptomy zachodzącej eksplozji, które mogłyby zostać wykryte w odległych rejonach wszechświata. Nie wiemy, jak kończy się taki rodzaj wybuchu. Prawdopodobnie po kulminacji następuje osłabienie i zanik, jak w przypadku supernowej. Nie mamy jednak żadnych wskazówek pozwalających domyślać się, kiedy narastanie informacji doprowadza do osiągnięcia punktu krytycznego i kulminacji. Możliwe, że wtedy, gdy zbliża się gwałtowna katastrofa, kataklizm samozniszczenia. Możliwe też, że proces ten odbywa się mniej gwałtownie: narastająca do masy krytycznej informacja jest emitowana w powtarzających się cyklach w postaci sterowanych obiektów, które porzucając zwykłą, balistyczną trajektorię, osiągają inne odległe gwiazdy i systemy, zarazając je informacją, co prowadzi do powstania kolejnych bomb replikacyjnych.

Przyczyna, dla której tak mało wiemy o bombie replikacyjnej, jest prosta: jak dotąd znamy w całym wszechświecie tylko jedną taką gwiazdę, a to zbyt mało, by dokonywać uogólnień. Poza tym okaz ten znajduje się ciągle w dość wczesnej fazie rozwoju. Cały proces zaczął się w przypadku tej gwiazdy niecałe cztery miliardy lat temu i dopiero osiąga etap promieniowania informacją w najbliższym jej otoczeniu. Gwiazda, o której mowa, to nasze Słońce, żółty karzeł, leżący gdzieś na peryferiach Drogi Mlecznej, w jednym z jej spiralnych ramion. Eksplozja miała faktycznie miejsce nie na samej gwieździe, lecz na jednej z jej planet, krążącej po jednej z bliższych orbit. Istotne jest to, że energia tej eksplozji pochodziła z

gwiazdy, czyli ze Słońca. Planetą tą jest oczywiście Ziemia, a trwającą od czterech miliardów lat eksplozją, czy też bombą replikacyjną — życie. Pojawienie się ludzi może oznaczać wejście eksplozji w nową fazę, jako że to właśnie my, dzięki naszym umysłom, kulturze i technologii, sprawiliśmy, że ziemskie życie zaczęło przenikać do przestrzeni kosmicznej.

Jak już powiedziałem, nasza bomba replikacyjna jest jak na razie jedyną, o której istnieniu wiemy.

Nie oznacza to jednak wcale, że eksplozje tego typu zdarzają się rzadziej niż wybuchy supernowych. Supernowe obserwowano wprawdzie w naszej galaktyce trzy razy częściej, ale supernowe są znacznie łatwiejsze do wykrycia z dużej odległości, ze względu na ogromne ilości energii wypromieniowywane w krótkim czasie. Jeszcze kilkadziesiąt lat temu, zanim fale radiowe emitowane przez stworzone przez człowieka radionadajniki zaczęły penetrować przestrzeń, eksplozja życia na Ziemi mogła pozostać nie zauważona nawet przez obserwatora z sąsiedniej planety. Chyba jeszcze do niedawna jedynym znakiem istnienia życia na naszej planecie mogła być, widoczna z daleka, Wielka Rafa Koralowa.

Supernowa rozbłyskuje na niebie w wyniku gigantycznej i nagłej eksplozji. Cechą charakterystyczną każdej eksplozji jest to, że po osiągnięciu pewnego punktu krytycznego rozpoczyna się samonapędzająca eskalacja, która wymyka się spod wszelkiej kontroli, dając efekt o wiele większy od tego, który zainicjował cały proces. Takim zapalnikiem z opóźnionym zapłonem jest w przypadku bomby replikacyjnej spontaniczne powstawanie samopowielających się, a jednocześnie różniących między sobą, tworów. Samoreplikacja niesie ze sobą możliwość przekroczenia punktu krytycznego, ponieważ jak w przypadku każdej innej eksplozji, oznacza uruchomienie nieodwracalnego procesu przyrostu samopowielających się tworów zachodzącego w tempie przyrostu wykładniczego — im ich więcej, tym szybciej ich przybywa. Mając jeden taki twór, zaraz ma się dwa, z których każdy znowu dzieli się na dwa dając cztery, z czterech robi się osiem, potem szesnaście, potem trzydzieści dwa, sześćdziesiąt cztery, i tak dalej. Wystarczy trzydzieści kolejnych duplikacji, żeby mieć miliard mnożących się dalej bytów. W pięćdziesiątym pokoleniu jest ich tysiąc milion milionów, a w dwusetnym milion milion milion milion milion milion milion milion milion. Tak przedstawia się to w teorii. W praktyce nigdy nie mogłoby to nastąpić, gdyż liczba ta przekracza liczbę atomów we wszechświecie. Mający wszelkie znamiona eksplozji proces samoreplikacji musi zostać ograniczony na długo przed osiągnięciem liczby dwustu pokoleń niczym nie zakłócanego podwajania się.

Nie mamy żadnych bezpośrednich dowodów pozwalających stwierdzić, co zapoczątkowało proces samoreplikacji na naszej planecie. Możemy się tylko domyślać, jak to wyglądało, sądząc po skutkach w postaci trwającej cały czas eksplozji, której częścią sami jesteśmy. Nie znając szczegółów możemy przynajmniej stwierdzić, jakiego rodzaju wydarzenie uruchomiło cały proces. Nie ma raczej wątpliwości, że wydarzeniem tym była reakcja chemiczna czy też łańcuch reakcji.

Chemiczny dramat rozgrywa się na miriadach scen w całym wszechświecie, na wszystkich gwiazdach i planetach. Aktorami w tym dramacie są atomy i cząsteczki. Nawet atomy bardzo rzadkich pierwiastków występują w niesłychanie wielkich ilościach, jak na liczby, do których liczenia jesteśmy przyzwyczajeni. Isaak Asimov oszacował, że liczba wszystkich atomów rzadkiego pierwiastka astatu 215, występującego do głębokości dziesięciu mil na terytorium obu Ameryk, wynosi „zaledwie trylion”. Te podstawowe elementy w chemicznym dramacie są zmieniającymi się stale partnerami tworzącymi bardziej złożone elementy, również

występujące bardzo licznie, nazywane cząsteczkami. Niezależnie od tego, jak dużo cząsteczek danego typu występuje w przyrodzie, wszystkie one są identyczne, w odróżnieniu na przykład od zwierząt tego samego gatunku lub różnych egzemplarzy skrzypiec Stradivariusa. Grające według chemicznego scenariusza atomy chętniej łączą się w jedne cząsteczki niż w inne i dlatego niektóre cząsteczki występują o wiele częściej od innych. Biolog siłą rzeczy zdradza tendencję do określania tych liczniejszych w całej zbiorowości, jako lepiej przystosowanych, tych, którym się udało. Uleganie tego typu pokusie może jednak tylko zaciemnić obraz. Przystosowanie czy sukces reprodukcyjny to pojęcia przynależne do późniejszych rozdziałów tej historii.

Co w takim razie było tym wydarzeniem, które zainicjowało eksplozję życia na Ziemi? Powiedziałem wcześniej, że było to powstanie samopowielających się tworów. Równie dobrze można by to jednak nazwać początkiem fenomenu dziedziczności. Takiej własności nie posiadały pierwotnie cząsteczki chemiczne. O cząsteczkach wody, chociaż tworzą gigantyczne zbiorowości, pod żadnym względem nie można powiedzieć, że się rozmnażają i dziedziczą cechy między sobą. Na pierwszy rzut oka mogłoby się jednak wydawać, że jest właśnie odwrotnie. Zbiorowość cząsteczek wody (H_2O) pomnaża się, gdy zachodzi spalanie wodoru (H) w tlenie (O). Liczba cząsteczek w zbiorowości maleje, gdy ulegają one rozpadowi w procesie elektrolizy na bąbelki tlenu i wodoru. Chociaż w zbiorowości cząsteczek wody istnieje pewien rodzaj „demograficznej” dynamiki, nie można nazwać tego dziedziczeniem. Warunkiem koniecznym, by mówić o rozmnażaniu i dziedziczności, byłoby istnienie przynajmniej dwóch różniących się od siebie rodzajów cząstek wody, z których każdy rozmnażałby się dając właściwe sobie kopie.

