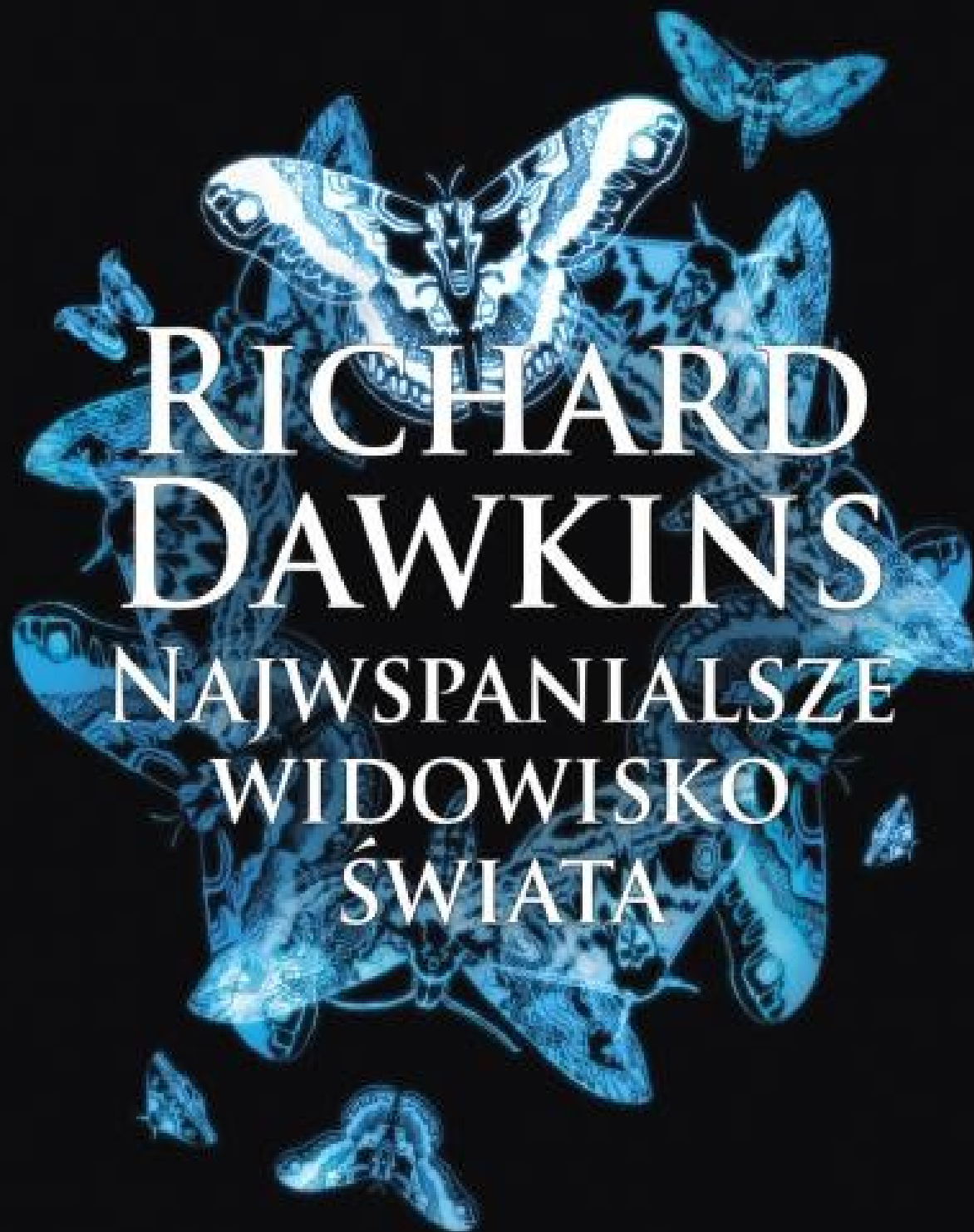


AUTOR „BOGA UROJONEGO”



RICHARD
DAWKINS
NAJWSPANIALSZE
WIDOWISKO
ŚWIATA

ŚWIADECTWA EWOLUCJI

NAJWSPANIALSZE
WIDOWISKO
ŚWIATA

TU JESTEŚ
NAJWSPANIALSZE
WIDOWISKO
ŚWIATA
Świadectwa Ewolucja

Richard Dawkins

Dla Josha Timonena

Copyright © 2009 by Richard Dawkins
The Greatest Show on Earth. The Evidence for Evolution originally
published in Great Britain in 2009 by Bantam Press an imprint of
Transworld Publishers

Copyright © 2010 for the Polish translation and for this edition by
Wydawnictwo CiS
All rights reserved. Przedruk fragmentów wyłącznie za zgodą wydawcy

Przekład: Piotr J. Szwajcer

Konsultacja naukowa: prof. Magdalena Fikus, dr Paweł Golik,
prof. Andrzej Jerzmanowski, dr Marcin Ryszkiewicz, dr Marcin Zych

Opracowanie redakcyjne: Ewa Szwajcer i Jakub Sanin

Korekta: Zespół D

Projekt okładki: wg Transworld. Jacket Art by Tom Poland/Transworld

Wydawnictwo CiS
02-526 Warszawa, Opoczyńska 2A/5
e-mail: cis@cis.pl
www.cis.pl tel./fax: + 228480065

Wydanie I

Stare Groszki 2010

ISBN 978-83-85458-39-5

Wstęp

Rozdział I Tylko teoria?

Co to jest teoria? Co to jest fakt?

Rozdział II Psy, krowy i kapusta

Duch Platona.

Rzeźbiąc genetyczną pulę.

Rozdział III Szalona podróż do makroewolucji i uroki życia

To owady rozpoczęły udomawianie.

To ty jesteś moim dobozem naturalnym.

Szczurze zęby.

I znowu psy.

Znowu kwiaty.

Natura jako podmiot dokonujący wyboru.

Rozdział IV Cisza i powolny czas

Słoje drzew.

Zegary radioaktywne.

Węgiel.

Rozdział V Masz to przed samym nosem

Jaszczurki z Pod Mrcaru.

Czterdzieści pięć tysięcy pokoleń w laboratorium.

Gupiki.

Rozdział VI Brakujące ogniwo? Czemu „brakujące”?

A gdzie kaczkodyl?

„Uwierzę w ewolucję, kiedy zobaczę małpę, która powiła ludzkiego noworodka”.

Zgubne dziedzictwo „wielkiego łańcucha bytów”.

Na ląd!

Powrócę na morze znów.

Postscriptum

Rozdział VII "Brakujące ogniwo" - Już nie!

A mi się marzy...

Tylko pójdź i zobacz!

Rozdział VIII Tobie to zajęło dziewięć miesięcy!

Nie ma choreografa.

Analogie rozwoju.

Modelowanie komórek.

Enzymy.

Uczmy się od robaków.

Rozdział IX Arka kontynentów

Jak powstają nowe gatunki.

„Łatwo sobie wyobrazić...”.

Czy ziemia się porusza?

Rozdział X Drzewo genealogiczne

Kość z kości.

Żadnych pożyczek.

Skorupiaki.

Czego mógłby dokonać D'Arcy Thompson, gdyby miał komputer.

Porównania molekularne.

Zegar molekularny.

Rozdział XI Historia zapisana w nas

Niegdyś wspaniałe skrzydła.

Utracone oczy.

Nieinteligentny projekt.

Rozdział XII Wyścig zbrojeń i „ewolucyjna teodycea”

Ekonomia solarna.

Trzeba biec bardzo szybko, by zostać w tym samym miejscu.

Ewolucyjna teodycea.

Rozdział XIII "Jest to Wzniosły zaiste pogląd..."

„Z walki w przyrodzie, z głodu i śmierci”.

„Najwznioślejsze zjawisko, jakie możemy pojąć”.

„Natchnął życiem”.

„Kilka form lub tylko jedną”.

„Planeta nasza, podlegając ścisłym prawom ciężenia”.

„Z tak prostego początku”.

„Nieskończony szereg form najpiękniejszych i najbardziej godnych podziwu”.

Dodatek

Historyczni negacjoniści.

Przypisy

Przypisy bibliograficzne do wydania polskiego

Bibliografia i lektury polecane

Ilustracje — podziękowania i prawa autorskie

Kolorowa wkładka

WSTĘP

Liczba dostępnych świadectw ewolucji rośnie z dnia na dzień i nigdy jeszcze nie mieliśmy tylu dowodów jej prawdziwości. Paradoksalnie jednak w tym samym czasie rośnie w siłę antyewolucjonizm i tu też nie pamiętam, by kiedykolwiek był to ruch aż tak potężny. Ta książka stanowi moje osobiste podsumowanie świadectw ewolucji, empirycznych faktów, które potwierdzają, że sama teoria ewolucji jest faktem, faktem równie niezaprzeczalnym, jak inne naukowe fakty.

To nie jest moja pierwsza książka o ewolucji i chyba powinienem wyjaśnić, czym różni się od poprzednich. Otóż można ją nazwać „brakującym ogniwem” w moim dorobku. W "Samolubnym genie" i w "Rozszerzonym fenotypie" prezentowałem pewną szczególną wizję całkiem nieźle znanej teorii doboru naturalnego, ale nie poruszyłem w nich kwestii dowodów poświadczających to, iż ewolucja rzeczywiście zachodzi. W kolejnych trzech książkach "Ślepy zegarmistrz", "Rzeka genów" i (mój faworyt z tej trójki) "Wspinaczka na szczyt nieprawdopodobieństwa" starałem się na różne sposoby rozproszyć wątpliwości, jakie wzbudza koncepcja doboru naturalnego, choćby wyjaśniając, jaki może być pożytek z połowy oka, a jaki z połowy skrzydła oraz jak dobór naturalny może w ogóle działać, skoro większość mutacji jest szkodliwa. Znowu jednak hardziej zająłem się usuwaniem przeszkód utrudniających zrozumienie ewolucji niż przedstawianiem dowodów świadczących, że nie jest ona żadną „taką sobie teorią”, lecz przyrodniczym faktem. Najobszerniejsza z moich książek "The Ancestor's Tale" prezentowała już pełną historię życia na Ziemi. Nadałem jej narracyjną formę wyprawy w głąb czasu, niemal Chaucerowskiej opowieści o podróży w poszukiwaniu przodków, ale i tym razem samą ewolucję uznałem za fakt niewymagający dowodzenia.

W pewnym momencie uświadomiłem sobie jednak, że wciąż tak robię i że we wszystkich moich książkach ewolucja bierze się jakby znikąd. Od tej chwili narastała we mnie chęć wypełnienia tej istotnej luki, a ponieważ właśnie mamy rok 2009 i zbiegają się dwie ważne rocznice, a mianowicie mija 200 lat od urodzin Karola Darwina i 150 od ukazania się "O powstawaniu gatunków", uznałem, że nadszedł odpowiedni moment, by zrealizować ten plan. Nic dziwnego, że w tak pełnym znaczących rocznic momencie na podobny pomysł wpadło wielu innych, dzięki czemu ukazało się sporo wybitnych opracowań, w tym wspaniała książka "Ewolucja jest faktem" Jerry'ego Coyne'a (moją entuzjastyczną z niej recenzję opublikował „Times Literary Supplement” i można ją znaleźć w Internecie: <http://richarddawkins.net/article,3594>, HeattheHornet, Richard-Dawkins).

Roboczy tytuł, pod jakim mój agent literacki, niestrudzony wizjoner John Brockman, proponował planowaną książkę wydawcom, brzmiał "Only a Theory" [Tylko teoria], później jednak okazało się, że ten tytuł zdążył już „zająć” Kenneth Miller dla obszernej publikacji, w której opisywał i komentował jeden z licznych sądowych procesów (w tym akurat sam odegrał bardzo ważną rolę), w którym ewolucja znowu musiała bronić swego miejsca w programach amerykańskich szkół. Nie zmartwiłem się zbyt, bo od początku nie byłem przekonany, czy ten tytuł na

pewno pasuje do przygotowywanej książki. Zmiana przyszła mi tym łatwiej, że w pewnym momencie odkryłem w dość nieoczekiwanym miejscu sformułowanie, które moim zdaniem pasowało znacznie bardziej. Otóż parę lat temu jakiś anonimowy sympatyk przysłał mi T-shirt z wielkim napisem: „Evolution, the Greatest Show on Earth, the Only Game in Town”* („Ewolucja — najwspanialsze widowisko świata, jedyna rozrywka w mieście”). Od czasu do czasu zakładałem ten T-shirt, zwłaszcza, kiedy prowadziłem wykład tak właśnie zatytułowany, i w pewnym momencie uświadomiłem sobie, że to również świetny tytuł dla książki, trzeba go tylko trochę skrócić. I tak właśnie narodziło się "Najwspanialsze widowisko świata", a „Tylko teoria" ze znakiem zapytania, niezbędnym z racji kreacjonistycznych skłonności do cytowania sformułowań wyrwanych z kontekstu, stało się tytułem Rozdziału I.

Pomogło mi w pracy nad książką, i to na różne sposoby bardzo wiele osób, w tym: Michael Yudkin, Richard Lenski, George Oster, Caroline Pond, Henri D. Grissino-Mayer, Jonathan Hodgkin, Matt Ridley, Peter Holland, Walter Joyce, Yan Wong, Will Atkinson, Latha Menon, Christopher Graham, Paula Kirby, Lisa Bauer, Owen Selly, Victor Flynn, Karen Owens, John Endler, Iain Douglas-Hamilton, Sheila Lee, Phil Lord, Christine DeBlase oraz Rand Russell . Sally Gaminara oraz Hilary Redmon i ich (odpowiednio brytyjski i amerykański) zespoły okazali mi wyjątkowe wsparcie. Trzykrotnie podczas, wydawałoby się końcowych etapów pracy nad książką w prasie naukowej pojawiały się informacje o nowych, ważnych odkryciach i trzykrotnie na moje nieśmiałe pytanie, czy w tak zaawansowanym stadium prac wydawniczych da się w ogóle coś jeszcze zrobić, żeby uwzględnić te najnowsze dowody, zamiast typowych dla większości wydawców narzekania i marudzenia z racji konieczności wprowadzania zmian w ostatniej chwili, usłyszałem zgodę. Nie przesadzę dużo, mówiąc, iż Sally i Hilary gotowe były góry dla mnie poruszyć. Nie mniej pomocny (i cierpliwy) był Gillian Somerscales, który nadzorował skład i kolacjonował książkę z prawdziwie literacką wrażliwością.

Po raz kolejny towarzyszyła mi w pracy moja żona Lalla, stylistycznie książka ta bardzo wiele jej zawdzięcza. Pomysł książki i jej początki nałożyły się na ostatnie miesiące mojej pracy w katedrze noszącej imię Charlesa Simonyiego. Rozstając się z dumnie brzmiącym tytułem „Simonyi Professor for Public Understanding of Science", czternaście lat i siedem książek po naszym pierwszym spotkaniu, raz jeszcze chciałbym wyrazić olbrzymią wdzięczność dla Charlesa. Lalla przyłącza się do tych podziękowań i tak jak ja ma nadzieję, że nasza przyjaźń będzie trwała jeszcze długo.

Zadedykowałem tę książkę Joshowi Timonenowi, chcąc w ten sposób

* Na użytek polskiego czytelnika warto dodać, że "Greatest Show on Earth" to tytuł nagrodzonego kilkoma Oskarami amerykańskiego filmu z lat 50. W Polsce wyświetlany był jako "Największe widowisko świata", a "Only Game in Town" to dla odmiany tytuł filmu z roku 1970 z Liz Taylor i Warrenem Beatty i z muzyką Jarre'a, oraz tytuł jednego z tomów bardzo poczytnej serii książek dla młodzieży Johna Bibee (przyp. tłum.).

zrewanżować się jemu i nielicznej grupce zapaleńców, którym powstanie zawdzięcza moja witryna, Richard-Dawkins.net. Internet zna Josha przede wszystkim jako wspaniałego i inspirującego projektanta stron, ale wierzcie mi to naprawdę tylko wierzchołek góry lodowej, choć może w jego wypadku nie jest to najtrafniejsza metafora, gdyż nie oddaje ona pełnej skali jego rozlicznych talentów, wielkiego wkładu w nasze wspólne przedsięwzięcie, ani wreszcie ciepła i poczucia humoru, które nigdy go nie opuszczają.

ROZDZIAŁ I TYLKO TEORIA?

Wyobraź sobie, że jesteś wykładowcą historii Rzymu i nauczycielem łaciny i to, czego najbardziej pragniesz, to zarazić innych swoją miłością do antyku i podzielić się fascynacją, jaką w tobie wzbudzą elegie Owidiusza, poematy Wergilego, ascetyczna oszczędność łacińskiej gramatyki, tak wspaniale widoczna w mowach Cyserona, strategiczne subtelności wojen punickich, wodzowskie talenty Juliusza Cezara, zmysłowe ekscesy późniejszych cesarzy... W każdym razie to bardzo trudne zadanie, które wymaga czasu, skupienia i poświęcenia. Jesteś na to przygotowany, lecz im bardziej się angażujesz, tym bardziej masz wrażenie, że większość twoich wysiłków idzie na marne, bo uwagę studentów wciąż stara się odciągnąć głośno ujadająca sfora żalosnych ignorantów, ty jako miłośnik łaciny określisz ich raczej mianem „ignorami”, wiedząc, że tak powinna brzmieć liczba mnoga*. Otóż „szczekające kundelki” z nieprawdopodobnym wręcz zapalem (a przy okazji ze sporym wsparciem politycznym i jeszcze pokaźniejszym finansowym) próbują wmówić twoim niecierpliwym studentom, że tak naprawdę Rzymianie nigdy nie istnieli. Ich przekaz jest prosty: nie było żadnego Imperium Rzymskiego, a cały nasz świat powstał na krótko przed nami. Hiszpański, włoski, francuski, portugalski, kataloński, oksytański (czyli prowansalski), romansz i wszystkie dialekty zaliczane do tej grupy językowej powstały niezależnie, rozprzestrzeniły się spontanicznie i nie mają żadnych wspólnych korzeni, jakiejś tam łaciny chociażby. W rezultacie ty, zamiast z pełnym zaangażowaniem realizować swoje szlachetne powołanie wykładowcy, uczonego i klasycysty, musisz marnować czas i energię na przekonywanie słuchaczy, że Rzymianie jednak istnieli. W innych okolicznościach nad taką głupotą i ignorancją, z jaką przyszło ci walczyć, mógłbyś tylko zapłakać, teraz jednak zbyt wiele czasu zajmuje ci zwalczanie tych bredni...

No, dobrze, jeśli moja opowieść o profesorze łacynistyki wydaje się komuś zbyt wydumana, oto przykład bardziej realistyczny. Tym razem pomyśl, że wykładasz całkiem współczesną historię, ale twoje seminarium poświęcone dziejom Europy w XX wieku jest nie dość że bojkotowane przez niektórych studentów, to pojawiają się też na nim nieproszeni goście, którzy, wrzeszcząc i wszczynając burdy, usiłują zakłócić jego przebieg. Przy czym gołym okiem widać, że twoi oponenti reprezentują środowisko sprawnie zorganizowane, zamożne i dysponujące silnym politycznym zapleczem. Nietrudno się domyślić, że mówię o ludziach, którzy zaprzeczają historyczności Holocaustu, czyli tzw. negacjonistach. Różnica polega na tym, że jakkolwiek w rzeczywistości nikt (chyba?) nie przeczy istnieniu Rzymu, to negacjoniści istnieją naprawdę i stanowią jak najbardziej realną polityczną siłę, są przy tym dość hałaśliwi, a zarazem (z pozoru przynajmniej) wystarczająco plastyczni, by nawet się uczyć. Warto dodać, że publicznie popiera ich co najmniej jeden przywódca wielkiego kraju, a w swych szeregach mają przynajmniej jednego katolickiego biskupa. Teraz wyobraź sobie, że jako wykładowca historii współczesnej nieustannie spotykasz się z nachalnymi żądaniem, by w trakcie zajęć „nauczać o

*Określenie „ignorami” funkcjonuje już w języku angielskim i oznacza bardziej pseudo-idiotów niż ignorantów (w sensie „nieuków”). Mam nadzieję, że wkrótce pojawi się jakiś ładny polski odpowiednik (przyp. tłum.).

kontrowersji" i dawać „równe szansę” „alternatywnej teorii”*, zgodnie z którą nie było Zagłady, a cały Holocaust to syjonistyczny wymysł. W pewnym sensie zresztą takie pomysły narzuca wciąż jeszcze modny w kręgach intelektualnych relatywizm, głoszący iż obiektywna prawda nie istnieje, jeśli by tak było, to istotnie kwestia historyczności Shoah stanowiłaby wyłącznie problem indywidualnych przekonań, możesz w istnienie obozów koncentracyjnych wierzyć, albo nie, wszystkie punkty widzenia są równie sensowne i równie „godne szacunku”.

Tymczasem, proszę mi wierzyć, los bardzo wielu poważnych nauk przyrodniczych wcale nie jest dziś lepszy niż tego wyimaginowanego historyka. Kiedy ci ludzie starają się objaśnić podstawową zasadę biologii, kiedy próbują ukazać świat ożywiony w jego historycznym kontekście, czyli znaczenie ewolucji, kiedy wreszcie badają i wyjaśniają strukturę życia, są nękani i poddawani mobbingowi, rzuca się im kłody pod nogi i próbuje zastraszać, a szantażowanie ich pracy nie należy do rzadkości. Strata czasu, z jaką się to wszystko wiąże, to może nie tak wielki problem, ale listy z pogróżkami od rodziców i drwiące uśmiešky biednych odmóżdżonych dzieciaków na pewno nie są przyjemne. W tym samym czasie innym nauczycielom w Stanach Zjednoczonych nakazuje się korzystanie z zaaprobowanych przez komisje stanowe podręczników, z których słowo „ewolucja” zostało starannie wyrugowane, albo też jakiś domorosły cenzor podmienił je na „zmiana w czasie”. Do tej pory naśmiewaliśmy się z tego, sądząc, że to wyłącznie amerykańska specjalność, obecnie jednak podobne problemy dotarły już na Stary Kontynent, po części oczywiście (zwłaszcza w Wielkiej Brytanii) dzieje się tak wpływem naszych amerykańskich sąsiadów, ale znacznie istotniejszym czynnikiem jest coraz liczniejsza grupa uczniów wyznających islam: jak wiadomo, tzw. multikulturalizm jest oficjalnie promowaną doktryną, a poza tym nikt nie chce być uznany za rasistę.

Mówi się, skądinąd w pełni zasadnie, że teologowie i wysokiej rangi duchowni nie mają żadnego problemu z teorią ewolucji i często nawet wspierają naukowców w walce z obskurantyzmem. Sam zresztą mogę poświadczyć, że tak jest, dwukrotnie miałem okazję do owocnej współpracy z ówczesnym biskupem Oksfordu (dzisiejszym lordem Harriesem). W roku 2004 wspólnie napisaliśmy do „Sunday Timesa” artykuł, którego konkluzja brzmiała: „Dziś nie ma już nad czym «debatować». Ewolucja jest faktem i z chrześcijańskiej perspektywy jest jednym z najwspanialszych dzieł bożych”. To akurat zdanie wyszło spod pióra biskupa Harriesa, ale co do całej reszty artykułu w pełni się ze sobą zgadzaliśmy. Dwa lata później wspólnie z biskupem Harriesem byliśmy inicjatorami listu otwartego do ówczesnego premiera Wielkiej Brytanii Tony'ego Blaira:

Szanowny Panie Premierze,

* „Nauczanie o kontrowersji”, „równe szansę” i „alternatywne teorie życia” to pojęcia, którymi posługiwali się amerykańscy kreacjoniści, w tym ówczesny prezydent USA George W Bush wspierany przez republikańskich senatorów i kongresmanów, żądając (przejęciowo z powodzeniem) wprowadzenia kreacjonizmu do programów szkolnych. Więcej na ten temat w książce Nauka a kreacjonizm (CiS, Warszawa 2007) (przyp. tłum.).

W tym wspólnym wystąpieniu grupy naukowców i biskupów chcielibyśmy wyrazić głęboką troskę, jaką budzi w nas formuła programowa nauk przyrodniczych w Emmanuel City Technology College w Gateshead.

Ewolucjonizm jest teorią naukową o olbrzymiej mocy eksplanacyjnej i znajduje zastosowanie przy wyjaśnianiu bardzo wielu różnorodnych zjawisk w bardzo licznych dyscyplinach naukowych. Teoria ta oczywiście może być rozwijana, weryfikowana, a nawet istotnie modyfikowana w wyniku konfrontacji ze świadectwami empirycznymi.

Nie jest ona natomiast, jak wyraził się rzecznik college'u, jedynie „przedmiotem wiary” na tej samej zasadzie, co biblijna koncepcja stworzenia, która jednak spełniać ma inne funkcje i służyć innym celom. Chodzi nam zresztą o problem znacznie szerszy niż sytuacja w tej jednej szkole, otóż poważny niepokój budzi to, czego się naucza i jak się tego naucza praktycznie we wszystkich nowo powstałych szkołach wyznaniowych. Naszym zdaniem programy nauczania we wszystkich tych placówkach (oczywiście również w Emmanuel City Technology College) powinny być ściśle nadzorowane, aby zapewnić właściwy rozdział nauki i religii.

Z wyrazami szacunku:

Rt wielbny Richard Harries, biskup Oksfordu, Sir David Attenborough FRS, Rt Ks Christopher Herbert, biskup St Albans, Lord May of Oxford, prezes Royal Society, profesor John Enderby FRS, sekretarz Fizyki Royal Society, Rt wielbny John Oliver, Biskup Hereford, Rt pastor Mark Santer, biskup Birmingham, Sir Neil Chalmers, Dyrektor Muzeum Historii Naturalnej, Rt wielbny Thomasa Butlera, biskupa Southwark, Sir Martin Rees FRS, Astronom Królewski, Rt wielbny Kenneth Stevenson, biskup Portsmouth, profesor Patrick Bateson FRS, sekretarz Biologii Royal Society, The Rt Ks Crispian Hollis, katolicy Biskup Portsmouth, Sir Richard Southwood FRS, Sir Francis Graham-Smith FRS, Były Sekretarz Fizyki Royal Society, profesor Richard Dawkins FRS

Przygotowaliśmy ten list z biskupem Harriesem w pewnym pośpiechu ale, przynajmniej o ile pamiętam nikt spośród tych, do których zwróciliśmy się z prośbą o jego podpisaniu, nie odmówił; ani żaden naukowiec, ani żaden biskup.

Zresztą również arcybiskup Canterbury nie ma żadnych problemów z ewolucją, podobnie jak papież (pominąwszy pewien intrygujący i subtelny problem, a mianowicie paleontologiczne datowanie powstania duszy), a także wszyscy wyświęceni księża czy profesorowie teologii. Miedzy innymi z tego powodu chcę w tej książce przedstawić najrozmaitsze świadectwa dowodzące realności ewolucji, tego, iż jest ona faktem, a nie hipotezą. W każdym razie nie jest to książka wymierzona przeciw jakiegokolwiek religii (taką już zresztą napisałem, a nie ma po co wchodzić dwa razy do tej samej rzeki). Doświadczenie wskazuje, że biskupi i teologowie, którzy przyjęli dowody przemawiające na rzecz teorii Darwina,

zrezygnowali walki z nią. Niektórzy, co prawda, z pewnymi oporami, inni jednak, jak choćby biskup Harries, z wielkim entuzjazmem, w sumie jednak wszyscy (poza, rzecz jasna, tymi, którzy z pełną determinacją wolą pozostać niedoinformowani) muszą zaakceptować fakt ewolucji. Być może pomaga w tym przyjęcie, że Bóg jedynie zainicjował ten proces, a później nie kontrolował dokładnie całego jego przebiegu. Zapewne dla osób wierzących oznacza to, iż Bóg najpierw w jakiś sposób „uruchomił” Wszechświat, a jego narodziny uczcił, nadając mu w pełni zharmonizowany zespół praw i stałych fizycznych, dobranych tak, by zrealizować jakiś dla nas tajemniczy plan, w którym jednak my, ludzie, mamy do odegrania swoją rolę. W każdym razie jest tak, że z większym lub mniejszym entuzjazmem ludzie Kościoła (a przynajmniej sporej części Kościołów chrześcijańskich) uznają dziś dowody przemawiające na rzecz ewolucji.

Jednak jeśli nawet co lepiej wykształceni hierarchowie i duchowni nie mają problemów z ewolucją, nie powinniśmy popadać w samozadowolenie i przyjmować, iż podobnie rzecz się ma również z ich „owieczkami”. Niestety jest przeciwnie, a świadczą o tym między innymi wyniki badań opinii publicznej, które zamieszczam w Dodatku. Na przykład nadal ponad czterdzieści procent Amerykanów nie zgadza się z twierdzeniem, że człowiek wyewoluował z innych zwierząt, i przyjmuje, że my (a również całe życie na Ziemi) zostaliśmy stworzeni przez Boga z grubsza dziesięć tysięcy lat temu. W Wielkiej Brytanii proporcja zwolenników takiego poglądu jest nieco niższa, ale i tak pozostaje niepokojąco wysoka, to powinno martwić tak samo Kościoły, jak i naukowców. między innymi i z tego powodu uznałem, że niezbędną jest książka taka jak ta. I dlatego też w dalszych jej partiach posługiwałem się będę terminem „ewolucyjni (historyczni) negacjoniści” jako określeniem tych wszystkich, którzy wciąż wierzą, że lata świata mierzyć należy w tysiącach, a nie w miliardach i, że ludzie spacerowali sobie wśród dinozaurów. Przypominam, tak sądzi ponad dwie piąte mieszkańców Stanów Zjednoczonych, a choć wyniki badań opinii publicznej nieco się różniły w różnych krajach, to nie odbiegają zbytnio od tej proporcji. Czasem więc zamiast o historycznych negacjonistach będę mówił o „czterdziestoprocentowych”. Skoro zaś już tyle było mowy o oświeconych biskupach, dodam jeszcze, iż byłoby bardzo miłe z ich strony, gdyby nieco bardziej zaangażowali się w zwalczanie antynaukowych nonsensów, które sami wszak odrzucają.

Wciąż jeszcze bowiem jest zbyt wielu kapłanów, wśród nich tacy, którzy wiedzą, że Adam i Ewa nigdy nie istnieli, a znajdując się na kazalnicy, bez zastanowienia zaczyna snuć różne moralne i teologiczne rozważania z tą parą w roli głównej i nie przyjdzie im nawet do głowy, by jasno stwierdzić, że nie było żadnych „prarodzców”! Oczywiście kiedy spytamy, dlaczego to robią, natychmiast usłyszymy, iż przecież chodzi o czysto symboliczne znaczenie tych opowieści, a naprawdę istotna jest dopiero kwestia grzechu pierworodnego albo też pochwała cnoty niewinności. Poza tym, takiego tłumaczenia też zdarzało mi się usłyszeć, nikt przecież nie będzie na tyle głupi, by wierzyć w te bajki. Czy jednak należy oczekiwać tego od wiernych? Czy istotnie każdy, kto zasiada w kościelnych ławach (bądź klęczy

na modlitewnym dywaniku), dysponuje tak świetną znajomością Pisma, by wiedzieć, które jego ustępy odczytywać dosłownie, a w których szukać jedynie znaczeń symbolicznych? Czy to naprawdę tak łatwe dla zwykle nie najlepiej wykształconego parafianina? Oczywiście, że nie, i doprawdy trudno mieć pretensje, gdy któryś z nich temu wyzwaniu nie sprosta (jeśli ktoś uzna to twierdzenie za gołosłowne, niech zerknie do Dodatku).



"To wciąż tylko teoria"

Zatem proszę was, biskupi, księża i duchowni wszelkich wyznań, bądźcie ostrożni! Igracie z ogniem i niebezpieczeństwo czyha tuż za progiem (choć niektórzy sądzą, iż dawno już próg ten przekroczyło). Przecież Pismo jasno mówi, „niech mowa wasza będzie tak, tak — nie, nie”. Aby więc „tak” nie wiodło ku potępieniu, czyż nie powinniście z większą odwagą zwalczać wciąż powszechnie pokutujących fałszywych przekonań (choć może mówmy raczej o ignorancji) i starać się przynajmniej budzić w waszych słuchaczach chęć aktywnego wspierania nauki i nauczycieli?

Historyczni negacjoniści, jak ich tu nazywam, również należą do grupy czytelników, do których adresuję swoją książkę, ale chyba bardziej zależy mi na tym, by dotrzeć do ludzi, którzy sami nie mają takich problemów, lecz, stykając się z nimi w najbliższym otoczeniu - w rodzinie czy kościele - nie czują się wystarczająco dobrze zaopatrzeni w argumenty, by bronić swoich przekonań. Na dalszych stronach na pewno znajdą dość amunicji.

Powtórzmy zatem - ewolucja jest faktem i nie ma żadnych, najmniejszych nawet, sensownych powodów, by fakt ten negować. Dowody świadczące o tym, że ewolucja „działa”, są równie mocne, jak świadectwa Holocaustu czy zbrodni stalinowskich, nawet jeśli uwzględnimy, że o XX-wiecznych tragediach wciąż jeszcze możemy usłyszeć od naocznych świadków. Tak więc to prawda - jesteśmy kuzynami szympanów! Nieco odleglejsze pokrewieństwo łączy nas z innymi małpami Starego Świata, jeszcze dalsze z mrównikami i manatami... Ba!, nasze drzewo genealogiczne obejmuje też banany i brukiew, a tę listę każdy może kontynuować niemal tak długo, jak zapragnie. Tak, wiem - to nie jest „oczywista oczywistość”, odległe pokrewieństwo nie rzuca się w oczy i dlatego jeszcze niedawno większość ludzi, również wykształconych, nie sądziła, że taka jest

prawda. Niemniej coś, co niegdyś miało status hipotezy, dziś już nie podlega dyskusji. Nie musiało tak być, ale tak jest, a wiemy to za sprawą licznych świadectw i dowodów przemawiających na korzyść ewolucji. Ewolucja jest faktem, a ta książka ma to pokazać. Żaden szanujący się naukowiec nie podważa dziś tego i, podobnie, żaden myślący i pozbawiony uprzedzeń czytelnik, doczytawszy do ostatniej strony, nie będzie w nią wątpił.

Czemu tak jest, dlaczego wciąż mówimy o "darwinowskiej teorii ewolucji". Wszak takie sformułowanie tylko ułatwia różnej maści kreacjonistom (historycznym negacjonistom, czterdziestoprocentowcom etc), którzy przyjmują, że „teoria” to wyraz kompromisu, ustępstwo sprzyjające przyszłemu zwycięstwu?

CO TO JEST TEORIA? CO TO JEST FAKT?

Tylko teoria? Rozważmy zatem, co to znaczy „teoria”. Słownik języka polskiego PWN podaje (miedzy innymi) następujące trzy znaczenia tego słowa:

1. «całościowa koncepcja zawierająca opis i wyjaśnienie określonych zjawisk i zagadnień; też: czyjakolwiek koncepcja na określony temat»
2. «dział nauki o literaturze, kulturze, sztuce itp. zajmujący się systematyzowaniem pojęć i twierdzeń leżących u podstaw tych dziedzin»
3. «teza jeszcze nieudowodniona lub nieznajdująca potwierdzenia w praktyce»*.

Warto zauważyć, że znaczenia te bardzo istotnie się od siebie różnią, i łatwo też odpowiedzieć, dlaczego „teoria ewolucji”: naukowcy posługują się znaczeniem 1., kreacjoniści zaś ze szczerego przekonania, czasem z czystej złośliwości przyjmują, że chodzi tu o znaczenie 3. Dobrym przykładem (teorii w znaczeniu 1. jest teoria heliocentryczna opisująca orbitalny ruch Ziemi i pozostałych planet Układu Słonecznego wokół Słońca. Teoria ewolucji równie doskonale spełnia warunki określone w tej definicji, jest bowiem „całościową koncepcją zawierającą opis i wyjaśnienie określonych zjawisk i zagadnień”, a przy tym równocześnie (to już ze znaczenia 2.) „działem nauki zajmującym się systematyzowaniem pojęć i twierdzeń leżących u podstaw [biologii]”. Zarazem (tu już sięgam do encyklopedycznej, a nie słownikowej definicji pojęcia „teoria”) teoria ewolucji jest „systemem pojęć, definicji, aksjomatów i twierdzeń ustalających relacje między tymi pojęciami i aksjomatami, tworzącym spójny system pojęciowy opisujący jakąś wybraną fizyczną lub abstrakcyjną dziedzinę”**.

Ewolucja miała niegdyś status hipotezy, ale - tu znów odwołuję się do wiedzy encyklopedycznej - została uznana

* W oryginale profesor Dawkins podaje oczywiście definicje zaczerpnięte z Oxford English Dictionary, w praktyce identyczne z cytowanymi tu za SJP (przyp. tłum.).

** Przypisy bibliograficzne i identyfikacja cytatów zamieszczonych w polskim wydaniu znajdują się na końcu książki, po przypisach autora. W tekście odsyła do nich numeracja arabska (przyp. red.).

za naukową teorię, gdy potwierdziły ją świadectwa empiryczne. W każdym razie na pewno nie można o teorii ewolucji powiedzieć, iż jest „tylko teorią” w słownikowym znaczeniu 3., czyli „tezą jeszcze nieudowodnioną lub nieznaną potwierdzenia w praktyce”, ani też „[czyjaś] koncepcją na określony temat” (to też ze Słownika języka polskiego). W każdym razie naukowcy i kreacjoniści słowo „teoria” rozumieją odmiennie. Tymczasem ewolucja jest teorią w takim samym sensie jak teoria heliocentryczna. Nie ma najmniejszych powodów, by uważać ją za „tylko teorię”.

Przejdźmy teraz do zarzutu, iż ewolucja nigdy nie została „udowodniona”. Ten argument o rzekomym braku dowodów miałby stanowić dla naukowców przypomnienie, że może im grozić utrata społecznego zaufania. Wciąż zresztą niektórzy bardzo wpływowi filozofowie twierdzą, że nauka niczego nie jest w stanie tak naprawdę „dowieść”. Matematycy mogą, co prawda, coś udowodnić - zgodnie z pewnymi krańcowymi poglądami tylko oni - ale reprezentantom nauk przyrodniczych i ścisłych pozostaje tylko satysfakcja z tego, że nie potrafią obalić jakiegoś twierdzenia, choćby się najusilniej starali. Nawet tak oczywiste stwierdzenie jak to, że księżyc jest mniejszy od Słońca, nie może być (znów, powtarzam, według niektórych szkół filozoficznych) dowiedzione w tym znaczeniu, jak choćby twierdzenie Pitagorasa. Oczywiście za trafnością tej astronomicznej obserwacji przemawia tak wiele dowodów, że twierdzenie, iż pozostaje ona nieudowodnioną hipotezą, i odmawianie jej statusu „faktu”, jest krańcowym idiotyzmem dla wszystkich oprócz garstki metodologicznych pedantów. Dokładnie tak samo jest w przypadku ewolucji. Można by powiedzieć, że to nie teoria tylko fakt, taki sam jak to, że Paryż leży na półkuli północnej. Chociaż „topór logiki rządzi w tym mieście”*, gdy teorie nie mają żadnego pola wątpliwościom, wtedy zaczynamy nazywać je faktami. Im intensywniej jakaś teoria jest atakowana, tym rzecz jasna jeśli zdoła ataki te przetrwać - bardziej zbliżyć do tego, co zdrowy rozsądek każe nam uznać właśnie za niekwestionowany fakt.

Mógłbym oczywiście kontynuować te rozważania, posługując się, wciąż określeniami „teoria w znaczeniu 1.” i „teoria w znaczeniu 2.”, zdaję sobie jednak sprawę, że numerki czasem trudno zapamiętać i dlatego chciałbym zaproponować „Imienną terminologię”. Jeśli chodzi o znaczenie 3., nie ma takiego problemu - „hipoteza” to bardzo wygodne pojęcie. Wszyscy wiedzą, że hipoteza to pomysł, idea, która dopiero oczekuje na weryfikację - potwierdzenie lub falsyfikację. W przypadku ewolucji tak właśnie było w czasach Darwina, jednak ten etap mamy już za sobą. Z „teorią w znaczeniu 1” nieco trudniej. Najprościej (i najmilej) byłoby oczywiście nadal posługiwać się tym terminem, tak jakby inne znaczenia nie istniały (w sumie zresztą czyż nie powinny nie istnieć wszak mamy już „hipotezę”, „pomysł” etc), uniknęlibyśmy w ten sposób wielu nieporozumień. Niemniej słowo „teoria” w znaczeniu „hipoteza” jest powszechnie używane i nie mamy możliwości, by tego zakazać. Dlatego też zdecydowałam nie na, być może, kosztowny (ale, mam nadzieję, wybaczalny) zabieg, a mianowicie postanowiłam pożyczyc od

* To nie jest akurat mój ulubiony werset z Yeatsa, ale dobrze pasuje w tym miejscu.

matematyków termin „teoremat”. Ponieważ i to nie jest pojęcie do końca odpowiadające moim potrzebom - acz nadal pożytki przewyższają zagrożenia - a dodatkowo jeszcze matematycy mogliby poczuć się znieważeni (czego za wszelką cenę chciałbym uniknąć) zdecydowałem się dokonać jeszcze drobnej modyfikacji i wprowadzić zgrabny, jak miemam, neologizm „teorum”*. Może jednak najpierw wyjaśnię, co oznacza teoremat w matematyce (a przy okazji wyjaśnię, co miałem na myśli, mówiąc, iż w zasadzie tylko matematycy mogą rzeczywiście coś udowodnić - żeby nie było wątpliwości: prawnicy, mimo iż roszczą sobie takie pretensje, są w tej konkurencji bez szans).

Dla matematyka dowód twierdzenia polega na logicznym wykazaniu, że wniosek (czyli twierdzenie) wypływa z przyjętych przesłanek (aksjomatów). Na przykład twierdzenie („teoremat”) Pitagorasa jest bezwzględnie prawdziwe, o ile tylko rozpatrujemy je w ramach geometrii euklidesowej, której jednym z aksjomatów jest to, iż dwie linie równoległe nigdy się nie przetną. Można zmierzyć tysiące trójkątów prostokątnych z intencją obalenia twierdzenia Pitagorasa, ale, wierzcie mi, to marnowanie czasu. Pitagoras przeprowadził dowód swojego twierdzenia, który każdy może sprawdzić - dzięki temu wiemy, że to twierdzenie jest po prostu prawdziwe. I już. Właśnie tym jest dowód dla matematyka: to coś, co pozwala odróżnić hipotezę od twierdzenia (teorematu), czyli uniknąć semantycznego zamieszania z pojęciem „teoria”. Warto zresztą w tym momencie raz jeszcze sięgnąć do słownika, by się dowiedzieć, co dokładnie znaczy teoremat - otóż zgodnie z formalną, logiczną definicją jest to: „twierdzenie pochodne, występujące w obrębie systemu dedukcyjnego, wyprowadzone za pomocą wnioskowania dedukcyjnego z aksjomatów tego systemu”. Hipoteza może nawet wyglądać bardzo prawdopodobnie, ale takiego „wyprowadzenia” się (dotychczas) nie doczekała. W matematyce mamy wiele takich przypadków, jednym z najsłynniejszych jest tzw. hipoteza Goldbacha, głosząca, każda liczba naturalna większa niż 2 może być przedstawiona w postaci sumy trzech liczb pierwszych. Jak na razie matematykom nie udało się tej hipotezy obalić, przynajmniej dla liczb mniejszych od 300 tysięcy milionów milionów milionów. Kierując się zdrowym rozsądkiem, powinniśmy już zatem w zasadzie mówić „fakt Goldbacha”. Tak jednak nie jest, bo jak dotąd hipotezy Goldbacha nie udało się nikomu udowodnić, mimo że na szczęśliwca, który taki dowód przedstawi, czekają bardzo hojne nagrody. Ponieważ jednak wciąż go nie ma, matematycy nadal - mówią tylko o hipotezie, konsekwentnie odmawiając możliwości „awansu” na szczybel twierdzenia, ten bo ten - może nastąpić dopiero, gdy wymagany dowód zostanie przedstawiony. I wówczas będziemy już mieli twierdzenie (fakt) Goldbacha, a może raczej „teoremat Iksiński” - od nazwiska tego, który wreszcie rozwiąże ten liczący już ponad dwieście pięćdziesiąt lat problem teorii liczb.