Zdarza się, że cząsteczki występują w dwóch odmianach, jako swoje zwierciadlane odbicia. Istnieją dwa rodzaje cząsteczek glukozy, zawierających te same atomy w tym samym układzie, tyle że jedna jest prawo-, a druga lewoskrętna. Podobnie rzecz się ma z cząsteczkami innych cukrów i związków organicznych, łącznie z tak dla nas ważnymi aminokwasami. Może właśnie tu pojawiła się możliwość dziedziczenia pewnych cech już na poziomie cząsteczek chemicznych. Czy prawoskrętne cząstki mogły rozmnażać się w prawoskrętne, a lewoskrętne w lewoskrętne? Żeby odpowiedzieć na to pytanie, trzeba najpierw poznać kilka podstawowych faktów dotyczących lustrzanych cząsteczek. Fenomen ten został odkryty w XIX wieku przez wielkiego francuskiego uczonego Ludwika Pasteura, który badał enancjomorfizm, czyli występowanie dwóch odmian kryształu tej samej substancji będących swoimi lustrzanymi odbiciami. Pasteur odkrył enancjomorfizm kryształów kwasu winnego. Kryształ to ciało stałe o uporządkowanej budowie, mające naturalną postać wielościanu.

Kryształy powstają na skutek gromadzenia się atomów lub cząsteczek tego samego rodzaju, jedna na drugiej. Atomy lub cząsteczki nie układają się jak popadnie, lecz tworzą w przestrzeni uporządkowaną sieć. Każdy element kryształu ma, niczym strażnik na warcie, swoje miejsce nazywane węzłem sieci. Te cząsteczki, które już tworzą kryształ, stanowią matrycę dla nowych, wytrącających się właśnie z roztworu pod wpływem czynników zewnętrznych. W ten sposób postępuje proces wzrostu kryształu w postaci regularnej, geometrycznej sieci cząsteczek. Dlatego właśnie kryształki soli mają ścianki kwadratowe, a diamenty są romboidalne. Kiedy jakkolwiek kształt działa na zasadzie matrycy umożliwiającej swoje powielenie, mamy do czynienia z czymś, co bardzo przybliżyło nas do samoreplikacji.

Wróćmy teraz do Pasteura i kryształów kwasu winnego. Francuski uczoney zaobserwował,

że gdy pozostawi się roztwór wodny winianu, tworzą się dwa rodzaje kryształów o identycznej budowie, z tą różnicą, że są swoimi lustrzanymi odbiciami. Skrupulatnie oddzielił obydwa rodzaje kryształów od siebie i każdy z osobna zanurzył ponownie w roztworze. Chociaż obydwa roztwory były niemal pod każdym względem analogiczne, okazało się, że każdy z nich załamuje wiązkę spolaryzowanego światła w przeciwnym kierunku. Stąd właśnie umowne określanie kryształów będących swoimi lustrzanymi odbiciami jako prawoskrętne i lewoskrętne. Jak zapewne się domyślicie, kiedy obydwa roztwory ponownie zostały poddane procesowi krystalizacji, w każdym z nich powstały czyste postaci wersji prawo- lub lewoskrętnej.

Lustrzane odbicia kryształów różnią się od siebie tak samo jak prawy i lewy but z tej samej pary: „lewej” postaci nie można przez żaden obrót doprowadzić do postaci „prawej”. Pierwotny roztwór Pasteura był mieszaniną dwóch postaci, z których każda krystalizowała się według własnego wzorca. Istnienie przynajmniej dwóch różnych odmian jakiegoś tworzywa jest jednym z warunków koniecznych, by można mówić o dziedziczności. Nie jest jednak warunkiem dostatecznym. Żeby w powstawaniu lewo- i prawoskrętnych kryształów dopatrywać się dziedziczności, każdy z kryształów danej odmiany powinien po osiągnięciu pełnej postaci rozpadać się na dwa, które z kolei wzrastają do pełnych wymiarów. W takiej sytuacji mielibyśmy rzeczywiście do czynienia z rozmnażaniem się dwóch, rywalizujących ze sobą zbiorowości kryształów. Moglibyśmy wówczas mówić o sukcesie jednego rodzaju względem drugiego, bowiem obydwie odmiany rywalizowałyby o te same atomy lub cząstki stanowiące ich części składowe. W ten sposób kryształy jednej z odmian enancjomorficznych mogłyby się stać liczniejsze kosztem drugiej odmiany, gdyż okazały się lepsze w budowaniu sieci krystalicznej, czyli odniosły, posługując się językiem biologów, sukces reprodukcyjny. Niestety, przytłaczająca większość znanych cząstek chemicznych nie posiada właściwości replikacji, niezbędnej, by mówić o dziedziczności.

Powiedziałem „niestety”, ponieważ chemicy od dawna usiłują założyć „hodowlę” cząstek, które byłyby wyłącznie prawo- albo lewoskrętne. Ma to znaczenie ze względów medycznych. Jak na razie jednak spotykają ich niepowodzenia. Cząstki będące modelem dla powstawania innych cząstek, odwzorowują układ tworzących je elementów w postaci lustrzanego odbicia. Stąd też, jeżeli zaczniesz hodowlę od, powiedzmy, cząsteczki prawoskrętnej, otrzyma się w efekcie mieszaninę cząsteczek prawo- i lewoskrętnych. Chemicy starają się znaleźć jakiś sprytny sposób na takie oszukanie cząsteczek służących za wzorzec, żeby dawały takie same, siostrzane wersje. Znalezienie takiego sposobu okazuje się jednak nadzwyczaj trudne.

A przecież taki właśnie sprytny sposób, nawet jeżeli nie dotyczył akurat kwestii lewo- czy prawo-skrętności, musiał zostać wynaleziony całkowicie naturalnie i spontanicznie cztery miliardy lat temu, kiedy Ziemia była jeszcze młoda i zaczynała się na niej wielka eksplozja życia i informacji. Było jednak potrzebne jeszcze coś więcej, niż sama dziedziczność, aby eksplozja mogła dojść do skutku. Wyobraźmy sobie, że cząsteczki lewoskrętne i prawoskrętne, rzeczywiście rozmnażają się dziedziczając swoją „lewą” lub „prawą” postać. Jeżeli teraz zadziałają prawa doboru naturalnego, po pewnym czasie rywalizację wygrają cząsteczki, na przykład, prawoskrętne, to w końcu zdobędą całą pulę w postaci składających się na nie atomów i nie będzie już cząstek lewoskrętnych ani dalszej rywalizacji i szans na ewolucyjny postęp.

Większe cząsteczki mogą wykazywać zróżnicowanie orientacji w zależności od fragmentu tworzącego je łańcucha. Na przykład jeden z antybiotyków ma aż siedemnaście centrów

symetrii. W każdym z tych punktów może on przybierać postać lewo- lub prawoskrętną. Dwa pomnożone przez siebie siedemnaście razy daje 131 072, istnieje więc 131 072 odmiennych od siebie postaci tej cząsteczki. Jeżeli te 131 072 odmiany posiadałyby właściwość dziedziczenia, czyli każda rozmnażałaby się dając potomstwo o identycznym układzie lewo- i prawoskrętnych fragmentów, rywalizacja między nimi przedstawiałaby się całkiem interesująco. Stopniowo najlepiej przystosowane do powielania się cząsteczki zdobywałyby przewagę wśród ponad stu tysięcy odmian. Nawet jednak przy tak znacznej liczbie współzawodników proces naturalnej selekcji musiałby w pewnym momencie dobiec końca wraz z wyłonieniem zwycięzcy. 131 072 jest przecież tak samo skończoną liczbą, jak 2, z naszego pierwszego przykładu, tyle że znacznie większą. Jak więc widać, żeby eksplozja życia mogła mieć miejsce, oprócz fenomenu dziedziczości niezbędną jest nieskończona liczba odmian rozmnażających się bytów.

Rozważając przypadek wspomnianego antybiotyku osiągnęliśmy kres możliwości, jakie potencjalnie niesie ze sobą dziedziczenie wśród enancjomorficznych postaci cząsteczek. Jednakże prawo- lub lewoskrętność to nie jedyne cechy cząsteczek chemicznych, które mogą podlegać dziedziczeniu. Julius Rebek oraz jego koledzy chemicy ze słynnego MIT (Massachusetts Institute of Technology) bardzo poważnie podeszli do problemu stworzenia samopowielających się cząsteczek. Odmiany, jakie badali, nie były swoimi lustrzanymi odbiciami. Rebek i jego współpracownicy wzięli dwie małe cząsteczki, szczególnie nie są tu ważne, nazwijmy je więc A i B. Kiedy A i B miesza się w jednym roztworze, łączą się tworząc trzecią cząsteczkę, którą nazwiemy — jak się zapewne domyślacie — C. Każda z cząsteczek C funkcjonuje jak matryca. Pływające swobodnie w roztworze cząsteczki A i B są wychwytywane przez matryce. Jedna cząsteczka A i jedna B zostają ustawione przez cząsteczkę C na takich pozycjach, że spotkawszy się tworzą cząsteczkę dokładnie odpowiadającą ustawiającej je cząsteczce C. Cząsteczki C nie łączą się wyrastając w kryształ, lecz rozdzielają, po czym obydwie mogą służyć jako matryce dla kolejnych cząsteczek C, powstających z połączenia A i B. Jak więc widać zbiorowość cząsteczek C rośnie wykładniczo.

Dotychczas nie ma powodów, by mówić o prawdziwej dziedziczości, a jedynie o logicznej sekwencji zdarzeń układających się w ciąg. Cząsteczki B występują w różnych odmianach, z których każda po połączeniu z cząsteczką A daje właściwą sobie odmianę cząsteczki C. Mamy więc cząsteczki C1, C2, C3 i tak dalej. Każda z tych wersji cząsteczki C służy za matrycę dla powstawania cząsteczek C swojego typu. Zbiorowość cząsteczek C jest więc heterogeniczna. Co więcej, poszczególne odmiany cząsteczek C nie wykazują jednakowej efektywności jako „matryce” swoich cząsteczek potomnych. Mamy więc do czynienia z rywalizacją różnych odmian cząsteczek C między sobą. To jeszcze nie wszystko. W zbiorowości cząsteczek C można wywołać „spontaniczne mutacje” poddając je promieniowaniu ultrafioletowemu. Okazuje się, że zmutowana cząsteczka C „rozmnaża się” w dosłownym tego słowa znaczeniu, wytwarzając potomne cząsteczki takie same jak ona. Jak moglibyśmy sobie tego życzyć, zmutowana odmiana okazała się najskuteczniejsza i wkrótce zdominowała cały świat naszych protostworzeń ograniczony szklanymi ściankami kolby laboratoryjnej. Zestaw A/B/C nie jest jedyną kombinacją cząsteczek zachowujących się w ten sposób. Istnieją również inne kombinacje trójkowe zdradzające te same właściwości. Jedną z nich nazwijmy sobie D/E/F. Rebekowi i jego współpracownikom udało się nawet doprowadzić do powstania samoreplikujących się hybryd elementów kombinacji A/B/C z

elementami kombinacji D/E/F.

Jedyne występujące naturalnie cząsteczki posiadające faktyczną zdolność samokopiiowania się, czyli kwasy nukleinowe DNA i RNA, mogą tworzyć nieskończenie więcej odmian. Podczas gdy cząsteczki z doświadczeń Rebera składały się z łańcucha o dwóch połączeniach, cząsteczka DNA to niezwykle długi łańcuch, który może ciągnąć się bez końca. Każde z setek połączeń w łańcuchu może przybierać cztery różne postacie. Kiedy dany odcinek łańcucha DNA służy za matrycę przy powstawaniu nowej cząsteczki DNA, każda z owych czterech postaci służy za matrycę dla właściwego sobie rodzaju połączenia. W czterech różnych jednostkach łańcucha DNA, zwanych nukleotydami, występują zasady: adenina, tymina, cytozyna i guanina, stąd też umownie określa się je literami A, T, C oraz G. A służy zawsze za matrycę dla T, i na odwrót, a G służy zawsze za matrycę dla C, i na odwrót. Każda z sekwencji A, T, C i G może wystąpić w DNA i zostanie wiernie zreplikowana. Ponieważ łańcuch DNA nie ma ograniczonej długości, liczba wariantów pozostaje również nieograniczona. To właśnie jest potencjalne źródło informatycznej eksplozji, której odgłosy mogą w przyszłości roznieść się daleko poza macierzystą planetę, sięgając innych gwiazd i układów.

Odgłosy eksplozji replikacyjnej, która rozpoczęła się w Układzie Słonecznym cztery miliardy lat temu, aż do niedawna nie były słyszalne poza macierzystą planetą. Z tych czterech miliardów lat, dopiero od miliona istnieje system nerwowy zdolny do wynalezienia takiego nośnika informacji jak radio. I dopiero kilkadziesiąt lat temu, za sprawą tego systemu nerwowego, taki wynalazek zaczął faktycznie funkcjonować. Obecnie następuje stałe poszerzanie się infosfery penetrowanej przez przenoszące informację fale radiowe, wybiegające z macierzystej planety w przestrzeń z prędkością światła.

Celowo użyłem określenia „fale radiowe przenoszące informację”, gdyż przestrzeń kosmiczna od zawsze pełna była chaotycznych sygnałów radiowych. Gwiazdy emitują fale o częstotliwościach z pasma fal radiowych, tak samo jak emitują fale światła widzialnego. Poza tym istnieje tak zwane promieniowanie tła, szum fal elektromagnetycznych pozostałych po wielkim wybuchu, który dał początek czasoprzestrzeni i naszemu wszechświatowi. Fale te jednak nie zawierają żadnej celowo zakodowanej informacji. Radioastronom z jakiejś planety krążącej wokół najbliższej nam gwiazdy Proxima-Centauri z pewnością rejestrowałby ten sam szum, jaki doskonale znają nasi, ziemscy radioastronomowie, ale też mógłby wychwycić serie daleko bardziej skomplikowanych impulsów radiowych, dochodzących na przykład od strony gwiazdy Sol. Oczywiście informacja ta byłaby bardzo zniekształcona i niezrozumiała, zupełnie jakby dotarł do niego pocięty na kawałki program telewizyjny sprzed czterech lat, jednak zwróciłby uwagę, że otrzymuje sygnały daleko bardziej zagęszczone i i najwyraźniej coś znaczące, zdecydowanie inne od zwykłego, chaotycznego szumu fal. Płonąc z podniecenia centauryjski radioastronom ogłosiłby zaraz, że na gwieździe Sol nastąpiła eksplozja informacyjna porównywalna rozmiarami z supernową. Tamtejsi naukowcy przypuszczaliby, choć nie mogliby mieć całkowitej pewności, że to nie sama gwiazda, lecz któraś z jej planet wyemitowała odnotowane sygnały.