Hipotezę Goldbacha wykorzystał kiedyś (skądinąd właściwym dla siebie sarkazmem) Carl Sagan, komentując iluzoryczne przypadki osobników twierdzących,

*Przez analogię do decorum.

że zostali porwani przez obcych:

Zdarza się, że otrzymuję list od człowieka, który twierdzi, że jest w "kontakcie z przedstawicielami pozaziemskiej cywilizacji" i pisze, w nim „mogę zadać im dowolne pytanie”. Przez lata przygotowałem już alibi i sporą liczbę takich pytań. Przybysze muszą być, co oczywiste, przedstawicielami bardzo rozwiniętej cywilizacji. Proszę ich zatem, by podali „krótki dowód wielkiego twierdzenia Fermata albo hipotezy Goldbacha” [...] I jakoś na takie pytania nigdy nie dostaję odpowiedzi. Natomiast gdy chcę, by wyjaśnili, „czy powinniśmy być dobrzy?”, odpowiedź przychodzi praktycznie zawsze. W kwestiach mętnych, niejednoznacznych, a zwłaszcza w sferze konwencjonalnej moralności, Obcy okazują się ekspertami i z najwyższą radością odpowiadają, gdy o coś takiego ich się pyta. Ilekroć jednak zadaję bardziej szczegółowe pytania, kiedy chcę się przekonać, czy wiedzą coś, czego my, ludzie, jeszcze nie wiemy, odpowiedzią jest milczenie...

Wielkie twierdzenie Fermata opisuje pewne właściwości liczb naturalnych. Podobnie jak w przypadku hipotezy Goldbacha przez kilkaset lat (a dokładnie od roku 1637, kiedy to Pierre de Fermat zanotował je na marginesie pewnego matematycznego dzieła i opatrzył następującą uwagą: „Znalazłem zaiste zadziwiający dowód tego twierdzenia. Niestety, margines jest zbyt mały, by go pomieścić”) nikomu nie udało się podać warunków, w jakich opisana w nim przez Fermata właściwość nie byłaby spełniona, i przez z górą trzy wieki wielkie twierdzenie Fermata było jednym ze świętych Graali matematyki. Ostatecznie dowód przedstawił dopiero w roku 1995 angielski matematyk Andrew Wiles, nim jednak to nastąpiło, część przedstawicieli tej dyscypliny twardo obstawała, by mówić o „hipotezie Fermata” i nie używać nazwy „wielkie twierdzenie”. Tak przy okazji - dowód Wilesa zajmuje ponad dwieście stron i opiera się na najnowszych odkryciach i zaawansowanych technikach dwudziestowiecznej nauki, nic dziwnego więc, iż większość matematyków uważa, że Pierre de Fermat (nie ujmując nic szczerości jego intencji) pomylił się, sądząc, że znalazł dowód swojego twierdzenia. Z naszego punktu widzenia cała ta opowieść jest o tyle istotna, że stanowi bardzo dobrą ilustrację różnicy między twierdzeniem a hipotezą. Jak już mówiłem, postanowiłem pożyczyć od matematyków termin „teoremat” i posługiwać się nim, nieco go, co prawda, zmodyfikowawszy (do „teorum”, przez analogię do „decorum”, gdyby ktoś zapomniał), żeby uniknąć skojarzeń z logiką i matematyką. Mamy zatem odtąd „teorum ewolucji”, „teorum heliocentryczne”, czyli różne naukowe teorie spełniające i słownikową (w znaczeniu 1.), i encyklopedyczną definicję pojęcia „teoria”, są bowiem „całościowymi [empirycznie zweryfikowanymi] koncepcjami zawierającymi opis i wyjaśnienie określonych zjawisk i zagadnień”.

Oczywiście, jak już wyżej wyjaśniałem, teorum naukowe niejako z definicji nie jest (i nie może być) udowodnione w takim sensie, jak teoremat (twierdzenie) w matematyce. Na co dzień uznajemy jednak, iż takie teora są po prostu faktami, tak jak faktem jest to, że Ziemia jest kulista, nie płaska, a rośliny uzyskują energię ze światła słonecznego. Oba przedstawione twierdzenia to przykłady naukowych teorów -

które ma nieprzebraną ilość świadectw empirycznych (dowodów) oraz powszechnie zaakceptowane przez obserwacje, czyli niekwestionowalne. W języku potocznym nazywamy je faktami. A jak to z faktami bywa, każdy pedant może się przyczepić, że jest możliwe, iż zarówno instrumenty pomiarowe, którymi się posługujemy, jak i narządy zmysłów pozwalające odczytać wyniki pomiarów, dają się na jakiś wielce przemyślny sposób oszukać. Bertrand Russell stwierdził kiedyś na przykład: „No, może istotnie każdy z nas znalazł się na tym świecie niecałe pięć minut temu, tyle że z całkiem gotowymi wspomnieniami, a również już w dziurawych skarpetkach i z fryzurą, która wręcz woła o fryzjera. Wziąwszy pod uwagę dowody na rzecz ewolucji, jakie już są nam dostępne, przyjęcie, iż ona jest czymkolwiek innym niż po prostu faktem, wymagałoby równie wielkiej ekwilibrystyki, jak wiara w scenariusz wyżej opisany. W takie oszustwo ze strony stwórcy mało kto, nawet spośród najgorliwszych jego wyznawców, byłby gotów uwierzyć”.

Przyjrzyjmy się może teraz, co - według słowników i encyklopedii - znaczy fakt. Znów sięgamy do słownika (SJP i PWN) i (znow) znajdujemy kilka znaczeń, z których w tym momencie interesujące są dla nas dwa:

1. - »co zaszło lub zachodzi w rzeczywistości»
2. - fakt naukowy "stwierdzenie konkretnego stanu rzeczy lub zdarzenia w określonym czasie i przestrzeni».

Proszę zauważyć, że podobnie jak teorem, tak i fakt nie ma w tym ujęciu równie rygorystycznego statusu, jak (udowodni na mocy definicji) twierdzenie matematyczne (teorem), które jest nieuchronną konsekwencją przyjętych założeń (aksjomatów). Przede wszystkim „stwierdzenie konkretnego stanu rzeczy lub zdarzenia" może być po prostu błędne, lub na oko błędne. Dość często niestety o czymś takim zapomina się na sali sądowej. Tymczasem zwłaszcza prawnicy, nierzadko przeceniający „zeznania naocznych świadków", powinni z pokorą przyswoić lekcję, jakiej udzielają nam psychologowie. Jest na przykład taki wspaniały eksperyment zaprojektowany przez profesora Daniela J. Simonsa z University of Illinois. Otóż mamy (jako uczestnicy eksperymentu) obserwować uważnie dwudziestopięciosekundowy filmik, na którym kilkoro młodych ludzi, ustawionych w kółko, rzuca do siebie dwiema piłkami do koszykówki. Gracze ciągle się przemieszczają i zamieniają miejscami, my zaś - tak brzmi instrukcja eksperymentatora - mamy dokładnie policzyć, ile rzutów zostało wykonanych. Nie jest to zatem proste zadanie. Wreszcie nagranie się kończy i psycholog starannie zapisuje wyniki podawane mu przez kolejnych badanych. I nadal nikt z tego grona jeszcze nie wie, że tak naprawdę w eksperymencie chodzi o coś zupełnie innego. Sensacja wybucha dopiero po zakończeniu projekcji i po przepytaniu wszystkich po kolei o liczbę oddanych rzutów.

Wówczas bowiem pada pytanie: „A kto widział goryla?". W tym momencie zwykle niemal wszyscy dębieją i zapada głucha cisza. Wtedy prowadzący

eksperyment ponownie puszcza kasetę, ale najpierw uprzedza, by uważnie oglądać, co się dzieje, zamiast liczyć wymieniane piłki. I raptem okazuje się, że w dziewiątej sekundzie filmu w środek kółka utworzonego przez graczy z pełną nonszalancją wmaszerowuje osobnik w stroju goryla, przystaje i, gapiąc się prosto w kamerę, wali się w piersi, jakby złośliwie drwił sobie w ten sposób z naocznych świadków. Po chwili, równie niefrasobliwie jak wszedł, spokojnie wychodzi przez drzwi po przeciwległej stronie sali (zdjęcia z eksperymentu można obejrzeć na 8 stronie kolorowej wkładki). Goryl obecny jest na ekranie równo dziewięć sekund, to więcej niż jedna trzecia nagrania, a mimo to zdecydowana większość uczestników eksperymentu po prostu go nie zauważa. Ba - wszyscy ci ludzie przed każdym sądem gotowi byliby przysiąc, że żadnego przebierańca w stroju wielkiej małpy nie widzieli, a przecież samo zadanie (liczenie piłek) wymagało od nich wielkiej koncentracji, więc film oglądali z uwagą. Eksperyment Simonsa powtarzali w wielu wariantach liczni badacze i wyniki za każdym razem były zbliżone, podobne były również reakcje pełnych niedowierzania badanych, gdy eksperymentator tłumaczył im, co zaszło. Jak więc widać, nawet na „naocznych świadkach” zeznania „to, co zaszło w rzeczywistości”, na podstawie wywołanych „w określonym czasie i przestrzeni” zdarzeń, są niewartościowe; takie relacje nieraz są, a nawet muszą być, kompletnie niewiarogodne.

Tę ludzką zawodność naszych zmysłów świetnie potrafią wywołać prestidigitatorzy, stosując bardzo wyrafinowane sztuczki mające rozpraszać uwagę widzów. Niektóre słownikowe definicje faktu mówią o „realnych wydarzeniach” i „konkretnym stanie rzeczy”, przeciwstawiając właściwości czemuś, co może zostać jedynie wywołane. Zapewne ma to brzmieć pejoratywnie, ale czy rzeczywiście ma to sens. Przecież - choć to nieco sprzeczne naszą intuicją - staranne wnioskowanie może być najlepszym narzędziem poznania rzeczywistości niż sama obserwacja”. Sam dosłownie osłupiałem, kiedy przeprowadzono na mnie „test Simonsa”. Nie dość, że nie widziałem goryla, to jeszcze absolutnie nie chciałem uwierzyć, że on tam był. Od tego momentu jednak nauczyłem się ulegać pokusie (a nawet wręcz automatyzmowi) zawierzeniu świadectwu zmysłów, jeśli można posłużyć się naukowym wnioskowaniem. Sądzę też, że filmik Simonsa z góry powinno się pokazywać każdej ławie przysięgłych, zanim zaczniesz naradę nad werdyktem. Sędziom zresztą też.

Oczywiście w ostatniej instancji wszelkie wnioskowanie może opierać się tylko na świadectwie zmysłów. Na przykład musimy patrzeć oczami, by obejrzeć wydruk z maszyny do sekwencjonowania DNA (albo z Wielkiego Zderzacza Hadronów). Ale - wnioskowanie jest sprzeczne z potoczną intuicją - bezpośredniej obserwacji jakiegoś domniemanego zdarzenia (na przykład morderstwa), nawet samego momentu zbrodni, niekoniecznie musi być świadectwem bardziej wiarogodnym niż, niebezpośrednia obserwacja pewnych jego konsekwencji, na przykład wyników analizy DNA pobranego z plam krwi, włączonych jako element łańcucha dowodowego. Błędna identyfikacja sprawcy jest bardziej prawdopodobna, kiedy sąd kieruje się „bezpośrednimi” świadectwami (relacjami naocznych świadków), niż gdy dokonuje jej na podstawie „niebezpośrednich” dowodów, takich

jak ślady DNA. Tak przy okazji - bardzo długa lista osób, które zostały niesłusznie skazane na podstawie zeznań świadków, a potem, często dopiero po wielu latach, uniewinnione, właśnie w oparciu o badania DNA, to wyjątkowo przygnębiająca lektura. Tylko w Teksasie udało się doprowadzić do rewizji trzydziestu pięciu wyroków, od kiedy sądy zaczęły wreszcie dopuszczać dowód z DNA. A pamiętajmy, że mówimy o tych, którzy szczęśliwie dożyli, wzięwszy zaś pod uwagę, jak chętnie w tym stanie wykonuje się egzekucje (George W. Bush, kiedy przez sześć kolejnych lat był gubernatorem Teksasu, podpisywał wyrok śmierci średnio co dwa tygodnie), wielu tej szansy nie dano. Bardzo wiele jednak wskazuje, że znacząca liczba skazanych pozostałaby przy życiu, gdyby w ich sprawach można było wykorzystać dowód z DNA.

W każdym razie w mojej książce wnioskowanie traktować będę bardzo poważnie; oczywiście mam tu na myśli rzetelne i spełniające kryteria naukowe wyciąganie wniosków. Właśnie to potężne i niezawodne narzędzie posłuży mi do wykazania, że ewolucja jest faktem. Dlaczego tak należy postąpić? Chociażby z tego powodu, że olbrzymia większość ewolucyjnych zmian jest niedostrzegalna gołym okiem. Co więcej, niemal wszystkie zaszły, nim jeszcze ktokolwiek z nas się urodził, a nawet te, które zachodzą teraz, zachodzą zbyt wolno, by dało się zaobserwować w czasie jednego ludzkiego życia. Nie inaczej jest z oddalaniem się kontynentów - Afryki i Ameryki Południowej. Jak przekonamy się w Rozdziale IX, jest to proces zdecydowanie zbyt powolny, by dało się go „po prostu” dostrzec. W tym sensie z ewolucją jest podobnie jak z dryfem kontynentalnym - wnioskowanie po fakcie to jedyne, co możemy czynić, choćby z tego oczywistego powodu, że wcześniej, nim dany proces się rozpoczął, nie istnieliśmy. To nie oznacza, że choć na nanosekundę wolno nam zlekceważyć moc wnioskowania. Oddalanie się kontynentów powszechnie uznawane za bezdyskusyjny, niepodważalny (w potocznym rozumieniu słowa fakt). Faktem jest, że mamy wspólnych przodków z jeżozwierzem i granatem (owoc).

Wyobraźmy sobie teraz, że jesteśmy detektywami na miejscu zbrodni. Morderca dawno już zbiegł i nie mamy żadnej możliwości, by na własne oczy zobaczyć, co się naprawdę zdarzyło. Zresztą eksperyment z gorylem i wiele innych, podobnych uczy nas, by zbyt nie dowierzać własnym zmysłom, a więc co może zrobić detektyw? Otóż ma do dyspozycji ślady, które pozostawił sprawca, a im naprawdę można zaufać, to ślady stóp, odciski palców (a dziś również tzw. genetyczny odcisk palca), plamy krwi, listy, notatki... Świat jest dziś taki, jak wygląda i jak powinien wyglądać, mając taką, a nie inną historię.

Różnic w omawianych wyżej słownikowych znaczeniach pojęcia "teoria" nie dzieli aż tak wielka przepaść, czego dowodzi wielość licznych przykładów. Również dzieje nauki dostarczają licznych ilustracji, gdy dzisiejsze teorium zaczynało jako "zwykła" hipoteza. Tak było z teorią dryfu kontynentalnego, od początku niemal powszechnie wyśmiewano i długo wykpiwano, nim zyskała status niekwestionowanego naukowego faktu (teorium). W zasadzie zresztą nietrudno coś takiego wyobrazić sobie

podobnie jak procesów przeciwnych. To jednak, iż przekonania, niegdyś powszechnie podzielane, z czasem okazały się błędne, nie oznacza, byśmy musieli się obawiać iż za sprawą świadectw, które pojawiają się w nieokreślonej przyszłości, ten sam los nieuchronnie czeka prawdy prezentowane dzisiaj. Jak poważne jest to niebezpieczeństwo, (miedzy innymi) od tego, na ile silne są dowody, na które powołujemy się w danym momencie. Niegdyś ludzie sądzili, że Słońce jest mniejsze od Ziemi, ponieważ nie dysponowali odpowiednimi świadectwami. Dziś mamy dowody, które naszym przodkom były niedostępne, i możemy być też pewni, że tych dowodów nikt nigdy nie zakwestionuje. W tej sferze przynajmniej nie mówimy o hipotezach, które - tylko jak dotąd - przetrwały próby obalenia. Oczywiście w innych obszarach w wielu kwestiach możemy błędzić, ale jesteśmy też w stanie sporządzić listę „faktów”, co do których mamy absolutną pewność. Ewolucja i teoria heliocentryczna kiedyś na takiej liście by się nie znalazły, ale dziś ich obecność na niej jest bezdyskusyjna.

Biolodzy dość często odwołują się do różnicy między faktem ewolucji (wszystkie żywe organizmy są spokrewnione), a teorią, wyjaśniającą dlaczego tak jest (najczęściej oznacza to dobór naturalny, jako że ta teoria podaje wyjaśnienia mniej sprzeczne niż jej rywalki, takie jak lamarkizm, odwołujący się do mechanizmu „zaniku narządów nieużywanych” i „dziedziczenia cech nabytych”). Sam Darwin dopuszczał oba te rozumowania jako alternatywne, hipotetyczne wyjaśnienia, a to z tego powodu, że w jego czasach nie było jeszcze tak przekonujących dowodów i poważni uczeni mogli poważnie debatować nad ewolucją i tym, czy jej narzędziem rzeczywiście jest dobór naturalny. Dziś sama ewolucja nie może być kwestionowana, z czasem bowiem zyskała status faktu, ale oczywiście nadal można rozważać, czy istotnie dobór naturalny jest tym mechanizmem, który ją napędza.

W autobiografii Karol Darwin wspomina, jak w roku 1838 „dla rozrywki” zabrał się za lekturę dzieła Malthusa "Prawo ludności" (Matt Ridley podejrzewa, że lekturę tę podsunęła Darwinowi Harriet Martineau, obdarzona wybitną inteligencją przyjaciółka jego brata Erazma) i właśnie rozważania Malthusa stały się dla niego inspiracją przy formułowaniu teorii doboru naturalnego. „Wreszcie trafiłem na teorię, z którą mogłem pracować” — pisał Darwin. Dobór naturalny był dla niego z początku tylko hipotezą, może prawdziwą, może nie. Podobnie zresztą myślał o samej ewolucji. Nim dwadzieścia jeden lat później (w 1859) Darwin zdecydował się na publikację "O powstawaniu gatunków", zebrał dość świadectw empirycznych, by nabrać pewności co do samej ewolucji, ale nadal jeszcze nie mógł być pewien prawdziwości koncepcji doboru naturalnego, jeszcze wiele bowiem było trzeba, by ta hipoteza uzyskała status faktu. W pewnym sensie całe główne założenie Darwina jest próbą przeniesienia doboru naturalnego z hipotez do sfery faktów. Ta próba trwała aż do dzisiaj, a jak jest obecnie - nikt poważny nie ma już wątpliwości, a sami naukowcy (przynajmniej w tym kontekście) uznają ewolucję za fakt. Wszyscy biolodzy zgadzają się też dziś, że dobór naturalny jest jednym z ważniejszych mechanizmów napędowych ewolucji - i tu już przedstawiciele tej dyscypliny spierają się co do szczegółów - nie jedynym. Nawet jednak jeśli są jeszcze inne mechanizmy,

jakoś nie udało mi się do tej pory spotkać poważnego biologa, który potrafiłby wskazać jakąś alternatywę dla doboru naturalnego jako siły napędowej ewolucji w znaczeniu adaptacyjnym: ewolucji owocującej dostosowaniem.

W każdym razie w kolejnych rozdziałach tej książki chciałbym się skupić na wykazaniu, że ewolucja po prostu jest faktem, oraz opisaniu jej niewyobrażalnej potęgi, piękna i prostoty. Ewolucja jest w nas, wokół nas i między nami, a jej działania przetrwały przez eony utrwalone w skałach. A poza tym, jak już pisałem, ludzkie życie nie trwa niestety dość długo byśmy mogli obserwować przebieg ewolucji własnymi oczami. Dlatego, posłużę się przywoływaną już metaforą detektywa, który post factum pojawia się na miejscu zbrodni i musi wydedukować, co tam zaszło. W naszym przypadku ślady i dowody, które ma do dyspozycji detektyw, są liczniejsze, bardziej przekonujące i bardziej niepodważalne niż cokolwiek, co kiedykolwiek zademonstrowano przed jakimkolwiek sądem, niezależnie nawet od liczby naocznych świadków. Mamy zatem niepodważalne dowody; niepodważalne przynajmniej, jeśli ktoś kieruje się rozumem. Jednak przeciwnicy ewolucji istotnie odwołują się do tych czy innych wątpliwości, czy ich wątpliwości są uzasadnione? Cóż, na szczęście, nie zawsze, o czym przekonamy się w Rozdziale V.

ROZDZIAŁ II
PSY, KROWY I KAPUSTA

Co sprawiło, że idea Darwina tak późno pojawiła się na historycznej scenie? Czemu tyle trwało, nim ludzkość wpadła na pomysł tak oczywisty i prosty — znacznie oczywistszy, gdy idei tej się przyjrzeć, niż matematyczne idee, które Newton dał nam dwieście lat wcześniej (czy nawet te, które dwa tysiące lat wcześniej obmyślił Archimedes)? Na te pytania istnieje mnóstwo odpowiedzi. Może ludzi przerażał bezmiar czasu, niezbędny by zaszła tak wielka zmiana; może ludzki umysł gubił się w przepastnej głębi geologicznych epok, czyli nie potrafił odróżnić czasu geologicznego od tych kilkudziesięciu lat, jakimi dysponuje każdy z nas. A może winę ponosi religijna indoktrynacja? Może też akceptacja ewolucji okazała się tak trudna, gdyż ludzka iluzja projektu i stwórcy istotnie jest bardzo kusząca w kontekście niewyobrażalnej złożoności narządów takich jak choćby oko. Pewnie wszystkie te czynniki odegrały swoją rolę. Jednak Ernst Mayr, nestor i wielka postać neodarwinowskiej syntezy (zmarł w roku 2005 w wieku 100 lat) konsekwentnie głosił, że przyczyna leży całkiem gdzie indziej. Według Mayra winną całego zamieszania była wywodząca się jeszcze z antyku filozoficzna doktryna, współcześnie określana mianem esencjalizmu. Tak więc to duch Platona przesłaniał nam ewolucję.

DUCH PLATONA

Dla Platona cała „rzeczywistość”, jaką postrzegamy, jest niczym więcej niż cieniami pojawiającymi się na ścianach jaskini, gdy płonie ognisko. Platon, jak wszyscy klasyczni greccy myśliciele, w głębi duszy był geometrą. Dla niego jednak trójkąt narysowany na piasku był tylko niedoskonałym cieniem prawdziwej esencji trójkąta, w idealnym trójkącie bowiem każda krawędź stanowi fragment euklidesowej prostej, ma długość, ale nie ma żadnej szerokości, każda linia jest nieskończenie cienka, a dwie linie równoległe nigdy się nie przetną. Zsumowane kąty takiego idealnego trójkąta dają dokładnie 180 stopni, ani o pikosekundę mniej lub więcej. W każdym razie trójkąt narysowany na piasku nie jest prawdziwym trójkątem (esencją trójkąta), lecz jedynie jego ulotnym cieniem.

Dla Platona cała „rzeczywistość”, jaką postrzegamy, jest niczym więcej niż cieniami pojawiającymi się na ścianach jaskini, gdy płonie ognisko. Platon, jak wszyscy klasyczni greccy myśliciele, w głębi duszy był geometrą. Dla niego jednak trójkąt narysowany na piasku był tylko niedoskonałym cieniem prawdziwej esencji trójkąta, w idealnym trójkącie bowiem każda krawędź stanowi fragment euklidesowej prostej, ma długość, ale nie ma żadnej szerokości, każda linia jest nieskończenie cienka, a dwie linie równoległe nigdy się nie przetną. Zsumowane kąty takiego idealnego trójkąta dają dokładnie 180 stopni, ani o pikosekundę mniej lub więcej. W każdym razie trójkąt narysowany na piasku nie jest prawdziwym trójkątem (esencją trójkąta), lecz jedynie jego ulotnym cieniem.

Biologia, jak twierdził Mayr, jest zarażona własną wersją esencjalizmu, a ów biologiczny esencjalizm traktuje tapiry i króliki, pangoliny i dromadery tak, jakby były trójkątami, rombami, paraboloidami i dwunastościanami. Królik zatem, który

biega przed naszym nosem, w istocie jest bladym cieniem „idei” czy „esencji” królika; prawdziwego platońskiego królika, który przebywa gdzieś tam w konceptualnej przestrzeni wraz z idealnymi kształtami i bryłami geometrycznymi. Realne króliki, zwierzęta z krwi i kości, mogą się różnić od siebie, ale na te różnice zawsze należy patrzeć jako na pełne błędów odstępstwa od esencji królika.

Trzeba przyznać rację Mayrowi, że taki obraz jest krańcowo ewolucyjny. Platonik wszelkie zmiany, jakie mogą zajść w króliku, traktuje jako odejście od ideału, nic dziwnego zatem, iż zawsze odczuwa opór przeciwko takiej zmianie — zupełnie jakby biedny królik przywiązany był elastyczną nicią do idealnego Królika w Niebiesiech. Ewolucyjne podejście jest krańcowo odmienne — formy potomne mogą nieustannie oddzielać się od swoich poprzedników, a każdy potomek może stać się przodkiem dla przyszłych wariantów. Nie przypadkiem Alfred Russell Wallace, człowiek, który niezależnie od Darwina i w tym samym momencie również odkrył ewolucję poprzez dobór naturalny, zatytułował rozprawę, w której odkrycie to opublikował, *On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type* (O dążności odmian do nieskończonego odbiegania od typu pierwotnego).

W każdym razie, jeśli by miało istnieć coś takiego jak wzorcowy królik, ów zaszczytny tytuł przyznać należy niczemu więcej, niż najwyższemu punktowi krzywej dzwonowej opisującej rozkład cech w populacji jak najprawdziwszych, kłębiących się oraz podskakujących — i wciąż zmieniających się — futrzastych króliczków. A taki punkt z czasem wędruje i w miarę przemijania kolejnych generacji może dotrzeć do miejsca (które oczywiście trudno zdefiniować), gdzie owa „norma”, to, co nazywamy królikiem, oddaliła się tak daleko od swego pierwowzoru, że w zasadzie zasługuje już na zupełnie nową nazwę. Jak więc widać, nie ma żadnej ponadczasowej „królikowości”, żadnego idealnego („esencjonalnego”) królika, krążącego gdzieś po orbicie. Jest tylko populacja futrzastych, długouchych koproflagów, intensywnie poruszających wąsikami, a ich wielkość, kształt, umaszczenie (i apetyt seksualny) podlegają prawom rozkładu statystycznego. To, co niegdyś znajdowało się na długouchym krańcu krzywej, w późniejszym geologicznym kształcie może wyznaczać sam jej szczyt, a jeśli uwzględnimy odpowiednio dużą liczbę pokoleń, może się zdarzyć, iż rozkłady jakiejś cechy w populacji przodków i odległych potomków już w ogóle się nie pokrywają: okazuje się, że nawet królik o najdłuższych uszach wśród prapra...pradziadków miał uszy krótsze niż najbardziej krótkouchy z jego dalekich potomków. Wszystko płynie, jak mawiał inny grecki filozof, Heraklit, nie ma nic stałego. I nieraz po setkach milionów lat może być bardzo trudne do uwierzenia, że jakiś zwierzak w ogóle może być potomkiem królika i to mimo że w żadnym pokoleniu typ dominujący nie różnił się jakoś znacząco od przeciętnej w pokoleniu swoich rodziców czy dzieci. Ten sposób rozumowania Mayr nazwał myśleniem populacyjnym. Była to dla niego antyteza esencjalizmu i dlatego właśnie, jak twierdził, tak trudno było zaakceptować idee Darwina, albowiem my wszyscy — czy to za sprawą dziedzictwa greckiej filozofii, czy z innych powodów — najwyraźniej nosimy esencjalizm w naszym mentalnym DNA.

Dla kogoś z platońskimi klapkami na oczach królik to królik, i już. Sama idea, że króliczy gatunek konstryuuje wędrujący obłok statystycznych średnich, albo że (typowy) współczesny królik może drastycznie różnić się od swego odległego o miliony lat przodka (i tak samo być niepodobnym do swego potomka, który nadejdzie za milion lat), stanowi pogwałcenie wewnętrznego tabu. I rzeczywiście — od psychologów zajmujących się rozwojem języka wiemy, że dzieci są naturalnymi, instynktownymi esencjalistami. Być może zresztą muszą, jeśli mają zachować zdrowie psychiczne w momencie, gdy ich rozwijające się umysły zajmują się dzieleniem świata na odrębne kategorie, z których każda zasługuje na odrębną nazwę. Wszak nawet Księga Rodzaju głosi, że pierwszym zadaniem Adama było nadanie imion wszystkim zwierzętom.

Jeśli Mayr ma rację, to rzeczywiście nic dziwnego, że my, ludzie, musieliśmy tak długo — aż do drugiej połowy XIX wieku — czekać na Karola Darwina. Raz jeszcze przyjrzyjmy się, jak bardzo antyesencjalistyczna jest ewolucja. Otóż w opisanym wyżej ujęciu populacyjnym istotnie jest to, że każdy gatunek skoligacony jest z każdym innym, na przykład królik z leopardem, za pośrednictwem sieci „ogniw pośrednich”, z których każde jest tak podobne do swego sąsiada w tym długim łańcuchu, że w zasadzie bez problemów mogłoby mieć z nim płodne potomstwo. Istotnie — trudno wyobrazić sobie cokolwiek, co mocniej naruszałoby esencjalistyczne tabu. I to, o czym piszę, nie jest wcale wyłącznie przeprowadzanym w wyobraźni eksperymentem myślowym. Naprawdę — przynajmniej w ewolucjonistycznej perspektywie — istnieje szereg „zwierząt pośrednich”, łączących królika z leopardem. Każde z tych zwierząt kiedyś żyło, oddychało i uprawiało seks i każde z nich powinno zostać zaliczone do dokładnie tego samego gatunku, jak jego bezpośredni sąsiedzi w rozciągającym się przez eony czasu ewolucyjnym kontinuum. Wszystkie te zwierzęta były równocześnie potomkami swoich sąsiadów i przodkami kolejnych. Ten długi łańcuch zwierząt łączy ze sobą królika i leoparda — acz, jak przekonamy się później, nigdy nie istniał żaden „krópard”. Podobne ciągi łączą królika z wombatem, leoparda z homarem i każde żyjące dziś zwierzę oraz każdą współczesną roślinę z każdym innym żywym organizmem zamieszkującym naszą planetę. Być może część z moich czytelników potrafi już wyjaśnić, dlaczego ta w pewien sposób szokująca wizja nieuchronnie wynika z przyjęcia ewolucyjnego światopoglądu, na użytek pozostałych pozwolę sobie jednak nieco ją rozwinąć. Posłużę się w tym celu eksperymentem myślowym, który ochrzciłem mianem „punkt zwrotny”.

Weźmy zatem królika, a raczej królicę (choć to wybór czysto arbitralny; dla poniższych rozważań płeć naszego bohatera nie ma żadnego znaczenia). Postawmy ją obok jej matki, teraz, jaką trzecią z kolei postawmy w szeregu babcię, czyli mamę mamy. I tak dalej, przez milenia i epoki, aż przed naszymi oczyma rozwinie się pozornie nieskończony łańcuch królic, każde ze zwierzątek z mamą z jednej strony i córką z drugiej. A teraz urządzmy sobie spacer wzdłuż tego łańcucha, cofając się w czasie, i z uwagą oraz starannie przyglądajmy się mijanym zwierzętom. Cóż zobaczymy — otóż okaże się, iż mijane królice z czasem zaczynają się nieco różnić

od swej współczesnej potomkini, ale zmiany następują tak wolno, że praktycznie nie mamy szans dostrzec różnicy między córką a matką, tak samo jak nie widzimy ruchu małej wskazówki naręcznego zegarka i w pewnym sensie tak samo, jak trudno nam obserwować dorastanie dziecka. Widzimy dopiero, gdy raptem staje się nastolatkiem, a później dorosłym człowiekiem. W eksperymencie z królicami istnieje jeszcze jeden czynnik, który sprawia, że tak trudno nam odróżnić od siebie kolejne pokolenia. Otóż w każdej dekadzie i w każdym stuleciu dzieje się tak, że zróżnicowanie wewnątrz populacji jest większe niż międzypokoleniowe różnice między matkami a córkami. Jeśli zatem próbujemy dojrzeć ruch naszej „wskazówki godzinowej”, porównując matki i córki (a nawet babcie i wnuczki), minimalne odmienności mogą nam umknąć przysłonięte zróżnicowaniem hasających po okolicznych łąkach krewnych i przyjaciół podglądanej przez nas rodziny.

Tak czy inaczej, z wolna i niepostrzeżenie, w miarę naszej wędrówki przez pokolenia dotrzemy wreszcie do królic, które wyglądają już całkiem odmiennie niż ich (odległe) potomkinie i bardziej niż do królika podobne są do ryjówek (choć też nie do końca). I właśnie jedno z tych zwierząt nazwę „punktem zwrotnym”, bowiem to ono było najpóźniejszym — i najbliższym współczesności — wspólnym przodkiem (w linii żeńskiej, co jednak nie ma specjalnego znaczenia) królika i leoparda. Nie wiemy, co prawda, jak dokładnie wyglądało, ale z ewolucyjnego punktu widzenia bez wątpienia musiało istnieć. Oczywiście, tak jak wszystkie inne zwierzęta, samiczka ta należała do tego samego gatunku co jej matka i wszystkie córki. Przyjmijmy teraz, że w „punkcie zwrotnym” decydujemy się zmienić kierunek wędrówki w czasie i zaczynamy poruszać się w stronę terażniejszości, kierując się w stronę leoparda (oczywiście trzeba będzie uważnie wybierać właściwe rozgałęzienia, przebijając wśród bardzo różnych potomków naszego „punktu zwrotnego”). Teraz po każdej ryjówkoidalnej samiczce pojawi się jej córka. I znów, niedostrzegalnie i stopniowo, przedmiot naszych obserwacji będzie się zmieniać, a owe ogniwa pośrednie mogą nadal w niczym nie przypominać żadnego istniejącego współcześnie gatunku, choć oczywiście są bardzo podobne do siebie. W każdym razie, jeśli odpowiednio długo posuwać się będziemy wzdłuż osi czasu to, mimo iż może się nam wydawać, że nic się nie zmienia, w pewnym momencie staniemy oko w oko z leopardzicą.

Ten eksperyment myślowy skomentować można na wiele sposobów. Po pierwsze zatem musimy pamiętać, iż jakkolwiek ja zdecydowałem się tu na wyprawę od królika do leoparda, to równie dobrze moglibyśmy wybrać się w podróż od jeżozwierzka do delfina, od walabii do żyrafy czy wreszcie od człowieka do łupacza. Nie ma to żadnego znaczenia, bowiem pomiędzy każdymi dwoma gatunkami zawsze znajdziemy drogę i zawsze będzie na niej ów „punkt zwrotny”, a to z tego prostego powodu, że każdy z żyjących współcześnie gatunków ma wspólnego przodka z dowolnym innym gatunkiem i zawsze można go znaleźć, odpowiednio długo cofając się w czasie.

I kwestia druga — otóż to, o czym mówimy, to łańcuch zwierząt łączących

jeden ze współczesnych gatunków z drugim. W żadnym wypadku nie chodzi tu o pokazanie, jak to królik wyewoluował w leoparda. Już lepiej pasowałaby dewolucja pierwszego z naszych bohaterów aż do „punktu zwrotnego”, a później dopiero ewolucja, której efektem będzie piękny drapieżny kot. Jak jeszcze nieraz przekonamy się w tej książce, wciąż trzeba tłumaczyć, że współczesne gatunki nie ewoluują jedne w drugie. Nie! One mają wspólnych przodków, są więc kuzynami. Tak właśnie brzmi odpowiedź na — niestety — wciąż ponawiany zarzut: „No bo jak to jest? — sam nieraz słyszałem to pytanie. — Przecież jeśli ludzie wyewoluowali z szympanсів, to dlaczego wciąż jeszcze są szympanсы”.

Po trzecie — w naszej wyprawie do punktu zwrotnego dość arbitralnie zdecydowaliśmy się później podążać do leoparda. Oczywiście mógłbym argumentować, że opisuję w ten sposób fragment realnej ewolucyjnej historii, ale nie to jest najważniejsze. Jak pamiętacie, ostrzegałem, że w podróży powrotnej będziemy musieli ignorować wiele rozgałęzień. Każde z nich doprowadziłoby nas do zupełnie innego celu. Dlaczego? Po prostu owo zwierze, które my nazwaliśmy punktem zwrotnym, jest odległym przodkiem nie tylko królików i leopardów, ale również bardzo dużej części wszystkich żyjących współcześnie gatunków.

I wreszcie po czwarte (powtarzam się, ale to naprawdę ważne!): jakkolwiek olbrzymie mogą się wydawać różnice między gatunkami, które my obraliśmy jako dwa krańce naszej podróży, każdy kolejny jej etap, od córki do matki i od matki do córki, był to bardzo, bardzo drobny krocze i każde zwierzę, które mijaliśmy, było tak podobne do swoich sąsiadów w łańcuchu, jak tylko podobne bywają mamy i córki. Więcej — były znacznie bardziej podobne do siebie, niż do typowego przedstawiciela gatunku, do którego należały.

Tak oto nasz prosty eksperyment myślowy pozwolił pokazać, iż ułudą jest owa wspaniała grecka świątynia idealnych platońskich form. I teraz widać również, że jeśli Mayr miał rację w tym, że esencjalistyczne uprzedzenia tkwią głęboko w każdym z nas, to nie mylił się też, wyjaśniając, dlaczego tak trudno było nam zaakceptować ideę ewolucji.

Pojęcie „esencjalizm” pojawiło się dopiero po II wojnie światowej, Darwin oczywiście go nie znał. Natomiast doskonale znał jego biologiczny odpowiednik, a mianowicie koncepcję „niezmienności gatunków”. Zwalczeniu tej koncepcji Karol Darwin poświęcił bardzo wiele wysiłku. Poglądy twórcy teorii ewolucji wyrażone w licznych książkach (być może w najmniejszym stopniu w O powstawaniu gatunków) staną się dla nas w pełni zrozumiałe dopiero, gdy uświadomimy sobie, że znaczna część spośród tych, do których się zwracał, była esencjalistami i nigdy nie wątpiła w „niezmiennosc gatunków”. Jednym z najbardziej przekonujących argumentów, jakimi posługiwał się Darwin, był „dowód z udomowienia”. Dlatego właśnie domestykacji zwierząt poświęcę resztę tego rozdziału.

RZEŹBIĄC GENETYCZNĄ PULĘ

Darwin wiedział bardzo dużo o hodowli i uprawach, wiele rozmawiał z hodowcami gołębi oraz ogrodnikami i kochał psy.* Udomowionym gatunkom zwierząt i roślin Darwin poświęcił nie tylko pierwszy rozdział "O powstawaniu gatunków", ale nawet całą książkę: Zmienność zwierząt i roślin w stanie udomowienia, w której kolejnych rozdziałach możemy przeczytać o psach i kotach, koniach i osłach, świniach, krowach, owcach i kozach, królikach, gołębiach (im poświęcone są nawet dwa rozdziały, bo gołębiami Darwin szczególnie się interesował), kurach i innym ptactwie, a także o licznych roślinach, w tym o bardzo zajmującym przypadku kapusty. Kapusta właśnie stanowi największe wyzwanie, z jakim w świecie roślin muszą poradzić sobie wszelkiej maści zwolennicy esencjalizmu i niezmienności gatunków. Dzika kapusta *Brassica oleracea*, zwana kapustą warzywną lub ogrodową, to w sumie niczym niewyróżniająca się roślina, wyglądająca trochę jak chwast. Wystarczyło jednak zaledwie kilka stuleci, by za pomocą niezbyt wyrafinowanych metod i różnych technik hodowlanych ogrodnicy zdołali z tej niepozornej roślinki ukształtować („wyrzeźbić”) warzywa tak różne jak brokuły, kalafior, kalarepa, jarmuż, brukselka, gorczyca i rzepak, nie wspominając oczywiście o licznych jarzynach, które nadal nazywamy po prostu kapustą.

Kolejny przykład takiego genetycznego rzeźbienia, to przemiana wilka (*Canis lupus*) w ponad dwieście ras psów (*Canis familiaris*) — tyle przynajmniej ras oficjalnie uznaje brytyjski UK Kennel Club**, a warto dodać, że zgodnie z ostrymi wymogami profesjonalnej hodowli większość z nich jest od siebie genetycznie odseparowana przepisami ostrzejszymi od reguł apartheidu. Tymczasem wiele wskazuje, że wszystkie współczesne psy są potomkami wilka i tylko wilka, choć do jego udomowienia mogło dojść niezależnie w kilku miejscach. Wspominam o tym, bowiem sami ewolucyoniści nie zawsze tak myśleli. Darwin na przykład i wielu jego współczesnych podejrzewali, że wśród dzikich przodków naszych psów jest nie tylko wilk, ale i inne gatunki, między innymi szakal. Zwolennikiem tej hipotezy był też wybitny austriacki etolog, Noblista Konrad Lorenz. W wydanej po raz pierwszy w roku 1949 książce *I tak człowiek trafił na psa* Lorenz twierdził wręcz, że większość psich ras wywodzi się od szakala, a na przodka-wilka mogą powoływać się tylko nieliczne, w tym jego ulubieniec czau-czau. Problem w tym, że sam Lorenz nie znalazł żadnych poważnych dowodów przemawiających za tą hipotezą poza różnicami w charakterze i osobowości obserwowanych zwierzaków. Rozwiązanie zagadki przyniosła dopiero genetyka molekularna — dziś wiemy na pewno, że wszystkie psie rasy pochodzą wyłącznie od wilka; ani szakal, ani kojot, ani lis nie figurują wśród ich przodków.

*A jak można nie kochać psów — tak trudno o kogoś, kto potrafi śmiać się z żartów na własny temat!

**Wielka Brytania (podobnie zresztą jak USA) nie jest członkiem Międzynarodowej Federacji Kynologicznej (FCI, Fédération Cynologique Internationale). FCI, która zrzesza kilkadziesiąt federacji krajowych (w tym Polski Związek Kynologiczny), w swoim oficjalnym spisie wymienia już ponad 370 psich ras (przyp. tłum.).

Pisząc o domestykacji, chciałbym zwrócić uwagę przede wszystkim na jej zadziwiającą moc zmiany wyglądu i zachowania dzikich zwierząt, a także na szybkość zachodzenia takich przemian. Hodowców w tym kontekście postrzegać można jak modelarzy, którzy pracują w idealnie plastycznym surowcu, czy może jako rzeźbiarzy z dłutem w ręku kształtujących psy, konie, krowy czy kapustę zgodnie z dowolną swoją zachcianką. Do tej metafory zresztą jeszcze powrócimy, ważniejsze w tym momencie jest natomiast podobieństwo do naturalnej ewolucji — choć czynnikiem, który odpowiada za selekcję jest człowiek, nie natura, to mechanizm pozostaje ten sam. Dlatego właśnie Darwin tak wiele uwagi poświęcił udomowieniu gatunków w początkowych rozdziałach O powstawaniu gatunków. Jako ilustracja mechanizmów działania ewolucji dobór sztuczny nadaje się równie dobrze, jak naturalny; różni się naprawdę wyłącznie jednym szczegółem.