To, co można określić jako wybuch bomby replikacyjnej, nie następuje tak gwałtownie jak wybuch supernowej. W naszym przypadku proces ten osiągnął etap dostępu do fal radiowych po ładnych kilku miliardach lat i dopiero od tej chwili nasz świat ma szansę zawiadomić sąsiednie gwiazdy o swoim istnieniu, wysyłając w przestrzeń pierwsze znaczące impulsy. Można przypuszczać, o ile uznamy nasz przypadek za typowy, że wszelkie eksplozje informacyjne przechodzą przez wiele etapów rozwoju. Wziąwszy pod uwagę, od jak dawna

trwa wybuch bomby replikacyjnej, nasz świat wkroczył w etap radiowy, następujący po etapie języka, stosunkowo późno. Wcześniej był jeszcze etap zwany — w każdym razie na tej planecie — etapem komórek nerwowych, przed którym był etap różnorodności komórkowej. Etapem, od którego wszystko się zaczęło, protoplastą życia na Ziemi, był etap powielania, podpalony lont, bez którego cała eksplozja nie mogłaby nastąpić.

Dlaczego powielanie miałoby być aż tak ważne? Jak to w ogóle możliwe, by szansa, że jakaś marna cząsteczka posiadająca tę nieszkodliwą właściwość, że stanie się matrycą do wytworzenia drugiej takiej samej, stała się zapalonym lontem do bomby, której huk dotrze aż do innych planet? Jak już wiemy, siła powielania tkwi po części we wzroście wykładniczym. Wzrost wykładniczy w przypadku replikacji manifestuje się w wyjątkowo wyraźny sposób. Najprostszym przykładem może być tak zwany „łańcuszek szczęścia”. Pewnego dnia listonosz wrzuca do skrzynki pocztówkę, na której jest napisane tak: „Przepisz ten list sześć razy i roześlij do sześciu osób w ciągu tygodnia. Jeśli tego nie zrobisz, spadnie na Ciebie klątwa i w przeciągu miesiąca umrzesz w straszliwych męczarniach.” Kto ma choć trochę oleju w głowie, wyrzuci taką kartkę do kosza, ale jest całkiem sporo osób, które dają się na coś takiego nabrać. Ponosi ich ciekawość, albo ogarnia strach, i na wszelki wypadek rozsyłają kopie listu do sześciu znajomych. Spośród tych sześciu znajdzie się, powiedzmy, dwóch, którzy znowu wyślą po sześć pocztówek. Gdyby średnio jedna trzecia osób, które otrzymały list, wykonała napisane w nim zalecenia, liczba kopii rosłaby z tygodnia na tydzień dwukrotnie. Teoretycznie więc po roku liczba kopii wynosiłaby 2 do potęgi 52, czyli około cztery tysiące trylionów. Urosłaby taka góra kartek, że mogliby się w niej zakopać mężczyźni, kobiety i dzieci całego świata.

Wzrost wykładniczy, jeżeli nie przerwie go wyczerpanie się potrzebnych zapasów, zawsze prowadzi do zjawisk na wielką skalę, co więcej, rozwijających się w niewiarygodnie krótkim czasie. W praktyce zapasy wszystkiego są ograniczone, a do tego dołączają się inne czynniki, które redukują skalę wzrostu wykładniczego. W naszej przykładowej sytuacji z „łańcuszkiem” stopniowo coraz więcej ludzi będzie go lekceważyć, bo gdy trafi do ich skrzynki po raz drugi czy trzeci, cała zabawa zacznie ich nudzić. Jeśli natomiast chodzi o zapasy materiału, może się okazać, że któryś z wariantów pierwotnego listu kopiuje się łatwiej, szybciej i oszczędniej niż inne. Wówczas taka forma, chcąc nie chcąc, zacznie wypierać mniej efektywnych konkurentów. Bardzo ważne jest uświadomienie sobie, że żadna z kopiowanych odmian nie ma własnego rozumu i nie zależy jej wcale na replikacji w tej czy innej formie. Po prostu tak już musi być, że świat wypełniają matryce bardziej wydajne.

W przypadku „łańcuszka szczęścia” większa wydajność może polegać na bardziej sugestywnym doborze słów w liście. Zamiast pisać prosto z mostu: „Jeśli tego nie zrobisz, spadnie na Ciebie klątwa i w przeciągu miesiąca umrzesz w straszliwych mękach”, można przecież przekazać to samo o wiele ładniej: „Zaklinam Cię na wszystkie świętości, nie ryzykuj! Jeżeli masz choć trochę serca, roześlij sześć kopii tego listu do sześciu znajomych!” Kolejne „mutacje” pierwotnej wersji mogą następować jedna po drugiej, aż w rezultacie dojdzie do tego, że po świecie będą w tym samym czasie krążyć rozmaite wersje, pochodzące od jednego, wspólnego „przodka”, ale różniące się między sobą konkretnym doбором słów, tonem i rodzajem użytych argumentów. Skuteczniejsze warianty zaczną pojawiać się częściej wypierając całkiem prymitywne, które na nikogo nie podziałają i trafią do kosza. Sukces jest jednoznaczny z częstotliwością występowania. Bardzo znanym przykładem takiego sukcesu jest „list św. Judy” — obiegił kilkakrotnie świat dookoła, pewnie rozrastając się i docierając

do mnóstwa osób. Kiedy pisałem tę książkę, dr Oliver Goodenough z Uniwersytetu Vermont przysłał mi jedną z wersji tego listu. Napisałiśmy potem wspólnie artykuł do pisma „Nature”, który zatytułowaliśmy *Wirusy umysłu*. Oto tekst owego listu:

„MIŁOŚĆ WSZYSTKO ZWYCIĘŻY”

Ten list został wysłany do Ciebie na szczęście. Oryginał znajduje się w Nowej Anglii. Obiegł świat aż 9 razy. Teraz Szczęście przysłało do Ciebie. Szczęście uśmiechnie się do Ciebie w ciągu 4 dni od otrzymania tego listu, o ile przekazesz go dalej. To wcale nie żarty! Szczęście dotrze do Ciebie pocztą. Nie wysyłaj pieniędzy. Wyślij kopie tego listu do tych ludzi, o których wiesz, że potrzebują szczęścia. Nie wysyłaj pieniędzy, bo wiary się nie kupi. Nie zatrzymuj tego listu. Musi opuścić Twoje ręce w przeciągu 96 godzin. Oficer A.R.P Joe Elliott otrzymał 40 000 000 dolarów. Geo. Welch stracił żonę 5 dni po otrzymaniu listu. Nie przekazał go dalej. Przed jej śmiercią otrzymał jednak 75 000 dolarów. Wyślij kopie, a zobaczysz co się stanie po 4 dniach. Łańcuszek pochodzi z Wenezueli, napisał go Saúl Anthony Degnas, misjonarz z Ameryki Płd. Od tego czasu list musi krążyć po świecie. Musisz przepisać list 20 razy i przesłać do znajomych osób, a po kilku dniach spotka Cię miła niespodzianka. Taka jest siła miłości, nawet jeżeli nie wierzysz w przesady. Zapamiętaj: Cantonare Dias otrzymał ten list w 1903 roku. Poprosił sekretarkę o sporządzenie kopii i wysłanie. Kilka dni później wygrał na loterii 20 milionów dolarów. Urzędnik Carl Dobbit otrzymał list i zapomniał, że musi on opuścić jego ręce w ciągu 96 godzin. Stracił pracę. Po odnalezieniu listu przepisał go i wysłał do 20 osób. Kilka dni później otrzymał jeszcze lepszą pracę. Dolan Fairchild otrzymał list, nie uwierzył i wyrzucił go. 9 dni później zmarł. W 1987 roku otrzymała list młoda kobieta w Kalifornii. Był wyblakły i prawie nieczytelny. Obiecała sobie, że przepisze go i roześle dalej, ale odłożyła go i zapomniała. Wkrótce pojawiło się wiele kłopotów, w tym bardzo kosztowna naprawa samochodu. Zatrzymała u siebie ten list na dłużej niż 96 godzin. W końcu jednak przepisała go na maszynie tak, jak obiecywała, i wkrótce kupiła nowy samochód. Pamiętaj żeby nie wysyłać pieniędzy. Nie lekceważ tego — to działa.