Oczywiście, jeśli chcemy wyrażać się precyzyjnie, to musimy pamiętać, że nasz hodowca-rzeźbiarz kształtuje nie tyle wygląd psa czy kapusty, co pulę genetyczną rasy (odmiany) lub gatunku. „Pula genetyczna” to centralna koncepcja teorii znanej jako „neodarwinizm” (albo „synteza neodarwinowska”). Darwin nie mógł jej znać, bowiem — podobnie jak pojęcie genu — była obca jego epoce. Oczywiście twórca teorii ewolucji doskonale zdawał sobie sprawę z faktu, iż pewne charakterystyczne cechy są „zachowywane” w rodzinie: dzieci zwykle podobne są do swoich rodziców (i krewnych), a psy czy gołębie hoduje się właśnie ze względu na owe cechy. Dziedziczność jest centralnym pojęciem również Darwinowskiego ujęcia doboru naturalnego. „Pula genetyczna” to jednak coś nieco innego — ten termin ma sens tylko w kontekście Mendlowskich praw dziedziczenia oraz założenia, że muszą istnieć jakieś niezależne „cząsteczki” dziedziczności. Karol Darwin jednak, choć Grzegorz Mendel, austriacki mnich i ojciec współczesnej genetyki, był jego współczesnym, nigdy nie czytał jego prac publikowanych w mało znanym niemieckim czasopiśmie.

Mendlowski gen działa na zasadzie „wszystko albo nic” („all-or-nothing”). Kiedy zostałeś poczęty, od swojego ojca nie otrzymałeś żadnej „substancji”, która zmieszałaby się z tym, co przekazała ci matka, tak jak mieszamy czerwoną i niebieską farbę, żeby otrzymać fiolet. Gdyby to tak działała dziedziczność (a tak mniemała większość ludzi w czasach Darwina), każdy z nas byłby jakąś pośrednią mieszaniną, czymś w połowie drogi między matką a ojcem, a wówczas bardzo szybko znikłoby całe zróżnicowanie wewnątrz populacji (niezależnie od tego, jak wytrwale będziemy mieszać purpurę z purpurą, nigdy nie odtworzymy oryginalnego niebieskiego ani czerwieni). Każdy z nas z własnego doświadczenia doskonale wie, że taki zanik wewnątrzpopulacyjnego zróżnicowania nie następuje. Jak pokazał Mendel, dzieje się tak dlatego, że kiedy u dziecka dochodzi do mieszania się matczynych i ojcowskich genów (sam Mendel nie używał określenia „gen”, ukuto je bowiem dopiero w roku 1909), to nie jest tak jak mieszanie farb, ale bardziej jak tasowanie kart. Dziś oczywiście wiemy, że geny to odcinki DNA i nie są one bytami fizycznie odrębnymi, jak karty, ale to nie zmienia samej zasady: geny się nie mieszają, one ulegają przetasowaniu. Czasem oczywiście talia jest źle tasowana, na

przykład kilka „kart” skleja się nawet na wiele pokoleń, nim jakieś kolejne przetasowanie zdoła je rozdzielić.

Każde z twoich jajeczek (albo plemników, jeśli jesteś mężczyzną) zawiera wariant genu pochodzący bądź to od twojego ojca, bądź matki, a nie ich mieszaninę. Każdy z tych genów trafił do ciebie od jednego — i tylko jednego — z czworga twoich dziadków i od jednego (nie muszę już chyba dodawać, że tylko jednego) z ośmiorga pradiadków.*

W zasadzie coś takiego powinno być od dawna oczywiste. Przecież jeśli krzyżujesz samca i samicę, spodziewasz się syna albo córki, a nie hermafrodyty.** W sumie to oczywiste i nie trzeba być geniuszem, żeby coś takiego wymyślić, nie ruszając się nawet z fotela. W końcu doświadczenie podpowiada, że zasada „wszystko albo nic” powinna obowiązywać dla wszystkich cech, nie tylko dla płci. Zresztą Darwin był już naprawdę bardzo blisko tego odkrycia i zatrzymał się dosłownie w ostatniej chwili. Oto, co pisał w roku 1866 do Alfreda Wallece’a:

"Drogi Wallace

Mam wrażenie, że Pan nie do końca zrozumiał, co mam na myśli, pisząc o niemieszaniu się różnych odmian. To nie odnosi się do płodności. Pozwolę sobie wytłumaczyć to panu na przykładzie — otóż skrzyżowałem ze sobą dwie odmiany groszku pachnącego, bardzo różniące się ubarwieniem, i uzyskałem, nawet z tego samego strączka, rośliny dokładnie takie, jak rodzicielskie; żadna nie miała barwy pośredniej. Coś takiego musi dziać się również z Pańskimi motylami [...]. Z pozoru zakrawa to na cud, ale nie wiem, czy doprawdy jest to coś bardziej cudownego, niż to, że każda samica na tym świecie rodzi zawsze bądź to męskiej, bądź żeńskiej płci potomstwo."

Jak widzimy zatem Darwin istotnie był bardzo bliski odkrycia Mendlowskiego prawa niemieszania się genów (jak dziś byśmy je nazwali).* W pewnym sensie mamy tu analogię do często podnoszonego (głównie przez poszkodowanych i ich apologetów) zarzutu, jakoby to inni uczeni epoki wiktoriańskiej, na przykład Patrick Matthew i Edward Blyth, odkryli dobór naturalny przed Darwinem. W pewnym sensie to prawda, przyznawał to zresztą sam autor O powstawaniu gatunków, moim zdaniem jednak wszelkie dowody świadczą, że żaden z poprzedników nie docenił

* Tak to wszystko wyglądało w modelu zaproponowanym przez Mendla, a i w modelu, który biologowie przyjęli po Watsonowsko-Crickowskiej rewolucji lat pięćdziesiątych. Dziś trzeba powiedzieć, że to prawie prawda, jeśli weźmiemy pod uwagę to, że geny mogą być bardzo długimi łańcuchami DNA. W pewnych okolicznościach nadal jednak można przyjąć, że ten model dokładnie odpowiada rzeczywistości.

** Na farmie, na której spędziłem dzieciństwo, mieliśmy jedną wyjątkowo złośliwą i agresywną krowę. Nazywała się Arusha. Arusha istotnie miała charakter i stwarzała poważne problemy. Pewnego dnia pan Evans, jeden z pastuchów, powiedział: „Moim zdaniem Arusha to musi być coś pomiędzy bykiem a krową”.

wagi swego odkrycia. Odmienne niż Darwin i Wallace nie dostrzegli oni w doborze ogólnej zasady o uniwersalnym znaczeniu, fenomenu zdolnego kierować ewolucją i doskonaleniem się wszystkich żywych bytów. Podobnie korespondencja Darwina wskazuje, że istotnie był on bardzo bliski odkrycia natury dziedziczności, ale nie pojął wagi „reguły niemieszania”, w szczególności zaś nie zrozumiał, że właśnie wpadł na trop rozwiązania wielkiej zagadki, dlaczego różne odmiany automatycznie nie znikają z populacji. To zadanie pozostawił dopiero dwudziestowiecznym naukowcom,** choć ci musieli budować swe wyjaśnienia na odkryciach Grzegorza Mendla, który najwyraźniej wyprzedził swój czas.

Przejdźmy więc może zatem do koncepcji „puli genetycznej”. Rozważmy na początek dowolną populację rozmnażającą się płciowo — na przykład szczury z zagubionej gdzieś na środku południowego Atlantyku Wyspy Wniebowstąpienia. Na wyspie wszystkie szczurze geny nieustannie ulegają przetasowaniu. Nie obserwujemy jednak żadnego procesu („wewnętrznej tendencji”) do ujednolicania się populacji, kolejne pokolenia nie są mniej zróżnicowane od generacji rodziców i wcale nie dzieje się tak, by z czasem wyspę zaludniały wyłącznie do znudzenia szare i niemal identyczne szczury. Nie — geny pozostają nienaruszone, mimo że z każdym nowym pokoleniem znajdują się w nowym organizmie; nie zlewają się i nie zanieczyszczają wzajem. W każdym momencie każdy gen tkwi w ciele swego „posiadacza”, (no, chyba że właśnie przenosi się do nowego szczurzego ciała za pośrednictwem spermy), ale jeśli przyjrzymy się wybranej przez nas populacji z perspektywy wielu pokoleń, zobaczymy, że wszystkie szczurze geny na wyspie poprzemieszczały się w zupełnie nowe konfiguracje, zupełnie tak jak karty w starannie przetasowanej talii. Tyle że tym razem talią jest pula genów.

Jak sądzę, szczurza pula genów na tak niewielkiej i odizolowanej wyspie jak

* Wciąż pokutuje mit, jakoby Darwin posiadał oprawiony rocznik owego niemieckiego czasopisma, w którym Mendel opublikował swoje odkrycia, ale te właśnie stronicie, na których tekst był zamieszczony, pozostały nierozcięte i tak odnaleziono je po śmierci Darwina. Źródłem tego memu jest prawdopodobnie fakt, iż w papierach Darwina istotnie odnaleziono publikację W.O. Focke’ego noszącą tytuł *Die Pflanzen-mischlinge*, której autor wspominał o odkryciach Mendla, i rzeczywiście stronicie, na których to czynił, nie były rozcięte. Trzeba jednak dodać, iż Focke nie przywiązywał wielkiej wagi do wyników Mendla i nic nie wskazuje, by zrozumiał ich olbrzymie znaczenie, nie jest więc jasne, czy doceniłby je Darwin, nawet gdyby przeczytał właściwe strony. Poza tym Darwin nie najlepiej władał niemieckim. Możliwe, że gdyby przeczytał prace Mendla, historia biologii potoczyłaby się inaczej. Możliwe jednak też, że sam Mendel nie do końca uświadamiał sobie znaczenie własnych odkryć — gdyby tak było, może napisałby do Darwina. Byłem w Brnie, w klasztorze, w którym pracował Gregor Mendel, i miałem nawet w rękę należące do niego (niemieckie) wydanie *O powstawaniu gatunków z własnoręcznymi notatkami na marginesach*, co jednoznacznie wskazywało, że musiał przeczytać dzieło Darwina.

** Ta rewolucja rozpoczęła się w roku 1908 od prac uroczu ekscentrycznego angielskiego matematyka (i miłośnika krykieta) G.H. Hardy’ego oraz (niezależnie) niemieckiego lekarza Wilhelma Weinberga. Kontynuowali ją i doprowadzili do „szczęśliwych narodzin” współczesnej genetyki populacyjnej — znów niezależnie — wybitny genetyk i statystyk Ronald Fisher oraz współtwórcy teorii, J.B.S. Haldane i Sewell Wright.

Wyspa Wniebowstąpienia jest całkiem samowystarczalna i raczej dość dobrze „zmieszana” — przez zmieszanie rozumiem, że jakikolwiek niedawny przodek konkretnego szczura mógł żyć gdziekolwiek na wyspie, ale raczej nie poza nią (pominąwszy pojedyncze przypadki gryzoni, którym udało się zejść na ląd z cumujących u brzegu wyspy statków). Natomiast pula genetyczna szczurów zamieszkujących tak rozległy ląd jak Eurazja będzie już oczywiście o wiele bardziej zróżnicowana. Szczur z Madrytu większość swoich genów otrzymał po przodkach żyjących w zachodniej części Starego Kontynentu, a nie na przykład w Mongolii lub na Syberii, i to nie ze względu na jakieś szczególne bariery blokujące przepływ genów (choć te oczywiście też istnieją), ale przede wszystkim z powodu odległości, jakie wchodzi w grę. Płciowe tasowanie to proces czasochłonny i trochę musi minąć, nim jakiś gen przedostanie się z jednego krańca kontynentu na drugi. Nawet jeśli nie ma barier fizycznych (jak rzeki czy łańcuchy górskie), przepływ genów przez wielki ląd jest tak powolny, że aż kusi, by uznać, że pula genetyczna to byt dość „kleisty”. Dlatego właśnie szczur władystocki większość swych genów zawdzięcza zwykle przodkom ze wschodu. Niemniej pula genetyczna szczurów eurazjatyckich oczywiście wciąż „miesza się”, tak jak na Wyspie Wniebowstąpienia, tyle że nie tak homogenicznie. Jak już mówiłem, winne są głównie odległości, ale nie tylko, istnieją też bowiem pewne naturalne bariery geograficzne, jak łańcuchy górskie, szerokie rzeki czy pustynie, które mocno ingerują w przepływ genów, co strukturalizuje i komplikuje pulę genetyczną, ale oczywiście te problemy i zakłócenia nie sprawiają, by sam koncept przestał być użyteczny. Idealnie wymieszana pula genetyczna to abstrakcja, byt o statusie identycznym jak prosta w geometrii. Realne pule genetyczne, nawet w tak odizolowanych środowiskach jak Wyspa Wniebowstąpienia, stanowią jedynie przybliżenie tego ideału, bo nawet tu zmieszanie genów jest tylko częściowe. Oczywiście im mniejsza wyspa i im mniej poprzedzielana naturalnymi barierami, tym pula genetyczna każdego gatunku bliższa będzie ideału „perfekcyjnego wymieszania”.

Kończąc to krótkie wprowadzenie do problematyki puli genetycznej, warto dodać, że każde pojedyncze zwierzę należące do populacji można traktować jako próbkę puli genetycznej jego czasów (a raczej należałoby powiedzieć: czasów jego rodziców). Nie ma żadnego wewnętrznego mechanizmu, który sprawiałby, że w takiej puli pewne geny zaczynają występować częściej, a inne rzadziej. Gdy do takiego systematycznego wzrostu (lub spadku) częstości występowania określonego genu dochodzi, właśnie wtedy — i dokładnie wtedy — mamy do czynienia z ewolucją. W tym momencie oczywiście pojawia się nowe, fascynujące pytanie: dlaczego częstość występowania określonych genów zaczyna systematycznie rosnąć lub spadać? To rzeczywiście interesujący problem i we właściwym czasie do niego wrócimy.

Ciekawa rzecz przydarzyła się z pulami genetycznymi psich ras. Hodowcy pekińczyków czy dalmatyńczyków usilnie starają nie dopuścić do przenikania genów z jednej puli do drugiej. Prowadzi się specjalne „księgi reprodukcyjne” (rodowodowe, stud books), sięgające wiele pokoleń wstecz, a skrzyżowanie ras to

najgorsze, co może się zdarzyć prawdziwemu hodowcy. Jest niemal tak, jakby każda z hodowli była zamknięta na własnej malutkiej Wyspie Wniebowstąpienia i jak najstaranniej odseparowana od innych, w tym wypadku jednak barierą dla genów nie są morskie odmęty, a stworzone przez ludzi reguły. Geograficznie hodowle mogą być zupełnie nierozdzielone, ale faktycznie pozostają odseparowane, bo to właściciele decydują, kto i z kim ma się rozmnażać. Oczywiście czasem te reguły zostają złamane. I tak jak na każdej wyspie może pojawić się szczur, który zdołał przedostać się na brzeg z okrętu, tak, dajmy na to suczka whippet* może uciec właścicielom na spacerze i zadać się ze spanielem, ale szczeniaki z tego związku, jakkolwiek uroczymi i ślicznymi pieskami miałyby się okazać, nigdy nie zostaną wpuszczone na wyspę „Hodowla Whippetów”, ta bowiem na zawsze ma pozostać czysto whippecią. Z punktu widzenia hodowli niewiele taki mezalians zmienia, jako że inne „czystej krwi” whippetki gwarantują, że pula genetyczna na whippeciej wyspie pozostanie niezanieczyszczona. I takich stworzonych przez człowieka „wysp” są dziś setki, a każdą zamieszkuje jedna psia rasa. To oczywiście czysto wirtualne wyspy, bo nie rozdzielają ich żadne geograficzne bariery — hodowlane whippetki czy szpice duże można spotkać w wielu krajach, na wielu kontynentach i za pomocą samochodów, samolotów czy statków geny tych psiaków nieustannie przenoszą się z miejsca na miejsce. Ale nawet jeśli genetyczne (wirtualne) wyspy pekińczyka, boksera i bernardyna geograficznie nakładają się na siebie, to — pominąwszy ewentualne skoki w bok suczki, która urwała się podczas spaceru — pule genetyczne tych ras pozostają ściśle odseparowane.

Wróćmy teraz do metafory, którą posłużyłem się, wprowadzając pojęcie puli genetycznej. Jak już mówiłem, jeśli będziemy traktować hodowców jak rzeźbiarzy, to materią, którą kształtują, nie jest psie ciało (i upodobania), ale właśnie pula genetyczna. Może się oczywiście wydawać, że chodzi tu o ciało, kiedy na przykład słyszymy o planach wyhodowania bokserów o jeszcze krótszym pysku. I istotnie, końcowym efektem zabiegów mogą być psy o płaskim pysku, zupełnie tak, jakby ktoś (dłutem?) dobrał się do pysków ich rodziców. Lecz — o czym również już mówiłem i do czego jeszcze powrócimy - na typowego boksera należącego do określonej populacji można spojrzeć jako na „próbkę” puli genetycznej dla pewnego momentu. I to właśnie ta pula podlega kształtowaniu (struganiu i rzeźbieniu) przez lata hodowli. Geny dłuższego pyska są odłupywane od puli genetycznej i zastępowane przez geny krótkiego pyska. Tak działo się z wszystkimi hodowlanymi rasami: od jamnika po dalmatyńczyka, od boksera po charta rosyjskiego, od pudła po pekińczyka i od doga niemieckiego po chihuahua. Ale to nie psie ciała i organizmy były modelowane, rzeźbione, zgniatane i rozciągane — to zmieniała się pula genów.

Oczywiście „rzeźbienie” by nie wystarczyło. Wiele psich ras powstało jako hybrydy ras wcześniej istniejących i to czasem całkiem niedawno (sporo ma dziewiętnastowieczny rodowód). Taka hybrydyzacja to rzecz jasna świadome pogwałcenie reguł rozdziału obowiązujących na wirtualnych wyspach, ale w

*Odmiana charta, gdyby ktoś nie wiedział (ja nie wiedziałem) (przyp. tłum.).

niektórych przypadkach schemat międzyrasowej krzyżówki zaplanowany był tak precyzyjnie, że hodowcy wręcz by się obrazili, gdyby ktokolwiek odważył się określić efekt ich wysiłków jako kundla czy mieszańca (jak z wdziękiem określił niedawno sam siebie prezydent Obama). Labradoodle* to hybryda pudła i labradora retrievera, rezultat bardzo wyrafinowanych starań australijskich kynologów i hodowców o dobranie najlepszych cech obu ras. Mimo że rasa nie jest oficjalnie uznana, miłośnicy labradoodli już założyli własne stowarzyszenia i związki, tak samo jak właściciele rasowych psów. I już wyłoniły się w tym środowisku dwie szkoły — mamy więc zwolenników „mieszania” i zwolenników hodowli hybrydy. Ci pierwsi uznają za sukces, jeśli uda im się doprowadzić do rozmnożenia kolejnego pudła (pudlicy) i labradora (labradorczycy), drudzy natomiast próbują zainicjować powstanie nowej puli genetycznej, krzyżując istniejące labradoodle. Gdy piszę te słowa, dochodzi właśnie do rekombinacji genów już drugiego pokolenia tej hybrydy i, jak się okazuje, efektem jest znacznie większe zróżnicowanie, niż można by oczekiwać po psach „czystej” rasy. Rasy zwykle tak właśnie zaczynają i etap bardzo silnego zróżnicowania na początku jest zupełnie naturalny. Dopiero później, po pokoleniach starannej hodowli, wszelkie odmienności zostaną „wygładzone”.

Zdarza się też, że nowa rasa psów powstaje za sprawą pojedynczej, dużej mutacji. Mutacje to losowe zmiany w genach, które tworzą „surowiec” dla ewolucji poprzez nielosowy dobór. W naturze takie duże mutacje zdarzają się dość rzadko, ale genetycy chętnie zajmują się nimi w swoich laboratoriach, bo dość łatwo je badać. Na przykład wszystkie rasy psów o wyjątkowo krótkich nogach, jak basety i jamniki, posiadają tę cechę wskutek jednej genetycznej mutacji znanej jako achondroplazja. To zresztą dość klasyczny przykład mutacji, która w warunkach naturalnych raczej nie miałaby szans na przetrwanie — mutacja o podobnym charakterze odpowiada za najpowszechniejszą postać karłowatości u ludzi: korpus jest z grubsza normalnej wielkości, ale kończyny znacznie krótsze. Inne genetyczne szlaki prowadzą do miniaturowych ras, które jednak zachowują prawidłowe proporcje ciała. Hodowcy potrafią też osiągać zmiany psiego kształtu i wielkości poprzez kombinację kilku mutacji dużych (takich jak achondroplazja) i kilku mniej rozległych. I wcale nie trzeba do tego znać zasad genetyki — nie mając o nauce zielonego pojęcia, możesz wyhodować niemal dowolną cechę, bylebyś skutecznie pilnował, kto i z kim się parzy. Tak właśnie od wieków czynili nie tylko hodowcy psów, ale i wszystkich innych zwierząt i roślin — łatwo dostrzec, jak wiele osiągnęli, nie dysponując żadną wiedzą z zakresu genetyki. A ten fakt wiele mówi również o doborze naturalnym. W końcu przyroda, co oczywiste, nie ma wiedzy i świadomości niczego, co istnieje.

Amerykański zoolog Raymond Coppinger zauważył kiedyś, że szczeniaki różnych ras są do siebie znacznie bardziej podobne niż dorosłe psy. Jak to wyjaśnić? Otóż szczeniaki mogą sobie pozwolić na to, by się nie różnić, bo ich głównym zajęciem jest ssanie,** a to wymaga od wszystkich ras tego samego.

* Sąsiedztwo prezydenta Obamy i labradoodla jest nieprzypadkowe. Pies tej rasy jest od roku 2009 lokatorem Białego Domu (przyp. tłum.).

W szczególności, żeby poradzić sobie ze ssaniem, szczeniak nie może mieć pyska długiego jak chart rosyjski albo retriever i dlatego właśnie psie malce niezależnie od rasy wyglądają zwykle jak mopsy. Albo też, jeśli ktoś woli, dorosły mops to pies, któremu nie rozwinął się prawidłowy pysk — u większości ras małym, gdy już zostaną odstawione od piersi, pysk się wydłuża. U mopsów, buldogów i pekińczyków nie; inne części ciała rosną normalnie, ale pysk zachowuje „niemowlęce” proporcje. W naukowym żargonie takie zjawisko nazywamy neotenią — spotkamy się znowu z tym terminem w Rozdziale VII, kiedy przejdziemy do ewolucji człowieka.

Jeśli wszystkie części ciała zwierzęcia w okresie dojrzewania rosną proporcjonalnie, tak że dorosły osobnik staje się niejako powiększoną repliką młodego, wówczas mówimy o wzroście izometrycznym; to dość rzadki przypadek. Przy wzroście allometrycznym te proporcje ulegają zmianie. Stosunkowo często (zjawisko to zbadał sir Julian Huxley w latach 30. XX wieku) różne tempo wzrostu różnych części ciała można opisać za pomocą dość prostych matematycznych wzorów. Rasy psów tak bardzo różnią się kształtem ciała za sprawą pewnych genów, które zmieniają właśnie relacje allometryczne. Na przykład niemal churchillowski, skrzywiony wyraz pyska buldoga to konsekwencja genetycznego mechanizmu, który spowalnia rozwój kości nozdrzy, czego efektem jest z kolei nie tylko słabszy rozwój tego obszaru, ale również szybszy wzrost sąsiednich kości, a w zasadzie całej okolicznej tkanki. Efektem ubocznym jest też bardzo nietypowe (i dość przy tym niezgrabne) ułożenie podniebienia i dlatego właśnie buldogi mają zwykle wystające na zewnątrz zęby i bez przerwy się ślinią. Rasa ta ma też trudności z oddychaniem (podobnie jak pekińczyki), a problemy zaczynają się już przed porodem — z powodu relatywnie wielkiej głowy, większość buldogów, jakie spotykamy, musiała rodzić się przez cesarskie cięcie.

Charty to pod pewnymi względami przeciwieństwo buldogów — mają wyjątkowo długie pyski. Taka anatomia rozwija się już w życiu płodowym, co sprawia, iż szczeniaki tej rasy gorzej radzą sobie ze ssaniem. Zdaniem Coppingera u chartów rosyjskich hodowcy osiągnęli już maksimum długości pyska. Dalsze starania w tym kierunku mogłyby doprowadzić do tego, że szczeniaki w ogóle nie byłyby zdolne do ssania.

Czego możemy się nauczyć z historii udomowienia psa? Otóż po pierwsze mamy dziś wielką różnorodność psich ras: od yorka i doga niemieckiego, przez teriera szkockiego i airedale-teriera, ridgebacka i jamnika, aż po whippet i bernardyny. Gołym okiem widać zatem, jak łatwo za pomocą doboru nienaturalnego — czyli najrozmaitszych technik pozwalających „rzeźbić i strugać” pulę genetyczną —

** Richard Dawkins bardzo lubi udzielać swoim anglojęzycznym czytelnikom porad językowych, a jako członek angielskiego Pen Clubu i laureat poważnych nagród literackich ma do tego pełne prawo. W tym akurat przypadku zwraca uwagę na dość powszechne mylenie dwóch czasowników — „suck” (ssać) i „suckle” (karmić piersią). Błąd to na tyle powszechny, że niektóre słowniki dopuszczają już nawet użycie zamienne (przyp. tłum.). Oryginalny przypis zamieszczony w tym miejscu brzmi: „Not suckle: mothers suckle, babies suck”.

osiągnąć i utrwalić nawet olbrzymie zmiany budowy ciała i zachowania. Co więcej, okazuje się, że bierze w tym udział zaskakująco mała liczba genów, tymczasem zmiany są tak istotne (a różnice między rasami wręcz szokujące), że ktoś mógłby sądzić, że trzeba by na to milionów lat ewolucji. A wystarczy, jak widzimy, kilka stuleci. Jeśli jednak do tak wielkich ewolucyjnych zmian można doprowadzić w parę wieków, to - pomyślmy tylko — co da się zrobić przez setki milionów lat!

Kiedy przyglądamy się opisywanemu procesowi w perspektywie stuleci, widać, jak trafna jest metafora hodowców kształtujących psie ciała niczym modelinę, ugniatających je i rozciągających, tak by (zwykle przynajmniej) osiągnąć pożądany kształt. Oczywiście, jak mówiłem już wielokrotnie wcześniej, owemu „zagniataniu” podlega nie psie ciało, a pula genetyczna. Poza tym chyba jednak „rzeźbienie” bardziej w tym momencie pasuje niż „ugniatanie”. Niektórzy rzeźbiarze istotnie pracują tak, że biorą bryłę gliny i nadają jej pożądany kształt. Inni, pracując nad kamieniem lub drewnem, tworzą rzeźbę, starannie odejmując kawałki materiału za pomocą dłuta. Rzecz jasna miłośnicy psów nie nadają swym ulubieńcom kształtu, ucinając zbędne kawałki ciała, ale jeśli patrzymy na całą kwestię z perspektywy puli genetycznej, to właśnie „odejmowanie” jest tym, co czynią hodowcy. Oczywiście nie jest to zwykłe „odcinanie”, to coś o wiele bardziej złożonego. W końcu Michał Anioł też tylko wziął bryłę marmuru i odłupał od niej zbędne kawałki, by w końcu ukazać skrytego w jej wnętrzu Dawida. Nic do pierwotnej bryły nie zostało dodane. Natomiast pula genetyczna nieustannie jest uzupełniana, choćby za sprawą mutacji, a równocześnie śmierć (nielosowo) odejmuje z niej pewne składniki. W tym właśnie momencie nasza metafora rzeźbienia przestaje być użyteczna. Dlaczego nie należy się jej zbyt uporczywie trzymać, przekonamy się w Rozdziale VIII.

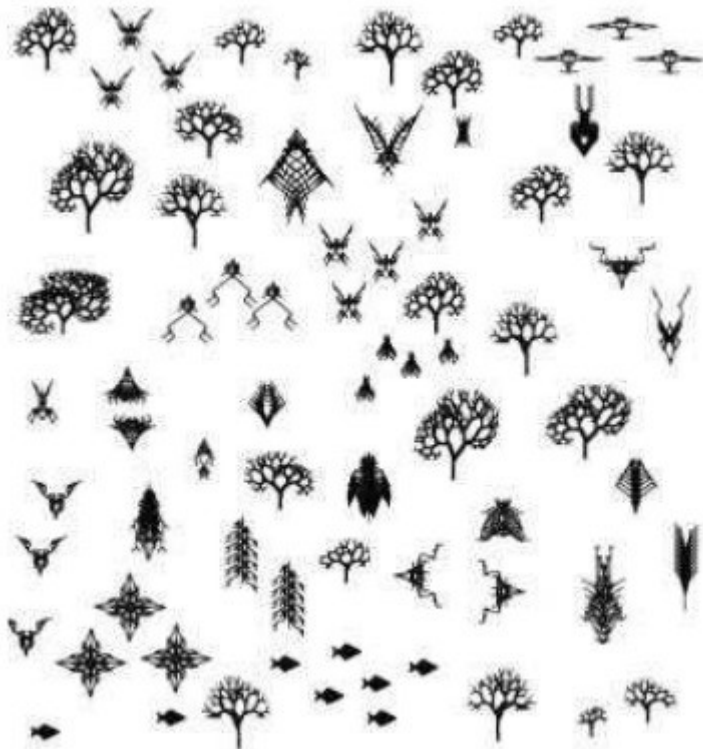
Idea „rzeźbienia” przychodzi też do głowy, gdy przyglądamy się kulturystom (płci obojga), którzy na rozmaitych pokazach „body building” demonstrują wspaniale rozwinięte mięśnie, a także ich zwierzęcym odpowiednikom (efekty można obejrzeć na stronie 2 kolorowej wkładki). Jednym z nich jest rasa bydła znana jako Belgian Blue (błękitna belgijska). To istna chodząca fabryka wołowiny, a wszystko za sprawą jednej genetycznej mutacji znanej jako „podwójne umięśnienie”. Substancją odpowiedzialną w organizmie za ograniczenie rozwoju mięśni jest miostatyna. Jeżeli wyłączymy gen odpowiedzialny za jej produkcję, mięśnie zaczynają przyrastać znacznie intensywniej. Często dzieje się tak, że określony gen może zmutować na kilka sposobów, i tak też jest w przypadku genu odpowiedzialnego za wytwarzanie miostatyny — można go unieczynnić na różne sposoby, a efekt będzie ten sam. Podobny zabieg zastosowano zresztą również u świń i tak powstała rasa znana jako Black Exotic, mutacja ta występuje zresztą u psów niektórych ras. Kulturyści starają się osiągnąć analogiczny efekt za pomocą intensywnych ćwiczeń, ale często i steroidów anabolicznych — w pewnym sensie tę „środowiskową” manipulację można by uznać za odpowiednik genetycznych zmian u wybranych ras bydła czy nierogacizny. W każdym razie rezultat końcowy jest identyczny, a o to właśnie mi chodziło — chciałem pokazać, że zmiany genetyczne i środowiskowe mogą prowadzić do podobnych efektów. Jeśli ktoś chciałby przygotować ludzkie dziecko

do wygrywania konkursów kulturystycznych, a miałyby na to kilka wieków, mógłby zacząć od manipulacji genami, co pozwoliłoby stworzyć dziwoląga takiego jak byk rasy błękitna belgijska. Wśród ludzi też występują przypadki delecji genu miostatyny i tacy osobnicy są zwykle nienormalnie umięśnieni. Można zatem zacząć z dzieckiem-mutantem i jeśli jeszcze namówimy je na siłownię (do czego pewnie nawet pochlebstwami nie skłonilibyśmy świni albo krowy), rezultat będzie zapewne bardziej groteskowy niż Mister (albo Miss) Universum.

Przeciwnicy eugenicznej hodowli ludzi często pocieszają się argumentem, iż czegoś takiego nie da się zrobić. To nie tylko niemoralne — można usłyszeć — ale i niewykonalne! Argument kompletnie fałszywy. To, że coś jest sprzeczne z moralnością i niepożądane z politycznego i społecznego punktu widzenia, nie oznacza, niestety, że nie da się tego zrobić. Nie mam najmniejszych wątpliwości, że gdyby ktokolwiek dysponujący odpowiednią wiedzą oraz czasem i władzą poważnie się do tego zabrał, mógłby wyhodować rasę superkulturystów, świetnych skoczków wzwyż, golfistów, poławiaczy pereł, zawodników sumo, szybkobiegaczy, a może nawet (tu już nie dałbym głowy, brak bowiem precedensów w świecie zwierząt) muzyków, poetów, matematyków czy kiperów. Dlaczego uważam, że taka selektywna hodowla byłaby możliwa? Otóż kwalifikacje niezbędnego wspaniałemu atlecie niewiele w sumie różnią się od tego, co udało się — dowodów wokół mnóstwo — stworzyć w hodowlach koni wyścigowych i pociągowych czy choćby u chartów. A dlaczego z kolei sędzę, że również zdolności umysłowe (czy inne, czysto ludzkie przymioty) również dałoby się w ten sposób hodować (co oczywiście nie oznacza, że uważam tę ideę za moralną, a cały pomysł za akceptowalny i społecznie pożądany)? Tu również wyjaśnienie jest proste — w przypadku zwierząt jedynie w bardzo nielicznych przypadkach hodowla nie doprowadziła do oczekiwanych rezultatów, nawet gdy przedmiotem selekcji były umiejętności, o które trudno byłoby te zwierzęta w stanie naturalnym posądzać. Kto mógłby się niegdyś spodziewać, że będziemy mieli kiedyś psy pasterskie, albo psy hodowane specjalnie do udziału w walkach byków?

Chcesz mieć wysokomleczne krowy, z których każda daje kilkukrotnie więcej mleka niż potrzeba jej dziecku? Żaden problem — selektywna hodowla załatwi to dla ciebie. Krowy można zmodyfikować tak, by urosły im olbrzymie (aczkolwiek niezbyt zgrabne) wymiona, które będą produkować mleko o wiele dłużej niż przez okres karmienia. Co prawda koni nikt jeszcze nie spróbował zmodyfikować w ten sposób, ale gotów jestem iść o zakład, że to wykonalne. I oczywiście podobnie jest w przypadku ludzi, gdyby komuś przyszło do głowy spróbować. Spójrzmy zresztą, jak wiele kobiet, które uwierzyły, że dopiero piersi jak melony podobają się facetom, płaci koszmarnie pieniądze chirurgom plastycznym za wszczepienie silikonowych implantów (osiągając efekt — moim przynajmniej zdaniem — raczej mało apetyczny). Czy ktoś jednak może wątpić, że jeśli tylko popracujemy przez wystarczającą liczbę pokoleń, analogiczną deformację da się osiągnąć wyłącznie za pomocą selektywnej hodowli, jak u fryzyjskiego bydła?

Mniej więcej dwadzieścia pięć lat temu zaprojektowałem komputerową symulację, za pomocą której chciałem pokazać moc doboru sztucznego. Była to swego rodzaju gra, taki nowy odpowiednik hodowli róż albo psich medalistów. Na początku na monitorze ukazywało się dziewięć kształtów „biomorf”, w środku „rodzic”, otoczony przez osiem „biomorf”. Kształt każdej z prezentowanych figur konstruowany był z co najwyżej kilkunastu zmiennych, jakby „genów” które później rodzice przekazywali swoim potomkom, z tym, że po drodze mogły zdarzać się niewielkie „mutacje”, czyli drobna zmiana — w górę lub w dół — numerycznej wartości rodzicielskiego genu. Oczywiście wszystkie kształty (i przypisane im wartości liczbowe, czyli „geny”) były unikatowe. Gracz zasiadający przez ekranem widział rzecz jasna kształty, a nie liczby (geny), i najpierw musiał wybrać ten, od którego chciał rozpocząć hodowlę. Pozostałe osiem wtedy zniknęło, wybrany kształt przemieszczał się na środek i „płodził” ośmioro nowych zmutowanych „dzieci”. Cykl można było powtarzać tyle razy, ile ktoś miał ochotę, a w tym czasie, w miarę upływu pokoleń, stopniowo „ewoluowały” przedziwne kształty na monitorze. Jednak geny były przez cały czas przekazywane kolejnym generacjom, tak że gracz, wybierając najbardziej mu odpowiadający bioform, chcąc, nie chcąc, wybierał też geny. I tak samo dzieje się, gdy hodowca dobiera różę (czy psa), która ma zainaugurować hodowlę.



Bioformy z programu "Ślepy zegarmistrz"

Ale może wystarczy już o genetyce. Gra staje się naprawdę interesująca, kiedy zaczynamy zajmować się „embriologią” — przez embriologię rozumiem tu proces, w którym geny (czyli wartości liczbowe) wpływają na kształt widoczny na ekranie. Można sobie wyobrazić wiele bardzo różnych embriologii i sam starałem się wypróbować ich całkiem sporo. Mój pierwszy program nazywał się „Ślepy

zegarmistrz" i bazował na „embriologii drzewa”: najpierw mamy główny „pień”, który wypuszcza dwie „gałęzie”, potem każda z nich wypuszcza dwie kolejne i tak dalej. Liczba gałęzi, kąt nachylenia i długość — to wszystko kontrolowane jest na poziomie „genetycznym”, bo przez numeryczną wartość genu. Co ważne zaś, takie rozgałęziające się drzewo embriologiczne jest strukturą rekursywną. Później jeszcze szerzej wyjaśnię znaczenie tego pojęcia, na razie niech nam wystarczy, iż pojedyncza mutacja zwykle ma wpływ na całe drzewo, nie tylko na jeden z jego fragmentów.

Jakkolwiek mój „Ślepy zegarmistrz” zaczynał od zwykłego drzewka, bardzo szybko stawał się prawdziwym parkiem cudów, zasiedlonym przez liczne stwory, (niektóre niezwykle) wręcz piękności, inne zaś — to już zależało tylko od inwencji gracza, z czasem coraz bardziej upodabniające się do doskonale znanych, realnych stworzeń, takich jak muchy, pająki i rozgwiazdy. Powyższa ilustracja przedstawia menażerie tylko jeden gracza który ją stworzył, wędrując po odległych zakątkach komputerowej krainy. W późniejszych wersjach programu rozszerzyłem embriologię, tak że geny kontrolowały również kolor i kształty „gałęzi” mojego ewolucyjnego drzewka.

Później, razem z Tedem Kaehlerem, wówczas pracującym w Aple Computer Company, napisałem nową wersję programu doboru sztucznego, którą nazwaliśmy „Artromorfia”, razem „embriologia” programu obejmowała kilka istniejących biologicznych właściwości, specjalnie zaprojektowanych tak, by efektem hodowli były „pająki”, „insekty”, oraz byty przypominające stawonogi. Wszystkie artmorfy, biomorfy i nawet „konchomorfy” (komputerowe mięczaki). Biomorfy, mify czy konchomorfy to tylko skromna symulacja możliwości, choć z drugiej strony wszelkie osiągnięcia są tylko ilustracją zasady, na jakiej działa dobór naturalny. Tym właśnie zajmiemy się w następnym rozdziale.



Konchomorfy — muszle wygenerowane przez program komputerowy symulujący dobór sztuczny.

Darwin z własnego doświadczenia znał tę potęgę i doboru sztucznego i oddał jej należny hołd w pierwszym rozdziale "O powstawaniu gatunków". Zapewne chciał też w ten sposób oswoić czytelników i przygotować ich na spotkanie z, genialnym odkryciem — doborem naturalnym. Bowiem hodowcy-ludzie potrafią przerobić wilka na pekinczka, a kapustę na kalafior, i to wszystko w ciągu paru stuleci czy tysiącleci, cóż może stać się za sprawą nieprzypadkowe przetrwania „najlepiej dostosowanych” zwierząt czy roślin, jeśli zasada ta działa miliony lat? To właśnie postaram się wyjaśnić w następnym rozdziale, ale skorzystam z Darwinowej strategii osvajania czytelnika, by łatwiej móc przejść potem do doboru naturalnego.

ROZDZIAŁ III
SZALONA PODRÓŻ DO
MAKROEWOLUCJI I
UROKI ŻYCIA

W poprzednim rozdziale przekonaliśmy się, że człowiek, wyposażony praktycznie wyłącznie we własne oko, zdołał przez pokolenia selektywnej hodowli wyrzeźbić i ukształtować ciała i uzyskać zadziwiającą różnorodność kształtów, wielkości i wzorców zachowań. No dobrze — świetnie radzimy sobie z dokonywaniem wyborów rozumowanym planowaniem. Czy inne zwierzęta potrafią robić to samo, co ludzie, może niekoniecznie podobnymi skutkami? Otóż tak i ich przykład posłuży mi do dalszego osvajania czytelnika z trudnym wyzwaniem. Ten rozdział, taka jest przynajmniej moja intencja, ma służyć powolnemu uwodzeniu, chęć przeprowadzić swoich czytelników ze swojskich psych ras i sztucznego doboru na niezmiernie możliwości jakie ukazał nam Darwin poprzez odkrycie doboru naturalnego. Pierwszy etap tej podróży (a w pewien sposób jest to szalona pogoń za urokami życia) wiedzie nas w lodowy świat kwiatów.

Dzika róża to całkiem miły kwiatek, nawet dość ładny, ale nikt nie rozplęwałby się nad jej urodą tak, jak nad odmianami „Peace”, „Lovely Lady” czy „Ofelia”. Dzika róża ma miły, delikatny zapach, ale dalece trudno nazwać go olśniewającym, a tak zdaniem wielu pachną „Memorial Day” oraz „Elizabeth Harkness” albo „Fragrant Cloud”. Ludzkie i ludzki nos — od stuleci pracowały nad dziką różą, powiększały, zmieniały kształty, zwielokrotniały liczbę płatkówy ich barwę i odcień, modyfikowały przebieg kwitnienia, wzmacniały naturalny aromat i modelowały go, ingerowały w vegetację, nieraz wykorzystując w tym celu bardzo wyrafinowane techniki hybrydacji. W efekcie dziś, po dekadach tak intensywnej selektywnej hodowli, mamy setki (nagradzanych) odmian róż, każda nazwana odmiennym imieniem; niektóre mają działać na wyobraźnię, inne upamiętniać jakąś ważną lub bliską „odkrywcy” postać (w końcu jakaż kobieta nie chciałaby, i jej imię nadano róży).

TO OWADY ROZPOCZĘŁY UDOMAWIANIE

Róże snują w pewnym sensie tę samą opowieść, co psy, z tą może różnicą, bardzo jednak istotną w naszej podróży, że kwiat róży, a działa się to na długo przed tym, nim ludzkie oczy i nosy rozpoczęły swoją pracę genetycznego rzeźbienia, kwiat zawdzięczał swe istnienie trwającym miliony lat analogicznym zabiegom, tyle że „rzeźbiarzami” w tych odległych czasach byli nie ludzie, a owady, i to ich oczy i nosy (a raczej czułki, bo one są narządem węchu u owadów) kierowały tym powolnym procesem. Nie tylko zresztą w przypadku róż, ale wszystkich kwiatów, które dziś upiększają nasze ogrody.

Słonecznik zwyczajny (*Helianthus annuus*) to roślina pochodząca z Ameryki Północnej. Dzikie słoneczniki wyglądają jak coś pomiędzy astrem a dużą stokrotką. Współczesne hodowane słoneczniki w efekcie udomowienia mają kwiat o średnicy sporego talerza*. Wyhodowane w Rosji słoneczniki mamucie osiągają wysokość do pięciu metrów, a ich kwiat ma ponad trzydzieści centymetrów średnicy. To nawet dziesięć razy więcej niż u dziko rosnącego słonecznika, ale i tak słoneczniki mamucie mają tylko jeden koszyczek, a nie kilkadziesiąt. Co ciekawe,

Rosjanie rozpoczęli hodowlę tej północnoamerykańskiej rośliny z powodów religijnych. Kościół Prawosławny zabronił używania oleju do smażenia podczas wielkiego postu i w adwencie, natomiast — z powodów, które dla osoby niewprawionej w zgłębianiu nakazów teologicznych, są dość trudne do pojęcia — oleju słonecznikowego ten zakaz nie obejmuje**. W każdym razie istniały też, inne ekonomiczne powody skłaniające ludzi do hodowli słoneczników. Zresztą już na długo przed czasami nowożytnemu mieszkańcy Ameryki uprawiali te jadalne rośliny i pozyskiwali z nich pokarm oraz barwniki, ale też w celach dekoracyjnych i już w tych zamierzonych czasach udało im się osiągnąć rezultat pośredni między niewielką rośliną, a dość ekstrawaganckimi wytworami hodowców.

Wcześniej jednak słonecznik, tak jak wszystkie inne kwiaty, był obiektem „hodowlanych” zabiegów owadów i to im właśnie zawdzięcza swe istnienie. Jak już wspomniałem, powyższe spostrzeżenie dotyczy większości kwiatów jakie znamy; prawdopodobnie wszystkich, których płatki były po prostu nie były zielone, a zapach różni się nieco od zwykłej trawy. Oczywiście nie całą robotę wykonały owady — w niektórych przypadkach zadanie zmiany kwiatów wzięły na siebie inne zwierzęta na przykład kolibry, nietoperze, a nawet żaby. Niemniej mechanizm był ten sam. Rośliny ogrodowe, które poddajemy dalszej „obróbce”, przyciągnęły naszą uwagę nie w dzikiej postaci, bo wcześniej już pracowały nad nimi zwierzęta, a także inne czynniki selekcyjne. Generacje przodków kwiatów niegdyś zostały wybrane przez pokolenia współczesnych owadów (bądź ptaków lub innych naturalnych „zapyłaczy”). Trudno tego, co z nimi się zrobiły, nie uznać za świetną ilustrację doboru sztucznego, z tą małą istotną w sumie — różnicą, że funkcję hodowców pełnili nie ludzie, a owady i kolibry. Jeśli sądzisz, że to różnica i istotna tylko w moim mniemaniu, tym bardziej czytaj dalej. Rozważmy najpierw, co może skłaniać do myślenia, iż różnica jednak jest poważna. No, cóż — na przykład to człowiek świadomie decyduje się na wyhodowanie, dajmy na to, najciemniejszej róży o najgłębszej purpurze płatków. Kierują nim względy estetyczne (albo przekonanie, że za taki kwiat dostanie spore pieniądze). Owady tymczasem nie kierują się raczej pięknem kwiecica, a... No właśnie, pora, by przyjrzeć się bliżej samym roślinom i ich relacją z zapyłaczami, od tego bowiem trzeba zacząć. Przede wszystkim (z powodów, w które w tym momencie nie będę się wymieniał) podstawową zasadą rozmnażania płciowego jest to, że nikt nie zapładnia sam siebie, (jeśli jakaś roślina tak robi, nie musi już przejmować się rozmnażaniem płciowym), a skoro tak, to

* Jak u wszystkich roślin z rodziny astrowatych każdy „kwiat” składa się w większości z mnóstwa małych kwiatków, „upakowanych” razem w tzw. koszyczek, z dyskiem w środku. Żółte płatki okalające koszyczek słonecznika to korony kwiatów rosnących przy krawędzi. Pozostałe kwiaty też mają płatki, tyle że zbyt małe, byśmy mogli je dostrzec.

** Możliwe, że dlatego, iż słonecznik — to w końcu roślina północnoamerykańska i wprost nie wymieniona w Biblii. Teologiczne umysły lubują się w zgłębiać różne pokarmowe zakazy, a następnie w wynajdywaniu furtek, by je omijać. Na przykład w Ameryce Południowej kapibara (taki wielki gryzoń) została uznana za „honorową” rybę, zapewne dlatego, że jest stworzeniem żyjącym w pobliżu wody, pobożny katolik bez obaw może spożywać kapibarę w piątek. Tak samo średniowieczny Kościół uznał za rybę... bobra.

pyłek trzeba jakoś przetransportować z jednej rośliny na drugą.

Rośliny hermafrodytyczne, czyli takie które mają w jednym kwiecie narządy i męskie, i żeńskie, często uciekają się do bardzo wyrafinowanych sztuczek, mających uniemożliwić swojej męskiej połowie zapłodnienie części żeńskiej. Sam Darwin zresztą sporo pisał, jak pomysłowo radziły sobie z tym problemem pierwiosniki.

Jeżeli już przyjmiemy, że zapłodnienie krzyżowe jest potrzebne, to oczywiście pojawia się pytanie, jak rośliny sprawiają, by pyłek pokonał fizyczną przestrzeń oddzielającą zwykle od siebie dwa kwiaty tego samego gatunku. Najprostsze się rozwiązanie, to skorzystać z pomocy wiatru, i wiele roślin tak właśnie sobie radzi. W końcu pyłek kwiatowy jest bardzo drobny i lekki. Jeśli uwolnić go trochę w wietrzny dzień, spora szansa, że jedno czy dwa ziarenka będą miały 'dość szczęścia i trafią tam, gdzie trzeba, czyli do innego przedstawiciela właściwego gatunku. Niestety — to rozwiązanie łączy się z okropnym marnotrawstwem. Trzeba produkować bardzo dużo pyłku (jeśli ktoś ma katar sienny wie, o czym mówię), a to oznacza wydatkowanie energii i cennych surowców. Na szczęście są jednak inne bezpośrednie metody dostarczania pyłku.

I tu można zadać kolejne pytanie, czemu rośliny nie zdecydowały się wybrać rozmnażania na modłę zwierząt? Wbrew pozorom to wcale nie jest głupie pytanie, a narzucająca się odpowiedź (na której niestety jestem zmuszony poprzestać), że rośliny nie chodzą, a zwierzęta tak. W każdym razie zwierzęta nie dość, że chodzą, (a niektóre przynajmniej) latają, a do tego wyposażone są w układ nerwowy, który umożliwia im kierowanie się ku konkretnym celom, na przykład roślinom o określonym zapachu i barwie. Gdyby tylko jeszcze udało się przekonać ochotnika, żeby posypał się pyłkiem, a potem przeniósł (lub jeszcze lepiej przeleciał) do innej rośliny tego samego gatunku.

Cóż, odpowiedź nie jest tajemnicą, jak do tego doszło, to pod pewnymi względami bardzo złożona, a pod każdym względem fascynująca historia. Taka mnogość kwiatów stosuje normalne przekupstwo, zwabiając nektarem. (Można zresztą nazwać to również przysługą za przysługę). Nektar kwiatowy słodki jak syrop jest produkowany przez rośliny specjalnie i tylko by płacić (karmiąc) pszczołom, motylom, kolibrom, i każdemu, kto zostaje wynajęty jako transport. Nektar jest bardzo kosztowny w produkcji, jego wytworzenie bowiem pożera mnóstwo energii schwytej przez baterie słoneczne, czyli liście. Dla pszczoł czy motyli nektar kwiatowy stanowi odpowiednik paliwa lotniczego. W każdym razie energia zużyta przez roślinę do produkcji tworzących nektar czułki mogłaby zostać wykorzystana w zupełnie inny sposób, na przykład do wzmocnienia systemu korzeniowego albo pełnienia podziemnych magazynów (które my nazywamy bulwami lub cebulkami), bądź wreszcie do wyprodukowania większej liczby ziaren pyłku, które następnie można puścić z wiatrem. Jak widać jednak, wielu gatunkom roślin bardziej opłaca się płacić owadom lub ptakom za wykorzystanie skrzydeł i zaopatrywać je w paliwo. Przewaga, jaką daje ta forma rozmnażania się, najwyraźniej nie jest jednak wielka, skoro niektóre rośliny zdecydowały się pozostać przy wiatropylności. Widocznie w

ich szczególnej sytuacji jest to bardziej opłacalne. Cóż, każdy gatunek ma określoną „pule energetyczną”, a ta decyduje, co w danych okolicznościach jest lepsze. Na tym właśnie polega ekonomia. Tak przy okazji nauczyliśmy się właśnie czegoś ważnego o ewolucji — tego, że różne gatunki zachowują się na różne sposoby, a my często nie jesteśmy w stanie pojąć natury tych odmienności, póki nie przyjrzymy się jej w kontekście ekonomicznym.

Jeśli wiatropylność wyznacza jeden koniec kontinuum technik zapylania krzyżowego (może nazwijmy go „rozrzutnym”), to jak wygląda kraniec przeciwny („strzał w dziesiątkę”? Tylko na nielicznych owadach można polegać, że potrafią — niczym perfekcyjnie wystrzelony pocisk — z sporym ładunkiem pyłku polecieć wprost do innego przedstawiciela tego samego gatunku, którego nektaru właśnie skosztują. Inne owady skaczą sobie po prostu z kwiatka na kwiatek starczy, że kolor się z grubsza zgadza i wciąż głównie od szczęścia zależy, czy taki „transporter” wykona zadanie, za które już pobrał honorarium w postaci nektaru. Niewielu kwiatom udało się znaleźć bardzo blisko owego „drugiego” krańca. Blisko ideału są na przykład storczyki.

Nic dziwnego, że sam Darwin poświęcił im całą książkę. Nie tylko Darwin, ale i współodkrywca doboru naturalnego Wallace, zwrócił uwagę na zachwycający storczyk z Madagaskaru *Angraecum sesquipedale* (zdjęcie we wkładce, nr. 4-5) i obaj panowie wysnuli na jego temat pewne przewidywania, które później zostały potwierdzone, co uznać należy za wielki triumf nauki. Jak zmierzył Darwin, długość tych kwiatów sięga nawet trzydziestu centymetrów, (a spokrewnionego gatunku, *Angraecum longicalcar*, i dochodzi aż do czterdziestu centymetrów). Ta jedna cecha wystarczyła twórcy teorii ewolucji by przewidzieć, że skoro taka roślina istnieje, to musi istnieć „ćma o wystarczająco długiej trąbce, by mogła sięgnąć nią dziesięciu do dwunastu cali”, jak napisał w książce poświęconej storczykom, wydanej w roku 1862. Zaledwie pięć lat później Wallace zresztą nie jest jasne, czy czytał tę akurat pracę Darwina zbadał kilkanaście gatunków ciem z trąbką niemal tak długą.

Starannie pomierzyłem okaz południowoamerykańskiej ćmy *Macrosila cluentius* należący do kolekcji British Museum, i trąbka osobnika mierzy dziewięć i ćwierć cala. U przywiezionej z tropikalnej Afryki *Macrosila morgani* narząd ten ma siedem i pół cala. Trąbka dłuższa dwa, trzy cale więcej i tak wyposażony gatunek mógłby czerpać nektar z największych kwiatów *Angraecum sesquipedale*, którego nektarnik ma dziesięć do czternastu cali długości. Można z absolutną pewnością przewidzieć, że taki owad musi istnieć na Madagaskarze i każdy naturalista odwiedzający tę wyspę może przewidzieć to z taką samą pewnością, z jaką astronom wypatruje planety Neptun. I z taką samą szansą na sukces.

W 1903, już po śmierci Darwina (Wallace miał przed sobą wiele lat życia), została odkryta nieznana wcześniej ćma, idealnie spełniająca przewidywania Darwina. Owad uhonorowany nawet został podgatunkową nazwą *praedicta*, lecz

nawet *Xanthopan morgani praedicta* (znany też jako zawisak (zmrocznik) Darwina) nie był wystarczająco dobrze wyposażony, by poradzić sobie z *A. longicalcar*, którego budowa pozwala podejrzewać istnienie ćmy o jeszcze dłuższej trąbce. Tak przy okazji, ten skromny przykład stanowi świetny argument w sporze ze wszystkimi, którzy twierdzą, iż ewolucjonizm, jako że odwołuje się wyłącznie do zdarzeń minionych, nie potrafi formułować przewidywań. Czym bowiem innym niż właśnie trafnym przewidywaniem były zapowiedzi Darwina/Wallace'a? Ich wagi w niczym nie podważa fakt, że oczywiście *praedicta* musiała istnieć, nim oni o niej napisali. Obaj uczeni potrafili jednak przewidzieć, że kiedyś, w przyszłości, ktoś odkryje dla nauki ćmę z trąbką wystarczająco długą, by mogła sięgnąć do nektaru *A. sesquipedale*.

Owady dobrze widzą barwy, ale pasmo, w jakim widzą, przesunięte jest w stronę ultrafioletu. Tak jak my widzą żółty, zielony, niebieski i fioletowy, jednak widzą też ultrafiolet (i to w całkiem sporym zakresie), a za to nie widzą czerwieni na „naszym” krańcu widma. Jeśli w swoim ogródku masz jakiś czerwony kwiat z grupy zapylanych przez zwierzęta, z dość sporą — choć nie absolutną — pewnością możesz przyjąć, że zapylany jest nie przez owady, a przez ptaki, które świetnie sobie radzą z czerwonym krańcem widma; jeżeli to roślina Nowego Świata, pewnie będzie to koliber, po drugiej stronie Atlantyku któryś z rodziny nektarników. Kwiaty, które dla nas wyglądają na jednobarwne, w rzeczywistości mogą być wspaniale udekorowane plamkami i pasemkami, a wszystko to właśnie dla owadów, ponieważ my w ultrafiolecie jesteśmy kompletnie ślepi. Wiele kwiatów na przykład tworzy w ten sposób wymalowane w ultrafiolecie prawdziwe pasy startowe dla pszczoł. Ten widok nie jest jednak przeznaczony dla człowieka.

Wiesiołek dwuletni (*Oenothera biennis*) dla nas jest żółty, ale jeśli zrobimy fotografię tej rośliny w ultrafiolecie, zobaczymy wzór — sygnał skierowany nie do nas, a właśnie do pszczoł. Na ilustracji (wkładka, s. 5) jest on czerwony, ale wybór tego koloru to oczywiście czysto arbitralna decyzja grafika przetwarzającego zdjęcie, która nie ma żadnego związku z tym, jak go widzą owady. Nikt zresztą nie wie, jak wygląda ultrafiolet dla pszczoł (ani żółty, ani jakikolwiek inny kolor). Tak naprawdę nie mam zresztą również pojęcia, jak czerwień może wyglądać dla ciebie — to stary filozoficzny problem.

Pełna kwieciana łąka to w świecie przyrody odpowiednik centrum współczesnego miasta. Wszędzie pełno neonów i billboardów i cała ta dekoracja powoli, ale stale się zmienia, w miarę jak nastaje sezon kwitnienia coraz to innych roślin, które — za sprawą sygnałów takich jak choćby zmieniająca się długość dnia — precyzyjnie synchronizują swój cykl wegetacyjny z innymi przedstawicielami własnego gatunku. I cała ta wielka kwiatowa „kampania promocyjna”, z zielenią łąk i lasów w tle, swoje kształty i barwy, wielkość, urok i szokującą nieraz ekstrawagancję zawdzięcza wyborom, jakich w przeszłości dokonywały zwierzęce oczy — oczy pszczoł, motyli, bzygów, choć nie tylko: w Nowym Świecie do tej listy trzeba dodać jeszcze kolibry, a w afrykańskich lasach nektarniki.

Przy okazji — te dwie rodziny ptaków, nektarniki (Nectariniidae) i kolibry (Trochilidae), wcale nie są ze sobą blisko spokrewnione, choć wyglądają bardzo podobnie i podobnie się zachowują. Przyczyną tej konwergencji jest zbliżony styl życia — świat jednych i drugich obraca się głównie wokół kwiatów, a raczej nektaru (choć owadami też nie pogardzają). To właśnie dlatego mają długie dzióbki i jeszcze dłuższe języczki. Chyba główną różnicą jest to, że nektarniki nieco gorzej radzą sobie z „akrobacjami lotniczymi” niż kolibry, które potrafią nawet latać do tyłu, zupełnie jak helikopter.

Inny przykład takiej konwergencji w świecie zwierząt (i to już z bardzo odległej jej gałęzi) to fruczak gołąbek, motyl z rodziny zawisakowatych (nazwa nieprzypadkowa, jak łatwo się domyślić), również wyposażony przez naturę w wyjątkowo długi „język”, czyli ssawkę (zdjęcie można znaleźć na stronach 4-5 wkładki). Do ewolucji konwergentnej jeszcze wrócimy, kiedy już fenomen doboru naturalnego stanie się lepiej zrozumiałą, na razie bowiem cała opowieść o kwiatach służy, jak pamiętamy, jedynie wprowadzeniu we wspólny świat ewolucji. Na ich przykładzie chcę w tej chwili tylko pokazać, jak zwierzęce (ptasie i owadzie) oczy przez kolejne generacje kolorowały i nadawały kształt kwiatom, malowały na nich skomplikowane wzory, budowały złożoną fakturę — czyż w pewnym przynajmniej sensie nie to samo my, ludzie, za pomocą naszych oczu robiliśmy z mieszkańcami naszych obojętów, ogrodów i domów: psami, krowami, kapustą i zbożem?

Jaki był mechanizm tej „zwierzęcej hodowli”? Pamiętajmy, że dla kwiatów przejście od wyjątkowo rozrzutnej strategii, jaką jest wiatropylność, do zapylania przez owady, to w kategoriach ekonomicznych znaczny postęp. Nawet jeśli jakaś (rozpusztła) pszczoła skacze sobie z kwiatka na kwiatek i nie może się zdecydować, czy wybrać jaskier, czy bławatek, a może mak polny lub ziele jaskółcze, to i tak przyczepiony do jej owłosionego odwłoka pyłek ma znacznie większą szansę trafić tam, gdzie powinien, czyli do innego przedstawiciela tego samego gatunku, niż gdyby był unoszony przez wiatr. A te szansę można jeszcze nieco podnieść, jeśli nasza pszczoła z jakichś względów preferuje określony kolor, na przykład niebieski, a nawet jeśli nie ma takowych preferencji, to przecież jakieś nawyki „kolorystyczne” w sobie wyrabia i może kierować się właśnie barwą, decydując, gdzie wylądować.

Oczywiście jeszcze lepiej, gdy owad odwiedza kwiaty tylko jednego gatunku. Taki stan, jak pamiętamy, udało się osiągnąć storczykowi z Madagaskaru, który zainspirował Darwina i Wallace'a, z którego nektar mogą podbierać tylko bardzo wyspecjalizowane owady-monopoliści. W ich przypadku rzeczywiście możemy mówić o „strzale w dziesiątkę”. Z punktu widzenia owada kwiaty, z których można czerpać nektar, to coś jak dla nas oswojona mleczna krowa, dla rośliny natomiast taki owad to (uczciwie opłacany) kurier — albo dobrze wyszkolony gołąb pocztowy, jeśli ktoś woli — który dostarczy przesyłkę (pyłek) tam, gdzie trzeba (do innego przedstawiciela tego samego gatunku). W pewnym sensie obie strony tej transakcji mogą twierdzić, że udomowiły tę drugą, poddając ją selektywnej hodowli, by jeszcze lepiej wykonywała swoje zadanie.

Zwróćmy uwagę, że hodowcy róż dążą do osiągnięcia bardzo zbliżonych efektów, może tylko nieco bardziej spektakularnych: owady hodują sobie kwiaty tak, by były jaskrawe i widoczne, ogrodnicy żądają jeszcze większej ostentacji; owady hodują róże silniej pachnące, hodowcy-ludzie też, tylko mają jeszcze wyższe wymagania. My tylko wykorzystujemy fakt, że — to czysty przypadek — zapach, który podoba się pszczołom i motylom, bywa atrakcyjny również dla ludzi. Zapach trójlista *Trillium erectum* (Anglicy nazywają go „cuchnącym Beniaminem”) albo *Amorphophallus titanum* (dziwidła olbrzymiego; „trupiego kwiatu” dla Anglików), które do zapylenia wykorzystują świerszcze oraz omarlicowate (do tej rodziny należy m.in. powszechny w Polsce żuk grabarz — przyp. tłum.), nas przyprawia o mdłości i nic dziwnego, bo bardzo przypomina odór zepsutego mięsa. W przypadku tych roślin (tak przynajmniej mi się wydaje) żaden hodowca-człowiek nie chciałby pracować nad wzmocnieniem naturalnego aromatu.

Oczywiście relacja owady-kwiaty nie jest jednostronna, co w kontekście naszych rozważań nabiera szczególnego znaczenia. Rzeczywiście pod wpływem owadziej „hodowli” kwiaty czasem pięknieją, ale nie dlatego, by ludzkie odczucie piękna jakkolwiek się dla owadów liczyło*. Po prostu niektóre rośliny odnoszą korzyść z tego, że w owadzych oczach uchodzą za bardziej atrakcyjne, a pszczoły czy motyle, wybierając te atrakcyjniejsze kwiaty, mimowolnie i nieświadomie „hodują” piękniejsze gatunki. W tym samym momencie kwiaty hodują sobie owady lepiej realizujące funkcję zapylaczy. Pisałem wcześniej, że owady hodują rośliny „wysokonektarowe”, niczym ranczer pracujący nad zwiększeniem mleczności stada. Różnica polega między innymi na tym, że kwiaty mają interes w tym, żeby starannie racjonować nektar — wszak najedzony owad nie ma żadnego powodu, by lecieć na poszukiwanie kolejnego posiłku (czyli następnego kwiatka), co oznacza, że kwiat — dawca nektaru, nie dostanie tego, czego potrzebuje, dopiero bowiem kolejna „wizyta” nadaje sens całej transakcji, jako że dopiero w takiej sytuacji może dojść do zapylenia. To oznacza, że kwiaty muszą zadbać o zachowanie delikatnej równowagi — za dużo nektaru i nici z zapylenia, za mało, a owad nie będzie miał powodu, by wrócić po kolejną porcję pyłku.

TO TY JESTEŚ MOIM DOBREM NATURALNYM

Z drugiej strony owady „doją” kwiaty i hodują je tak, by dawały jak najwięcej nektaru, co oczywiście spotyka się z ich strony z doskonale zrozumiałym oporem. Ciekawe, czy pszczelarze (albo wynajęci w tym celu ogrodnicy) starają się wyhodować kwiaty dające więcej nektaru, by tak jak farmerzy doczekać się swoich wysokomlecznych krasul? Nie wiem, ale nie mam najmniejszych wątpliwości, że analogia między ogrodnikami hodującymi coraz piękniejsze i silniej pachnące kwiaty, a motylami, pszczołami, kolibrami i nektarnikami jest jak najbardziej

* A przynajmniej nie mamy żadnego powodu, by posądzać owady o coś takiego, ani w ogóle o to, że zwracają uwagę na cokolwiek, co ma dla nas znaczenie. Do odwiecznej pokusy, by jednak myśleć w ten sposób o świecie zwierząt, wrócę jeszcze w Rozdziale XII.

trafna; w pewnym sensie robią oni to samo.

Czy znamy jeszcze inne przykłady selektywnej hodowli z innym niż człowiek aktorem w roli głównej? Oczywiście! Proszę przyjrzeć się (wkładka, strona 6) parze *Chrysolophys pictus*, gatunku szerzej znanego pod nazwą bażant złocisty. Trudno zaprzeczyć, że gdyby w całej tej zabawie chodziło wyłącznie o przetrwanie, to bażant-samiec zdecydowanie „wolałby” wyglądać jak kura, lub przynajmniej jak wyrosnięte pisklę, zarówno bowiem wygląd samic, jak i młodych, gwarantuje bardzo dobry kamuflaż, a przecież możliwość skrycia się przed drapieżnikiem jest dla ptaka bardzo ważna. Przynajmniej gdyby jego głównym celem było, jak powiedziałem, wyłącznie przetrwanie. Podobnie zresztą rzecz się ma i z innymi przedstawicielami tego rodzaju, bażantem diamentowym czy nawet znacznie powszechniej występującym bażantem obrożnym — upierzenie samców jest wręcz ekstrawaganckie (co może kusić drapieżnika), a przy tym gatunki bardzo różnią się od siebie, kury natomiast prezentują monotonną skromność i różnice między przedstawicielkami poszczególnych gatunków są minimalne. O co w tym wszystkim chodzi?

Można oczywiście odwołać się w tym miejscu do darwinowskiego doboru płciowego. Ja jednak chciałbym uwypuklić nieco inny aspekt, który bardziej chyba pasuje do mojej szalonej podróży. Czyż bowiem nie mamy w tym przypadku do czynienia z „selektywną hodowlą samców przez samice”? Jaskrawe upierzenie może i przyciąga uwagę drapieżnika, ale przyciąga też uwagę pani bażancicy! Pokolenia samic wybierały partnerów bardziej kolorowych i o wspanialszych piórach, a nie przygnębiająco burych, choć samce pewnie pozostałyby właśnie takie, gdyby nie hodowlane zabiegi ich partnerek. To samo uczyniły pawice z pawiami, samice rajskich ptaków z samcami swojego gatunku i niezliczone inne ptaki, ssaki, ryby, gady i owady. Tak dzieje się wszędzie tam, gdzie to samice wybierają między konkurującymi o ich względy samcami (znacznie częściej jest tak niż na odwrót, ale w tej chwili pozwolę sobie jeszcze nie wyjaśniać, dlaczego). Z drugiej strony, podobne jak ogrodnicy wobec kwiatów ogrodowych zabiegi stosowali hodowcy ptactwa, na przykład poddając „ręcznej obróbce” bażanta złocistego, w wyniku czego mamy dziś doprawdy imponujące rasy tego ptaka, choć ludzie raczej dobierali do chowu pasujące im mutacje niż cierpliwie czekali przez liczne pokolenia. W ten sam sposób ludzie wyhodowali też wiele ras gołębi (świetnie znał się na nich Darwin) i kur. Przodkiem kury domowej jest wywodzący się z Dalekiego Wschodu czerwono upierzony leśny ptak *Gallus gallus* (kur bankiwa). Ilustracja przedstawia go w otoczeniu niektórych udomowionych potomków.



Różne odmiany kur. Ilustracja zaczerpnięta z I wydania "Zmienność zwierząt i roślin w stanie kultury" Karola Darwina

Dotychczas mówiłem głównie o selektywnej hodowli za pomocą oczu, lecz inne zmysły poza wzrokiem też odegrały w tym procesie ważną rolę — dla miłośników kanarków na przykład liczy się nie tylko wygląd, ale i głos. Dziki kanarek to mały i niepozorny brązowożółty ptaszek z rodziny ziarnojadów. Cóż jednak zrobili hodowcy — z całej palety przypadkowych genetycznych wariantów wybrali jeden i uczynili to tak skutecznie, że dziś wszyscy wiemy, co to znaczy „kanarkowożółty”. (Tym razem to ptak otrzymał nazwę od wysp*, a nie odwrotnie, jak w przypadku Wysp Galapagos, których nazwa wywodzi się od hiszpańskiego słowa oznaczającego żółwia). Kanarki jednak znane są głównie ze swego śpiewu, a ten również został bardzo „podrasowany” i wzbogacony staraniem hodowców i stąd mamy dziś kilka najpopularniejszych odmian kanarków śpiewających, w tym rollera, który potrafi śpiewać z zamkniętym dziobem, malinois, którego trel brzmi ponoć jak płynąca woda, i timbradora o intrygującym metalicznym głosie, w którym, jak twierdzą znawcy, przebrzmiewają dźwięki kastanietów (skądinąd zupełnie zrozumiałe, uwzględnwszy hiszpańskie pochodzenie tej odmiany). „Pieśni” odmian hodowlanych są dłuższe, głośniejsze — i częściej wykonywane — niż ich dzikich przodków, niezależnie jednak od tego, o jak bardzo wyrafinowanym klatkowym

* Które z kolei nazwane tak zostały za sprawą „nieprzebranej liczby psów olbrzymich rozmiarów”, o czym wspomina Pliniusz Młodszy w swojej Historii naturalnej.

śpiewaku mówimy, jego śpiew i tak składa się z tych samych elementów, które występują również w naturze. Na identycznej zasadzie rozmaite triki i nawyki, które tak cenimy u naszych psów, wypracowane zostały przez hodowców na bazie elementów występujących już w repertuarze zachowań wilków. Wracając zaś do kanarków — i w tym wypadku ludzie bazowali na wcześniejszych hodowlanych wysiłkach ptasich samic, które (bez świadomej intencji, rzecz jasna) selekcjonowały swoich partnerów pod kątem ich wokalnych zdolności, wybierając te samce, których śpiew bardziej do nich przemawiał. W przypadku kanarków zresztą szczęśliwie składa się tak, że wiemy o nich dość sporo, jako że kanarki i indyjskie (niegdyś zwane gołębiami berberyjskimi) to ulubiony obiekt badań naukowców zajmujących się hormonami i zachowaniami reprodukcyjnymi. Stąd wiadomo, że u samic obu gatunków głos samca (również odtwarzany z taśmy magnetofonowej) powoduje powiększanie się jajników oraz wydzielanie hormonów, co przygotowuje je do uprawiania seksu. Można powiedzieć, że samce manipulują swoimi (potencjalnymi) partnerkami za pomocą śpiewu niemal tak, jakby podawały im zastrzyki hormonalne. Z drugiej jednak strony równie prawdziwe jest stwierdzenie, że to samiczki hodują sobie samców tak, by stawali się coraz wytrawniejszymi śpiewakami. To po prostu dwie strony tego samego medalu. (U ptaków sprawa jest trochę bardziej skomplikowana, śpiew samca bowiem działa nie tylko na samiczki, ale też odstrasza ewentualnych rywali; tym wątkiem jednak chwilowo nie będziemy się zajmować).

Wróćmy jednak do głównego wątku naszych rozważań, a jako ich podstawa niech posłużą nam „obiekty” przedstawione na dwóch kolejnych ilustracjach. Obok widzimy reprodukcję drzeworytu przedstawiającego maskę samuraja z teatru kabuki:



Maska samuraja z teatru kabuki



Heikea japonica

A wyżej zdjęcie kraba heikegani (*Heikea japonica*), gatunku żyjącego w pobliżu wybrzeży Japonii. Nazwa rodzajowa *Heikea* pochodzi od klanu Heike, który w roku 1185 został pokonany w wielkiej bitwie morskiej pod Danno-Ura przez rywalizujący z nim o władzę nad Japonią klan Genji (Miamoto). Zgodnie z legendą duchy poległych wówczas wojowników klanu Heike żyją nadal właśnie w ciele krabów heikegani. Wygląd kraba, który bez wątpienia przywodzi na myśl widok rozwścieczonego samuraja, może sprzyjać żywotności tej legendy. Słynny zoolog sir Julian Huxley również zwrócił uwagę na tę zastanawiającą zbieżność i oto, jak ją skomentował: „Podobieństwo Dorippe do wściekłego wojownika jest zbyt silne i zbyt dokładne, by mogło być przypadkowe [...] Wyjaśnieniem może być to, że od dawna kraby o odwłoku przypominającym ludzką twarz były zjadane rzadziej niż pozostałe” (Huxley pisał te słowa w roku 1952 i stąd nazwa rodzajowa *Dorippe*. Nazwę *Heikea* przywrócono dopiero w roku 1990, kiedy to któryś z zoologów wykrył, że taka nazwa używana była wcześniej, już od roku 1824. W nomenklaturze zoologicznej bardzo ściśle przestrzegane jest prawo pierwszeństwa).

Hipoteza Huxleya, iż pokolenia przesądnych rybaków wrzucały kraby, których odwłok przypominał ludzką twarz, z powrotem do morza, powróciła do łask, gdy w roku 1980 przywołał ją Carl Sagan w swoim słynnym *Kosmosie*: Przyjmijmy, że przez przypadek wśród odległych przodków tego kraba znalazł się jeden, który, choćby nawet i niezbyt dokładnie, z sylwetki przypominał ludzką twarz. Nawet przed bitwą pod Danno-Ura rybacy mogli czuć pewien opór przed zjadaniem zwierzęcia o wyglądzie kojarzącym się z człowiekiem. Wrzucając go z powrotem do wody, uruchomili proces ewolucyjny [...] W miarę, jak przemijały kolejne pokolenia — krabów i rybaków — kraby o pokroju najbliższym twarzy samuraja miały coraz większe szansę na przetrwanie. Efektem było podobieństwo nie tylko do ludzkiej twarzy i nie tylko o japońskich rysach, ale wręcz do portretu zagniewanego samuraja.

To bardzo urokliwa koncepcja, a takie zwykle mają długie życie, i nic dziwnego, iż mem ten nader intensywnie się replikował. Znalazłem nawet w Internecie stronę, na której można było drogą głosowania zadecydować, która teoria pochodzenia *Heikea* jest prawdziwa. Wśród 1331 uczestniczących w ankiecie głosy rozłożyły się następująco:

hipoteza Huxleya/Sagana jest prawdziwa — 31%,
fotografie są przerobione — 15%,
japońscy rzemieślnicy rzeźbią muszle, żeby tak wyglądały — 6%,
to wszystko czysty przypadek — 38%.

Ba — aż dziesięć procent internautów uznało, że w kraby te istotnie wcieliły się duchy poległych samurajów. No, cóż — w nauce do prawdy nie dochodzi się metodą głosowania, ja sam wzięłem w nim udział tylko i wyłącznie dlatego, że inaczej nie mógłbym poznać rozkładu głosów. W każdym razie nie popsułbym nikomu zabawy, bo też uważam, że to zbieg okoliczności, i to nie dlatego (takim argumentem posłużył się jeden ze sceptycznych komentatorów), że cały deseń na

krabowym odwłoku po prostu odzwierciedla budowę układu mięśniowego (to nietrafny argument, niepozwalający odrzucić hipotezy Huxleya/Sagana; wszak przesądny rybak mógł właśnie dostrzec niegdyś owo — nawet niewielkie — podobieństwo i układ mięśni mógł być tym, co zainicjowało cały proces). Bardziej przekonująca jest dla mnie inna informacja, również pochodząca od owego bez wątplenia dobrze poinformowanego sceptyka. Otóż te kraby są za małe, by ktokolwiek chciał je jeść. Jak twierdzi moje „źródło”, jeśli nawet skorupiak tej wielkości trafi do czyjejś sieci, to i tak wyląduje z powrotem w morzu i to całkiem niezależnie od tego, czy deseń na jego odwłoku przypomina ludzką twarz, czy nie. Sensowność tego z kolei argumentu miałem zresztą szansę sprawdzić niejako na własnej skórze, kiedy to podczas pobytu w Tokio zostaliśmy zaproszeni na obiad i nasz gospodarz zamówił dla wszystkich wielką misę krabów. Istotnie, to, co nam podano, było o wiele większe od Heikea, ale ani ich wielkość, ani solidna, zwapniała skorupa, nie przeszkadzała naszemu japońskiemu przyjacielowi chrupać owych skorupiaków z wielkim smakiem i jeden po drugim łądowały mu w ustach, a jadł je niczym jabłka, rozgryzając każdego z dźwiękiem, który kazał poważnie niepokoić się o stan jego uzębienia i dziąseł po każdym takim posiłku. Tak czy inaczej po tej wyprawie nie trzeba mnie już przekonywać, że dla prawdziwego smakosza krab wielkości Heikea nie stanowiłby żadnej atrakcji; przełknąłby coś takiego, nie zauważywszy nawet!

Niemniej najważniejszy powód, dla którego hipoteza Huxleya/Sagana do mnie nie przemawia, to nieprzypadkowa skłonność ludzkiego mózgu do dopatrywania się rysów twarzy dosłownie wszędzie, nawet w zupełnie przypadkowych wzorach. Tę skłonność potwierdziło wiele naukowych eksperymentów, ale i „obserwacje z życia”, choćby te niezliczone przypadki, kiedy to wierni na szybach, zaciekach na murach czy wreszcie i na kawałku pizzy dostrzegają oblicze Jezusa, Przenajświętszej Paniienki albo i matki Teresy. Skłonność do znajdowania, gdzie tylko się da, konterfektów, ulega jeszcze wzmocnieniu, gdy postrzegany wzór nabiera symetrii, a musimy pamiętać, że wszystkie kraby (poza krabem pustelnikiem) mają symetryczną budowę ciała. Z wielką przykrością muszę się więc opowiedzieć za tezą, iż całe podobieństwo japońskiego kraba Heikea do samuraja to najprawdopodobniej czysty przypadek (choć bardzo chciałbym wierzyć, że dobór naturalny nieco je wzmocnił).

Nie przejmujemy się jednak tym, natura dostarcza nam całego mnóstwa przykładów (już bez udziału ludzi), gdy jakiś zwierzęcy „rybak” „wylawia” swoją zdobycz, czyli potencjalny pokarm (choć częściej po prostu jej nie dostrzega), a to ze względu na jej podobieństwo do czegoś, czego się boi; i mówię tu o przypadkach, gdzie podobieństwo na pewno nie jest przypadkowe. Bo, co może zrobić ptak, który, polując w głębokim lesie, raptem natknie się na węża. Stawiałbym na to, iż w pierwszej chwili rzuci się do ucieczki, a później będzie omijać swe znalezisko z daleka. Tymczasem gąsienica, która naprawdę bardzo przypomina węża (żeby być precyzyjnym — podobieństwo to wykazuje tylna część jej ciała). Jeśli ktoś boi się węży — a ze wstydem muszę przyznać, ja się boję — to widok tej gąsienicy

rzeczywiście może wystraszyć. Ba, wyznam też, że nader niechętnie wziąłbym ją do ręki, mimo że doskonale zdaję sobie sprawę, że to byłoby zupełnie niegroźne — w końcu jak można bać się gąsienicy (jeśli ktoś jest ciekaw, jak wygląda owa węzowa gąsienica, zdjęcie znajduje się na stronie 7 wkładki). Inny problem mam zresztą z braniem do ręki podszywającymi się pod osy lub pszczoły bzygów, mimo że chociażby na podstawie faktu, iż owady te mają tylko jedną parę skrzydeł, powinienem wiedzieć, że nie są wyposażone w żądło. Taką listę zwierząt, które chronią się przed wrogami, upodabniając się czegoś innego (niejadalnego jak kamyk albo niebezpiecznego jak wąż lub pszczoła) można zresztą ciągnąć bardzo długo.

Zatem można powiedzieć, że to ptasie oczy „hodowały” owady tak, iż z czasem zaczęły one upodabniać się do czegoś, co dla ptaków jest niestrawne albo jadowite? W tym znaczeniu terminu „hodowla” na tak postawione pytanie należy odpowiedzieć: tak! W sumie przecież czy taki proces tak bardzo jest odmienny od tego, co dzieje się w skutek zabiegów bażancic selekcyjnych samców ze względu na ich urodę albo nawet i ludzi hodujących psy lub róże. Dobrze — różni się głównie tym, iż planują hodowlę pozytywną i wybierają tych „panów”, których uznają za atrakcyjniejszych, podczas gdy żywiące się gąsienicami ptaki prowadzą hodowlę negatywną, unikają bowiem tego, co jest dla nich odstręczające.

Przyroda dostarcza nam jednak również licznych przykładów „pozytywnej hodowli”, a co najciekawsze, zdarza się też, iż „hodowca” nie odnosi żadnych korzyści ze swego wyboru; ba, nawet wręcz przeciwnie. Spójrzmy choćby na żabnicę (nawęda). Ta żerująca w morskich głębinach ryba potrafi bardzo cierpliwie czekać na ofiarę*. Jak wiele ryb głębinowych żabnic — przynajmniej zgodnie z naszymi standardami — są dość paskudne z wyglądu; być może nie spełniają też i rybich standardów urody, ale to i tak nie ma wielkiego znaczenia, bo tam, gdzie żyją, jest zbyt ciemno, by można było cokolwiek zobaczyć. Z naszego punktu widzenia istotne jest, że samice żabnic (to zresztą powszechny obyczaj wśród mieszkańców oceanicznych głębin) wytwarzają własne światło. Nie tyle zresztą same świecą, co korzystają z pomocy świecących bakterii, które trzymają w specjalnych pojemnikach. Tak uzyskane światło nie jest oczywiście dość jasne, by pozwalało dostrzec jakiegokolwiek szczegóły, ale w zupełności wystarczy, by przyciągnąć uwagę innych ryb. U żabnicy, odmiennie niż u „normalnych” ryb, promienie płetwy grzbietowej są kolczaste i wydłużone — pierwszy wyraźnie dłuższy — jest dość sztywny i wygląda zupełnie jak wędka (u niektórych gatunków wędka jest tak długa, że w zasadzie należałoby uznać ją raczej za odpowiednik żyłki wędkarskiej). Co więcej, narząd ten zakończony jest — trudno znaleźć lepsze określenie — autentyczną przynętą. Wabik ten przybiera u różnych gatunków rozmaite kształty, zawsze jednak przypomina robaka, niewielką rybkę, a w każdym razie jakiś nieduży i kusząco podrygujący apetyczny kąsek. Przynęta wydziela nawet własne światło, jakby wysyłając —

* Dodać muszę, iż opisany poniżej mechanizm dotyczy wyłącznie samic tego gatunku. Samce żabnic osiągają bardzo niewielkie rozmiary, dzięki czemu mogą przyczepić się do ciała samicy (wyglądają wtedy jak dodatkowa płetwa) i pasożytować na niej.

niczym neon — komunikat: „chodź tu i zjedz mnie”. Na niektóre małe ryby to działa — podpływają w kierunku przynęty, a o to właśnie chodzi żabnicy, która otwiera w tym momencie swą potężną paszczę i wciąga ofiarę.

No, dobrze, ale czy możemy powiedzieć, że małe rybki, ofiary żabnic, istotnie „hoduja” sobie bardziej atrakcyjne przynęty, tak jak pawice hoduja większe ogony u pawi, a ogrodnicy piękniejsze i silniej przemawiające do zmysłów róże. W istocie trudno temu zaprzeczyć. W przypadku róż hodowcy z jak największą starannością dobierają na swoje rabatki co piękniejsze kwiaty. W pewnym sensie to samo czynią pawice, wybierając partnerów. Oczywiście, można argumentować, że pawice nie są świadome tego, że dokonują wyboru, ogrodnicy zaś tak; w kontekście naszych rozważań nie jest to jednak różnica bardzo istotna. W przypadku żabnic problem jest nieco bardziej złożony, tym razem bowiem mechanizm selekcji jest niebezpośredni — rybki-pokarm „selekcjonują” przynęty, na które się łapią, i wybierają najatrakcyjniejsze przez to, że na nie właśnie dają się złapać! Jak? To proste — żabnice z mało atrakcyjnymi przynętami mają mniejsze szansę na przetrwanie (i znacznie większe na śmierć głodową), czyli niejako są odsiewane z hodowli. Co zaś najważniejsze, ofiary rzeczywiście „wybierają”, kto przetrwa, a w ich przypadku narzędziem tegoż wyboru jest własne życie. Tak oto wkraczamy w prawdziwy świat doboru naturalnego i tym samym powoli zbliżamy się do końca tego rozdziału. Podsumujmy jednak, czego do tej pory zdołaliśmy się dowiedzieć.

Zatem po kolei:

1. Ludzie starannie wybierają najpiękniejsze róże (albo słoneczniki) do hodowli i w ten sposób zachowują geny, które odpowiadają za te „atrakcyjne” cechy. Tę metodę nazywamy doborem sztucznym i ludzie doskonale znali ją na długo przed Darwinem. Jak wiemy, jest to narzędzie dość potężne, by z wilka zrobić pekińczyka, a kolbę kukurydzy wydłużyć z kilku do kilkudziesięciu centymetrów.