Św. Juda

Ten kuriozalny tekst nosi wszelkie cechy czegoś, co przeszło szereg mutacji. Pojawia się w nim wiele błędów i niezręcznych sformułowań, wiadomo też, że ludzie przesyłają sobie nieco inne wersje tego samego listu. Od czasu pisania artykułu dla „Nature” przysyłano mi listy z wersjami znacznie różniącymi się od powyższej. Na przykład, zamiast „oficera A.R.P.” pojawiał się „oficer R.A.F.” List św. Judy dobrze znany jest pracownikom poczty amerykańskiej, którzy potwierdzają, że „łańcuszek” musiał pojawiać się od niepamiętnych czasów, oraz że występują okresowe nawroty, które przybierają rozmiary epidemii.

Warto zwrócić uwagę, że litania posłusznych, których spotkało szczęście oraz zatwardziały niedowiarków, którym w udziale przypadły nieszczęścia, nie mogła zostać ułożona przez nich samych. Wszyscy szczęśliwcy otrzymali zasłużoną nagrodę dopiero w kilka dni po rozesłaniu kopii, a wszystkie ofiary zaniedbały tego obowiązku. Najprawdopodobniej przedstawione tu historie zostały wyssane z palca, jak pewnie każdy zdążył już sam ocenić po ich schematycznym scenariuszu. To spostrzeżenie może nas naprowadzić na najważniejszą

cechę, jaka różni „łańcuszki” od replikacji żywych organizmów. Koncepcja „łańcuszków” powstała w ludzkim umyśle, a zmiany zachodzące w kolejnych wersjach tekstu też były wytworem wyobraźni człowieka. Tymczasem gdy powstawało na Ziemi życie, nie było żadnych umysłów, żadnego zmysłu twórczego, żadnej celowości. Była tylko czysta chemia. Mimo to, gdy zaistniała możliwość powielania się związku chemicznego, jego ilość zaczęła gwałtownie wzrastać. Automatycznie wytworzyła się więc tendencja do liczebnej przewagi wariantów skuteczniejszych nad mniej skutecznymi.

Tak samo jak w przypadku „łańcuszków” większa skuteczność jest jednoznaczna z większą liczbą kopii w obiegu. Ale to tylko teoretyczna definicja, brzmiąca niemal jak tautologia. W praktyce na sukces trzeba sobie zasłużyć zdobywając przewagę w stosunku do konkurencji, a konkurencja jest czymś bardzo konkretnym i nie mającym żadnych cech tautologii. Jeżeli wśród cząsteczek mogących się powielać któraś ma odnieść sukces, to będzie to tylko ta, która pod względem budowy chemicznej ma wszystko, czego potrzeba, żeby nastąpiła replikacja. W praktyce spełnienie tych warunków pozwala na powstanie nieskończonej liczby wariantów, choć z pozoru wydaje się, że wszystkie substancje mogące służyć jako matryce są zadziwiająco jednorodne.

DNA jest do tego stopnia jednorodne, że składa się z kombinacji tych samych czterech liter A, T, C i G. Przykłady przytaczane w poprzednich rozdziałach udowodniły nam, na jak wiele różnorodnych sposobów sekwencje DNA dążą do replikacji. Do tych sposobów należy usprawnianie pracy mięśnia sercowego u hipopotamów, wyposażenie pchły w skoczne odnóża, jaskółek w aerodynamiczne skrzydła, a ryb w pęcherze pławne. Wszelkie narządy i tkanki zwierząt; korzenie, liście i kwiaty roślin; układy nerwowe, mózgi oraz myśli i uczucia, takie jak lęk czy nadzieja — wszystko to są narzędzia mające zapewnić przeniesienie danej sekwencji DNA w przyszłość poprzez następne pokolenia. Owe narzędzia cechuje niemal nieograniczona różnorodność. Za to metoda ich wyrobu pozostaje stale ta sama — kolejne permutacje sekwencji A, T, C i G.

Nie musiało być dokładnie tak samo na początku. Nie posiadamy żadnych niepodważalnych dowodów, iż w początkowej fazie eksplozji informacyjnej kod źródłowy był zapisany akurat za pomocą naszych liter z alfabetu DNA. W rzeczywistości cała technologia informatyczna oparta na DNA i białkach występuje w tak rozwiniętej i skomplikowanej postaci, że trudno uwierzyć, by powstała od razu w gotowej postaci, bez udziału innego systemu samoreplikującego w roli poprzednika. Poprzednikiem tym mogło być RNA lub coś na kształt zestawu prostych, samopowielających się cząsteczek, jakich użył do swego eksperymentu Julius Reber. Równie dobrze jednak mogło być to coś zupełnie innego, na przykład nieorganiczne kryształy iłów posiadające zdolność samopowielania się. Tę koncepcję autorstwa Cairns-Smitha (patrz jego *Seven Clues to the Origin of Life*) omówiłem wyczerpująco w książce *Ślepy zegarmistrz*. Frapujących pomysłów może być wiele, nigdy jednak nie będziemy wiedzieć na pewno, jak wyglądały te prapoczątki.

Możemy natomiast spróbować stworzyć hipotetyczny obraz przebiegu eksplozji życia na dowolnej planecie we wszechświecie. Szczegóły, na przykład pytania o konkretny rodzaj systemu, który zainicjował eksplozję, zależą od warunków lokalnych, możemy więc abstrahować od nich w naszych rozważaniach. System oparty na DNA i białku nigdy nie mógłby funkcjonować w środowisku ciekłego, zimnego amoniaku. Nie oznacza to jednak, że nie mogłyby się tam rozwinąć inne byty posiadające zdolność dziedziczenia i rozmnażania się. Nie wnikając w tak szczegółowe problemy zależne od warunków panujących na danej

planecie, chciałbym skoncentrować się na skonstruowaniu ogólnego algorytmu na powstanie bomby replikacyjnej. W tym celu postaram się, punkt po punkcie, rozważyć kolejne etapy, konieczne dla zaistnienia całego procesu. Niektóre z nich będą miały charakter uniwersalny, podczas gdy inne mogą być właściwe jedynie dla bomby replikacyjnej z naszej planety. Nie zawsze okaże się możliwe rozgraniczenie pomiędzy tym, co uniwersalne, a tym, co lokalne. Próba takiego rozgraniczenia to problem interesujący sam w sobie.

Etap pierwszy to oczywiście samo powstanie systemu, w którym mamy do czynienia choćby z najbardziej uproszczoną formą dziedziczenia cech różnicujących pewną grupę bytów, które posiadają zdolność rozmnażania się. W procesie rozmnażania się i dziedziczenia musi istnieć możliwość pojawienia się przypadkowych błędów. Przejście przez etap pierwszy oznacza, że planeta zostaje „zaszczepiona” przez zróżnicowaną populację, w której różne odmiany rywalizują o niezbędne do egzystencji zasoby. Zasoby kurczą się i walka o nie staje się coraz gorętsza. Niektóre z odmian okazują się lepiej przystosowane do rywalizacji i wykorzystywania ograniczonych zasobów planety. Inne są w porównaniu z nimi mniej skuteczne. W ten sposób uzyskujemy uproszczoną postać doboru naturalnego.