2. Samice bażanta (nie wiadomo, czy świadomie i z premedytacją, czy nie; z ostrożności przyjmijmy ten drugi wariant) wybierają sobie na partnerów (i ojców dzieci) najatrakcyjniejsze samce i w ten sposób również przyczyniają się do przetrwania w populacji tych genów, które za ową atrakcyjność odpowiadają.

3. Małe jadalne rybki „wybierają” (w tym przypadku na pewno nieświadomie), które żabnice mają szansę przetrwać, a wybór ten przypieczętowują własnym ciałem, w ten sposób mimowolnie sprawiając, że przetrwać mogą te geny, które dają najatrakcyjniejsze przynęty. I to właśnie jest przykład — wreszcie jesteśmy u celu! — doboru naturalnego. Odkrycie tego procesu zawdzięczamy Karolowi Darwinowi.

Przejawem prawdziwego geniuszu Darwina było to, iż zdołał on dostrzec, że sama przyroda też może grać rolę podmiotu dokonującego selekcji. Dobór sztuczny* to proces powszechnie znany, a przynajmniej nieobcy nikomu, kto kiedykolwiek był na farmie lub w ogrodzie, na wystawie psów, albo chociaż widział

gołębnik. Niemniej to dopiero autor "O powstawaniu gatunków" wykrył, że nie jest tak naprawdę potrzebny żaden podmiot, świadomie dokonujący wyboru. Selekcja może odbywać się automatycznie, a kieruje nią zdolność do przetrwania (lub jej brak): przetrwanie się liczy, stwierdził Karol Darwin, tylko te organizmy bowiem, które istnieją odpowiednio długo, mogą się rozmnożyć i przekazać dalej te geny (sam Darwin oczywiście, o czym nie muszę chyba przypominać, nie używał tego słowa), którym zawdzięczają przetrwanie. Posłużyłem się wyżej przykładem żabnicy, ponieważ w tym przypadku nadal możemy jednak mówić o obecności podmiotu, który za pomocą oczu wybiera, kto przetrwa. W naszej podróży dotarliśmy jednak tym samym do punktu (nazwijmy go punktem Darwina), w którym taki podmiot przestaje już być potrzebny. Przejdźmy zatem od żabnicy do, dajmy na to, tuńczyka lub tarpona, czyli ryb, które aktywnie poszukują swoich ofiar. W takim przypadku już żadną miarą (i nawet przy bardzo rozbudowanej wyobraźni) nie można mówić, iż to ofiary „wybierają”, który tarpon ma je zjeść. Niemniej nadal dzieje się tak, że tarpon lepiej wyekwipowany do chwytania pożywienia (z jakichkolwiek powodów, równie dobrze mogą być to większe mięśnie, jak lepszy wzrok) ma większe szansę, żeby przetrwać, a co za tym idzie rozmnożyć się i przekazać własne geny (którym zawdzięcza swój sukces) kolejnej generacji. Został „wybrany” przez to tylko, że przeżył, podczas gdy inne tarpony (z dowolnych powodów) gorzej „wyposażone”, nie przetrwały. Tak więc do naszej listy możemy dodać punkt czwarty:

* To mit, a raczej kaczka dziennikarska, jakoby to teoria Darwina stanowiła inspirację dla Adolfa Hitlera. Źródłem tej bzdury można doszukiwać się w fakcie, iż obaj (i rzecz jasna nie tylko oni) byli pod wrażeniem czegoś, co ludzkość wiedziała od stuleci: pod wpływem hodowli zwierzęta nabierają takich cech, jakie są pożądane z naszego punktu widzenia. Różnica polega na tym, iż Hitler usiłował zastosować tę potoczną wiedzę do gatunku ludzkiego, podczas gdy Karol Darwin podążył w zupełnie innym kierunku. Przede wszystkim wpadł na to, że żaden „hodowca” nie jest potrzebny — wystarczy sama przyroda (zróżnicowana przeżywalność i zróżnicowany sukces reprodukcyjny). Tak zwany społeczny darwinizm Hitlera tymczasem (co w jego przypadku przyjęło postać „walki ras”) był w istocie głęboko nie-Darwinowski, dla twórcy teorii ewolucji bowiem walka o przetrwanie toczyła się pomiędzy jednostkami należącymi do tego samego gatunku, a nie między gatunkami, rasami czy jakimikolwiek innymi zbiorowościami. Bardzo proszę — nie dajcie się zwieść mylącemu (i nie najszcześliwiej dobranemu) podtytułowi największego dzieła Darwina (pełny tytuł brzmiał: O powstawaniu gatunków drogą naturalnego doboru czyli o utrzymywaniu się doskonalszych ras w walce o byt). Nawet pobieżna lektura wystarczy do stwierdzenia, iż Darwin na pewno nie miał na myśli ras w znaczeniu „zespół osobników w obrębie gatunku odznaczających się swoistymi cechami [...]” (to definicja zaczerpnięta ze Słownika Języka Polskiego PWN). Taką definicję zresztą doskonale spełnia choćby taki przykład: „Wszyscy osobnicy (niezależnie od przynależności do geograficznie rozumianej rasy) o niebieskich oczach”. W technicznym żargonie współczesnej genetyki, oczywiście niedostępnym jeszcze w czasach Darwina, rasę — w znaczeniu takim, jakim twórca teorii ewolucji posłużył się w tytule swego opus magnum — można by zdefiniować jako „wszystkie osobniki posiadające określone allele”. Dość powszechne niezrozumienie sprawia, że darwinowską walkę o przetrwanie dość często postrzega się jako walkę między grupami. Ten błąd ma nawet swoją nazwę — to tzw. dobór grupowy. Pech polega na tym, iż koncepcja doboru grupowego kojarzy się (co samo w sobie już wystarczy!) z hitlerowskim rasizmem, a ponadto dość powszechnie występuje w różnych amatorskich interpretacjach darwinizmu. Co gorsza, czasem w tę pułapkę wpadają również zawodowi biologowie, a od nich przecież można wymagać nieco więcej rozumu.

4. Nawet bez żadnego podmiotu dokonującego aktu wyboru te osobniki, które zostały „wybrane”, przez sam fakt, że są szczęśliwymi posiadaczami jakiejś szczególnej cechy czy umiejętności sprzyjającej przetrwaniu, mają też większą szansę na spłodzenie potomstwa, dzięki czemu mogą przekazać dalej geny, które dały im tę przewagę. Ten mechanizm sprawia, że pula genetyczna każdego gatunku z czasem zawiera coraz więcej genów sprzyjających wyposażeniu poszczególnych osobników w narządy/organy/cechy sprzyjające przetrwaniu i reprodukcji.

W tej chwili widać wreszcie, jak wszechogarniającym mechanizmem jest ewolucja. Przykłady, którymi się wyżej posługiwałem (przypomniane również w punktach 1.-3. naszej listy, choć można by oczywiście sięgnąć po miliony innych), również da się analizować w kontekście doboru naturalnego, wystarczy tylko potraktować je jako przypadki szczególne. Darwin zajął się całym problemem na najbardziej ogólnej płaszczyźnie, ale doskonale wiedział, że analizuje zjawisko doskonale już ludziom znane, acz w dość specyficznej i ograniczonej postaci, aż do jego czasów powszechnie akceptowano bowiem tylko fenomen doboru sztucznego. Tymczasem ogólna zasada obejmuje wszystkie przypadki, w których mamy do czynienia z nielosowym przetrwaniem losowych wariantów dziedzicznego wyposażenia i w sumie nie ma wielkiego znaczenia, jaki jest mechanizm tej nielosowości — może stać za nią świadome i intencjonalne działanie hodowcy (choćby ludzi „wynajdujących” psie rasy), może być to konsekwencja aktywności podmiotu niekierującego się racjonalnymi przesłankami (jak u bażancie wybierających partnera na ojca swoich dzieci), zdarza się też, że mimowolnie dokonujący wyboru aktor na ewolucyjnej scenie w istocie wolałby go uniknąć (to casus rybek wpadających do paszczy tylko odpowiednio kuszących je żabnic), bywa wreszcie i tak, że trudno w ogóle mówić o jakimkolwiek wyborze, a jednak selekcja następuje nieustannie — choćby wtedy, kiedy któryś tarpon zdoła (w odróżnieniu od części swych „współplemieńców”) przetrwać i spłodzić potomstwo, a to za sprawą tajemniczej biochemii swoich mięśni, która sprawiła, że szybciej niż inni potrafił gonić za zdobyczą. Wspaniale pisał o tym zresztą sam Darwin, w jednym z najczęściej chyba cytowanych fragmentów "O powstawaniu gatunków":

Można powiedzieć, że dobór naturalny co dzień, co godzinę, na całym świecie zwraca uwagę na wszelką, choćby najdrobniejszą zmianę, odrzuca to, co złe, zachowuje i gromadzi wszystko, co dobre. Spokojnie i niepostrzeżenie pracuje on wszędzie i zawsze, skoro tylko nadarzy się sposobność, nad udoskonaleniem każdej istoty organicznej w odniesieniu do jej organicznych i nieorganicznych warunków życia. Tych drobnych zmian postępowych nie dostrzegamy wcale, dopóki ręka czasu nie wyrysuje swojego piętna na długim szeregu wieków; a są tak ubogie nasze wiadomości o ubiegłych epokach geologicznych, że spostrzegamy tylko, iż obecne formy życia różnią się od form dawnych.

Zacytowałem ten fragment (zawsze zresztą tak robię) za pierwszym wydaniem arcydzieła Karola Darwina*, w późniejszych bowiem w tym miejscu pojawiła się

interesująca interpolacja i przytaczane zdanie zaczyna się już od „Można obrazowo powiedzieć... [podkreślenie moje]”. Wydawałoby się, że już pierwsza wersja była dość ostrożna, ale trzeba wiedzieć, że w roku 1866 Wallace, współodkrywca teorii ewolucji, zasugerował listownie Darwinowi, że w tak drażliwej materii należy jak najstaranniej zabezpieczyć się przez możliwością błędnej interpretacji (choć oczywiście on sam również nie był z tego powodu zbyt szczęśliwy). Oto zresztą, co pisał:

Drogi Darwinie, tak wiele razy już stykałem się z nawet bardzo inteligentnymi ludźmi, którzy najwyraźniej nie byli w stanie pojąć w całej pełni wszelakich konsekwencji i samowystarczalności Doboru Naturalnego, że zaczynam dochodzić do wniosku, iż sam termin, jak i to, jak go objaśniasz i ilustrujesz — jakkolwiek oczywistym i pięknym zdaje się wielu z nas — nie jest najlepiej dobrany, jeżeli ma służyć przekonaniu szerszej publiczności.

W dalszej części listu znajdujemy jeszcze cytaty z francuskiego naturalisty, niejakiego Janeta, który rzeczywiście, w odróżnieniu od Wallace'a czy Darwina, dość mocno się pogubił:

Otóż, jak sądzę — pisze Wallace — pan Janet jako najslabszy punkt twojej koncepcji uznaje to, że nie dostrzegasz, iż „ukierunkowanie i świadoma intencja (myśl) są niezbędne do działania „Doboru Naturalnego”. Identyczny zarzut po wielokroć powtarzają twoi oponenty, a i mnie zdarzyło się z nim stykać w dyskusjach, które osobiście toczyłem. Moim zdaniem nieporozumienie to jest niemal wyłącznie efektem twojej decyzji, by wybrać termin „Dobór Naturalny”, jak i tego, że nieustannie porównujesz konsekwencje działania doboru naturalnego i sztucznego, a przy tym bardzo często personifikujesz naturę, pisząc, iż: Dobór „wybiera”, „woli”..., etc, etc. Dla co poniektórych z nas to rzecz jasna oczywista, a przy tym bardzo piękna metafora, wielu jednak wyraźnie ona konfunduje. Pozwolę sobie zatem zasugerować, byś rozważył możliwość, czy w całej twojej pracy, a i w przyszłych edycjach „O powstawaniu...”, nie warto byłoby usunąć tego źródła nieporozumień, a wydaje mi się, iż dość prosto byłoby to uczynić, adoptując Spencerowskie określenie „Przetrwanie Najlepiej Dostosowanych” [...] To wyrażenie wprost opisuje sam fakt. „Dobór Naturalny” zaś to metafora [...]

Wallace miał sporo racji, pech w tym, iż owo Spencerowskie „Przetrwanie Najlepiej Dostosowanych” też stało się źródłem bardzo poważnych problemów, acz

* Pierwsze polskie wydanie „O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego, czyli o utrzymywaniu się doskonalszych ras w walce o byt” ukazało się w latach 1884-1885. Przekład Szymona Dicksteina i Józefa Nusbauma opierał się na szóstym wydaniu, w wielu miejscach zmienionym w stosunku do pierwszego, które konsekwentnie cytują Richard Dawkins. Przekład Dicksteina i Nusbauma był potem kilkakrotnie wznawiany i poprawiany (m.in. uwspółcześniono pisownię), ale zmiany w sumie były dość kosmetyczne. Sam Darwin za życia przygotował sześć kolejnych wydań, dość mocno się różniących. Powyższy cytat przytaczam (z drobną modyfikacją) za wydaniem z roku 1884, s. 73 [przyp. tłum.].

rzeczywiście trudno mieć pretensje do Wallace'a, że nie potrafił ich przewidzieć. Do tego tematu powrócimy jednak później. W każdym razie nawet mimo napomnień Wallace'a ja nadal będę postępował zgodnie z przyjętą przez Darwina strategią wprowadzania czytelnika w tajniki doboru naturalnego poprzez udomowienie oraz dobór sztuczny i pozostaje mi mieć nadzieję, że mój wykład będzie na tyle jasny, że nawet monsieur Janet by się nie pogubił. Zresztą poza indywidualnymi preferencjami jest jeszcze jeden powód — i to bardzo dobry — by podążać śladem rozumowania twórcy teorii ewolucji. Otóż ostatecznym kryterium prawdziwości każdej hipotezy naukowej jest eksperyment, a w pewnych okolicznościach eksperyment może polegać na tym, że spokojnie czekasz, co uczyni natura, jedynie obserwując i szukając korelatów. W ten sposób przecież również coś robisz, manipulujesz, zmieniasz coś w sposób systematyczny, a potem możesz porównać rezultaty z „grupą kontrolną”, w której nic się nie zmieniało, albo w której nastąpiła inna zmiana.

Ingerencja podczas eksperymentu ma olbrzymie znaczenie, bez niej bowiem nigdy nie będzie można mieć pewności, czy obserwowana korelacja wiąże się z jakąkolwiek relacją przyczynową. Świetną ilustracją tej zasady jest historyjka znana jako „błąd kościelnych zegarów”. Otóż wyobraźmy sobie, że w pewnej miejscowości są dwa kościoły i oba na wieży mają zegary, wydzwaniające pełne godziny, tyle że zegar u świętego Iksa nieco się spieszy i zawsze dzwoni przed tym od świętego Igreka. Pewnego dnia w mieście ląduje Marsjanin. Zauważmy, że on, kilkakrotnie wysłuchawszy dzwonów, całkiem zasadnie może uznać, iż to dźwięk dobywający się z wieżyczki Iksa sprawia, że zaczyna dzwonić też u Igreka. My, oczywiście, wiemy, że tak nie jest, ale jedyną metodą, by przetestować koncepcję naszego marsjańskiego gościa, jest sprawić (to właśnie ingerencja, czyli manipulacja eksperymentalna), by kuranty Iksa wybrzmiewały w czysto przypadkowej kolejności, a nie dokładnie raz na godzinę. Gdyby hipoteza Marsjanina była prawdziwa (a oczywiście, co nasz eksperyment wykaże, nie jest), zegar u świętego Igreka nadal dzwoniłby tuż po iksowym. W każdym razie widać już chyba, że jedynie dzięki manipulacji warunkami eksperymentalnymi możemy rozstrzygnąć, czy między obserwowanymi zjawiskami istnieje więź przyczynowo-skutkowa. I tak, jeżeli ktoś twierdzi, że nielosowe przetrwanie losowych zmian genetycznych ma istotne, ewolucyjne konsekwencje, eksperymentalnym testem tej hipotezy będzie (inteligentne) wykorzystanie możliwości, jakie daje ludzka interwencja. Zdecyduj zatem i świadomie manipuluj, który wariant przetrwa, a który nie; sam wybierz — stawiając się w roli hodowcy — które osobniki mają się rozmnażać. To oczywiście będzie dobór sztuczny. Ale dobór sztuczny nie jest tylko analogią doboru naturalnego. To coś znacznie więcej, albowiem w ten sposób uzyskujemy możliwość przetestowania na drodze eksperymentalnej — a nie tylko za pomocą obserwacji — naszej hipotezy, głoszącej że dobór jest przyczyną zmian ewolucyjnych.

Większość znanych przypadków doboru sztucznego, na przykład „produkcja” różnych psich ras, to raczej procesy, którym możemy przyglądać się z odpowiedniej perspektywy czasowej, a nie starannie zaplanowane testowanie przewidywań w warunkach eksperymentu kontrolowanego. Znamy jednak przykłady w pełni

prawidłowo przeprowadzanych eksperymentów, a ich rezultaty doskonale potwierdzają to, czego dowiedzieliśmy się z bardziej anegdotycznych świadectw i opowieści hodowców psów, kapusty czy słoneczników. Oto przykład bardzo znaczący i przydatny dla naszych rozważań choćby z tego powodu, że agronomowie z Illinois Experimental Station rozpoczęli swój eksperyment już dość dawno temu, a mianowicie w roku 1896 (pokolenie „1” na rysunku poniżej).

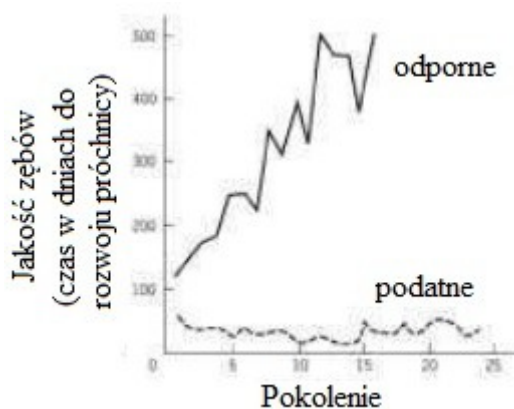


Dwie linie kukurydzy, hodowane ze względu na wysoka/niską zawartość oleju

Zamieszczony wyżej wykres przedstawia zawartość oleju w ziarnach kukurydzy dwóch sztucznie wyhodowanych linii roślin, z których jedna selekcyonowana była pod kątem wysokiej zawartości oleju, a druga niskiej. Mamy w tym przypadku w pełni klasyczny eksperyment, ponieważ porównujemy ze sobą efekty dwóch w pełni świadomie przeprowadzanych zabiegów. Różnica między obu liniami jest, jak widać, dramatyczna, a co ważniejsze, wyraźnie rośnie z czasem. Oczywiście jest pewne, że obserwowana tendencja w obu liniach w pewnym momencie przestanie występować — nie sposób choćby osiągnąć mniejszą zawartość oleju niż zero, a z równie zrozumiałych przyczyn nie może ona też przekroczyć pewnej wartości.

Kolejny przykład laboratoryjnej demonstracji potęgi doboru sztucznego stanowi dla nas interesującą lekcję z nieco innego powodu. Otóż mamy przed sobą wykres ukazujący dane dla siedemnastu pokoleń szczurów hodowanych pod kątem odporności na próchnicę. Na początku eksperymentu średni okres pojawienia się próchnicy wynosił około stu dni, po zaledwie kilkunastu etapach starannej selekcji wzrósł do ponad czterystu. Również i w tym przypadku eksperymentatorzy równoległe prowadzili hodowlę drugiej linii rodowej gryzoni, tym razem selekcyonowanej „w przeciwną stronę” — celem była obniżona odporność. Ten przykład niech nam posłuży jako materiał szkoleniowy, uczący myślenia w kategoriach doboru naturalnego. W pierwszym etapie ewolucyjnej podróży, w którą

zabieram moich czytelników — do którego jesteśmy już w tej chwili gotowi — szerzej omówię jeszcze dwa przykłady, pochyłimy się bowiem ponownie nad omawianymi już na kartach tej książki „ofiarami” udomowienia, a mianowicie psami i kwiatami.



Dwie linie szczurów, selekcyjonowane ze względu na wysoką/niską odporność na próchnicę zębów

SZCZÓRZE ZĘBY

Dlaczego — pojawia się naturalne pytanie — jeśli tak łatwo wzmocnić odporność szczura na choroby zębów za pomocą doboru sztucznego, natura nie uczyniła tego samego sobie znanymi metodami? Przecież trudno wskazać jakikolwiek pożytek z próchnicy. Zatem, skoro dobór sztuczny okazał się tak skuteczny, czemu dawno już tego samego nie dokonał dobór naturalny. Na tak postawione pytanie zaproponuję tu dwie odpowiedzi, obie, mam nadzieję, dość pouczające.

Po pierwsze zatem trzeba uświadomić sobie, że szczury, które wybrali do hodowli badacze, nie były to dzikie szczury, lecz osobniki należące do populacji udomowionych już białych szczurów laboratoryjnych. Zatem przedmiotem eksperymentu były zwierzęta, które (w pewnym sensie podobnie jak człowiek) niejako wyjęte są już spod presji doboru naturalnego. Być może genetyczna podatność na choroby zębów istotnie ograniczałaby perspektywy reprodukcyjne takiego szczura na wolności, ale w laboratorium, gdzie życie jest dość proste, nie ma to wielkiego znaczenia, a decyzja, który osobnik przeżyje, a który nie, zależy od człowieka, a nie od indywidualnych umiejętności przetrwania.

Przejdźmy teraz do drugiej odpowiedzi. Z naszego punktu widzenia jest ona nawet bardziej interesująca, ponieważ więcej mówi nam o samym doborze naturalnym (a i sztucznym przy okazji). Tym razem zacznijmy od tego, iż również w tym przypadku (tak jak wcześniej, gdy mówiliśmy o strategiach zapylania u roślin) mamy do czynienia z relacją wymiany. W przyrodzie, jak już wiemy, nic nie ma za darmo, każda rzecz ma metkę z ceną. Na pierwszy rzut oka mogłoby się wydawać

oczywiste, że próchnicy trzeba unikać za wszelką cenę, jako że — tu nie mam żadnych wątpliwości — popsute zęby mogą zdecydowanie skrócić szczurze życie. Zastanówmy się jednak przez chwilę, co musi się stać, żeby zwierzę stało się mniej podatne na choroby uzębienia. Nie znam oczywiście szczegółowej odpowiedzi, ale gotów jestem pójść o zakład, że taka modyfikacja musi kosztować, a to już mi wystarczy. Przyjmijmy na przykład, że można stan taki osiągnąć dzięki grubszej warstwie szkliwa. To jednak oznacza większe zapotrzebowanie na wapń. Oczywiście da się to zrobić, ale skądś trzeba go wziąć, co — i tu przechodzimy do meritum — pociąga za sobą określone koszty. Wapń (podobnie jak każdy inny składnik, którego zasoby są ograniczone) nie lata tak sobie swobodnie w powietrzu. Trafia do organizmu *via* pokarm, a potencjalnie przydać się może do bardzo wielu rzeczy, nie tylko do wzmocnienia zębów. Tak więc każdy zwierzęcy organizm musi wykształcić coś, co nazwać można „wapniową ekonomią” — ten akurat składnik mineralny potrzebny jest zarówno przy budowie kości, jak i do produkcji mleka (pamiętajmy, że to tylko robocza hipoteza, że składnik niezbędny do walki z próchnicą to akurat wapń. To mógłby być dowolny w zasadzie pierwiastek, ważne jedynie, byśmy mówili o czymś, co dostępne jest jedynie w ograniczonej ilości. Dla wygody będę dalej pisał tak, jakbym wiedział, że szczurom potrzebny jest istotnie akurat wapń. I teraz możemy już wracać do naszych zębów). Tak więc szczur z wyjątkowo mocnymi zębami zapewne będzie żył dłużej niż jego potencjalny rywal z próchnicą, o ile nie będą się od siebie różnić pod żadnymi innymi względami. Ale w naturze raczej będą się różnić, ponieważ wapń niezbędny do budowy owych supermocnych zębów musiał zostać czemuś odebrany, na przykład kościom. Tymczasem gryzoń, który za sprawą genetycznego wyposażenia więcej wapnia kieruje na budowę kości, a nie zębów, może w efekcie żyć dłużej — dzięki mocniejszym kościom i mimo wcześniej psujących się zębów. Albo też (jeśli o samicach mowa) rywalka może lepiej radzić sobie z karmieniem dzieci, bo wytwarza mleko bogatsze w wapń i małe lepiej rosną. A jak wszyscy wiedzą (ekonomiści zaś z lubością cytują za Robertem Heinleinem) — nie ma darmowych obiadów. Oczywiście mój szczurzy przykład jest hipotetyczny, ale i tak możemy bez większych wahań nieco go ekstrapolować, by dostrzec, że z czysto ekonomicznych przyczyn musi być coś takiego, jak szczur o zbyt zdrowych zębach. Doskonałość w jednej sferze zawsze musi być bowiem okupiona poświęceniami w innej.

Ta zasada odnosi się do wszystkich żywych stworzeń i organizmów. Możemy oczywiście się spodziewać, że każde zwierzę (lub roślina) będzie wyposażone wystarczająco dobrze, by przetrwać, ale to nie oznacza byśmy (w jakiegokolwiek sferze) mogli oczekiwać po nim (lub po niej) doskonałości. Antylopa mogłaby biegać nieco szybciej — i sprawniej uciekać przed drapieżnikami — gdyby miała trochę dłuższe nogi. Tyle że jej rywalka, istotnie obdarzona przez naturę dłuższymi nogami i przez to szybsza, za swą zdolność do umknienia każdemu lwu, czyli za te właśnie dłuższe nogi, musi zapłacić w jakimś innym fragmencie cielesnej ekonomii, materiały wykorzystane do wytworzenia dłuższych kości i większych mięśni skądś zostały wszak zabrane, a zatem taka antylopa-sprinter łatwiej może zginąć na skutek innych niż drapieżniki zagrożeń, których pełne jest antylopie życie. Zresztą i

większego zagrożenia ze strony drapieżników nie można w jej sytuacji lekceważyć — dłuższe kończyny to często cieńsze, a więc słabsze, czyli bardziej kruche kości. Zatem nasza długonoga antylopa może i biega szybciej, ale jest też bardziej podatna na złamania, a wtedy, jak wiadomo, koniec biegania i następuje nieuchronny finał w paszczy drapieżnika. Organizm to prawdziwy patchwork kompromisów, do czego zresztą jeszcze powrócimy w rozdziale poświęconym wyścigowi zbrojeń.

Udomowienie to proces, który przy okazji stwarza poddawanych tego typu hodowlanym zabiegom zwierzętom swoistą tarczę przed niebezpieczeństwami normalnie grożącymi im w naturze. Mleczna krowa istotnie daje czasem niewiarygodne wręcz ilości mleka, ale za to obwisłe i ciężkie wymiona w zasadzie uniemożliwiłyby jej nawet próbę ucieczki (nie mówiąc o skuteczności takich wysiłków), gdyby kiedyś rzucił się na nią lew. Konie tzw. czystej krwi są zwykle świetnymi biegaczami i skoczkami, ale za to bardzo często łamią nogi podczas wyścigów, a zwłaszcza podczas skoków. To wskazuje, że hodowla (dobór sztuczny) doprowadziła współczesne konie do etapu, którego natura (dobór naturalny) już by nie tolerowała. Co więcej, rasowe konie trzeba żywić specjalną karmą, wytwarzaną przez człowieka. Dzikie konie, jak kuc szetlandzki czy górski konik walijski, doskonale sobie radzą na pastwiskach, ich arystokratyczni kuzyni natomiast nie mają szans, jeśli nie są dokarmiani specjalną dietą zbożową z dodatkiem licznych suplementów, czyli czymś, co w naturze po prostu nie istnieje. Do tej kwestii zresztą też powrócimy w rozdziale poświęconym ewolucyjnemu wyścigowi zbrojeń.

I ZNOWU PSY

Skoro wreszcie udało nam się dotrzeć do doboru naturalnego, możemy na chwilę się cofnąć i raz jeszcze przyjrzeć psom, jako że przypadek ten jest bardzo pouczający. Jak mówiłem, pies to udomowiony wilk, ale teraz chciałbym na to najdłużej towarzyszące nam zwierzę spojrzeć przez pryzmat psiej ewolucji, której najlepszą chyba teorię sformułował Raymond Coppinger. Otóż Coppinger uważa, że ewolucja psa to znacznie więcej niż efekt hodowli (doboru sztucznego), mamy bowiem do czynienia również z procesem adaptacji, czyli dostosowywaniem się wilków do życia z człowiekiem, a w tym wypadku działał dobór naturalny. Początki udomowienia tego gatunku to w dużym stopniu samoudomowienie, o którym decydował, jak już powiedzieliśmy, dobór naturalny, a nie sztuczny. Tak więc już na długo przed tym, nim do dzieła wzięli się ludzie-hodowcy i zaczęli rzeźbić psie ciała i dusze, spory kawał roboty odwalił dobór naturalny, który bez żadnej interwencji ze strony człowieka przerobił wilka na „wiejskiego psa", a dopiero potem wkroczyli do akcji ludzie i zaczęli przerabiać owe częściowo udomowione zwierzęta, tak by dopasować je do własnych gustów i potrzeb, czego efektem jest współczesna feeria psich ras, psich wdzięków i psiego piękna (choć chwilami mam wątpliwości, czy istotnie „wdzięk" i „piękno" zawsze są adekwatnymi określeniami).

Coppinger zwraca też uwagę na fakt, że udomowione zwierzęta, którym udało wyrwać się na wolność i przeżyć w stanie dzikim, już po kilku pokoleniach wracają

zwykle do postaci dość podobnej do ich dzikiego przodka. Wyjątek od tej reguły stanowią psy — zdziczałe „psie watahy”, na które tak łatwo natknąć się wokół ludzkich osiedli, zwłaszcza w krajach trzeciego świata, składają się z typowych kundli, a nie ze zwierząt podobnych do wilków. To kolejny argument świadczący, że „produktem wyjściowym” wysiłków hodowlanych człowieka nie był wilk, lecz właśnie jakiś, jakbyśmy dziś powiedzieli, skundlony mieszaniec, może coś na kształt psa dingo.

Na tym różnice się nie kończą. Wilki zwykle polują stadnie, natomiast zdziczałe psy krążące w pobliżu ludzkich siedzisk to raczej padlinożercy, a nawet śmieciożercy, uwzględnivszy fakt, jak często grzebią w gnoju i śmietnikach. Wilki oczywiście też nie gardzą padliną, ale nie są padlinożercami „z natury”, o czym świadczy chociażby „dystans ucieczki” (flight distance) tego gatunku. Cóż to takiego? Otóż u zwierzęcia „dystans ucieczki” możemy zmierzyć, sprawdzając, jak blisko pozwoli nam się zbliżyć do siebie podczas posiłku. Dla każdego gatunku istnieje taki optymalny dystans (oczywiście różny w różnych sytuacjach), a tworzy go przestrzeń między odległością zbyt bliską (nadmierną brawurą byłoby dopuszczenie kogoś/czegoś do siebie tak blisko) a zbyt dużą (tu z kolei ucieczka byłaby już zbyt dużą asekuracją). To dość banalne spostrzeżenie, że osobnik, który decyduje się na ucieczkę zbyt późno, może stracić życie, jeśli zagrożenie było poważne, mniej oczywiste jest jednak, że niedobrze też uciekać zbyt wcześnie — zwierzę, które ma taką skłonność, może nigdy nie najeść się do syta, jeśli zawsze będzie czmychać z byle powodu. Zagrożenia, jakie łączą się z nadmierną skłonnością do unikania ryzyka, nam, ludziom, czasem trudniej dostrzec. Zawsze nas szokuje, kiedy widzimy, jak antylopy czy zebry spokojnie pasą się w pobliżu przechadzających się lwów (acz oczywiście mając na nie baczenie). Coś takiego nas dziwi, bo nasza gatunkowa skłonność do unikania ryzyka — choć czasem może bardziej ostrożność przewodnika — każe nie opuszczać bezpiecznego land rovera, nawet jeśli w promieniu kilometrów nie ma żadnego dzikiego kota. Tyle że na nas, jak tylko wrócimy z safari, na pewno czeka suty posiłek. Naszym „dzikim” przodkiem zebra żyłka do ryzyka byłaby zapewne o wiele bliższa, tak jak zebry bowiem musieli oni starannie ważyć, co stanowi większe zagrożenie: bycie zjedzonym czy bycie nienajedzonym. Oczywiście, lew może zaatakować, ale nawet wtedy (co już zależy od wielkości stada) są spore szanse, że łupem padnie ktoś inny. Z drugiej zaś strony — to już o tych bojaźliwych — jeśli nie odważysz się pójść na pastwisko albo do wodopoju, też ryzykujesz śmierć, tyle że z głodu albo pragnienia. To kolejna w tej książce lekcja ewolucyjnych ekonomicznych relacji wymiany*.

* Psychologiczne badania skłonności do ryzyka wśród ludzi wskazują na istnienie dość interesujących różnic. Okazuje się na przykład, że wyższe wyniki na skali skłonności do ryzyka mają zwykle prywatni przedsiębiorcy, podobne, wysokie rezultaty osiągają też piloci i skałkarze oraz miłośnicy różnych sportów ekstremalnych. Zwykle też, przynajmniej statystycznie rzecz ujmując, kobiety są bardziej skłonne do unikania ryzyka. Warto jednak dodać, że feministki sugerują tu raczej zależność przeciwną — kobiety unikają ryzyka, bo tego wymagają pełnione przez nie role społeczne i zawody.

Wróćmy jednak do „dystansu uciezki”. Najważniejsze w tym momencie jest to, iż tak wilk, jak i każde inne zwierzę, ma swój optymalny dystans, starannie dopasowany, acz przy tym dość elastyczny; coś między nadmierną śmiałością a zbytnim asekurantwem. W takiej właśnie przestrzeni działa dobór naturalny, przenosząc selekcyjne naciski w jednym bądź drugim kierunku, w miarę jak warunki w środowisku ulegają zmianie wraz z wpływem ewolucyjnego czasu. I dlatego, kiedy raptem w świecie wilków pojawi się nadzwyczaj obfite źródło pełne całkiem pożywnych treści, a bez wątpienia

(BRAK TEKSTU)

Technika hodowli była dość prosta — Bielajew i jego współpracownicy (a później następcy, projekt bowiem kontynuowany był też po śmierci autora) poddawali młode standardowemu testowi, podczas którego eksperymentator podawał szczeniakowi (w ręce) jedzenie, jednocześnie starając się go (ją) poklepać lub pogłaskać. Następnie, w zależności od reakcji, młode dzielone były na trzy klasy — do klasy III zaliczano te, które uciekały albo próbowały ugryźć badacza, do klasy II trafiały osobniki, które, co prawda, pozwalały się dotknąć, ale poza tym nie wykazywały żadnych przyjaznych reakcji, wreszcie klasę I tworzyły te szczenięta, które zachowywały się najbardziej ufnie i, głaskane, machały ogonami i pomrukiwały. Kędy młode dojrzewały, do dalszej hodowli wybierane były konsekwentnie tylko te ostatnie. Jak się okazało, już po sześciu pokoleniach takiej selektywnej hodowli „ufności” lisy zmieniły się tak bardzo, że eksperymentatorzy uznali za niezbędne utworzenie zupełnie nowej kategorii, „udomowionej elity”, na którą składały się lisy „chętnie wchodzące w kontakt z ludźmi, poszczekujące, żeby zwrócić na siebie uwagę opiekuna, obwąchujące i liżące eksperymentatorów zupełnie jak psy”. W początkowej fazie projektu żaden z lisów tak się nie zachowywał, w dziesiątym pokoleniu do „elity” trafiło 18 procent hodowanych zwierząt, w dwudziestym 35 procent, a po trzydziestu, trzydziestu pięciu generacjach „udomowiona elita” obejmowała już od siedemdziesięciu do osiemdziesięciu procent populacji eksperymentalnej.

Te wyniki nie są zbyt zaskakujące, pominąwszy może na skalę i tempo zmian (w kategoriach czasu geologicznego (ewolucyjnego) trzydzieści parę generacji to mniej niż nic). Co za to bez wątpienia jest fascynujące, to efekty uboczne hodowli „przyjacielskich lisów”, tych bowiem nikt nie byłby w stanie przewidzieć, choć Darwin, jako miłośnik psów, bez wątpienia byłby nimi oczarowany. Otóż oswojone lisy nie tylko zachowywały się jak psy, ale również wyglądały niemal dokładnie jak one — straciły swe wcześniejsze lise umaszczenie i pokryły się długim futrem w czarno-białe pasma niczym welsh collie, sterczące wcześniej uszy opadły (co widać na zdjęciu obok), koniec ogona (znów podobnie jak u psa) zaczął wskazywać w górę, a dodatkowo jeszcze suki zaczęły mieć ruję co sześć miesięcy, nie zaś jak dzikie lisice raz na rok. Ba!, jak pisze Bielajew, zwierzaki zaczęły nawet szczekać jak psy. Wszystkie te cechy były właśnie efektem ubocznym zabiegów hodowlanych, bo przecież to nie one stanowiły kryterium wyboru, ale tylko ufność. Najwyraźniej

„psowatość” jakoś ewolucyjnie jest podczepiona pod „geny ufności”. Dla genetyków zresztą nie ma w tym nic zaskakującego.



Bielajew i jego lisy. Widać, jak bardzo „spsiały”

Efekt „plejotropii”, kiedy jeden gen lub grupa genów warunkuje kilka z pozoru kompletnie ze sobą niepowiązanych cech, jest nauce dobrze znany, cała zagadka kryje się właśnie w określeniu „z pozoru” — po pierwsze rozwój płodowy to proces bardzo złożony, po drugie zaś zwykle bywa tak, że w miarę, jak zdobywamy dokładniejszą wiedzę, „pozornie niepowiązane” zaczyna oznaczać „powiązane w sposób, który dopiero teraz jesteśmy w stanie wyjaśnić”. Wiele zatem wskazuje, że „geny” opadających uszu i łaciatego futra to geny plejotropowe, powiązane również z łatwością oswojenia, tak u lisów, jak u psów. W każdym razie historia dokonania Bielajewa stanowi doskonałą ilustrację kolejnej ważnej ewolucyjnej zasady — jeśli ktoś, wskazując na konkretną cechę jakiegoś zwierzęcia, pyta: „A jaką to ma wartość dla przetrwania?”, być może zadaje po prostu niewłaściwe pytanie, bo z adaptacyjnego (darwinowskiego) punktu widzenia ta akurat właściwość może nie mieć żadnego znaczenia, a po prostu „podczepiła się” do czegoś, co jest ważne.

W każdym razie, przynajmniej jeśli teoria Coppingera jest prawdziwa, ewolucja psów to nie tylko efekt doboru sztucznego, ale raczej złożona mieszanina doboru naturalnego i (który odgrywał główną rolę na wczesnych etapach udomowienia) i doboru sztucznego (czyli znacznie świeższej daty zabiegów hodowlanych człowieka). Przy czym był (i jest) to proces ciągły, co jeszcze dobitniej pozwala ukazać podobieństwa — wskazywane już przez samego Darwina — między doбором sztucznym a naturalnym.

ZNOWU KWIATY

W kolejnym etapie naszej (dla wielu czytelników zapewne pionierskiej) wyprawy w świat doboru naturalnego ponownie towarzyszyć nam będą kwiaty i ich „zapyłacze”, dzięki nim po raz kolejny będziemy się mogli przekonać, jak potężnym czynnikiem ewolucji jest dobór naturalny. Biologia zapylania pełna jest fascynujących przykładów, a najdziwniejszych chyba dostarczają nam storczyki. (Nic dziwnego, że tak interesował się nimi Darwin i poświęcił im nawet odrębną książkę; wspominałem już zresztą wyżej o jego "On the Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insects". Niektóre storczyki (jak choćby owe madagaskarskie okazy, o których pisałem wcześniej) wytwarzają nektar, inne jednak znalazły sposób, by zaoszczędzić na swoich zapyłaczach i nie dokarmiać ich i nauczyły się „oszukiwać”. Otóż są storczyki, które na tyle udatnie przypominają samice pszczół (albo ós czy much), że zwiedzione tym podobieństwem samce zaczynają kopulować z kwiatem. Przy czym stopień podobieństwa kwiatu do samicy konkretnego gatunku decyduje, na ile „niezawodnym kurierem” okaże się oszukany samiec, czyli o tym, czy aby na pewno przetransportuje pyłek do orchidei tego samego gatunku. Nie ma to jednak aż tak wielkiego znaczenia, nawet bowiem jeśli taki storczyk jest wystarczająco podobny po prostu do dojrzałej osy (obojętne jakiego gatunku), samce, które uda mu się tą mimikrą zwieść, nadal, przynajmniej jest na to spora szansa, trafią z ładunkiem pyłku do celu.

Oczywiście, jeśli ty czy ja przyjrzymy się dokładnie dwulistnikowi pszczelemu albo dwulistnikowi muszemu (zdjęcia można znaleźć na stronach 4-5 kolorowej wkładki), raczej zorientujemy się, że nie są to prawdziwe owady. Jeśli jednak ktoś spojrzy tylko kątem oka, raczej da się nabrać. Zresztą, oglądając kwiat z bliska, też trudno mieć wątpliwości, że określenie „pszczeli” w nazwie odnosi się bardziej do trzmiela niż do pszczoły miodnej. Owady jednak mają oczy złożone (fasetkowe), które dalece nie pozwalają widzieć tak ostro jak nasze, tak że storczykowe naśladownictwo, wzmocnione jeszcze uwodzicielskim zapachem unoszącym się z kwiatów (przypominającym, jak łatwo się domyślić, zapach wydzielany przez owadzie samice), w pełni (a nawet jeszcze z naddatkiem) wystarczy, by oszukać napalonego samca. (Na marginesie — niewykluczone, że całe przebranie jest jeszcze skuteczniejsze, gdy widzi się je w niedostępnym ludzkiemu oku ultrafioletu).

Storczyk *Brassia*, zwany też czasem storczykiem pajęczym, osiąga zapylenie, posługując się oszustwem innego rodzaju

(BRAK TEKSTU)

ową przynętą posługują się samce, w odróżnieniu jednak od ciem nie potrafią wytworzyć jej same, lecz muszą zadowolić się tym, co im się uda zebrać. Nie zbierają przy tym gotowych produktów, lecz, niczym wytrawni perfumiarze, dopiero tworzą wyrafinowane kompozycje, a dodać należy, że każdy gatunek produkuje własną mieszaninę, sporządzaną z bardzo różnych — acz ściśle określonych —

składników i, czego już można się w tym momencie domyślić, niektóre Euglossine wykorzystują do tworzenia swoich koktajli zapachowych „półprodukty”, których dostarczyć im mogą wyłącznie przedstawiciele ściśle określonych gatunków z rodzaju *Coryanthes* (dlatego niektórzy entomologowie nazywają te owady „pszczołami storczykowymi”).

Mamy zatem przykład bardzo misternej współzależności — storczykom niezbędne są pszczoły, gdyż są one idealnymi wręcz posłańcami (czy raczej kurierami), a z kolei pszczoły potrzebują storczyków, do przywabienia bowiem partnerki niezbędne są substancje, których zdobycie jest niemożliwe (albo przynajmniej bardzo, bardzo trudne) bez „pomocy” rośliny. Może to i dziwny powód, ale na pewno działa, a jeszcze dziwniejsze jest to, jak ostatecznie dochodzi do zapylenia — w każdym razie w całym tym procesie owad sprawia bardziej wrażenie ofiary niż partnera. Otóż wygląda to tak: kwiat kusi samca Euglossine zapachem substancji, która jest mu niezbędnie potrzebna, by wyprodukować afrodyzjak. Kiedy samiec siada na krawędzi kielicha i za pomocą odnóży zaczyna zeskrobywać pachnącą substancję wprost do specjalnych kieszeni zapachowych, raptem przekonuje się, że kwiat, zwłaszcza od strony wewnętrznej, jest bardzo śliski. Owad zsuwa się w głąb kielicha i wpada do wypełniającego go płynu. Ścianki, jak pamiętamy, są śliskie, więc jedyną drogą ucieczki okazuje się niewielki (dokładnie o średnicy pszczoły) otwór w ściance kielicha (niestety nie można go dostrzec na fotografii storczyka zamieszczonej na stronie 4 wkładki). Wewnętrzna budowa kwiatu kieruje owada w stronę otworu i już po chwili zaczyna on przemieszczać się w tamtym kierunku. Jest dość ciasno, a robi się jeszcze ciasniej, gdy uciekiniera chwytają „szczęki” (tę strukturę już widać na zdjęciu — wygląda trochę jak uchwyt tokarki lub elektrycznej wiertarki), a wszystko po to, by przykleić mu z tyłu odwłoka dwie pyłkowiny. Troszkę to trwa, ale wreszcie „szczęki” się cofają i uwalniają pszczołę, która odlatuje z ładunkiem pyłku na plecach. Tyle że zbiórka cennych komponentów zapachowych jeszcze się nie zakończyła i nie mija wiele czasu, nim samiec ląduje na kolejnym storczyku, gdzie cała zabawa zaczyna się od nowa, z tą różnicą, że tym razem, gdy owad poszukuje wyjścia ewakuacyjnego, pyłkowiny są zdejmowane i mogą zostać wykorzystane do zapylenia znamienia słupka drugiej rośliny.

Ta intymna relacja kwiatów i ich zapylaczy tu uroczy przykład zjawiska, które biolodzy określają mianem koewolucji, czyli współewolucji. Koewolucję obserwujemy dość często u organizmów które mają sobie coś wzajem do zaoferowania, a w przypadku współpracy każda ze stron zyskuje. Z takim mechanizmem mamy do czynienia na przykład w świecie raf koralowych, gdzie — całkiem niezależnie w różnych częściach świata — rozwinęła się współpraca między rybkami-czyścicielami a innymi rybami. Czyściciele w rzeczywistości należą do bardzo różnych gatunków, a w niektórych rafach funkcję tę pełnią nawet nie ryby, a krewetki (skądinąd to wspaniały przykład ewolucji konwergentnej, czyli niezależnej). Tak czy inaczej czyściciele to wśród ryb raf koralowych całkiem popularny styl życia, coś jak polowanie, pasienie się czy mrówkożerność (anteating) u ssaków.

W każdym razie rafowi czyściciele zdobywają pożywienie w ten sposób, że wybierają pasożyty atakujące ciała większych ryb. Ich zysk jest w tym momencie oczywisty a korzystają również wszyscy pozostali, dowiódł tego eksperyment w którym na pewien czas usunięto czyścicieli z wybranego obszaru rafy. Jak się okazało, stan zdrowia bardzo wielu gatunków uległ wtedy pogorszeniu. (Obyczaje higieniczne zwierząt omawiam gdzie indziej).

O koewolucji możemy mówić również w przypadku gatunków które zdecydowanie nie odnoszą wzajemnych korzyści ze współpracy, choćby drapieżników i ich ofiar. W tym wypadku jednak częściej stosowanym określeniem jest „ewolucyjny wyścig zbrojeń”, a dyskusję na ten temat odkładam aż do Rozdziału XII.

NATURA JAKO PODMIOT DOKONUJĄCY WYBORU

Pozwólcie, że jak poprzedni, tak i ten rozdział zakończę podsumowaniem. Jak się przekonaliśmy, dobór — pod postacią doboru sztucznego, za którym kryją się ludzie-hodowcy — potrafi w ciągu zaledwie kilku stuleci przekształcić półdzikiego bezrasowca w pekińczyka, a kapustę w kalafior. Skala różnic między dwiema rasami współczesnych psów ilustruje (choć tylko w przybliżeniu), jak dużo ewolucyjnych zmian można osiągnąć w mniej niż tysiąclecie. W tym momencie pojawia się jednak pytanie, jak wiele mileniów trzeba uwzględnić, gdy weźmiemy pod uwagę całą historię życia. Jeśli w kategoriach ilościowych rozważamy różnice między wioskowym kundlem a pekińczykiem, analizujemy wyłącznie zdarzenia z kilku stuleci, co jednak, kiedy myślimy o tym, ile czasu upłynęło od początków ewolucji, albo, powiedzmy, od pojawienia się pierwszych ssaków, bądź wreszcie od chwili, gdy pierwsza ryba wyszła na ląd. Otóż życie zaczęło się nie kilkaset, a kilkaset milionów lat temu. Zgodnie z najlepszą współczesną wiedzą, nasza planeta liczy sobie około czterech miliardów sześciuset milionów lat; to 46 milionów wieków. Od czasu, gdy wspólny przodek wszystkich żyjących dziś ssaków przechadzał się po powierzchni Ziemi, minęło już dwieście milionów lat; to dwa miliony wieków. Dla człowieka stulecie to bardzo długo — czy potrafisz wyobrazić sobie dwa miliony stuleci?! A pomyśl tylko, czas jaki upłynął od chwili, gdy nasz pierwszy rybokształtny przodek wypłynął na ląd, to trzy i pół miliona wieków; to ponad dwadzieścia tysięcy razy dłużej niż zajęło wyhodowanie (ze wspólnego przodka) tych wszystkich, jakże się przecież różniących, współczesnych psich ras.

Wróćmy na koniec na chwilę do ilościowej analizy różnic między półdzikim psem a pekińczykiem. Trudno mówić w tym momencie o bardzo precyzyjnych miarach, przyjmijmy więc roboczo, co na razie zupełnie wystarczy, że między dwiema współczesnymi rasami wskazać można z grubsza dwukrotnie więcej różnic, niż dobór sztuczny wprowadził, by każdą z nich wyhodować ze wspólnego przodka. Teraz, mając to w pamięci, spróbuj ekstrapolować tę skalę ewolucyjnych zmian w przeszłość i to w okres dwadzieścia tysięcy razy dłuższy. Z takiej perspektywy łatwiej już chyba zaakceptować fakt, że dysponując tak długim czasem, ewolucja

mogła wprowadzić dość zmian, by dokonać transformacji ryby w człowieka. No dobrze — takie rozumowanie wymaga jednak, byśmy znali wiek Ziemi, a także potrafili wystarczająco precyzyjnie określić wiek skamieniałości, które służą jako punkty orientacyjne w naszej wyprawie. Obiecałem, że będzie to książka o świadectwach, czyli dowodach ewolucji, nie mogę więc wyłącznie zonglować datami, muszę je jakoś uzasadnić. Skąd zatem wiemy, ile lat ma określona skała? Skąd znamy wiek skamieniałości? A wiek Ziemi? Na jakiej podstawie wreszcie oceniamy wiek Wszechświata? Żeby odpowiedzieć na te wszystkie pytania, potrzebujemy dobrych zegarów, i właśnie zegarom poświęcony będzie kolejny rozdział.

ROZDZIAŁ IV
CISZA I POWOLNY
CZAS

Wśród historycznych negacjonistów część wykazuje się tylko kompletną niewiedzą z zakresu biologii. Trudniejszy problem z tymi, którzy twierdzą, że świat liczy sobie mniej niż dziesięć tysięcy lat*. To więcej niż ignorancja, to w zasadzie już czysta perwersja, ci bowiem ludzie negują nie tylko dorobek biologii, ale przy okazji całą współczesną fizykę, geologię, kosmologię, archeologię, historię, a nawet chemię. A ponieważ czas jest dla ewolucji kwestią zasadniczą, kolejny rozdział poświęcam pytaniu, skąd znamy wiek skał (i odnajdywanych przez nas skamieniałości). Odpowiedź na tak postawione pytanie będzie zarazem niezbitym dowodem, iż mówiąc o życiu na naszej planecie, poruszamy się w skali nie tysięcy, a tysięcy milionów lat.

Jak pamiętamy, ewolucjonista musi zachowywać się trochę jak detektyw, który pojawia się na miejscu zbrodni i ma odtworzyć przebieg wydarzeń. Żeby wyjaśnić co się działo, analizujemy ślady zdarzeń i procesów zachodzących w czasie i od czasu zależnych i właśnie do tego niezbędne są nam zegary. Jedną z pierwszych rzeczy, jakie robi detektyw, jest wezwanie lekarza albo patologa, który ma określić czas zgonu. Od tej informacji zależy bardzo wiele. Ktokolwiek przeczytał choćby jeden kryminał, doskonale wie, z jakim nabożeństwem podchodzi detektywi do ustaleń koronera. „Czas śmierci” to informacja o kluczowym znaczeniu, centralny punkt rozumowania, wokół którego dopiero detektyw tworzy mniej lub bardziej wiarygodne scenariusze zdarzeń. Oczywiście lekarz nie wie, kiedy popełniono zbrodnię, i może to tylko oszacować, co znaczy, że może się mylić; czasem nawet dość mocno. Żeby jak najściślej określić moment zgonu, patolodzy wykorzystują różne zależne od czasu miary — temperaturę ciała (spada w określonym tempie), występowanie plam opadowych, rigor mortis i tak dalej. Wszystko to nie są najdokładniejsze narzędzia (wiele zależy od czynników, o których mogą nie wiedzieć). Ewolucjoniści są w lepszej sytuacji, zegary bowiem, którymi my się posługujemy, są znacznie bardziej precyzyjne — oczywiście w odniesieniu do skali czasowej, w jakiej działa ewolucja. W każdym razie, w pewnym przynajmniej ujęciu, geolog trzymający w ręku kawałek jurajskiej skały potrafi dokładniej określić jej wiek niż lekarz pochylający się nad stygnącymi zwłokami czas zgonu.

Wymyślone przez ludzi zegary służą do mierzenia okresów bardzo krótkich, przynajmniej w ewolucyjnych standardach — godzin, minut, sekund — a zjawiska, które są w nich wykorzystywane to: ruch wahadła, ruch balansu w zegarku, drgania kryształu, czas spalania się świecy, przepływ wody lub piasku w klepsydrze, nawet

* Kościół katolicki od pewnego czasu dość zręcznie akceptuje naukowe szacunki wieku Ziemi i Wszechświata. Dla niektórych innych Kościołów chrześcijańskich, które wiarę wywodzą bezpośrednio z Pisma (zasada solā scriptorum), to znacznie trudniejsze wyzwanie. Richard Dawkins kieruje tę książkę w znacznym stopniu do angielskich i amerykańskich czytelników, którzy, zwłaszcza amerykańscy, z takim dosłownym odczytywaniem Biblii stykają się na co dzień. W Polsce poza pewnym (byłym już ma szczęście) europoseł, wiceministrem oświaty (również byłym) i grupką „radikalnych” kreacjonistów (zwykle odwołujących się zresztą do „nauczania Kościoła”) ta „szkoła” ma niewielu wyznawców, acz również i u nas stają się oni coraz aktywniejsi (przyp. tłum.).

obrót Ziemi (w zegarach słonecznych) zachodzą dość szybko. Wszystkie zegary bazują na procesach, które zachodzą ze stałą — i znaną — częstością.

Wahadło porusza się ze stałą prędkością, która zależy tylko od jego długości, a nie (teoretycznie przynajmniej) od amplitudy drgań ani masy wahadła. Zegary szafkowe działały na zasadzie połączenia wahadła torsyjnego z mechanizmem wychwytowym, który poruszał koła zębate, a ich obrót powoli, krok po kroku, przekładany był na ruch obrotowy sekundowej wskazówki minutowej i godzinowej. Zegary cyfrowe wykorzystują elektroniczny odpowiednik wahadła: drganie szczególnego typu kryształów, energię natomiast czerpią. Inaczej rzecz się ma z zegarami wodnymi i świecowymi, jakkolwiek znacznie mniej dokładne, były bardzo przydatne, zanim nie wynaleziono zegarów działających na polu zliczania różnych zjawisk. Tego typu zegary mierzą czas licząc, ale mierząc zmiany jakiejś wielkości. Zegar słoneczny to narzędzie jeszcze mniej precyzyjne, ale obrót Ziemi który jest zależny od czasu procesu, na którym opiera się działanie takiego zegara jest już wystarczająco dokładny od okresów taktowania powolniejszych zegarów — tych, które nazywamy kalendarzami. Dzieje się tak dlatego, że w tej skali korzystając z zegara mierzącego zmiany (czas na zegarze słonecznym odczytujemy ze zmieniającego się kąta padania promieni słonecznych), ale znów z zegara zliczającego: zliczane cykle dobowe.

Jednak użyteczność tak zegarów liczących, jak i mierzących, jest mocno ograniczona. Żeby śledzić przebieg ewolucji nie potrzebujemy bowiem zegarów, które podają nam obecny czas (co robi zarówno zegar słoneczny, jak zegar elektroniczny). Potrzebujemy raczej czegoś w rodzaju stopera, który da się zatrzymać, albo raczej wyzerować dla momentu, dzięki czemu będzie można obliczyć, ile upłynęło czasu od punktu wyjścia, czyli na przykład jak stary jest określony kawałek skały. Radioaktywne zegary, za pomocą których mierzy się wiek skał krystalicznych (wulkanicznych), zostały tak wyzerowane w momencie, gdy skała formowała się z roztopionej lawy.

Szczęśliwie dla nas jest więcej naturalnych zegarów, których nie trzeba wyzerować, więc można posłużyć się jednym z nich, by ustalić wskazania i dokładność innego. Jeszcze lepiej, że działanie takich zegarów obejmuje bardzo szeroki zakres skal czasowych, co jest istotne zwłaszcza dla ewolucjonisty, interesujące nas bowiem odcinki czasu w okresie o siedem, a nawet osiem rzędów wielkości. (Ponieważ to pojęcie będzie się jeszcze wielokrotnie pojawiało, może lepiej wyjaśnić je bliżej. Rząd wielkości to precyzyjna miara — zmieniamy jakąś liczbę o rząd wielkości, mnożąc albo dzieląc ją przez 10, a ponieważ posługujemy się systemem dziesiętkowym*, rząd wielkości to po prostu liczba cyfr przed lub po przecinku. Tak więc różnica ośmiu rzędów wielkości oznacza, że mówimy o wielkościach różniących się od siebie setki milionów razy. Sekundowa wskazówka

* Nasze przywiązanie do systemu dziesiętkowego to konsekwencja zwykłego ewolucyjnego przypadku, który sprawił, że mamy dziesięć palców u rąk. Fred Hoyle zauważył kiedyś, że gdybyśmy mieli po osiem palców, zapewne posługivalibyśmy się systemem ósemkowym, a wówczas pewnie o jakieś sto lat wcześniej udałoby się nam wynaleźć system dwójkowy i komputer.

zegara obraca się 60 razy szybciej niż minutowa i 720 razy szybciej niż godzinowa, zatem wszystkie trzy operują w zakresie trzech rzędów wielkości. W porównaniu z ośmioma rzędami wielkości, czyli skalą zakresu zegarów geologicznych, to bardzo niewiele). Oczywiście zegary bazujące na procesach radioaktywnych nadają się też do pomiaru zdarzeń zachodzących bardzo szybko, nawet w ułamkach sekund, ale ewolucyoniście nie na wiele się to przydaje — dokładność rzędu wieku (lub czasem dekady) zwykle w pełni nam wystarcza. Ów „najszybszy” kraniec spektrum naturalnych zegarów — słoje przyrostowe (pierścienie drzew) i datowanie radiowęglowe — przydaje się zarówno w archeologii, jak i przy określaniu „wieku” gatunków, przynajmniej w takiej skali czasowej, w jakiej doszło do udomowienia psów czy kapusty. Na przeciwnym krańcu tej skali potrzebujemy jednak naturalnych zegarów zdolnych odmierzać miliony, a nawet i miliardy lat. I — tu znów mamy szczęście — natura obdarzyła nas takimi, i dodatkowo jeszcze stworzyła ich całkiem sporo i o pokrywających się zakresach, tak że dane zawsze możemy weryfikować za pomocą kilku metod.

SŁOJE DRZEW

Zegar „słojowy” (czyli zliczanie słoików przyrostu rocznego) stosuje się do określania wieku drzewa — nawet belki nośnej w drewnianym domu — i jest to metoda nadzwyczaj dokładna, błąd pomiaru nie przekracza jednego roku. Jak to działa? Zasada jest dość prosta: wszyscy zresztą wiedzą, że wiek świeżo ściętego drzewa da się obliczyć, po prostu zliczając liczbę słoików (pierścieni) w pniu (najbardziej zewnętrzny słoik to przyrost z bieżącego roku). Pojedyncze słoje pokazują nam przy okazji sezonowe zróżnicowanie wegetacji — zima czy lato, pora deszczowa czy sucha — tym wyraźniej, im dalej od równika, albowiem wraz z szerokością geograficzną rosną różnice pogodowe między porami roku. Na szczęście nie trzeba ścinać drzewa, żeby poznać jego wiek, wystarczy nawiercić niewielki otwór i pobrać z pnia próbkę. Oczywiście jeśli ktoś chce wiedzieć, z którego roku pochodzi belka nośna w jego wiejskim domu, albo ile lat liczą sobie długie łodzie wikingów, samo liczenie pierścieni nie na wiele się zda, w tym wypadku bowiem należy posłużyć się nieco bardziej złożonymi metodami i przeanalizować kolejność, w jakiej pojawiają się grubsze i cieńsze słoje. Grubość słoja informuje nas, jak pamiętamy, również o warunkach pogodowych panujących w danym okresie, a jak łatwo się domyślić, dla drzew niektóre lata (na przykład z powodu panującej suszy) mogą być znacznie gorsze, inne zaś (odpowiedni poziom opadów i właściwa temperatura) korzystniejsze.

Zdarzają się też, i widać to po rocznych przyrostach, lata naturalnych kataklizmów, jak szalony El Nino czy erupcja Krakatau. Wszelkie tego typu zmiany pogodowe znajdują odzwierciedlenie we wzorcu słoików, a taki wzorzec — kolejność cieńszych i grubszych przyrostów — jest zawsze charakterystyczny dla określonego regionu i można go zidentyfikować we wszystkich drzewach pochodzących z danego miejsca. Dziedzina nauki, która zajmuje się takimi pomiarami, to dendrochronologia.

Dendrochronolodzy, dysponując wiedzą, kiedy określone drzewo zostało ścięte, mogą przyporządkować każdy słoję do konkretnego roku, a następnie stworzyć ogólny katalog wzorców służący do identyfikacji próbek, których wiek chcemy określić. I później można przeczytać na przykład: „Belka sufitowa zawiera sekwencje słoików, które odpowiadają w katalogu wzorcowym sekwencji występującej w latach 1541-1547. Można zatem przyjąć, że dom postawiono po roku 1547”.

No, dobrze — może ktoś pomyśleć — ale przecież niewiele rosnących dziś drzew rosnęło już w XVI wieku, nie mówiąc o epoce kamienia łupanego czy czasach jeszcze wcześniejszych. Co prawda, jest parę naprawdę długowiecznych gatunków drzew, choćby sosna długowieczna i sekwoja, które żyją nawet po kilka tysięcy lat, ale w ciesielce i stolarce stosuje się raczej drzewa nie starsze niż stuletnie. Na jakiej podstawie dendrochronolodzy mogą zatem stworzyć taki „wzorcowy katalog” dla dawniejszych epok, również tak dawnych, że nie było jeszcze nawet najstarszych sosen długowiecznych? Odpowiedź jest prosta i pewnie większość z was sama na nią wpadła. Tak — nakładanie się! Weźmy choćby linę. Nawet jeśli ma kilkadziesiąt metrów długości, przecież każde z włókien, z których ją spleciono, jest wielokrotnie krótsze i muszą one zachodzić na siebie.



Jak działa dendrochronologia

Zasada nakładania się wzorców (którą przedstawia powyższa ilustracja) stanowi właśnie podstawę datowania za pomocą słoików. Wystarczy sprawdzić, jaki wzorec występuje w pniu drzewa, którego wiek znamy, odnaleźć go w najmłodszych partiach drewna, które chcemy zidentyfikować, po czym zacząć wyszukiwać kolejne charakterystyczne sekwencje (tym razem już wiadomo, jakim latom je przyporządkować). I w zasadzie taką zabawę można ciągnąć dowolnie daleko w przeszłość, nawet miliony lat, wystarczy tylko badać coraz starsze skamieniałe pnie. W praktyce jednak dendrochronologię stosuje się w skali co najwyżej tysiącleci, lecz — co skądinąd fascynujące — w zasadzie nic nie stoi na

przeszkodzie, by w spetryfikowanym lesie, nawet liczącym sobie sto milionów lat, dokonywać pomiarów z dokładnością rzędu jednego roku! Pomyślmy tylko — wędrując po takim jurajskim parku można z absolutną pewnością ustalić, że jakieś konkretne drzewo żyło o 257 lat dłużej niż jego sąsiad. Ba — gdybyśmy mieli dość skamieniałości, by stworzyć taki sięgający w niewyobrażalną przeszłość ciąg wzorców, moglibyśmy stwierdzić nie tylko, że to las jurajski. Można by wówczas, zbadawszy skamieniały pień, orzec na przykład, że z całą pewnością drzewo, z którego pochodzi, rosło jeszcze w roku 151 432 637 p.n.e. Niestety, nasz „katalog” drzew wciąż ma spore luki i w praktyce dendrochronologia przestaje być przydatna przy okazach liczących sobie powyżej jedenastu i pół tysiąca lat. Zabawne jednak pomyśleć (choć może trochę i zwodnicze), że wystarczyłoby mieć do dyspozycji odpowiednio dużo skamieniałych pni, a dałoby się datować zdarzenia sprzed setek milionów lat z niemal idealną precyzją.

Słoje drzew to nie jedyna metoda datowania, pozwalająca osiągnąć taką dokładność. Są jeszcze na przykład warwy, czyli warstwy osadów powstające w jeziorach podczas zlodowaceń, i podobnie jak słoje w pniach, tak i warwy przyrastają w zmiennym rocznym rytmie, teoretycznie zatem można się nimi posługiwać równie skutecznie, jak dorobkiem dendrochronologii. Roczne przyrosty występują też w przypadku raf koralowych i te akurat dane zostały już wykorzystane do datowania trzęsień ziemi (słoje drzew też zresztą zawierają takie informacje). Pozostałe stosowane systemy datowania, w tym metody oparte na pomiarze radioaktywności, są już znacznie mniej dokładne, ale można powiedzieć, że błąd pomiaru jest proporcjonalny do skali czasowej, w jakiej je stosujemy, a tym razem mówimy już o dziesiątkach i setkach milionów, a nawet miliardach lat.

ZEGARY RADIOAKTYWNE

Skoro już zaczęliśmy mówić o metodach datowania wykorzystujących zjawisko promieniotwórczości, to przede wszystkim trzeba wiedzieć, że jest ich całkiem sporo, a za pomocą tego typu zegarów sięgać możemy w przeszłość odległą o setki, tysiące, a nawet i miliony lat. Błąd pomiaru każdej z metod nie przekracza zwykle jednego procenta, co oznacza jednak, że jeśli ktoś poszukuje skały miliardletniej, musi zadowolić się okazem, który może być o dziesięć milionów lat starszy lub młodszy. Podobnie w skali setek milionów lat będziemy oscylować parę milionów w przód lub tył, a przy znaleziskach liczących sobie kilkadziesiąt milionów lat błąd datowania sięgać może kilkuset mileniów.

Aby zrozumieć, jak działają takie zegary, trzeba wiedzieć co nieco o zjawisku promieniotwórczości, a przede wszystkim o izotopach. Otóż wszystkie obiekty materialne zbudowane są z pierwiastków, zwykle połączonych w związki chemiczne. Istnieje około stu pierwiastków (nieco więcej, jeśli uwzględnimy te, które udało się ludziom stworzyć w laboratoriach, nieco mniej, jeśli weźmiemy pod uwagę tylko pierwiastki występujące w naturze). Pierwiastkami chemicznymi są między innymi węgiel, żelazo, azot, glin, magnez, fluor, argon, chlor, sód, uran, ołów, tlen, potas,

cyna... Teoria atomowa (którą, mam nadzieję, wszyscy akceptują, nawet kreacjoniści) mówi, że „podstawową jednostką” każdego pierwiastka jest atom, a jeśli coś z niego odejmiemy, przestanie to już być atom tego konkretnego pierwiastka. A jak wygląda atom, powiedzmy, ołowiu, miedzi albo węgla? No, cóż — na pewno nie wygląda tak, jak ołów, miedź czy węgiel, które znamy z codziennego życia. W zasadzie nie wygląda jak cokolwiek, jest bowiem o wiele za mały, by wywołać jakikolwiek ślad na siatkówce naszego oka, nie da się go też zaobserwować nawet za pomocą najpotężniejszego mikroskopu. Chcąc wyobrazić sobie atom, możemy jedynie posłużyć się analogią.

Najstąnniejszym z takich modeli był model zaproponowany przez genialnego duńskiego fizyka Nielsa Bohra (dziś powszechnie uznawany za niezbyt przystający do współczesnej wiedzy, ale przyjmijmy, że na potrzeby poniższych rozważań to wystarczająco dobre przybliżenie), który zaproponował obraz atomu jako mini-układu słonecznego, z jądrem w roli centralnej gwiazdy, wokół którego zamiast planet krążą elektrony. Podobnie jak w każdym systemie planetarnym, tak i w tym modelu praktycznie cała masa skoncentrowana jest w „słońcu”, jeśli zaś mowa o objętości, to niemal całą konstytuuje próżnia rozdzielająca krążące wokół jądra elektrony, których rozmiary są w tej skali praktycznie zaniedbywalne. Można też — i to chyba moja ulubiona analogia — wyobrazić sobie jądro atomu jako muchę latającą nad środkiem boiska piłkarskiego, której najbliższym sąsiadem (czyli najbliżej położonym jądrem) jest inna mucha, okupująca centrum sąsiedniego boiska. Elektrony „należące” do każdego z atomów (boisk) latają wokół owych „centralnych” much i są zbyt małe, by można je było zobaczyć w tej samej skali, co muchy. Kiedy patrzymy na bryłę żelaza albo skałę, w rzeczywistości widzimy coś, co jest niemal absolutną pustką, wyglądają one tak solidnie i nieprzejrzyście, ponieważ naszym zmysłem i mózgom wygodniej tak je postrzegać — skała powinna robić na nas takie „solidne” wrażenie choćby dlatego, że nie możemy przez nią przeniknąć. „Nieprzenikalność” to nasza forma doświadczania obiektów materialnych, przez które nie możemy przejść lub przelecieć, co wynika z działania sił elektromagnetycznych pomiędzy atomami. „Nieprzenikliwość” z kolei to doświadczenie, gdy światło odbija się od powierzchni obiektu, i przez niego nie przechodzi.

(BRAK TEKSTU!)

Wróćmy jednak na chwilę do podstaw teoretycznych. Warto wiedzieć na przykład, że tylko niektóre izotopy są stabilne, na przykład ołów-202 ma bardzo krótki okres połowicznego rozpadu, podczas gdy izotopy ołowiu o liczbie masowej 204, 206, 207 i 208 są stabilne. Przy czym „niestabilny” w tym kontekście oznacza, że atom dość szybko ulega rozpadowi, z tym że oczywiście nie możemy przewidzieć dokładnie, kiedy coś takiego nastąpi, znamy jedynie moment, kiedy rozpadowi ulegnie określona część atomów składających się na daną próbkę. Właśnie ta przewidywalność stanowi podstawę wszelkich „radioaktywnych” zegarów, użyte bowiem wyżej określenie „niestabilne” w praktyce oznacza to samo, co

„radioaktywne”. Są różne formy rozpadu promieniotwórczego, które stwarzają możliwość tworzenia bardzo pożytecznych zegarów. W zasadzie wiedza o nich nie jest niezbędna dla zrozumienia ewolucji, pozwolę sobie jednak nieco szerzej omówić to zagadnienie, porównanie bowiem dokonań fizyków oraz precyzyjnych wyników, jakie osiąga współczesna nauka, której zawdzięczamy izotopowe metody datowania, z desperackimi próbami kreacjonistów usilnie starających się podtrzymać mit młodej Ziemi jest doprawdy bardzo interesującym doświadczeniem.

Kluczową rolę w przypadku rozpadu promieniotwórczego pełnią neutrony. Przy pewnych postaciach rozpadu neutron przekształca się w proton, a wówczas, jakkolwiek liczba masowa nie ulega zmianie (masa obu cząstek pozostaje identyczna), liczba atomowa wzrasta o jeden, mamy zatem do czynienia z innym pierwiastkiem, o krok dalej w układzie okresowym — na przykład sód-24 staje się magnezem-24. W innych reakcjach jądrowych występuje proces przeciwny i proton przekształca się w neutron. Oczywiście liczba masowa znów nie ulega zmianie, ale liczba atomowa zmniejsza się o jedną jednostkę, czyli powstaje atom o jedno miejsce wcześniejszy w układzie okresowym. Przy trzeciej postaci rozpadu promieniotwórczego efekt jest identyczny (liczba atomowa mniejsza o jeden, jeden numer „bliżej” w układzie okresowym), tyle że mechanizm nieco inny, tym razem bowiem rozpad zachodzi dlatego, że blakający się swobodnie neutron trafia w jądro i niejako wybija stamtąd jeden proton, po czym zajmuje jego miejsce. Istnieją też bardziej złożone formy rozpadu, kiedy to atom emituje cząstkę (tzw. cząstkę alfa) składającą się z dwóch protonów i dwóch neutronów. Łatwo policzyć, że po takim zdarzeniu liczba masowa zmniejsza się o cztery, a liczba atomowa (i miejsce w układzie okresowym) o dwa. Z rozpadem takim mamy do czynienia na przykład przy silnie radioaktywnym uranie-238 (92 protony i 146 neutronów); w wyniku reakcji jądrowej i emisji cząstki alfa otrzymujemy tor-234 (90 protonów i 144 neutrony).

Z naszego punktu widzenia najważniejsze jest to, że rozpad promieniotwórczy, nawet w przypadku silnie radioaktywnych i niestabilnych izotopów, zachodzi w stałym, ściśle określonym (i charakterystycznym dla danego pierwiastka) tempie, co więcej, czas ten jest bardzo różny dla różnych pierwiastków i różnych izotopów. Trzeba też pamiętać, że rozpad promieniotwórczy jest to proces zachodzący wykładniczo (zmiany zachodzą proporcjonalnie) — nie można powiedzieć, że zawsze w określonym czasie dojdzie do przemiany, dajmy na to, 10 gramów jednego pierwiastka w inny. Rozpadowi ulega określona proporcjonalnie część próbki. Miarą powszechnie stosowaną w fizyce jest okres połowicznego rozpadu, czyli czas potrzebny do rozpadu połowy ogólnej liczby atomów określonego izotopu — trzeba podkreślić, że jest on niezależny od tego, ile atomów już uległo rozpadowi, zawsze bierzemy pod uwagę aktualną liczbę atomów (na tym właśnie polega wykładniczy charakter połowicznego rozpadu). Oczywiście stosowanie takiej miary — czyli ciągłe dzielenie na pół — sprawia, że w zasadzie nigdy nie możemy powiedzieć, że wszystkie atomy już się rozpadły. Z drugiej jednak strony, kiedy minie wystarczająco dużo czasu (można przyjąć, że wystarczy dziesięciokrotność okresu połowicznego rozpadu), atomów interesującego nas izotopu pozostaje tak mało, że z praktycznego

punktu widzenia jakby w ogóle już ich nie było. Co to oznacza? Na przykład to, że skoro izotop ^{14}C ma okres połowicznego rozpadu poniżej sześciu tysięcy lat, to dla próbek starszych niż pięćdziesiąt, sześćdziesiąt tysięcy lat metoda radiowęglowa jest praktycznie bezużyteczna i trzeba posługiwać się jakimś innym, powolniejszym zegarem.

Okres połowicznego rozpadu rubidu-87 wynosi czterdzieści dziewięć miliardów lat, fermu-244 — 3,3 milisekundy. Te (ekstremalne, przyznam) przykłady dobrze ukazują, jak olbrzymie spektrum zegarów mamy do wyboru. Węgiel-15 ma okres połowicznego rozpadu 2,4 sekundy, to nieco zbyt mało, żeby rozwiązywać za jego pomocą ewolucyjne zagadki, ale już izotop ^{14}C , z okresem połowicznego rozpadu 5730 lat, świetnie nadaje się do datowania w skali archeologicznej (do datowania metodą radiowęglowa wrócimy za chwilę), natomiast w ewolucyjnej skali najpowszechniej używany jest obecnie potas-40, którego okres połowicznego rozpadu wynosi ok. 1,26 miliarda lat, i to właśnie jemu bliżej się teraz przyjrzymy i na jego przykładzie postaram się wyjaśnić całą koncepcję radiodatowania. Omawiana metoda nazywana jest czasem „zegarem potasowo-argonowym” (lub też metodą potasowo-argonową bądź metodą K-Ar). Nietrudno się chyba domyślić, że to z tego powodu, iż to właśnie argon występuje w układzie okresowym bezpośrednio przed potasem i to w niego potas się przekształca (w innej reakcji rozpadu argon-40 przechodzi w wapń-40). Najistotniejsze w tym momencie jest to, że jeśli zaczniemy z jakąś ilością potasu-40, to po miliardzie dwustu sześćdziesięciu milionach lat zostanie nam połowa, kolejne 1,26 miliarda lat i z tego znika kolejna połowa (czyli jedna czwarta pierwotnej liczby atomów) i tak dalej... Wyobraźmy sobie teraz, że w jakiejś izolowanej próbce mamy określoną ilość potasu-40 i zero argonu, mija kilkaset milionów lat, próbkę biorą do laboratorium naukowcy i mierzą proporcje potasu-40 i argonu-40. Nie musimy wiedzieć, ile było niegdyś potasu, bo informacja, jaką właśnie pozyskaliśmy — czyli stosunek liczby atomów jednego i drugiego izotopu — w pełni wystarcza, by oszacować, ile czasu minęło od chwili, gdy cały proces się zaczął, czyli, od momentu, gdy nasz radioaktywny zegar został „wyzerowany”.

Oczywiście, by cała metoda zadziałała, muszą być spełnione dwa warunki: po pierwsze trzeba znać aktualne względne proporcje ilościowe obu izotopów, po drugie cały zegar musi dać się wyzerować. Cóż to jednak znaczy? Żeby to zrozumieć, trzeba poznać pojęcie „krystalizacji”. Jak w przypadku wszystkich „radioaktywnych” zegarów stosowanych w geologii, tak i metoda potasowo-argonową działa tylko w przypadku skał nazywanych krystalicznymi (czyli skał magmowych). Są one produktem zastygnięcia magmy. Ze względu na geologiczne warunki powstania (czyli miejsce, gdzie następowało ochładzanie się magmy) wyróżniamy skały głębinowe (plutoniczne), wylewne (wulkaniczne) oraz żyłowe. Kiedy taka roztopiona skała zaczyna stygnąć i formować się na przykład w granit (pod ziemią) lub bazalt (na powierzchni), powstają kryształy. Nie są to jednak duże i na wpaół przezroczyste kryształy (jak na przykład kwarcu), czasem są zbyt małe, by w ogóle można je było zobaczyć gołym okiem. Znamy różne typy takich kryształów, a kilka spośród nich,

jak niektóre łyszczyki (miki), zawierają również potas, w tym i radioaktywny izotop potas-40. Najważniejsze jest to, że w momencie, kiedy taki kryształ dopiero powstaje (czyli kiedy dochodzi do zakrzepnięcia skały), argon w niej w ogóle nie występuje. Tak zostaje wyzerowany nasz zegar. W miarę, jak mijają miliony lat, powoli postępuje proces rozpadu i w kryształach ubywa atomów potasu, a przybywa argonu; wystarczy już tylko poznać proporcję izotopów i wiemy, ile lat upłynęło od momentu powstania skały. (Jak już wyjaśniałem, istotne są wyłącznie proporcje: w momencie „zero” było 100 (potas-40): 0 (argon-40), po 1,26 mld lat 50: 50, po dwóch i pół miliardach lat 25: 75 i tak dalej). Warto dodać, że skały magmowe zawierają jeszcze inne promieniotwórcze izotopy, nie tylko potas-40, a ponieważ dość szczęśliwie dla nas proces krystalizacji skały magmowej zachodzi bardzo szybko, w jednym odłamku mamy nieraz do dyspozycji nie jeden, a kilka „zegarów”, wszystkie wyzerowane w tym samym momencie.

Kłopot w tym, że radioaktywne zegary istnieją tylko w skałach krystalicznych, w których nigdy nie występują skamieniałości, te tworzą się bowiem w skałach osadowych (sedymentacyjnych), jak wapień czy piaskowiec, które nie są wystygłą lawą, ale produktem wietrzenia i warstwowego osadzania się starszych skał lub szczątków organicznych. Często wygląda to tak, że kolejne warstwy mułu, szlamu lub piasku osiadają na dnie jezior, mórz lub u ujścia rzek i z czasem powstaje z nich skała. Wtedy, jeśli w mułu czy piasku znajdują się szczątki organiczne, może dojść do ich fosylizacji. Procesowi temu ulega tylko niewielka część martwych zwierząt i roślin (lub ich fragmentów), a skały osadowe są jedynym źródłem skamieniałości. Tu właśnie tkwi problem, bo wieku takich skał nie da się określić metodą datowania izotopowego. Co prawda, spotyka się w nich okruchy, które zawierają nieco potasu-40 i innych radioaktywnych izotopów — czyli promieniotwórczych zegarów — nie ma z nich jednak wielkiego pożytku, nie są bowiem właściwie wyzerowane, albo też nie są zsynchronizowane. Na przykład ziarenka piasku tworzące piaskowiec mogą pochodzić ze zwiędziałych skał magmowych, jednak z różnych skał, powstałych nawet w bardzo odległych od siebie epokach. Każde ziarenko ma swój zegar, ale wyzerowany w momencie, gdy doszło do jego krystalizacji. Co więcej, nastąpiła ona na długo, długo przedtem, nim powstały osady i nim znalazło się w nich to, co dziś jest badane przez nas skamieniałością i czego wieku jesteśmy ciekawi. Tak więc z punktu widzenia promieniotwórczego chronometrażu skała osadowa tworzy jeden wielki chaos i zgromadzonych w niej informacji nie da się wprost wykorzystać. Najlepsze, co możemy zrobić — choć czasem to całkiem sporo — to sprawdzić datowanie skał magmowych występujących w pobliżu naszego znaleziska lub też fragmentów zawartych w interesującej nas próbce.

Rzecz jasna, określenie wieku skamieniałości możliwe jest nie tylko wówczas, gdy znajdziemy ją wciśniętą między dwie warstwy skał magmowych (coś na kształt kanapki). Taki obrazek to całkiem niezła metafora metod, jakimi się posługujemy, na szczęście w praktyce są one znacznie bardziej wyrafinowane. Przede wszystkim prawie wszędzie warstwy skał osadowych są dość podobne do siebie, co odkryto na długo przed wynalezieniem radiodatowania i dawno nadano im nazwy od epok

geologicznych, w których powstały, takich jak kambr, ordowik, dewon, jura, kreda, eocen, oligocen, miocen. (Warstwy dewońskie, jak łatwo się domyślić, to nie tylko osady z południowo-wschodniej Anglii — tam właśnie leży hrabstwo Devon — ale skały występujące dość powszechnie, nieraz o podobnym składzie, a co więcej, zawierające dość podobne skamieniałości). W każdym razie geolodzy od dawna wiedzą, w jakim porządku występują kolejne warstwy skał, natomiast zanim nauczyliśmy się je datować, nie sposób było określić, kiedy doszło do osadzenia się danej warstwy. Z kolejnością było łatwiej, bo starsze osady zwykle znajdują się pod młodszymi. Na przykład warstwy dewońskie są starsze od karbońskich (karbon wziął swą nazwę od węgla, bo są to zwykle warstwy węglonośne), a wiemy to stąd, że tam, gdzie sąsiadują, dewońskie leżą poniżej. Zdarzają się wyjątki od tej reguły, ale dzieje się tak tylko wtedy, gdy — co wynika z innych świadectw — całe pokłady skalne uległy nachyleniu albo wręcz doszło do ich odwrócenia „do góry nogami”. Jedno jeszcze niezbędne uzupełnienie — mało gdzie da się znaleźć kompletny zbiór warstw osadowych, od kambryjskich na samym dole po najmłodsze na górze. Sedymenty z określonych epok są jednak do siebie na tyle podobne, że porównując znaleziska z różnych regionów, możemy bez większych problemów sporządzić ich katalog.

Jak widać, zanim jeszcze potrafiliśmy określić wiek skamieniałości, znaleźliśmy kolejność, w jakiej występują (żeby być precyzyjnym — kolejność powstawania skał, w których je znajdujemy). Wiedzieliśmy zatem, że na całym świecie osady kambryjskie są starsze od ordowickich, te od sylurskich, potem jest dewon, karbon, perm, trias, jura, kreda i tak dalej.

Poszczególne warstwy geologiczne podlegają też dalszemu podziałowi i dlatego mówimy o górnej, środkowej i dolnej kredzie na przykład. Teraz wyłania się następna kwestia — skoro warstwy identyfikowane są zwykle na podstawie odnajdywanych w nich skamieniałości, a kolejność pojawiania się skamieniałości chcemy wykorzystać jako świadectwo ewolucji, czy nie odwołujemy się w ten sposób do argumentacyjnego błędnego koła. Na pewno nie! Proszę zresztą pomyśleć — kambryjskie skamieniałości tworzą bardzo charakterystyczne, unikatowe nagromadzenia szczątków określonych gatunków, dające się bez najmniejszych wątpliwości zidentyfikować jako kambryjskie. Je właśnie wykorzystujemy, jako etykiety, dzięki którym pewne skały możemy uznać za kambryjskie. To dlatego firmy poszukujące złóż ropy często zatrudniają paleontologów — bo potrafią oni bardzo precyzyjnie określić, z jakiej epoki pochodzi dana warstwa; przydatne do tego celu są zwłaszcza mikroskamieniałości, na przykład otwornice lub promienice (radiolarie).

Na podstawie obecności charakterystycznych skamielin identyfikujemy określone skały jako, dajmy na to, ordowickie lub dewońskie, permskie czy sylurskie. Z kolei dzięki zbieranym na całym świecie danym geologicznym wiemy, które warstwy są starsze, a które młodsze. I dopiero teraz, dysponując takimi dwoma niezależnymi zbiorami danych, możemy przyjrzeć się skamieniałościom odnajdywanym w kolejnych (mówimy o porządku starszeństwa) warstwach i zadać

pytanie, czy da się zaobserwować jakąś sensowną w kategoriach ewolucyjnych sekwencję: czy można mówić o określonym kierunku zmian (postępie ewolucyjnym)?; czy określone skamieniałości (na przykład kości ssaków) występują zawsze po określonej dacie, nigdy wcześniej? Otóż odpowiedź na oba te pytania zawsze i nieodmiennie brzmi: tak. I nie ma żadnych wyjątków! Stanowi to potężny dowód na rzecz ewolucji i nikt nie może zarzucić, że jest to tylko nieuchronna warstw i chronologicznego porządkowania znalezisk).