Na samym początku sukces danej odmiany samoreplikujących się bytów będzie zależał bezpośrednio od ich skuteczności jako replikatorów, na przykład od stopnia wierności nowego bytu wobec matrycy, według której został skopiowany. Jednakże już po przejściu etapu pierwszego, gdy kolejne pokolenia uczestniczą w procesie ewolucji, problem rywalizacji komplikuje się. Dochodzimy tu do etapu drugiego. Etap drugi polega na tym, że rozmnażające się byty mogą przetrwać i ulec powieleniu nie tylko ze względu na swoje korzystne, osobnicze cechy, lecz również ze względu na niezależny od nich zestaw cech otrzymywanych poprzez dziedziczenie, który nazywamy fenotypem. Na naszej planecie fenotyp definiuje się jako zespół cech warunkowanych genetycznie. Oznacza to faktycznie, że do fenotypu należą cechy związane z każdym organem i częścią ciała. Można powiedzieć, że fenotyp to sposób na zapewnienie sobie przez skuteczne replikatory przejścia do kolejnej generacji. Mówiąc bardziej ogólnie, fenotypy są zespołami właściwości replikatorów, wpływającymi na skuteczność replikatorów, ale same nie podlegają replikacji. Na przykład pewien konkretny gen jednego z gatunków ślimaków żyjących w Pacyfiku warunkuje kierunek skręcania się muszli ślimaka. Sama cząsteczka DNA nie jest ani prawo-, ani lewoskrętna, ale fenotypowa właściwość przez nią warunkowana — jest. To, czy muszla ślimaka zwiąja się w prawo czy w lewo może nie być obojętne dla stopnia ochrony, jaki zapewnia mięczakowi. Ponieważ geny ślimaka znajdują się w ciałach chronionych przez muszle, których kształt warunkują, geny odpowiedzialne za powstawanie muszli zapewniających lepszą ochronę będą rozprzestrzeniały się w populacji ślimaków kosztem genów odpowiedzialnych za powstawanie gorszych muszli. Muszle, będące częścią fenotypu, nie rozmnażają się. Każda muszla powstaje jednak pod dyktando DNA, a to DNA właśnie posiada zdolność replikacji.

Sekwencje DNA wpływają na odpowiadające im fenotypy poprzez bardziej lub mniej skomplikowany łańcuch procesów pośrednich, określanych jednym mianem „embriogenezy”. Na naszej planecie pierwszym ogniwem łańcucha jest zawsze synteza cząsteczki białka. Każdy szczegół budowy cząsteczki jest warunkowany przez osławiony kod genetyczny w postaci uporządkowanej w określony sposób sekwencji czterech liter z alfabetu DNA. Te informacje mają jednak najprawdopodobniej jedynie lokalne znaczenie. Ogólnie druga faza przedstawia się następująco: Planeta zostaje wypełniona replikatorami (genami), których skutki oddziaływania w postaci fenotypów okazują się korzystne dla replikacji tychże replikatorów.

Przejscie etapu drugiego oznacza, że replikatorom zapewniają przetrwanie pośrednie skutki ich oddziaływania w postaci fenotypów. Na naszej planecie te skutki oddziaływania replikatorów-genów ograniczone są do organizmów, w których geny fizycznie się znajdują. Wcale jednak tak nie musi być. Koncepcja rozszerzonego fenotypu, której poświęciłem całą książkę o tym samym tytule, głosi, że fenotypy, jako sposoby zapewnienia sobie przez geny trwania na przestrzeni wielu pokoleń, niekoniecznie muszą być ograniczone do organizmów zamieszkałych przez replikatory. Geny mogą rozciągać swe strefy wpływów poza własne organizmy, wpływając na postać świata zewnętrznego, w tym również na inne organizmy.

Nie potrafię określić, w jakim stopniu etap fenotypów jest uniwersalny i obowiązujący dla wszystkich rodzajów planet. Podejrzewam, że musiał zostać osiągnięty na tych planetach, gdzie eksplozja życia wyszła poza najbardziej pierwotną fazę. Taką samą intuicję mam w stosunku do kolejnego podstawowego etapu z mojej listy. Etap trzeci nazwałem etapem zespołów replikatorów. Trzeci jest on wyłącznie umownie, gdyż z teoretycznego punktu widzenia może następować przed albo w tym samym czasie, co etap fenotypów. Na początku eksplozji życia replikatory stanowią najprawdopodobniej nagie autonomiczne jednostki, objające się o siebie u źródeł genetycznej rzeki. Istnieje jednak problem białkowo-nukleinowej technologii dziedziczenia i powielania informacji, która rozwinęła się na planecie Ziemia, ponieważ żaden ziemski gen nie potrafi działać w izolacji. Chemiczne środowisko, w którym funkcjonują geny, nie przypomina warunków chemicznych panujących w świecie zewnętrznym. Wszystko, co znajduje się na zewnątrz, ma oczywiście znaczenie, ale jest tylko bladym tłem. Bezpośrednie i całkowicie niezbędne środowisko chemiczne, w którym następuje powielanie się DNA, jest o wiele mniejszym, znacznie bardziej skondensowanym skupiskiem związków chemicznych, workiem, w którym znajduje się niemal wszystko. Właśnie takim workiem jest żywa komórka. W zasadzie nie za bardzo można nazywać komórki „workiem”, ponieważ wiele komórek posiada skomplikowany system wewnętrznych przegród, które tworzą zakamarki, dzięki którym każda reakcja chemiczna może przebiegać oddzielnie, w nie zakłócony sposób. Chemicznym mikrokosmosem, jakim jest komórka, zawiaduje rada nadzorcza składająca się z setek, a w wysoko zorganizowanych komórkach — tysiący genów. Każdy z nich przyczynia się do tworzenia tego środowiska, a następnie korzysta z niego, aby przeżyć. Geny pracują zespołowo. Zastanawialiśmy się nad tym, choć z nieco innego punktu widzenia, w rozdziale pierwszym.

Na naszej planecie najprostszymi samodzielnymi układami, w których może zachodzić replikacja DNA, są komórki bakteryjne. Zawierają zaledwie kilka setek genów, które wystarczają do stworzenia wszystkich potrzebnych komórce substancji i struktur. Wszystkie komórki poza bakteriami nazywają się komórkami eukariotycznymi. Komórki naszego własnego ciała, podobnie jak komórki zwierząt, roślin, grzybów i pierwotniaków, są komórkami eukariotycznymi. Chociaż liczba genów wynosi w nich średnio dziesiątki lub setki tysięcy, wszystkie geny współpracują ze sobą. Jak pamiętamy z rozdziału drugiego, rzeczywiście jest możliwe, że komórki eukariotyczne powstały przez zlanie się ze sobą kilku współpracujących ze sobą komórek bakteryjnych. Zresztą nie o tym chciałem mówić. Chodziło mi tylko o to, że wszystkie geny pracują w środowisku chemicznym tworzonym przez zespół genów znajdujących się w komórce.

Gdy tylko zaczynamy mówić o genach współpracujących ze sobą w zgranych zespołach, pojawia się pokusa wysunięcia przypuszczenia, iż obecnie dobór naturalny odbywa się między rywalizującymi ze sobą zespołami genów, czyli przeszedł na wyższy poziom zorganizowania.

Taka teza, choć bardzo kusząca, jest, moim zdaniem, z gruntu fałszywa.

O wiele bliższe prawdy będzie stwierdzenie, iż dobór naturalny cały czas dotyczy pojedynczych genów, tyle że sprzyja genom, które dobrze się mają w obecności innych genów. Z zagadnieniem tym zetknęliśmy się w rozdziale pierwszym, gdy mówiliśmy o „dobrych współtowarzyszach podróży”, płynących w tej samej odnodze cyfrowej rzeki genów.