Tak więc jest faktem, że szczątki niczego, co choćby w przybliżeniu moglibyśmy uznać za ssaka, nigdy nie zostały znalezione w dewońskich albo starszych skałach osadowych. I nie jest tak, by skamieniałości tego typu występowały statystycznie rzadziej w skałach dewońskich — nie, po prostu w skałach w określonym wieku i starszych ich nie ma i już. A przecież, teoretycznie rzecz biorąc, wcale nie musi tak być. Przecież mogłoby się zdarzyć, że kopiąc głębiej, niż leżą warstwy dewońskie, i przebijając się przez sylur i ordowik aż do kambru, raptem natkniemy się znów na ssaki. Fakt, iż tak się nie zdarza, dowodzi, że mamy w rękach potężny argument. Gdyby ktoś odnalazł w kambryjskich osadach szczątki ssaka, obaliby teorię ewolucji — wbrew temu, co głoszą niektórzy, teoria ewolucji jest bowiem teorią naukową i jej podstawowe twierdzenia są falsyfikowane. Powrócimy do tego w Rozdziale VI.

Wysiłki kreacjonistów, by wytłumaczyć takie znaleziska, doprawdy potrafią rozśmieszyć do łez. Niektórzy z nich twierdzą na przykład, iż chronologię odnajdywanych przez nas skamieniałości różnych grup zwierząt doskonale tłumaczy biblijny potop i arka Noego. By nie być gołosłownym — oto cytaty z jednej z cenionych kreacjonistycznych witryn:
Sekwencja skamieniałości w warstwach geologicznych jest następująca:

(i) BEZKRĘGOWCE (wolno poruszające się stworzenia morskie) zginęły pierwsze, a po nich szybciej poruszające się ryby, przygniecione przez niesiony przez falę powodziową muł.

(ii) PŁAZY (blisko brzegu) zginęły w następnej kolejności, gdy wody się podniosły.

(iii) GADY (wolno poruszające się stworzenia lądowe) były następnymi ofiarami.

(iv) SSAKI mogły uciekać przed nadciągającą falą. Największe i najszybsze przetrwały najdłużej.

(v) LUDZIE byli najbardziej pomysłowi, mogli na przykład chwycić się przepływających kłód i w ten sposób uciekać przed powodzią.

To bez wątplenia w pełni satysfakcjonujące wyjaśnienie, dlaczego w takiej

właśnie kolejności odnajdywane są skamieniałości w osadach skalnych. Przyczyną nie jest to, w jakiej kolejności te grupy zwierząt ewoluowały, lecz jedynie, jak długo udało im się przetrwać potop w czasach Noego.

Pomijając już inne powody, pozwalające zakwestionować to zadziwiające rozumowanie, wystarczy tylko, iż taki przebieg zdarzeń tłumaczyłby wyłącznie tendencję statystyczną — więcej ssaków w określonej warstwie bo te zwierzęta potrafiły szybciej uciekać przez wznoszącą się wodą niż gady. Tymczasem — i tym razem w pełni zgodnie z teorią ewolucyjną — w niżej położonych warstwach geologicznych w ogóle nie ma ssaków. Kreacjonistyczna hipoteza „zmykaj, gdzie pieprz rośnie” miałaby nieco mocniejsze podstawy, gdyby różnice były stopniowe, gdyby, powiedzmy, w najstarszych warstwach można było znaleźć mniej skamieniałych kości ssaków. Nic z tego, powtarzam — nie można znaleźć ani jednego trylobita w warstwach młodszych niż permskie i ani jednego dinozaura (nie licząc ptaków) powyżej osadów kredowych. Tu też nie ma żadnej statystycznej tendencji...

Wróćmy jednak do datowania i radioaktywnych zegarów. Znamy zatem kolejność geologicznych warstw (identyczną na całej Ziemi), a co więcej, możemy wykorzystać skały magmowe, położone bezpośrednio pod lub nad interesującą nas warstwą (albo stanowiące jej fragment), żeby określić wiek konkretnych osadów, czyli również występujących w nich skamieniałości. Jeśli uda się zastosować nieco bardziej precyzyjną metodę, będziemy nawet potrafili uszeregować ze względu na wiek skamieniałości wewnątrz warstwy — od najstarszych po najmłodsze. I nie dotyczy to tylko skamieniałości znajdujących się w bezpośredniej bliskości skał magmowych. Do określenia, czy pochodzą one, powiedzmy, z późnego dewonu, wystarczy nam wiedza, na jakiej głębokości warstw dewońskich je znaleźliśmy, to zaś, że dewon skończył się jakieś trzysta sześćdziesiąt milionów lat temu, wiemy dzięki datowaniu skał magmowych występujących w sąsiedztwie osadów dewońskich na tych obszarach, gdzie z taką koincydencją mamy do czynienia.

Datowanie potasowo-argonowe to tylko jedna z wielu metod dostępnych dziś geologom. Są też inne techniki, działające na tej samej zasadzie, ale w innych skalach czasowych. Tabelę takich geologicznych zegarów — od najwolniejszych do najszybszych — zamieszczam poniżej:

| niestabilny izotop produkt rozpadu | okres połowicznego rozpadu | (lata) |
|---|---------------------------------------|----------------|
| rubid-87 | stront | 49,000,000,000 |
| ren-187 | osm-187 | 41,600,000,000 |
| tor-232 | ołów-208 | 14,000,000,000 |
| uran-238 | ołów-206 | 4,500,000,000 |
| potas-40 | argon-40 | 1,260,000,000 |

| | | |
|-----------|------------|-------------|
| uran-235 | ołów-207 | 704,000,000 |
| samar-147 | neodym-143 | 108,000,000 |
| jod-129 | ksenon-129 | 17,000,000 |
| glin-26 | magnez-26 | 740 |
| węgiel-14 | azot-14 | 5,73 |

Przy okazji raz jeszcze zwracam uwagę, jak szerokie możliwości otwiera przed nami operowanie metodami bazującymi na okresie połowicznego rozpadu różnych izotopów: od czterdziestu dziewięciu miliardów lat na „najpowolniejszym” krańcu po zaledwie sześć tysięcy na krańcu „najszybszym”. Trzeba też dodać, iż owe szybsze zegary, jak choćby węgiel-14, działają na nieco innej zasadzie, a to dlatego, że „zerowanie” przebiega w tym przypadku zupełnie inaczej. Wszystko dlatego, że gdy mamy do czynienia z izotopami o krótkim okresie połowicznego rozpadu atomów, które tworzyły minerały podczas formowania skorupy ziemskiej, dawno już nie ma. Zanim przejdziemy do bardziej szczegółowego omówienia metody datowania węglowego, zwróćmy jeszcze uwagę na kolejne dowody jednoznacznie wskazujące, że wiek naszej planety należy liczyć w miliardach lat.

Zacznijmy od tego, że w sposób naturalny na Ziemi istnieje 308 różnych izotopów — 150 stabilnych i 158 niestabilnych. Z tych 158 niestabilnych 121 albo praktycznie już nie występuje, albo też spotyka się tylko dlatego, że nieustannie powstają nowe atomy. Tak dzieje się z węglem-14 (wkrótce do tego wrócimy). Przyjrzyjmy się jednak pozostałym 37 izotopom, tym nadal istniejącym — otóż okazuje się, że każdy z nich ma okres połowicznego rozpadu dłuższy niż siedemset milionów lat, natomiast spośród pozostałych 121 (tych, które „wyginęły”) wszystkie mają okres półrozpadu krótszy niż dwieście milionów lat. Nie dajmy się jednak zwieść tym dwustu milionom — pamiętamy przecież, że mówimy o połowicznym, a nie całkowitym rozpadzie! Pomyślmy choćby, co mogło się stać z izotopami o okresie połowicznego rozpadu poniżej stu milionów lat. Nietrudno zgadnąć — wszak, jak już wiemy, izotopy mające okres połowicznego rozpadu krótszy niż jedna dziesiąta wieku Ziemi z praktycznego punktu widzenia można uznać za naturalnie już niewystępujące. Oczywiście istnieją od tej reguły pewne wyjątki, niemniej w zasadzie przynajmniej obserwujemy na naszej planecie wyłącznie izotopy na tyle stabilne, by przetrwały — tak jak ona — wystarczająco długo. Jednym z tych wyjątków jest właśnie węgiel-14, a jego wyjątkowość jest rzeczywiście dość szczególnej natury, ten bowiem akurat izotop w sposób naturalny nieustannie odtwarza się na nowo. To jednak oznacza, że jako zegar podlegać musi specjalnym prawom, a istotną staje się zwłaszcza metoda zerowania.

WĘGIEL

Spośród wszystkich pierwiastków węgiel ma dla istot żywych największe znaczenie — bez niego trudno nawet sobie wyobrazić życie na naszej planecie. O tej

wyjatkowości decydują szczególne właściwości tego pierwiastka, a przede wszystkim umiejętność tworzenia łańcuchów, pierścieni i innych złożonych struktur molekularnych. Elementem łańcucha pokarmowego węgiel staje się za pośrednictwem mechanizmu fotosyntezy — to reakcja chemiczna, podczas której rośliny zielone pobierają z atmosfery dwutlenek węgla i, wykorzystując energię słoneczną, wiążą węgiel i wodę (czyli wodór i tlen) w cukry. Wszystkie atomy węgla w naszym organizmie (i w organizmach wszystkich żywych istot) pochodzą właśnie z atmosferycznego dwutlenku węgla, a w miarę jak oddychamy, wydalamy i ostatecznie umieramy, powracają do atmosfery; to laki naturalny recykling.

Węgiel wchodzący w skład atmosferycznego CO₂ to praktycznie wyłącznie stabilny izotop ¹²C. Tylko z grubsza jeden atom na trylion to radioaktywny węgiel-14, z okresem połowicznego rozpadu ok. 5730 lat (jak pamiętamy, efektem rozpadu jest izotop ¹⁴N). Dla roślin jednak te dwa izotopy węgla niczym się nie różnią. Węgiel to węgiel i biochemiczna maszynaria roślinna przerabia oba izotopy w takiej proporcji, w jakiej występują w naturze. Następnie, w miarę jak roślinożercy trawią rośliny, a potem same są zjadane przez mięsożerców, obie postacie węgla zostają włączone w łańcuch pokarmowy — zwróćmy uwagę, że w stosunku do liczącego blisko sześć tysięcy lat okresu połowicznego rozpadu węgla-14 ten proces zachodzi relatywnie szybko. W każdym razie wszystkie żywe organizmy, czy to rośliny, czy zwierzęta, mają „w sobie” oba izotopy i to dokładnie w takiej proporcji, w jakiej można je znaleźć w atmosferze.

Kiedy zatem następuje wyzerowanie naszego węglowego zegara? Otóż dokładnie w chwili śmierci organizmu (nieważne czy zwierzęcia, czy rośliny), w tym bowiem momencie zostaje on odcięty, od „świeżych dostaw” promieniotwórczego izotopu — martwy organizm przestaje być aktywnym elementem łańcucha pokarmowego i już nie trafiają doń nowe atomy. Od chwili śmierci zatem wszystkie atomy węgla-14 znajdujące się w czymś, co teraz jest rozkładającymi się zwłokami, butwiejącym kawałkiem drewna albo strzępem tkaniny (czymś niezaprzeczalnie martwym, w każdym razie), podlegają prawom rozpadu, a proporcja obu izotopów tego pierwiastka, promieniotwórczego i stabilnego, coraz bardziej odbiega od naturalnej proporcji, z jaką mamy do czynienia czy to w atmosferze, czy to w żywym organizmie.

Kiedy upłynie odpowiednio dużo czasu, w naszej „próbce” znajdziemy już tylko atomy węgla-12 (a dokładniej mówiąc, liczba atomów ¹⁴C będzie tak znikoma, że praktycznie niewykrywalna). Teraz już chyba widać, że względna proporcja obu izotopów może nam służyć do oszacowania, jak wiele czasu upłynęło od śmierci organizmu, czyli od momentu, gdy przestał on aktywnie uczestniczyć w procesie wymiany tworzącym łańcuch pokarmowy. Mniej więcej tak to działa, a wszystko dzięki temu, że „zapasy” atmosferycznego węgla-14 są stale odbudowywane (gdyby było inaczej przy tak krótkim okresie połowicznego rozpadu izotop ten dawno już znikłby z naszej planety, co spotkało wiele innych naturalnych izotopów). Atomy węgla-14 powstają za sprawą promieniowania kosmicznego docierającego do

górnych warstw ziemskiej atmosfery. Głównym gazowym składnikiem atmosfery jest azot, a ten pierwiastek ma taką samą liczbę masową jak izotop ^{14}C — 14. Różnica polega na tym, że węgiel-14 ma sześć protonów i osiem neutronów, a azot po siedem obu tych cząstek.

Kiedy cząstki promieniowania kosmicznego trafią w proton wchodzący w skład jądra atomu azotu, ulega on przekształceniu w neutron, a ta reakcja jądrowa zmienia atom azotu w atom węgla (te dwa pierwiastki sąsiadują w układzie okresowym, węgiel jest pierwszy). Tempo zachodzenia tej reakcji jest (przynajmniej w skali stuleci) względnie stałe i dlatego możemy posługiwać się datowaniem radiowęglowym. Metodę tę da się jeszcze ulepszyć, jako że względną stałość zachodzących w atmosferze reakcji jądrowych możemy dodatkowo „wyskalować” i już bardzo dokładnie określić, jak obfite były każdego roku „świeże dostawy” atmosferycznego węgla-14. To dość proste — jak pamiętamy, dla okresów obejmujących kilka tysięcy lat dysponujemy jeszcze jedną i tym razem bardzo dokładną metodą datowania, a mianowicie dendrochronologią. Porównując datowanie próbek drewna metodą węglową i metodą zliczania słoików, osiągamy bardzo precyzyjne skalibrowanie tej pierwszej i już tak wyregulowanym narzędziem posługujemy się przy szacowaniu wieku organicznych szczątków dla których metody dendrochronologiczne są niedostępne (czyli większości badanych znalezisk).

Datowanie radiowęglowe to relatywnie nowa metoda i po raz pierwszy zastosowano ją w latach 40. XX wieku. Początkowo, żeby metodę tę dało się wykorzystać, niezbędne były bardzo duże ilości materiału. Sytuacja zmieniła się dopiero w latach 70., dzięki zastosowaniu spektrometrii masowej. Od tego czasu wystarcza już mikroskopijna próbka materii organicznej, dzięki czemu w archeologii mogła nastąpić prawdziwa rewolucja. Przykładem zastosowania nowych technik radiodatowania, który przyciągnął powszechną uwagę, jest casus całunu turyńskiego. Ten kawałek tkaniny stał się tak sławny, bo w istocie łatwo dopatrzeć się na nim wyobrażenia brodatego, ukrzyżowanego mężczyzny, a wielu chrześcijan wierzy, iż obraz na płótnie jest odwzorowaniem postaci samego Chrystusa. Pierwsze pewne historycznie zapisy o istnieniu całunu pochodzą z XIV wieku, wiadomo też, że od roku 1578 przechowywany był on w Turynie, a w roku 1983 pieczę nad nim przejął Watykan. Kiedy dzięki spektrometrii masowej stało się możliwe datowanie na podstawie mikroskopijnych próbek, Watykan wreszcie wyraził zgodę na badanie i z całunu wycięto niewielki skrawek, który podzielono na trzy części, a te trafiły następnie do trzech najlepszych wówczas laboratoriów specjalizujących się w datowaniu metodą węglową. Naukowcy z Oksfordu, Arizony i Zurychu niezależnie przystąpili do pracy i wkrótce każde z laboratoriów opublikowało komunikat, kiedy rósł len, z którego powstało owo słynne płótno. Według Oksfordu było to w roku 1200, Arizona uznała, że w 1304, Zurych zaś podał datę 1274. Rozbieżność nie powinna zbytnio dziwić, taki bowiem margines błędu przy metodzie radiowęglowej nie jest niczym dziwnym, zwraca natomiast uwagę bliskość tych dat i połowy XIV wieku, kiedy to pierwszy raz pojawiły się wzmianki o całunie. No, cóż, spór wokół daty powstania całunu turyńskiego trwa nadal, ale nie dlatego, by ktoś kwestionował

wyniki datowania. Niektórzy niezgodne z oczekiwaniami katolików rezultaty badania tłumaczą tym, iż skład płótna uległ zmianie wskutek pożaru z roku 1532. Może nie będą dalej rozwijał tego wątku, także i z tego powodu, że to sprawa bardziej interesująca dla historyka niż dla ewolucjonisty. Przykład służył mi wyłącznie po to, aby ukazać metodę radiodatowania w działaniu, a przy okazji zwrócić uwagę, że dokładność, na jaką w tym wypadku możemy liczyć, to raczej stulecia niż lata (co jest osiągalne, jeśli możemy posłużyć się dendrochronologią).

Jak wielokrotnie podkreślałem, współczesny ewolucjonista-detektyw ma do dyspozycji wiele zegarów, a najlepiej, gdy posługuje się takimi, które działają w różnych, ale nakładających się na siebie skalach. Takie „radioaktywne” zegary można wykorzystywać do uzyskiwania niezależnych szacunków wieku dowolnego kawałka skały, oczywiście przy założeniu, że zostały wyzerowane jednocześnie, w momencie, gdy interesujący nas odłamek skały uległ zestaleniu. Najważniejsze natomiast, że kiedy przeprowadzimy już takie szacunki, ze wszystkich zegarów uzyskujemy zbieżne dane (oczywiście przy przyjęciu pewnego marginesu błędu). To pozwala mieć pewność, że nasze metody — i nasze zegary — działają prawidłowo. A zegary dobrze skalibrowane i przetestowane na skałach, których wiek znamy z innych źródeł, można z wystarczającą pewnością zastosować przy poszukiwaniu odpowiedzi na pytania tak interesujące, jak pytanie o wiek Ziemi. Dziś powszechnie przyjmuje się, że nasza planeta liczy sobie mniej więcej 4,6 miliarda lat, co poświadcza bardzo wiele różnych zegarów. Nie powtarzałbym tego tyle razy, gdyby nie fakt, że (o czym pisałem we Wstępie i szerzej dokumentuję w Dodatku) nadal niemal 40% Amerykanów — i niewiele mniej Europejczyków — twierdzi, że Ziemia liczy sobie nie więcej niż dziesięć tysięcy lat, a na pewno już nie miliardy. Co gorsza, zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych, ale również w znacznej części świata islamskiego, ci historyczni negacjoniści mają istotny wpływ na treść programów szkolnych.

Przyjmijmy na przykład, że taki historyczny negacjonista może wierzyć, iż błąd tkwi w metodzie potasowo-argonowej. Może na przykład — i z taką argumentacją zdarzyło mi się zetknąć — okres połowicznego rozpadu potasu jest tak długi dopiero od czasów potopu, wcześniej natomiast wynosił najwyżej setki lat, a nie miliard dwieście milionów z górą? I co wtedy? No cóż — przyznać trzeba, że to porażający argument. Czemuż to prawa fizyki miałyby raptem ulec tak olbrzymim i tak zadziwiającym zmianom? Tym bardziej, że owe nieoczekiwane zmiany objąć by musiały nie tylko potas i argon, ale wszystkie znane nam izotopy, posłużenie się bowiem dowolnym spośród nich nieodmiennie wskazuje, że nasza planeta liczy sobie od czterech do pięciu miliardów lat. Oczywiście taki pomiar możliwy jest tylko wtedy, jeśli uznamy, że okresy połowicznego rozpadu rozmaitych pierwiastków zawsze były takie jak obecnie, co jest w pełni zgodne z całą znaną nam dziś fizyką. Trzeba by doprawdy niemało się natrudzić, by wymyślić fizykę, która pozwoliłaby różnym izotopowym zegarom wskazywać, że narodziny Ziemi nastąpiły zaledwie parę tysięcy lat temu. A nie zaszkodzi w tym momencie dodać, że nasze dzisiejsze oszacowania sięgające miliardów lat w pełni zgadzają się też z wynikami uzyskanymi za pomocą innych technik, na przykład metodą rozszczepiania uranu. Pomyślmy

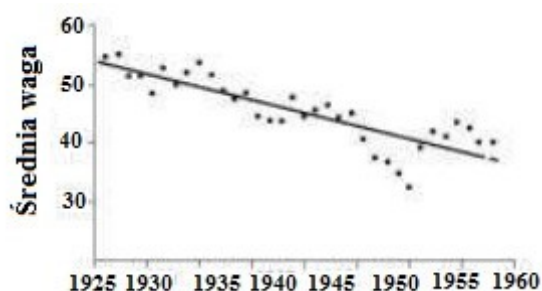
wreszcie, jak wiele różnych zegarów daje zbliżone wyniki i jak dużo trzeba by w fizyce pozmieniać, w jak licznych skalach czasu, by ich wskazania skurczyły o kilka rzędów wielkości. Doprawdy — trudno zwolennikom „młodej Ziemi” odmówić specyficznie rozumianej ambicji i determinacji w podtrzymywaniu mitu stworzenia pewnego pustynnego plemienia z epoki brązu.

Dodam może, że w tym rozdziale nie pisałem w ogóle o jeszcze jednym, bardzo ważnym dla ewolucjonisty czasomierzu — o zegarze molekularnym. Tę technikę omówimy jednak dopiero w Rozdziale X, wcześniej bowiem muszę wprowadzić moich czytelników w podstawy genetyki molekularnej.

ROZDZIAŁ V
MASZ TO PRZED
SAMYM NOSEM

Kilkakrotnie porównywałem ewolucjonistę do detektywa, który na podstawie śladów zbrodni stara się odtworzyć przebieg zdarzeń. Może jednak zbyt pochopnie stwierdziłem, że nie da się zobaczyć na własne oczy ewolucji „w działaniu”. Oczywiście, większość ewolucyjnych zmian nastąpiła, zanim na Ziemi pojawili się ludzie, niemniej można znaleźć przykłady procesów wystarczająco szybkich, byśmy mogli obserwować je „na żywo”.

Bardzo prawdopodobne na przykład, że coś takiego praktycznie za naszego życia działo się ze słoniami (nie przypadkiem sporo miejsca tym zwierzętom poświęcił sam Darwin — słonie to jeden z najwolniej rozmnażających się gatunków i wymiana pokoleń trwa u nich bardzo długo). Otóż główną przyczyną wysokiej śmiertelności afrykańskich słoni są bez wątpienia ludzie polujący na nie dla kości słoniowej, a skoro kość jest najważniejszym łupem, to nic dziwnego, że myśliwi poszukują głównie osobników z najdłuższymi kłami (tak przy okazji — kły to w rzeczywistości przekształcone siekacze). Teoretycznie więc od momentu nasilenia się polowań krótsze kły dawały zwierzęciu selekcyjną przewagę. Oczywiście, jak zwykle w ewolucji, każde zwierzę podlega różnym, nierzadko sprzecznym naciskom selekcyjnym. W odniesieniu do słoni na przykład długie kły bez wątpienia dają przewagę w konkurencji z innymi samcami, ale już w obliczu zagrożenia ze strony uzbrojonych w strzelby myśliwych stanowią raczej poważny handicap. To oznacza, że każde nasilenie aktywności myśliwych (obojętne, czy legalny odstrzał, czy kłusownictwo) zakłóca istniejącą równowagę i zwiększa presję na rzecz krótszych kłów. Jeżeli inne warunki są stałe, możemy w takiej sytuacji spodziewać się ewolucyjnych zmian w określonym kierunku, oczekivalibyśmy jednak, że tendencja zaznaczy się wyraźnie raczej po tysiącletniach niż na przestrzeni jednego ludzkiego życia. Czyżby? Przyjrzyjmy się więc twardym danym.



Zmiana wagi kłów słoni ugandyjskich

Powyższy wykres przedstawia oficjalne dane ugandyjskiego Departamentu Łowiectwa opublikowane w roku 1962. Statystyka obejmuje wyłącznie informacje o słoniach zabitych przez myśliwych działających na podstawie legalnej licencji, a dokładnie średnią wagę kłów osobników odstrzelonych w latach 1925-1958 (w tym okresie Uganda była protektoratem brytyjskim). Linia, jaką widzimy na wykresie, to nie wytwór intuicji, ale efekt zastosowania statystycznej techniki znanej jako regresja liniowa. Łatwo dostrzec, że przez te trzydzieści trzy lata mieliśmy do czynienia z wyraźnym spadkiem wagi kłów i jest to efekt statystycznie istotny.

Działa to z grubsza tak: wyobraźmy sobie, że przez taki wykres poprowadzimy wszystkie możliwe linie proste i dla każdej z nich zmierzmy odległości dzielące ją od umieszczonych na wykresie punktów, po czym dodamy do siebie te odległości (z pewnych względów, których jednak ze zrozumiałych zupełnie powodów nie będę tu szczegółowo analizował, operacji tej dokonujemy nie na samych danych liczbowych, a na kwadratach liczb). Ta prosta, dla której suma kwadratów odległości jest najmniejsza, to właśnie „linia regresji”. Umieszczona na wykresie, pokazuje nam, jaką tendencję można zaobserwować w analizowanym zbiorze. Kolejna operacja (zupełnie odrębna), jaką wykonują później statystycy, to analiza, na ile wiarogodnym wskaźnikiem trendu jest znaleziona prosta — w tym wypadku mówimy o testach istotności statystycznej, co, przekładając na „normalny” język, oznacza, że mowa tu o faktycznym, wystarczająco silnym trendzie, a nie o przypadkowych fluktuacjach.

Oczywiście nawet realny spadek długości kłów nie oznacza jeszcze, że możemy mówić o zmianach ewolucyjnych. Pomyślmy choćby o analogicznym wykresie przedstawiającym średni wzrost dwudziestoletnich mężczyzn w kolejnych latach XX stulecia. Nie ulega wątpliwości, że w olbrzymiej większości krajów wystąpiły w tym okresie bardzo wyraźne zmiany — ludzie są coraz wyżsi. Powszechnie jednak się przyjmuje, iż w tym wypadku nie należy mówić o zmianach ewolucyjnych, a raczej o konsekwencjach lepszego odżywiania. W przypadku słoni są jednak całkiem dobre powody, by podejrzewać, że mamy do czynienia z silną selekcyjną presją eliminującą osobniki o większych kłach. Zwróćmy zresztą uwagę, że oficjalne ugandyjskie dane mówią tylko o kłach zwierząt odstrzelonych legalnie, a głównym czynnikiem selekcji mogli być kłusownicy. Trzeba zatem bardzo poważnie traktować domniemanie, iż mamy do czynienia z trendem ewolucyjnym, a co więcej, z procesem zachodzącym bardzo szybko. Oczywiście w takiej sytuacji zawsze należy zachować ostrożność. Niemniej to możliwe, a nawet bardzo prawdopodobne, że wykres ilustruje działanie doboru naturalnego, a zatem odzwierciedla zmiany w częstości występowania określonych genów w populacji afrykańskich słoni, choć jak dotąd zmiany te nie zostały udokumentowane. Różnice między osobnikami o długich i krótkich kłach mogą mieć zatem charakter niegenetyczny. Osobiście jednak skłaniałbym się ku hipotezie, że w tym wypadku istotnie obserwujemy ewolucję przy pracy.

Podobnego zdania jest mój szanowny kolega dr Iain Douglas-Hamilton, światowy autorytet w dziedzinie populacji dzikich słoni afrykańskich, który taką możliwość również traktuje jak najpoważniej i uważa, że sprawa wymaga dalszych badań. Jego zdaniem rzeczywiście mamy do czynienia z wyraźnym ewolucyjnym trendem i to obejmującym okres znacznie dłuższy niż tylko lata 1925-1958. Dr Douglas-Hamilton wskazuje również, że ten sam mechanizm ewolucyjny odpowiada za brak kłów w wielu lokalnych populacjach słoni indyjskich. Może zatem istotnie mamy wyjątkową sposobność, by in statu nascendi obserwować działanie ewolucyjnej presji selekcyjnej i jej błyskawicznie pojawiające się efekty.

Skończmy na razie ze słoniami i przyjrzyjmy się kolejnemu przykładowi —

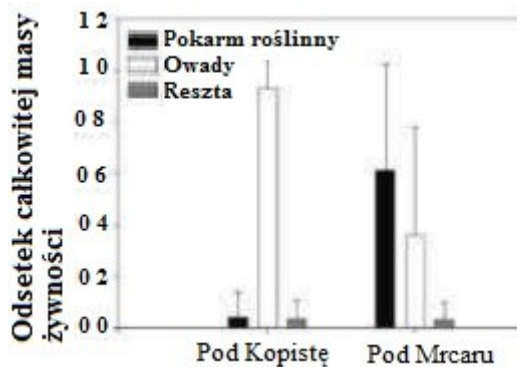
adriatyckim jaszczurkom, w ich przypadku dysponujemy bowiem naprawdę intrygującymi, nowymi badaniami.

JASZCZURKI Z POD MRCARU

W pobliżu chorwackiego wybrzeża leżą dwie niewielkie wysepki: Pod Kopistę i Pod Mrcaru. Na Pod Kopistę od dawna zamieszkiwały dość pospolite na obszarze Morza Śródziemnego jaszczurki należące do odżywiającego się głównie owadami gatunku *Podarcis sicula*. Na Pod Mrcaru nie było ich wcale. W roku 1971 biolodzy zdecydowali się „porwać” pięć par z Pod Kopistę — przewieźli je na drugą z wysp i tam wypuścili na wolność. W roku 2008 na wyspy zawitała kolejna grupa, tym razem belgijskich badaczy, kierowana przez Anthony'ego Herrela. Chcieli sprawdzić, co stało się z jaszczurkami, i na Pod Mrcaru natknęli się na kwitnącą populację tych gadów, a analiza DNA potwierdziła ich przynależność do gatunku *P. sicula*. Najwyraźniej wszystkie musiały być potomkami pierwszych pięciu par, przywiezionych na wyspę niespełna czterdzieści lat wcześniej. Naukowcy porównali jaszczurki zamieszkujące obie wysepki i okazało się, że istnieją między nimi wyraźne różnice. Wobec tego przyjęto całkiem logiczne, jak się wydaje, założenie, że jaszczurki zamieszkujące „ancestralną” wyspę, stosunkowo niewiele się przez te lata zmieniły i przystąpiono do szczegółowych porównań między „przodkami”, a „potomkami” (pamiętajmy, że mówimy w tym przypadku o odmianach współczesnych sobie populacji). Nawet jeśli założenie belgijskiego zespołu było błędne i populacja z Pod Kopistę ewoluowała równie szybko, jak jej „potomkowie”, to i tak mamy do czynienia z silnym ewolucyjnym zróżnicowaniem na przestrzeni zaledwie dziesięcioleci, czyli w skali krótszej od ludzkiego życia.

Czym zatem różniły się jaszczurki zamieszkujące obie wysepki (a przypominam, że mówimy o różnicach, które musiały pojawić się w ciągu zaledwie trzydziestu siedmiu lat)*. Jak się okazało, jaszczurki z Pod Mrcaru „wyewoluowały” na przykład znacznie większe głowy niż „oryginalna” populacja: większe, dłuższe i szersze, co między innymi przekłada się na większą siłę szczęk. Tego typu zmiany zachodzą zwykle, gdy jakiś gatunek przechodzi na bardziej wegetariański pokarm. Rzeczywiście — dieta jaszczurek z tej wysepki w większości (zwłaszcza latem) składała się z roślin, podczas gdy na Pod Kopistę, tak jak wcześniej, głównym pokarmem pozostały owady (stawonogi).

* Ewentualnie w okresie dwukrotnie dłuższym, jeśli przyjmiemy, że obie populacje niezależnie ewoluowały w tym samym tempie.



Skład diety jaszczurek na dwóch adriatyckich wyspach w porze letniej

Jeśli ktoś chciałby wiedzieć, do czego „wegetarianom” potrzebne są silniejsze szczęki, odpowiedź jest prosta: komórki roślinne, w przeciwieństwie do zwierzęcych, mają ściany z twardej celulozy. Dlatego roślinożercy, jak konie, krowy czy słonie, muszą mieć mocne zęby, którymi mogą, jak młyńskimi kamieniami, miażdżyć pokarm. To zupełnie inny typ uzębienia niż ostre zęby mięsożerców i cienkie jak szpileczki zęby pożeraczy owadów.

(BRAK TEKSTU!)

Eksperyment Lenskiego jest stresującą lekcją dla kreacjonistów i nic dziwnego, stanowi bowiem piękną demonstrację działania ewolucji i nie sposób jego wyników zakwestionować, nawet jeśli ktoś ma bardzo silną motywację (a tej kreacjonistom, zwłaszcza co bardziej zajadłym, nie można odmówić — do tego wątku wrócę). *Escherichia coli* to zwykła pałeczka okrężnicy, bakteria bardzo pospolita. Wokół nas są ich setki miliardów miliardów, a około miliarda, jak szacuje Lenski, mieszka w tej chwili w jelicie grubym każdego z nas. Większość z nich jest zupełnie nieszkodliwa, ba, odnosimy nawet pewne korzyści z ich obecności. Co pewien czas powstaje jednak jakiś zjadliwy szczep. Cóż, jeśli uwzględnimy wielkość populacji, takie ewolucyjne nowości nie powinny nikogo dziwić, choćby mutacje zdarzały się bardzo rzadko. Policzmy zresztą — nawet jeśli przyjmiemy, że prawdopodobieństwo mutacji podczas podziału komórki bakteryjnej wynosi jeden na miliard, to i tak zupełnie wystarczy, żeby każdego dnia gdzieś na świecie zmutował każdy gen w genomie tego gatunku. Z drugiej strony jednak można na to spojrzeć jak Richard Lenski: „To wielka szansa dla ewolucji”.

Lenski i jego zespół postanowili tę szansę wykorzystać, tyle że w laboratorium, w warunkach kontrolowanych. Eksperyment, a raczej cały cykl eksperymentów, zaplanowany został z niezwykłą starannością i dopracowany w najdrobniejszych szczegółach. Te detale są niezmiernie ważne w kontekście poszukiwania dowodów ewolucji, a opisywany tu program badawczy należy do najlepszych w tym nurcie. Dlatego nie chcę ich pominąć, to jednak oznacza, że następnych kilka stron będzie nieco odmiennych od reszty książki, nie tyle może trudniejszych, co wymagających nieco większego skupienia. (Z tego względu, jeśli mógłbym coś zasugerować,

proponuję, żeby przerwać na chwilę czytanie, jeśli ktoś jest znużony po długim dniu pracy, a dla ułatwienia podpowiem, że każdy — proszę wierzyć — detal w opisie ma znaczenie i nikt, kto prześledzi tekst uważnie, na pewno nie będzie musiał drapać się w głowę i zastanawiać, o co w tym wszystkim chodzi. Zatem zapraszam!

E. coli rozmnaża się bezpłciowo — prosty podział komórkowy — więc bardzo łatwo sklonować wielką liczbę genetycznie identycznych osobników w stosunkowo krótkim czasie. W roku 1988 Lenski stworzył taką populację, po czym rozdzielił ją do dwunastu pojemników z identyczną pożywką — agarową galaretką z cytrynianem (jako środkiem konserwującym) i glukozą jako źródłem kluczowego dla bakterii składnika pokarmowego, czyli węgla. Wszystkie pojemniki umieszczono w inkubatorze, gdzie bakteriom było ciepło i wygodnie, a dodatkowo co jakiś czas mieszano zawartość naczynek, by zapewnić wszystkim osobnikom (jeśli bakterie są osobnikami) równy dostęp do pożywienia. Właśnie tak wyglądały początki dwunastu odrębnych linii ewolucyjnych pałeczki okrężnicy, których przeznaczeniem były dwie dekady pełnego rozdzielania (można dopatrzeć się tu analogii z dwunastoma plemionami Izraela, wyjąwszy to, że Izraelitom wolno było zawierać mieszane małżeństwa).

Kolonii nie trzymano cały czas w tych samych pojemnikach — przeciwnie — codziennie każdy ze szczepów przenoszony był do nowego. (Proszę to sobie wyobrazić: dwanaście bakteryjnych linii ewolucyjnych przez dwadzieścia lat, to ponad siedem tysięcy szalek dla każdej linii). Tak więc co dzień do nowego, dziewiczo czystego naczynia przenoszono jedną setną populacji bakterii z szalki używanej poprzedniego dnia, a tam czekała już na nie świeża pożywka o wysokiej zawartości glukozy. W takich warunkach bakterie gwałtownie się mnożyły (czyli dzieliły), ale nie trwało to długo, już bowiem po upływie doby zaczynało brakować substancji odżywczych: nadchodziła era głodu. Innymi słowy każda z populacji przechodziła przez fazę błyskawicznej ekspansji, a potem osiągała stan równowagi. Wtedy badacze pobierali kolejną próbkę i cały cykl zaczynał się od nowa i tak tysiące razy. W przyspieszonym świecie bakteryjnych odpowiedników geologicznych epok zawsze po glukozowym eldorado następował głód, od którego uwolniony miał być tylko co setny „mieszkaniec” kolonii. Takich szczęśliwców, którzy — jak pasażerowie szklanej arki Noego — trafiali na nową szalkę, czekał następny glukozowy raj. To doprawdy więcej niż idealne warunki ewolucji, a kiedy jeszcze mamy dwanaście odrębnych ewolucyjnych scen...

Jak już mówiłem, Lenski i jego zespół pracowali nad tym projektem ponad dwadzieścia lat, a siedem tysięcy próbek w każdej linii to, uwzględniając średnio sześć, siedem bakteryjnych podziałów na dobę, niemal czterdzieści pięć tysięcy pokoleń. Przekładając to na ludzką skalę — czterdzieści pięć tysięcy pokoleń dzieli nas od *Homo erectus*. Z jednej strony wydaje się, że to dużo, ale przecież w historii naszego gatunku milion lat to znowu nie aż tak wiele. W każdym razie Lenski badał zmiany ewolucyjne w czasie, który dla bakterii był odpowiednikiem naszego miliona lat — pomyślmy, o ile więcej ewolucja mogłaby (i zdołała) dokonać w ciągu, na

przykład, stu milionów lat, a tyle liczy historia ssaków. Pamiętajmy też, że również sto milionów lat jest w standardach czasu geologicznego (czyli ewolucyjnego) dość krótkim okresem. (Tak na marginesie — cały projekt miał też bardzo interesujące „wątki poboczne”, na przykład w niektórych liniach po dwóch tysiącach pokoleń badacze zastąpili glukozę maltozą. Ja jednak pozostanę przy głównym, glukozowym projekcie.

W ciągu dwudziestu lat trwania eksperymentu badacze mogli co pewien czas porównywać ze sobą poszczególne kolonie i obserwować „działającą się ewolucję”. Regularnie też zamrażali próbki poszczególnych szczepów, dzięki czemu mieli do dyspozycji „wskrzeszane skamieniałości”, reprezentujące kluczowe punkty procesu ewolucyjnego. Przyznacie chyba, że projekt eksperymentu był naprawdę genialny. Jeśli ktoś jeszcze się z tym nie zgadza, proszę, oto kolejny dowód, jak precyzyjnie zostało zaplanowane całe badanie.

Jak pamiętamy, pisałem, że w dwunastu oryginalnych pojemnikach znalazły się klony, bakterie identyczne genetycznie. Ale nie do końca, a powód był bardzo interesujący. Otóż wcześniej Lenski badał w swoim laboratorium bakteryjny gen ara, który występuje w dwóch postaciach: Ara+ i Ara- (ara to w rzeczywistości operon, czyli grupa genów, ale dla dalszych rozważań nie ma to wielkiego znaczenia). Czym się one różnią, można wykryć, jeśli „posiejemy” bakterie na szali pokrytej agarą zawierającą cukier arabinozę i specjalny chemiczny barwnik — tetrazol. (Przy okazji — „wysiewanie” to w żargonie bakteriologów nazwa procedury polegającej na tym, że starannie rozmazujemy odrobinę zawiesiny zawierającej bakterie na szalce, na cienkiej warstwie agarowego żelu, a następnie umieszczamy ją w inkubatorze. Kolonie bakterii rosną na takiej pożywce, tworząc pierścienie — kolejne miniaturowe czarcie kręgi*). Jeżeli pożywka zawiera arabinozę i barwnik, różnicę między Ara+ i Ara- zobaczymy gołym okiem; niektóre kolonie będą białe, inne czerwone. Lenski i jego współpracownicy uznali, że obserwowanie tej różnicy może coś wnieść do już wówczas planowanego przez nich eksperymentu (słusznie, jak się zaraz przekonamy) i dlatego przy „zasiedlaniu” pierwszych próbek wykorzystali sześć szczepów Ara+ i sześć Ara-. Po co? Oto jeden z przykładów: zróżnicowanie kolorystyczne świetnie się przydało do weryfikacji codziennych procedur eksperymentalnych. Wystarczyło wysiewać nowe szalki naprzemiennie, a gdyby popełniony został jakiś błąd, na przykład zamieniono pipetki, bardzo szybko wyszłoby to na jaw (kolor!). Sprytne, nieprawdaż? Dbłość o procedury to kolejna cecha naprawdę dobrego naukowca. Pominąwszy jednak wariant operonu ara, dwanaście oryginalnych szczepów niczym się nie różniło, a ponieważ innych różnic między Ara+ i Ara- biolodzy przynajmniej dotychczas nie wykryli, w kontekście omawianego tu eksperymentu można uznać ten gen za odpowiednik kolorowych obrączek zakładanych ptakom przez ornitologów, wyłącznie po to, żeby łatwiej je było rozróżnić.

* Pierścień w tym kontekście nie jest tylko metaforą. Dokładnie z tych samych powodów mówimy o czarcich kręgach u niektórych grzybów, na przykład pieczarek.

No, dobrze. Mamy więc dwanaście odizolowanych szczepów i możemy obserwować ich podróż przez tysiące kolejnych generacji, a dodatkowo jeszcze zadbałszy, by wszystkie szczepy miały zapewnione identyczne warunki, choćby stałe cykle obfitości i ubóstwa. Pierwsze pytanie — czy w ogóle wystąpią jakieś różnice „międzypokoleniowe”? Czy potomkowie będą się różnić od przodków, a jeśli tak, czy we wszystkich dwunastu szczepach zmiany ewolucyjne będą takie same, czy też zaobserwujemy rozbieżności?

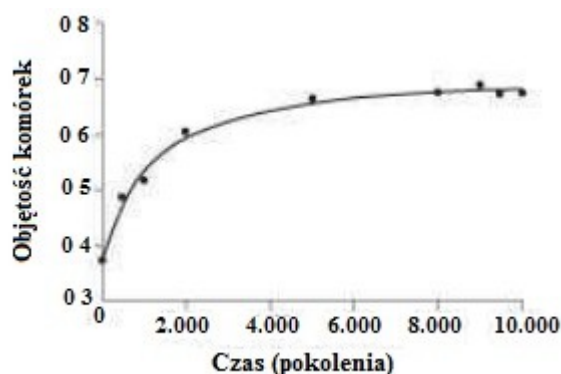
Jak mówiłem, pożywka zawierała glukozę i było to jedyne dostępne bakteriom źródło węgla. Eksperymentatorzy zadbałi też o to, by jej zasoby były ograniczone, co oznacza, że właśnie stężenie glukozy było kluczowym czynnikiem determinującym wielkość populacji i decydującym, kiedy osiągnie ona maksimum. (Inaczej mówiąc, gdyby badacze dodali rano do szalki więcej glukozy, dochowałiby się pod wieczór liczniejszej populacji, a gdyby dołożyli kolejną porcyjkę, kiedy pierwsza już się skończyła i namnażanie ustało, mielibyśmy do czynienia z kolejną „eksplozją populacyjną”, po której wielkość populacji ustabilizowałaby się na nowym, wyższym poziomie). W takich warunkach darwinista może oczekiwać, że jeżeli pojawi się jakakolwiek mutacja pozwalająca pojedynczej bakterii bardziej efektywnie wykorzystywać glukozę, dobór naturalny będzie ją promował i za sprawą skuteczniejszej reprodukcji tak zmutowane bakterie zaczną zdobywać przewagę nad swoimi niezmutowanymi „kolegami”. Ta przewaga jeszcze silniej uwidoczni się w kolejnej populacji i w kolejnej, aż w pewnym momencie mutanty zmonopolizują cały szczep. I dokładnie tak się stało, i to we wszystkich dwunastu liniach — następujące po sobie generacje coraz skuteczniej radziły sobie z przetwarzaniem glukozy. Na tym jednak nie koniec, radziły sobie bowiem też lepiej pod innymi względami, a co więcej, różne szczepy miały odmienne historie mutowania. Jak badacze to wykryli?