Za kolejny z głównych etapów narastania eksplozji bomby replikacyjnej należałoby chyba uznać moment powstania tworów wielokomórkowych. Według mojej klasyfikacji byłby to etap czwarty. Jak mieliśmy okazję się przekonać, każda z komórek stanowi mały, osobny ocean chemikaliów, w którym pływają sobie geny. Chociaż taka komórka zawiera cały zestaw genów, tylko kilka z nich jest w niej aktywnych. Komórka rozmnaża się dzieląc na pół. Każda z połówek osiąga rozmiary normalnej komórki. Jeżeli połówki nie rozdziela się całkowicie, lecz pozostaną złączone, mogą powstawać duże konstrukcje złożone z komórek jako budulca, tak jak domy z cegieł. Zdolność do tworzenia wielokomórkowych struktur może być tak samo ważna na innych planetach, jak okazuje się ważna na Ziemi. Gdy etap czwarty zostaje osiągnięty, fenotypy mogą rozrastać się tworząc struktury analogiczne do pojedynczej komórki, różniące się jedynie skalą. Rogi jelenia, liście na drzewie, muszla ślimaka budowane są wprawdzie przez komórki, ale te komórki nie są miniaturami organów, które tworzą. Organizmy wielokomórkowe nie rozrastają się tak, jak czynią to kryształy. Przynajmniej na naszej planecie ich powstawanie bardziej przypomina powstawanie budynków, które przecież nie tworzą kształtów będących jedynie wielokrotnym powiększeniem cegły. Podobnie jak w przypadku domów, organizmy wielokomórkowe uzyskują właściwe sobie kształty i rozmiary, ponieważ każda z warstw komórek (cegieł) układa się tak, jakby wiedziała, kiedy ma skończyć. Komórki „wiedzą” również, gdzie jest ich miejsce pośród innych komórek. Komórki wątroby postępują tak, jakby wiedziały, że są komórkami wątroby, a nawet jakiej jej części. Wyjaśnienie, jak to się dzieje, jest bardzo skomplikowanym zagadnieniem, mającym już bogatą literaturę. Rozwiązanie tego problemu jest prawdopodobnie specyficzne dla naszej planety, stąd też nie zamierzam omawiać go w tym miejscu. Poza tym dotknąłem już tego zagadnienia w rozdziale pierwszym. Niezależnie od szczegółów, sama metoda formowania się wielokomórkowych organizmów została udoskonalona przez ten sam proces, który prowadzi do wszelkich usprawnień żywych organizmów. Polega on na nieprzypadkowym przesiewaniu przez kolejne sita pokoleniowe genów, które okazały się skuteczne, w tym przypadku skuteczne jako programatory komórek współpracujących z komórkami sąsiednimi.

Kolejny etap, który chciałbym rozważyć, ponieważ uważam, że jego znaczenie wykracza poza lokalną specyfikę naszej planety, nazwałem etapem przyspieszonego przetwarzania informacji. Na naszej planecie etap, noszący numer pięć, został dokonany za pomocą specjalnego rodzaju komórek nazywanych neuronami lub komórkami nerwowymi. Stąd też etap ten można również nazwać etapem układu nerwowego, pamiętając o jedynie lokalnym znaczeniu takiego określenia. Niezależnie od tego, jak przyspieszone przetwarzanie informacji zostało osiągnięte na danej planecie, ma ono ogromne znaczenie, gdyż po przejściu tego etapu wszystkie procesy mogą postępować znacznie szybciej niż wówczas, gdy geny miały do dyspozycji wyłącznie chemiczne sposoby oddziaływania. Drapieżnik może błyskawicznie rzucić się na zdobycz, a ofiara ma szansę uciec w okamgnieniu dzięki reakcji systemu nerwowego pobudzającego do ruchu mięśnie. W systemie tym szybkość działania i reakcji jest znacznie większa od tej, z którą w okresie embrionalnym „pracują” geny sterujące powstawaniem całego układu. Absolutne szybkości i czasy reakcji mogą być różne, zależnie

od planety. Jednakże w przypadku każdej z replikacyjnych bomb ważnym wydarzeniem, otwierającym nowy etap, musiało być uruchomienie przez replikatory mechanizmu, który wykazuje znacznie krótsze czasy reakcji i przesyłania informacji niż embriologiczny mechanizm samych replikatorów. Czy taki mechanizm ma postać, którą znamy z naszej planety, z neuronami i komórkami mięśniowymi, nie ma dla nas większego znaczenia. Istotne jest to, że na każdej planecie, wejście bomby replikacyjnej w fazę, którą na Ziemi nazywa się powstaniem układu nerwowego, pociąga za sobą daleko idące konsekwencje dla dalszego przebiegu eksplozji na tej planecie i zwiększa prawdopodobieństwo rozszerzenia się jej na przestrzeń kosmiczną.

Jedną z takich konsekwencji może być powstanie rozbudowanych urządzeń do przetwarzania danych, „mózgów”, zdolnych do analizowania skomplikowanych informacji dostarczanych im przez „zmysły” oraz do przechowywania tych informacji w swojej „pamięci”. Najdalej idącą konsekwencją osiągnięcia etapu przyspieszonego przetwarzania informacji, kryjącą w sobie jedną z największych tajemnic natury, jest powstanie świadomości. Będzie to etap szósty wedle mojej klasyfikacji, etap świadomości. Nie wiemy tak naprawdę, ile razy na naszej planecie miało miejsce narodzenie się świadomości. Niektórzy filozofowie łączą to nierozdzielnie z powstaniem mowy, co zgodnie z naszą wiedzą odbyło się tylko raz i zostało osiągnięte przez dwunożny gatunek *Homo sapiens*. Abstrahując od tego, czy mowa jest rzeczywiście warunkiem koniecznym dla rozwinięcia się świadomości, będę dalej mówił o etapie mowy. Jest to etap siódmy, który znamy z naszej planety, choć nie każda z planet, na których doszło do eksplozji bomby replikacyjnej, musiała przezeń przejść. Szczegóły fenomenu powstania mowy, takie jak to, czy informacja przenoszona jest za pośrednictwem dźwięków, czy też przy wykorzystaniu jakiegoś innego nośnika, należą do lokalnej specyfiki planety.

Z tego punktu widzenia język to system sieciowy pozwalający mózgom (tak na naszej planecie nazywa się urządzenia do przetwarzania informacji) na wymianę informacji przy zachowaniu takiej dokładności przekazu, która umożliwi współpracę przy rozwijaniu technologii. Rozwój techniki — począwszy od kamiennych narzędzi, poprzez technologię wytopu metali, pojazdy na kołach, maszyny parowe, aż do wieku elektroniki — ma sam w sobie wiele cech eksplozji. Stąd też jego zapoczątkowanie można z powodzeniem uznać za początek nowego etapu, etapu techniki, ósmego z kolei. Co ciekawe, niewykluczone, że ludzka cywilizacja sama dochowała się zupełnie nowej bomby replikacyjnej, z nowym rodzajem samopowielającego się bytu — memu, jak nazwałem to w *Samolubnym genie* — który mnoży się i podlega darwinowskim procesom selekcji w rzece kultury. Możliwe, że właśnie teraz mamy do czynienia z początkiem eksplozji bomby replikatorów kulturowych, analogicznej do eksplozji bomby genowej, która wcześniej stworzyła mózgi i kulturę, a więc warunki konieczne do uruchomienia tego nowego, posiadającego wszelkie cechy eksplozji, procesu. To jednak zbyt rozległy temat jak na ten rozdział. Wracając do naszego zasadniczego tematu, należy zauważyć, że wraz z zainicjowaniem etapu techniki, pojawia się możliwość, że gdzieś po drodze rozwoju cywilizacyjnego technologia osiągnie taki poziom, że sygnały eksplozji zaczną docierać poza macierzystą planetę. W ten sposób dochodzimy do etapu dziewiątego, etapu fal radiowych. Od tego momentu obserwator z zewnątrz ma szansę zauważyć sygnały świadczące o tym, że w układzie danej gwiazdy nastąpiła eksplozja bomby replikacyjnej.

Pierwszy sygnał, jaki najprawdopodobniej otrzyma zewnętrzny obserwator, będzie miał postać fal radiowych stanowiących produkt uboczny komunikacji w obrębie planety

macierzystej. Następnie dysponujące rozwiniętą technologią wytwory bomby replikacyjnej mogą same wpaść na pomysł zwrócenia swej uwagi ku innym gwiazdom i układom. W przypadku ludzi, jednym z kroków w tym kierunku było nadanie w przestrzeń informacji przeznaczonej specjalnie dla innych, zamieszkujących gdzieś w kosmosie, rozumnych istot. Powstaje w tym miejscu pytanie, jaką powinna mieć postać wiadomość przeznaczona dla istot, o których naturze nie mamy najmniejszego pojęcia. Bez wątplenia takie zadanie nastęrcza trudności niemal nie do przewyciężenia i jest wielce prawdopodobne, że nasza wiadomość została fałszywie zrozumiana.

Całą uwagę skupiono na tym, by przekonać nieznanym odbiorców o tym, że w ogóle istniejemy, nie przejmując się zbytnio samą merytoryczną zawartością informacji. Przed podobnym zadaniem stanął wymyślony przeze mnie w rozdziale pierwszym profesor Crickson. Do kodu DNA wprowadził ciąg liczb, żeby przekonać odbiorcę o nieprzypadkowości takiego sygnału. Analogiczna metoda powinna być zastosowana przy wysyłaniu fal radiowych, mających zaświadczyć obcym światom o naszym istnieniu. Muzyka mogłaby się wydawać dobrym zwiastunem naszej obecności, nawet jeżeli Obcy nie odbieraliby jej za pomocą uszu, ale w jakiś inny, właściwy sobie sposób. Znany uczyony i pisarz Lewis Thomas sugerował, że powinniśmy nadawać w kosmos Bacha, tylko Bacha i nic innego poza Bachem. Obawiał się jedynie, że mogłoby to zostać odczytane jako chępliwość z naszej strony. Jednak nawet najwspanialsza muzyka mogłaby zostać przez Obcego pomyłona z rytmicznymi sygnałami pulsara — gwiazdy, która emituje promieniowanie w postaci krótkich błysków o okresie kilku sekund lub krótszym. Kiedy w 1967 roku pulsary zostały odkryte przez grupę radioastronomów z Cambridge, wywołało to małą sensację, gdyż początkowo sądzono, że mogą to być sygnały nadawane przez obcą cywilizację. Wkrótce okazało się jednak, że fenomen ten ma o wiele bardziej banalne wyjaśnienie. Ustalono bowiem, że pulsary to małe gwiazdy, obracające się niezwykle szybko wokół własnej osi i emitujące wiązki promieni radiowych, podobnie jak czynią to reflektory naszych latarni morskich. Jak na razie żadne sygnały mające cechy komunikatu nadanego przez istoty rozumne nie dotarły do naszej planety.

Po etapie fal radiowych jedyny dalszy krok w stronę ekspansji poza macierzystą planetę, jaki potrafimy sobie na razie wyobrazić w przypadku naszej własnej cywilizacji, to podróże w przestrzeń kosmiczną samych nadawców komunikatów. Byłby to etap dziesiąty, etap podróży kosmicznych. Autorzy książek fantastyczno-naukowych od dawna snują marzenia o koloniach ludzi lub wykonanych przez nich robotów rozsianych po różnych układach gwiazdowych. Kolonie te mogłyby być postrzegane jako zarodki nowych siedlisk samopowielającej się informacji, które z czasem przerodziłyby się w bomby replikacyjne analogiczne do macierzystej. Przechodząc przez kolejne etapy eksplozji zaczęłyby same wysyłać w przestrzeń zarówno geny, jak i memy. Jeżeli ta wizja miałaby się kiedykolwiek spełnić, nie całkiem od rzeczy byłoby wyobrazić sobie przyszły obraz cyfrowej rzeki tak, jak widział to Christopher Marlowe: „Patrz, patrz, gdzie rzeka życia płynie po firmamencie!”

Jak na razie dopiero stawiamy pierwsze kroki w kosmicznych podróżach. Byliśmy na Księżycu, ale nic nie ujmując temu wspaniałemu osiągnięciu i wiedząc, że Księżyc to nie zawieszona tuż nad drzewami bańka, musimy pamiętać, że z punktu widzenia obcych, do których myślimy dotrzeć, taką podróż trudno nawet nazwać kosmiczną. Wysłaliśmy kilka bezzałogowych statków kosmicznych przemierzających przestrzeń po trajektoriach, które nie mają żadnego określonego końca. Jeden z takich statków niesie w przestrzeń wiadomość, pomyślaną tak, by mogła zostać odszyfrowana przez jakąś obcą inteligencję. Wysłana z

inspiracji amerykańskiego astronoma Carla Sagana wiadomość zawiera wizerunki istot, które ją nadały, obnażonych sylwetek kobiety i mężczyzny.

W ten sposób wróciliśmy do początku naszej historii, do mitów o legendarnych przodkach, od których rozpoczęliśmy nasze rozważania. Jednakże para ludzi na tabliczce wysłanej w przestrzeń to nie Adam i Ewa, a wiadomość wypisana pod wizerunkiem zawiera o wiele bardziej wiarygodne świadectwo o eksplozji życia, jaka nastąpiła na naszej planecie, niż to, co zapisano w *Księdze Rodzaju*. Na tabliczce przedstawiono za pomocą powszechnie zrozumiałego — przynajmniej według twórców — języka obrazów i symboli położenie trzeciej planety w Układzie Słonecznym, precyzyjnie określając współrzędne centralnej gwiazdy układu w galaktyce. Dalej przedstawiamy się za pomocą obrazowego ukazania odkrytych przez nas podstawowych praw chemii i matematyki. Jeżeli statek wiozący tabliczkę, zostanie kiedykolwiek przechwycony przez istoty rozumne, powinny one zrozumieć, że mają do czynienia z wytworem cywilizacji, której wiedza nie ogranicza się do pierwotnych, plemiennych wierzeń. Dowiedzą się, że gdzieś tam w kosmosie miała miejsce eksplozja życia, w wyniku której powstały rozumne istoty, z którymi warto nawiązać kontakt i dogadać się.

Nie wolno nam jednak zapominać, że szanse, aby tabliczka dotarła w pobliże układu, gdzie nastąpiła eksplozja analogicznej do naszej bomby replikacyjnej, są mniej niż minimalne. Niektórzy sądzą, że ten komunikat jest ważny nie tyle dla potencjalnych odbiorców z odległych planet, ile dla nas samych, mieszkańców macierzystej planety. Świadomość, że my — ludzie — wysłaliśmy w przestrzeń na wieczną wędrowkę tabliczkę z wizerunkami mężczyzny i kobiety trzymających ręce w geście pokoju, i że tabliczka ta jest pierwszym nadanym w kosmos komunikatem o eksplozji życia na Ziemi, powinna nas do czegoś zobowiązywać i zmobilizować do wyzwolenia się z więzów ograniczonego, zaściankowego sposobu myślenia. Jest w tym echo poetyckiego wrażenia, jakie wywarła na bez wątpienia niezaściankowej umysłowości Williama Wordswortha rzeźba w Trinity College w Cambridge przedstawiająca innego giganta ludzkiej myśli, Izaaka Newtona:

And from my pillow, looking forth by light
Of moon favouring stars, I could behold
The antechapel where the statue stood
Of Newton with his prism and silent face,
The marble index of a mind for ever
Voyaging through strange seas of Thought,
alone

[Z mojej poduszki patrząc przed siebie przez światło / księżycą lub gwiazd mogę dostrzec / dziedziniec, gdzie stoi pomnik / Newtona z pryzmatem i milczącą twarzą, / marmurowe świadectwo umysłu, co niestrudzenie / podróżuje po przedziwnym oceanie myśli, zawsze sam.]