Wystarczyło pobierać próbki z poszczególnych linii i porównywać je — ze względu na „dostosowanie” (fitness) — z odpowiednimi „skamielinami”, czyli próbkami odpowiednich populacji ancestralnych. (Wspomniałem wcześniej, że bakterie można na pewien czas zamrozić i po rozmrożeniu funkcjonują one tak samo jak wcześniej i mogą się bez problemu rozmnażać). Jaką miarą „dostosowania” posłużył się Lenski? W jaki sposób porównywał „przodków” i „potomków”?

Tu właśnie dała o sobie znać jego niezwykła pomysłowość — otóż eksperymetatorzy pobierali próbkę z testowanej populacji bakterii, a następnie na nowej szalce mieszałi ją z identycznej wielkości próbką „odmrożonych przodków” (nie muszę chyba dodawać, że te kolonie nie miały później żadnego kontaktu ze szczepami nadal wykorzystywanymi w głównym projekcie). Tak więc pojawia się szalka, w której żyją dwa konkurujące szczepy, „współczesny” i „żywa skamieniałość”, i chcemy się dowiedzieć, który z nich wygra rywalizację. Jak mamy je odróżnić, skoro bakterie już się ze sobą zmieszały? Teraz właśnie — nie przypadkiem chwaliłem pomysłowość Lenskiego i jego współpracowników — przydały się dwa genetyczne warianty: „czerwone” (Ara-) i „białe” (Ara+). Dzięki nim, jeśli ktoś chciał porównać ewolucyjne dostosowanie, powiedzmy, Szczepu V z

jego ancestralną populacją, wystarczyło pamiętać, by odpowiednio dobrać „skamieniałość” do rozmrożenia. Jeżeli Szczep V to Ara+, porównywać z nim trzeba rozmrożonych przodków z wariantem Ara- i przeciwnie. To w pełni uprawniona metoda, bo —jak pamiętamy — wariant operonu ara różnicuje kolor i w tych warunkach eksperymentalnych nie miał żadnego wpływu na dostosowanie osobnika. Barwa jest całkowicie neutralnym markerem i, posługując się tym kryterium, można z zupełnie czystym sumieniem porównywać dwa szczepy. Wystarczy zrobić posiew i stwierdzić, ile bakterii rosnących na płycie jest białych, a ile czerwonych.

Już wiemy, że podczas eksperymentu wzrosło dostosowanie wszystkich dwunastu szczepów. Wszystkie zaczęły lepiej sobie radzić w warunkach ograniczonych zasobów glukozy za sprawą kilku zmian, jakie zachodziły w kolejnych generacjach. Ogólnie jednak niemal z pokolenia na pokolenie, i to w każdej z dwunastu linii, populacje w kolejnych szalkach rosły szybciej, powiększały się też średnie rozmiary bakterii, co przedstawia zamieszczony na następnej stronie wykres.



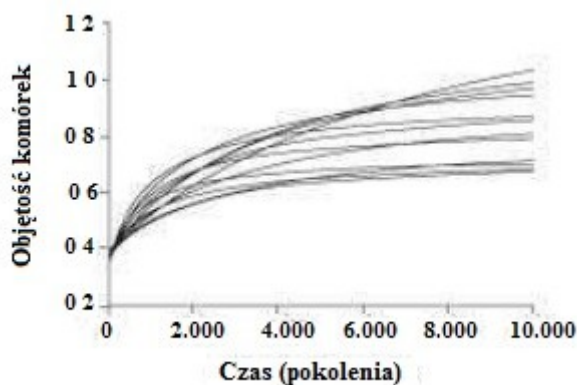
Eksperyment Lenskiego: wielkość bakterii z jednej linii

Punkty na wykresie ilustrują rzeczywiste dane zebrane w trakcie eksperymentu, krzywa natomiast stanowi matematyczne przybliżenie trendu, z którym w tym przypadku mamy do czynienia. Krzywa widoczna na tym wykresie to hiperbola*. (Możliwe, że wykres jakiejś bardziej skomplikowanej matematycznej funkcji lepiej pasowałby do uzyskanych danych, ale hiperbola na tyle dobrze spełnia swoje zadanie, że nie ma po co przesadzać. Biolodzy zresztą, tak jak i przedstawiciele innych dyscyplin, często wykorzystują matematyczne krzywe do

* Jak zapewne pamiętacie, kiedy zajmowaliśmy się długością kłów słoni odstrzelonych w Ugandzie w latach 1925-1958, za najlepiej pasującą do zebranych danych przyjęliśmy linię prostą. Tłumaczyłem wówczas, że metoda dopasowywania takiej linii (regresja liniowa) polega na tym, iż bierzemy cały pęk prostych przebiegających przez wykres i wybieramy tę, która gwarantuje, że suma kwadratów odległości między daną prostą a punktami znajdującymi się na wykresie będzie najmniejsza. Nic jednak nie stoi na przeszkodzie, by analogiczną procedurę przeprowadzić z użyciem innych niż prosta matematycznych krzywych. W tym przypadku badacze zdecydowali się na hiperbolę, ale sama metoda się nie zmienia — rozpatrujemy wszystkie możliwe hiperbole i wybieramy tę, która minimalizuje sumę kwadratów. Lenski posłużył się nieco uproszczoną wersją tej skomplikowanej statystycznej techniki, niemniej zamieszczona na wykresie hiperbola spełnia określony wyżej warunek.

porządkowania zebranych danych, od fizyków jednak różni nas chociażby to, że rzadko udaje nam się osiągnąć idealne dopasowanie: nasze obserwacje są zwykle znacznie bardziej chaotyczne. Poza tym w biologii, w przeciwieństwie do fizyki, idealne krzywe udaje się uzyskać tylko wówczas, gdy mamy do dyspozycji bardzo duże zbiory danych zebranych we w pełni kontrolowanych warunkach. Tak właśnie jest w przypadku eksperymentu Lenskiego).

Jak widać na wykresie, wyraźny wzrost średniej wielkości „ciała” bakterii można było zaobserwować w pierwszych dwóch tysiącach pokoleń. Pojawia się zatem interesujące pytanie — skoro wzrost taki wystąpił w przypadku wszystkich dwunastu linii ewolucyjnych, czy u wszystkich był taki sam za sprawą identycznych genetycznych modyfikacji. Otóż nie — i to rezultat bez wątpienia bardzo ważny. Pierwszy z zamieszczonych obok wykresów przedstawia dane dla tylko jednej z linii, spójrzmy teraz na analogiczny wykres dla wszystkich dwunastu — z łatwością dostrzeżemy, że przebieg krzywych jest zróżnicowany.



Eksperyment Lenskiego: wielkość bakterii dla dwunastu linii

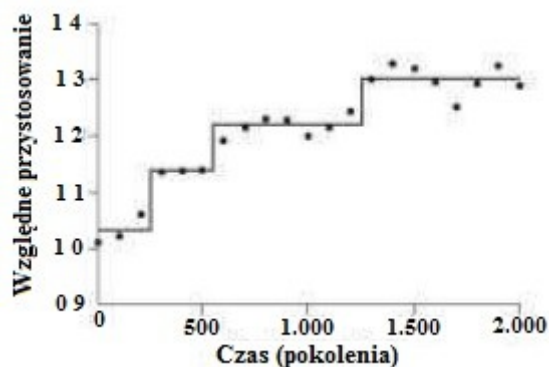
Oczywiście każda z nich w pewnym momencie osiąga plateau (czyli moment, w którym praktycznie przestaje rosnąć), ale wielkość, przy której stan ten zostaje osiągnięty, różni się niemal dwukrotnie. Krzywe też wyglądają inaczej — ta, która osiąga najwyższą wartość przy pokoleniu 10 000, początkowo rośnie znacznie wolniej niż pozostałe i „prześciga” je dopiero w okolicy generacji oznaczonej numerem 7000 (uwaga: proszę nie mylić plateau na tych wykresach z poziomem równowagi liczebności populacji dla poszczególnych szalek. Omawiane w tym momencie krzywe ilustrują czas ewolucyjny, mierzony w generacjach; wcześniej interesowało nas, co dzieje się w ciągu doby na jednej szalce).

Ta ewolucyjna zmiana wskazuje, że jeśli jest się pałeczką okrężnicy i walczy o przetrwanie w środowisku o wysoce zmiennej zawartości glukozy, to z jakichś powodów lepiej być większym. Nie będę może w tym momencie spekulował, jaką przewagę daje rozmiar (jest sporo alternatywnych wyjaśnień), najwyraźniej musi jednak tak być, skoro zmiany w tym kierunku zaobserwowano we wszystkich szczepach. Ważniejsze w tym momencie wydaje się, iż urosnąć można na wiele sposobów — dzięki różnym mutacjom — i wszystko wskazuje, że to właśnie zdarzyło się w eksperymencie Lenskiego. To oczywiście samo w sobie jest

interesującym odkryciem, ale jeszcze ciekawsze, że czasem dwie linie zupełnie niezależnie „odkrywały” tę samą drogę do stania się większym.

Lenski i drugi, niezależny zespół, zbadali ten problem, analizując przez ponad dwadzieścia tysięcy pokoleń zmiany w DNA dwóch szczepów, które ewidentnie podążały tą samą ewolucyjną drogą. Najbardziej zadziwiające, że oba zespoły wykryły zmiany w ekspresji 59 genów i w obu liniach zmiany te miały identyczny charakter. Jeśli nie sięgniemy po wyjaśnienie ewolucyjne i dobór naturalny, paralelizm na taką skalę staje się czymś kompletnie nieprawdopodobnym, bo szansa przypadkowej zbieżności aż 59 zmian jest znikomo mała. To właśnie o takich zdarzeniach kreacjoniści mówią, że „to nie mogło zdarzyć się przez przypadek”, bo „prawdopodobieństwo jest zbyt małe”. Mają rację. Tylko że to nie jest przypadek. To kumulacyjne działanie doboru naturalnego, który w obu liniach — niezależnie — faworyzuje te same, zachodzące krok po kroku zmiany. Nie ma w tym ani grama przypadku.

Gładka krzywa, jaką widzimy na wykresie ilustrującym wzrost komórek, to bardzo mocny argument na rzecz tezy, iż korzystne zmiany zachodzą stopniowo. Czy jednak nie nazbyt stopniowo i powoli, można zapytać. Czy nie należałoby raczej oczekiwać gwałtownych „skoków”, gdy włączają się kolejne korzystne mutacje? Nie — to zresztą zależy od kilku czynników, takich jak liczba niezbędnych mutacji, zmiany wielkości komórek zachodzące pod wpływem mechanizmów niegenetycznych, czy wreszcie częstość pobierania próbek. Co ciekawe, jeśli przyjrzymy się wykresowi ukazującemu dostosowanie, można odnaleźć przynajmniej pewne sygnały takiej „skokowości”. Kiedy wyjaśniałem wcześniej, skąd na wykresie wzięła się hiperbola, dodałem też, że całkiem możliwe, iż inna, bardziej złożona matematyczna funkcja lepiej pasowałaby do zebranych danych. Matematycy (i statystycy) mówią w takiej sytuacji o modelu. I jak się okazuje, do danych zaprezentowanych na poprzednich wykresach istotnie znacznie lepiej niż hiperbola pasuje taki właśnie „skokowy” model, jaki widać na poniższym wykresie.



Eksperyment Lenskiego: wzrost dostosowania (fitness)

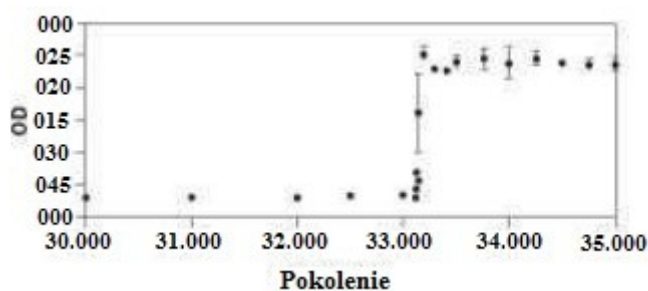
Oczywiście nie sposób dowieść, że pełne dane byłyby idealnie z nim zbieżne (to zresztą nigdy nie jest możliwe). Możemy jednak z całą pewnością stwierdzić, że zebrane dane co najmniej nie wykluczają, iż mamy w tym momencie do czynienia z

stopniową akumulacją mutacji*. Takiej stopniowej ewolucji możemy oczekiwać właśnie u organizmów takich jak bakterie, które — przynajmniej przez większość czasu — rozmnażają się bezpłciowo. U zwierząt takich jak my, które skazane są na rozmnażanie płciowe, ewolucja nie musi czekać na jakąś „kluczową mutację”, która dopiero „włączy” konkretną zmianę. (To błąd w rozumowaniu dość powszechny u tych przeciwników ewolucji, którzy przynajmniej starają się udawać, że myślą logicznie). U gatunków rozmnażających się płciowo odmienne genetyczne warianty już istnieją, większość z nich to efekt wcześniej zaszłych mutacji, które pozostały w genetycznej puli populacji i w jej ramach są „tasowane”. Dobór naturalny działa w tym wypadku raczej tak, jakby zmieniał układ kart w genetycznej talii (a może raczej starszeństwo figur), i dzięki temu nie musi „czekać” na mutacje. To one na niego czekają. Rozmnażające się bezpłciowo bakterie nie mają takiej możliwości i w odniesieniu do nich w zasadzie nie ma też zastosowania pojęcie puli genetycznej.

Dobrze — przedstawiłem tu rzeczywiście piękny przykład działania ewolucji zachodzącej dosłownie na naszych oczach i przed naszymi nosami, a przy tym świetnie udokumentowanej: dwanaście odrębnych linii, „żywe skamieniałości”; jednym słowem żadnych metafor — czysty konkret i twarde dane.

Pora, żeby przejść dalej. Do tego momentu eksperyment Lenskiego opisywałem tak, jakby każdy z dwunastu szczepów ewoluował („zwiększał dostosowanie (fitness)”) z grubsza w ten sam sposób. Niektóre, co prawda, trochę szybciej, inne wolniej, ale poza tym nie ma różnic. No więc w rzeczywistości było niezupełnie tak.

W późniejszych fazach eksperymentu ta reguła została złamana i pojawił się jeden, ale bardzo znaczący wyjątek. Coś dziwnego zdarzyło się wkrótce po generacji 33 000. Zupełnie tak, jakby jedna z linii — nazwijmy ją roboczo Ara-3 — raptem oszalała. Sami spójrzcie zresztą na następny wykres:



Eksperyment Lenskiego: zagęszczenie populacji

Na osi pionowej, oznaczonej OD (od „optical density”, czyli „gęstość optyczna”) odczytujemy wielkość populacji na szalce: wypełniający ją roztwór staje się tym bardziej mętny, im więcej osobników liczy populacja, i taką „optyczną gęstość” można wyrazić liczbowo. Jak widać, początkowo wartość współczynnika OD dla szczepu Ara-3 wahała się wokół 0,04, czyli wynosiła mniej więcej tyle samo, co u pozostałych szczepów. Raptem, około generacji 33 100, OD dla Ara-3 (i tylko dla tego szczepu!) raptownie się zmieniła: wzrosła aż sześciokrotnie i osiągnęła 0,25 (w pozostałych liniach taka zmiana nie wystąpiła). Istna eksplozja populacyjna, można powiedzieć, i nowy stan równowagi ustalił się na poziomie nieosiągalnym dla innych populacji. Zupełnie jakby Ara-3 (i tylko Ara-3) dostała dodatkową dawkę

glukozy. Nic takiego się jednak nie zdarzyło, eksperymetatorzy nie popełnili żadnego błędu i we wszystkich pojemnikach stężenie glukozy było identyczne.

Cóż więc się stało? Co tak gwałtownie zmieniło Ara-3? Lenski z pomocą dwóch jeszcze naukowców znalazł odpowiedź na te pytania. Warto, żebyśmy i myją poznali. Jak pamiętamy, zasoby glukozy we wszystkich pojemnikach były ograniczone i stąd każdy mutant, który zdołał „odkryć” bardziej efektywny sposób jej wykorzystywania, automatycznie zyskiwał przewagę ewolucyjną. Coś takiego właśnie działo nie we wszystkich dwunastu szczepach. Opisując ogólne założenia projektu Lenskiego, wspomniałem również o tym, że glukoza nie była jedynym składnikiem pokarmowym w pożywce, zawierała ona bowiem również sporo cytrynianu (to związek chemiczny stosowany często jako środek konserwujący i dodatek smakowy w przemyśle spożywczym). Bakterie *K. coli* nie potrafią jednak metabolizować cytrynianu, przynajmniej w obecności tlenu, a tego im akurat w eksperymencie Lenskiego nie brakowało. Gdyby tak jakiś mutant z jego hodowli nauczył się wykorzystywać tę substancję w celach pokarmowych, miałby prawdziwe użycie. I coś takiego przydarzyło się Ara-3. Ten szczep — tylko on jeden spośród całej dwunastki — w pewnym momencie wykształcił zdolność metabolizowania cytrynianu, a nie tylko glukozy. Dzięki temu zdobył zupełnie nowe, bogate źródło węgla. Nic dziwnego, że nastąpiła eksplozja populacyjna i w kolejnych szalkach stabilizacja następowała na o wiele wyższym poziomie.

Ustaliwszy, co szczególnego przydarzyło się Ara-3, Lenski ze współpracownikami postanowili przyjrzeć się temu bliżej. Przede wszystkim chcieli dowiedzieć się, czy tak nagła — i opłacalna — zmiana metabolizmu była wynikiem dużej, pojedynczej mutacji, na tyle rzadkiej, że tylko jeden z tuzina szczepów miał wystarczająco dużo szczęścia, by mu się przytrafiła. Innymi słowy, badacze postanowili sprawdzić, czy była to mutacja analogiczna (tyle, że rzadsza) do tych, których znacznie słabsze konsekwencje widać na wykresie przedstawiającym dostosowanie poszczególnych linii. Taki wariant Lenski uznał jednak za mało prawdopodobny i warto wiedzieć, dlaczego.

Powód jest prosty, tylko trzeba na to wpaść: otóż, jeśli zna się średnią częstość mutacji w bakteryjnym genomie i jego wielkość (a to akurat badacze wiedzieli), wystarczy trochę policzyć, żeby mieć niemal pewność, że przy trzydziestu tysiącach generacji czasu jest dość, by każdy gen w każdej z dwunastu linii zmutował co najmniej raz. A jeżeli tak, to odpada wariant jakiejś wyjątkowo rzadkiej mutacji u Ara-3, bo statystyka wskazuje, że taka sama mutacja powinna niezależnie wystąpić również w kilku innych szczepach. Trzeba było zatem poszukać innego rozwiązania. Teoretycznie istnieje jeszcze inna możliwość, bardzo dla ewolucjonisty kusząca (ostrzegam — teraz przechodzimy do naprawdę trudnych i złożonych kwestii. Jeśli jest już późny wieczór, znów lepiej odłożyć lekturę do następnego dnia...). Cóż bowiem — takie pytanie postawili przed sobą badacze — jeśli powstanie biochemicznej maszynierii niezbędnej do metabolizowania cytrynianu wymaga nie jednej, ale dwóch lub trzech mutacji? I nie mówimy w tym momencie o mutacjach,

które można prosto sumować, wówczas bowiem wystarczy, by zaszły w dowolnej kolejności, a każda z nich (przyjmijmy, że rozważamy wariant dwóch mutacji) pozwala już pobierać jakieś składniki pokarmowe z cytrynianu, czyli jakby o połowę skraca drogę do celu, a jeśli zajdą obie, ów cel (nabycie przez bakterię umiejętności metabolizowania nowej substancji) zostaje w pełni zrealizowany. Taki ewolucyjny mechanizm byłby w pewnym sensie analogiczny do tego, którego działanie obserwowaliśmy, analizując czynniki decydujące o wzroście średniej wielkości osobnika w każdej z linii. Jak już jednak mówiłem, tego typu procesy statystycznie mają szansę zajść na tyle często, że nie da się za ich pomocą wyjaśnić absolutnej wyjątkowości zdarzenia zaobserwowanego przez badaczy w Ara-3.

Nie — unikatowość tego zjawiska niemal jednoznacznie wskazuje, że mamy do czynienia z czymś na kształt „nieredukowalnej złożoności”, do którego to pojęcia z wielką lubością odwołują się kreacjoniści. Mówimy zatem o takiej biochemicznej ścieżce, na której produkt jednej reakcji jest niezbędny, by zaszła kolejna, a pod nieobecność drugiego proces nie zachodzi. Konieczne są zatem dwie mutacje (nazwijmy je A i B), które umożliwią katalizę dwóch różnych reakcji. Zgodnie z tą hipotezą istotnie obie mutacje musiałyby zajść, zanim byłby z nich jakkolwiek pożytek, a znikomo niskie prawdopodobieństwo takiego zdarzenia istotnie może tłumaczyć, dlaczego wyczynu tego zdołał dokonać tylko jeden z dwunastu szczepów.

No dobrze, na razie była to tylko hipoteza. Czy istnieje metoda, by eksperymentalnie sprawdzić, co się naprawdę wydarzyło? Tak, i zespół Lenskiego ją wymyślił, błyskotliwie (po raz kolejny) wykorzystując w tym celu zebrane wcześniej „skamieniałości”. Sama hipoteza brzmi zaś, przypomnijmy, następująco: w pewnym, nieznanym, momencie, w Ara-3 pojawiła się pierwsza mutacja, mutacja A. Nie miało to na razie żadnych widocznych następstw, ponieważ nie doszło jeszcze do mutacji B. Ta oczywiście z identycznym prawdopodobieństwem zdarzyć się mogła w każdym z dwunastu szczepów i pewnie nawet się zdarzyła, tyle że te pozostałe linie nie odniosły z niej żadnych pożytków, B bowiem jest mutacją korzystną tylko wtedy, gdy poprzedzi ją mutacja A. Jedynym „uprzywilejowanym” okazał się szczep Ara-3.

Tak sformułowanej hipotezie Lenski mógł nadać kształt empirycznie weryfikowalnego twierdzenia. To dość interesujący przypadek, mówimy bowiem w pewnym przynajmniej sensie o sformułowaniu oczekiwań dotyczących zdarzeń przeszłych. Gdybym to ja był na miejscu Lenskiego i miał taką „przepowiednię” spisać, brzmiałaby ona mniej więcej tak: Rozmrozę skamieniałości szczepu Ara-3, pochodzące ze starannie wybranych okresów, cofając się przy tym w czasie do początków eksperymentu. Następnie wszystkim wskrzeszonym bakteriom pozwolę dalej ewoluować, zgodnie z procedurami, które obowiązywały w głównym eksperymencie, zachowując pełną ich izolację. I oto, co moim zdaniem nastąpi: część spośród tych sklonowanych żywych skamieniałości „odkryje”, jak radzić sobie z cytrynianem, ale zdolne do tego będą wyłącznie osobniki rozmrożone z próbek, które pobrano po określonej, „krytycznej” generacji w oryginalnym eksperymencie. W tej chwili nie wiadomo, która z generacji była tą krytyczną, zidentyfikujemy ją jednak w naszym badaniu, bowiem, jeśli hipoteza jest prawdziwa, to właśnie w tym pokoleniu

w szczepie Ara-3 wystąpiła pierwsza z koniecznych mutacji, mutacja A.

Zapewne ucieszy moich czytelników, że dokładnie coś takiego wykrył student Lenskiego Zachary Blount, choć droga do tego odkrycia była niezwykle wyczerpująca — olbrzymia liczba cząstkowych badań, w których „udział wzięło” ponad czterdzieści bilionów (40 000 000 000 000) pałeczek okrężnicy dobieranych z kolejnych tysięcy pokoleń głównego eksperymentu. Poszukiwany „magiczny moment” nastąpił około generacji 20 000 — u klonów tego i późniejszych pokoleń, kiedy po rozmrożeniu ich cykl ewolucyjny ruszał na nowo, prawdopodobieństwo opanowania przez „potomków” umiejętności odżywiania się cytrynianem było stosunkowo wysokie. Ta zdolność nie ujawniła się natomiast w kolejnych generacjach żadnego z klonów wcześniejszych pokoleń. Zgodnie z naszą hipotezą klony pokoleń „20 000+” były już odpowiednio wyposażone, by wykorzystać możliwości, jakie otwierało przed nimi pojawienie się drugiej mutacji — mutacji B. Trzeba dodać, że nie mówimy tu o stopniowych zmianach ani rosnącym lub spadającym w zależności od „numeru” generacji prawdopodobieństwie. U wszystkich późniejszych wskrzeszeńców prawdopodobieństwo nabycia umiejętności metabolizowania cytrynianu było identyczne, niezależnie od tego, ile pokoleń dzieliło ich w kategoriach czasowych eksperymentu głównego, natomiast u wszystkich klonów wcześniejszych generacji taka zmiana metabolizmu nie nastąpiła. Po prostu przed tym „magicznym” pokoleniem 20 000 szczep Ara-3 niczym nie różnił się od pozostałych jedenastu — tworzące go bakterie nie miały jeszcze mutacji A. Dopiero po jej nabyciu, po tym jednym, konkretnym zdarzeniu, zyskały zdolność do - wykorzystania sposobności, jaką stworzy mutacja B, i opanowania sztuki metabolizowania cytrynianu. Mutacja B zachodziła najprawdopodobniej również i w innych szczepach, ale one nie mogły odnieść z niej żadnej korzyści. W pracy naukowej zdarzają się momenty naprawdę wielkiej radości i na pewno wynik uzyskany przez Blounta musiał być dla całego zespołu jedną z takich chwil.

Projekt badawczy Lenskiego pozwala nam wszystkim w laboratoryjnym mikrokosmosie, niczym na przyspieszonym filmie, na własne oczy obejrzeć większość podstawowych czynników ewolucji poprzez dobór naturalny — przypadkowe mutacje, po których następuje zupełnie już nielosowa (naturalna) selekcja; różne, niezależne drogi dostosowania do tego samego środowiska, kolejne mutacje budujące na podwalinach stworzonych przez ich poprzedniczki, i wreszcie efekt końcowy, jakim jest ewolucyjna zmiana. U podłoża tego wszystkiego leży zależność działania pewnych genów od obecności i aktywności innych. Eksperyment zespołu Lenskiego jedynie skumulował cały ten proces w czasie stanowiącym zaledwie drobny ułamek tego, jaki zwykle zużywa natura.

To opisane wyżej wspaniałe naukowe przedsięwzięcie ma też pewien aspekt komiczny. Otóż kreacjoniści wręcz nie znoszą, gdy ktoś powołuje się na eksperymenty Lenskiego. To zrozumiałe — po pierwsze pokazują one, jak nowa informacja wbudowuje się w genom jakiegoś gatunku bez żadnej interwencji ze strony „projektanta”, a coś takiego, jak im zawsze mówili, jest niemożliwe

(świadomie użyłem tu określenia: Jak im zawsze mówili. Problem w tym, że większość z tych ludzi nie bardzo rozumie, o czym mówi, i nie wie nawet, co znaczy używane w takim kontekście pojęcie „informacja”). Po drugie cały projekt Lenskiego doskonale ilustruje potęgę doboru naturalnego w kreowaniu nowych, korzystnych kombinacji genów, a wszak to właśnie, zgodnie z prymitywnymi i naiwnymi wyliczeniami, w jakich kreacjoniści tak się lubują, ponoć jest niemożliwe. Po trzecie wreszcie centralnym dogmatem współczesnego kreacjonizmu jest koncepcja nieredukowalnej złożoności, a dla niej wyniki Lenskiego są bardzo poważnym ciosem. Nic dziwnego zatem, że środowiska kreacjonistyczne zwały szyki i podjęły usilne starania, by w pracy Lenskiego wyszukać błędy.

Na przykład niejaki Andrew Schlafly, redaktor kreacjonistycznego portalu „Conservapedia” (żołostnie zakłamana imitacja Wikipedii) napisał do Richarda Lenskiego, obcesowo domagając się udostępnienia oryginalnych danych zebranych w toku eksperymentu, wyraźnie przy tym sugerując, że powątpiewa w ich wiarygodność. Lenski nie musiał nawet reagować na takie impertynencje, ale ponieważ jest nie tylko wybitnym naukowcem, ale też bardzo uprzejmym człowiekiem, odpowiedział. Przy okazji wyjaśnił, że jego zdaniem, nim ktoś zacznie kwestionować raport z badań, może najpierw powinien go przeczytać. Gdyby bowiem pan Schlafly to zrobił, wiedziałby, że w tym przypadku „surowe dane”, których się domaga, mają w zasadzie postać zamrożonych kultur bakteryjnych. Oczywiście nic nie stoi na przeszkodzie, by ktoś inny również te kultury zbadał, i on (tzn. Lenski) z przyjemnością przekaże próbki każdemu bakteriologowi o odpowiednio wysokich kwalifikacjach — ostrożność jest niezbędną, bo w rękach amatora kultury te mogą nawet stanowić zagrożenie. W dalszej części listu Lenski szczegółowo (i bez litości) wyliczył, jakie kwalifikacje trzeba mieć, by zweryfikować wyniki jego badań. Mam wrażenie, że musiał się przy tym doskonale bawić, wiedząc, że Schlafly jest prawnikiem i z nauką nie ma nic wspólnego i pewnie nie zrozumie nawet połowy użytych w liście terminów, gdyż wymagało to znajomości właściwych dla bakteriologii procedur badawczych i jeszcze zaawansowanej analizy statystycznej. Ta korespondencja nabrała pewnego rozgłosu i nawet sam PZ Myers podsumował ją na swoim słynnym naukowym blogu — krótko, ale treściwie: „Richard Lenski jednak zdecydował się odpowiedzieć tym matołom i durniom z Conservapedii. Świetnie, rozłożył ich na łopatki...”.

Eksperymenty Lenskiego, dzięki genialnej technice zamrażania próbek, ukazują siłę działania doboru naturalnego i możliwość zachodzenia ewolucyjnych zmian nawet w czasie krótszym niż ludzkie życie. Bakterie dostarczają nam też innego przykładu zmian, równie spektakularnych, a dla nas nieraz dość niebezpiecznych. Wiadomo, że wiele szczepów bakterii szybko nabywa ewolucyjnej oporności na antybiotyki. W końcu pierwszy antybiotyk, penicylina, owoc pełnej poświęcenia pracy Floreya i Chaina, powstał naprawdę stosunkowo niedawno, bo w latach drugiej wojny światowej. Od tego czasu nowe antybiotyki wchodziły na rynek z rosnącą częstotliwością, a bakterie wytworzyły w sobie oporność na niemal wszystkie spośród nich. Najświeższe przykłady to bakteria MRSA

(od „methycillinresistant (metycylinoopor-ny) Staphylococcus aureus”), za sprawą której dość ryzykowne stały się wizyty w szpitalach, i nie mniej zjadliwa *C. diff.* (*Clostridium difficile*). Oczywiście powstanie tych zagrożeń to skutek działania doboru naturalnego, który faworyzuje szczepy odporne na antybiotyki. W tym wypadku mamy jeszcze do czynienia z nałożeniem się na siebie kilku procesów. Długie stosowanie antybiotyków niszczy w naszych wnętrzościach tak samo złe, jak i „dobre” bakterie. *C. diff.*, oporna na większość antybiotyków, radzi dziś sobie tak dobrze częściowo dzięki temu, że brak innych bakterii, z którymi normalnie musiałaby konkurować (to dobra ilustracja zasady „wróg mojego wroga jest moim przyjacielem”).

Dlaczego o tym piszę? Bo ostatnio nieco mnie zirytowała ulotka, którą znalazłem w poczekalni mojego lekarza, ostrzegająca przed niebezpieczeństwem nieukończenia kuracji antybiotykowej. Oczywiście ostrzeżenie jak najbardziej słuszne, kłopot w tym — i to właśnie mnie zdenerwowało — że uzasadnienie było kompletnie absurdalne. Otóż autor (autorzy?) ulotki napisał, że bakterie są „mądre” i „uczą się”, jak radzić sobie z antybiotykami. Zapewne wydawało im się, że ludzie łatwiej zrozumieją zjawisko oporności na antybiotyki, jeśli będzie im się mówić o sprytnych bakteriach, które potrafią się uczyć. Tyle że taki przekaz jest mylący, a przede wszystkim wcale nie pomaga choremu zrozumieć, dlaczego należy brać dokładnie tyle antybiotyków, ile lekarz nam zalecił. Przede wszystkim każdy, nawet idiota, wie, że bakterie nie są sprytne. A z drugiej strony, gdyby rzeczywiście istniały takie mądre bakterie, to jak na ich zdolność do uczenia się mogłoby wpłynąć przedwczesne odłożenie tabletek. Nijak! Tymczasem wystarczy wyjaśnić cały mechanizm w kategoriach doboru naturalnego i wszystko staje się jasne.

Jak w przypadku każdej trucizny, skuteczność antybiotyku zależy od dawki. Odpowiednio duża zabija wszystkie bakterie, za mała nie zabije żadnej — dawka pośrednia zabija ich część. Jeżeli mamy do czynienia z genetycznie zróżnicowaną kulturą bakterii, a zróżnicowanie to sprawia, że niektóre są bardziej odporne na antybiotyk, to pośrednia dawka będzie działać jako czynnik selekcyjny, dający przewagę osobnikom posiadającym geny zwiększające oporność. Kiedy lekarz przepisuje ci określoną dawkę antybiotyku, chodzi mu o to, żeby zniszczyć wszystkie szkodliwe bakterie, a nie wyselekcjonować odporne lub częściowo odporne mutanty. Patrząc z pewnej perspektywy na historię stosowania antybiotyków w medycynie, możemy stwierdzić, że gdybyśmy nieco wcześniej nauczyli się operować takim ewolucyjnym myśleniem, mielibyśmy znacznie mniej problemów z coraz oporniejszymi szczepami. Niestety — ulotki, takie jak ta, którą przed chwilą cytowałem, nie służą publicznej edukacji (a przy okazji widzimy kolejny przykład zmarnowanej okazji do ukazania wszechobecności doboru naturalnego).

GUIPIKI

Mój szacowny kolega dr John Endler, który niedawno wyjechał do Stanów Zjednoczonych na zaproszenie University of Exeter, opowiedział mi cudowną (acz

nieco przygnębiającą) anegdotkę. Otóż leciał którąś z wewnętrznych linii i wdał się w rozmowę, rzecz normalna w samolocie, z jednym ze współpasażerów. Było miło i sympatycznie, pan spytał, czym Endler się zajmuje, ten odpowiedział, że jest profesorem biologii i bada gupiki żyjące na Trynidadzie. Zaciekawiony rozmówca zaczął dopytywać o szczegóły badań, a wreszcie, najwyraźniej zaintrygowany elegancją teorii, która pozwoliła zaprojektować tak ciekawe eksperymenty, zapytał co to za teoria. Dopiero wtedy dr Endler wypowiedział słowo, które, jak trafnie przewidział, mogło mocno wzburzyć jego słuchacza: „To teoria ewolucji poprzez dobór naturalny Karola Darwina”. Reakcja była natychmiastowa — mężczyzna poczerwieniał na twarzy, odwrócił się i do końca lotu nie zamienił już z Endlerem ani słowa. A przecież cała rozmowa, jak mówił Endler, była czymś więcej niż uprzejmą konwersacją z przypadkowym sąsiadem: „On naprawdę zadawał ciekawe pytania, świetnie rozumiał, co mówię, i naprawdę interesowało go to, o czym opowiadałem. Po prostu tragedia”.

Eksperymenty, o których John Endler opowiadał swojemu (twardogłowemu, jak poniewczasie wyszło na jaw) współpasażerowi, rzeczywiście były eleganckie i proste i stanowiły wspaniałą ilustrację tempa działania doboru naturalnego. Przywołanie zaś tego zdarzenia i powołanie się na Endlera — w końcu to on jest autorem *Natural Selection in the Wild*, najlepszej chyba pracy na ten temat — jest tu bardzo na miejscu.

Gupiki to bardzo popularne rybki akwariowe. Podobnie jak w przypadku bażantów (o czym pisałem szerzej w Rozdziale III) tak i w tym gatunku samce są bardziej kolorowe niż samice, a akwaryści wciąż starają się wyhodować jeszcze barwniejsze osobniki. Endler badał dzikie gupiki *Poecilia reticulata*, żyjące w górskich strumieniach Trynidadu, Tobago i Wenezueli. Pierwsze, co rzuciło mu się w oczy, to wielkie zróżnicowanie lokalnych populacji. W niektórych dorosłe samce dorównywały tęczością barw najdorodniejszym okazom akwariowym. Endler wywnioskował z tego, że ich przodkowie zostali poddani selekcji ze względu na silniejsze ubarwienie — samice wybierały ich na tej samej zasadzie, na jakiej kury wybierały atrakcyjniej upierzone bażanty. W innych miejscach Endler znalazł z kolei populacje, w których samce były znacznie mniej kolorowe, choć i tak barwniejsze od samic. To słabsze ubarwienie wystarczyło, by samce — podobnie jak praktycznie jednobarwne samice — nie rzucały się za bardzo w oczy drapieżnikom występującym w ich naturalnym środowisku. Za pomocą bardzo eleganckich obliczeń Endler zdołał następnie dowieść, że i w Wenezueli, i na Trynidadzie słabiej ubarwione samce istotnie żyły w tych strumieniach, w których zagrożenie ze strony drapieżników było większe. Tam, gdzie niebezpieczeństwo nie było duże, samce były bardziej kolorowe i miały więcej jaskrawszych plam — po prostu w takich miejscach gupiki mogły bezpiecznie ewoluować zgodnie z kolorystycznymi upodobaniami samic. Ważne, by dostrzec, że nacisk selekcyjny w kierunku intensywniejszego ubarwienia występował wszędzie, we wszystkich oddzielonych od siebie populacjach i niezależnie od skali zagrożenia ze strony drapieżników. Ewolucja natomiast musiała poradzić sobie ze znalezieniem rozsądnego kompromisu między tymi dwiema,

przeciwnie skierowanymi presjami selekcyjnymi. Ten ewolucyjny kompromis jest sam w sobie bardzo interesujący. Na szczęście dla nauki Endler nie poprzestał na obserwacjach i przystąpił do eksperymentów.

Pomyśl, co byś zrobił, gdybyś postanowił zaprojektować badania, które miałyby zademonstrować ewolucję umiejętności kamuflażu. U zwierząt ta umiejętność oznacza zwykle zdolność do upodobnienia się do otoczenia tak, by stać się niedostrzegalnym dla drapieżników. Czy da się jednak zaplanować eksperyment, w którym na twoich oczach badane przez ciebie zwierzęta będą ewoluowały, upodabniając się do podłoża, które sam dla nich wybrałeś? A może lepiej przeprowadzić dwa eksperymenty, z różnymi podłożami i różnymi populacjami? Cel jest prosty — w Rozdziale III wspomniałem o projekcie polegającym na hodowaniu kukurydzy o wysokiej i niskiej zawartości oleju. W przypadku tych badań jest podobnie, tyle że selekcji dokonują drapieżniki i samice, nie hodowcy. Jedynym, co różni oba przedsięwzięcia, jest środowisko, które my projektujemy.

Weź zatem zwierzęta z gatunku już obdarzonego pewną umiejętnością kamuflażu, na przykład jakieś owady, i w sposób losowy rozmieść je w Mateczkach (mogą to być też oddzielone skrawki ziemi albo zbiorniki wodne) o odmiennym zabarwieniu i/lub odmiennym wzorze podłoża. Niech połowa z tych „środowisk” będzie na przykład zielono-leśna, a druga połowa brunatno-pustynna. Włóż do nich swoich „badanych” i zostaw własnemu losowi, zadbawszy, by miały co jeść, przez tak wiele generacji, jak się da, co zależy tylko od czasu, jakim dysponujesz. Kiedy czas ten upłynie, wróc i sprawdź, czy twoje owady wyewoluowały tak, żeby bardziej zlewać się z otoczeniem. Oczywiście, takiego efektu możesz spodziewać się tylko wówczas, gdy razem z owadami zamkniesz żywiące się nimi drapieżniki. (Świetnie nadają się do tej roli kameleony). Czy należy jednak umieszczać je we wszystkich eksperymentalnych „środowiskach”? Oczywiście, że nie — przecież to ma być eksperyment. Trzeba zatem, by drapieżniki znalazły się w połowie „lasów” i w połowie „pustyń”, a eksperyment posłuży sprawdzeniu przewidywania, czy nacisk ewolucyjny sprawi, że zamknięte z drapieżnikami owady będą z czasem stawać się zieleńsze lub bardziej brunatne (żeby mniej odróżniać się od tła). Z kolei w tych środowiskach, gdzie nie ma zagrożenia ze strony drapieżników, owady spokojnie mogą ewoluować w innym kierunku, na przykład coraz bardziej wyróżniając się na tle otoczenia, a dzięki temu — albowiem cały czas mówimy o samcach — przyciągając wzrok i zainteresowanie samic.

Długo miałem ambitny plan, by samemu przeprowadzić taki eksperyment z muszkami owocowymi (drozofile wyjątkowo szybko się rozmnażają), ale, niestety, jakoś nigdy go nie zrealizowałem. Choćby i z tego powodu ucieszyłem się bardzo, gdy dowiedziałem się, że dokładnie coś takiego zrobił John Endler i to jeszcze nie z owadami, a z gupikami. Oczywiście w tym wypadku rola drapieżnika przypadła nie kameleonowi, a rybie, mianowicie przedstawicielowi gatunku *Crenicichla alta* (z grupy pielęgnic szczupakowatych), w naturalnych warunkach żerującego właśnie na gupikach. Endler nie uległ też pokusie zastosowania prostej różnicy koloru tła —

wpadł na pomysł znacznie bardziej interesujący. Otóż zauważył, że gupiki w naturze maskują się często za pomocą plamek, nieraz całkiem sporych, które istotnie sprawiają, że trudno je dostrzec na tle dna strumieni, w których żyją. Dno zaś, jak wiadomo, może być różne — bardziej lub mniej kamieniste, albo piaszczyste, i takie właśnie zróżnicowanie wybrał do swoich eksperymentów. Przyznacie, że to pomysł znacznie subtelniejszy i ciekawszy niż tylko manewrowanie kolorem.

Endler zaczął od znalezienia wielkiej cieplarni (to ważne, gupiki bowiem żyją w klimacie tropikalnym) i w przygotował w niej dziesięć sadzawek. Dno każdej z nich wysypał żwirem, tyle że w pięciu gruboziarnistym i pomieszanym z kamykami, a w pozostałych drobniutkim prawie jak piasek. Reszty możecie się domyślić — hipoteza była taka, że w tych zbiornikach, do których wpuszczono również drapieżne pielęgnice, ubarwienie gupików i rozkład oraz wielkość plam będą ewoluowały tak, by zapewnić im lepszy kamuflaż, natomiast tam, gdzie zagrożenie będzie małe (lub żadne), samce będą coraz jaskrawsze, albowiem to czyni je atrakcyjniejszymi dla samic.

Pomysł, by pielęgnice wpuścić do połowy sadzawek, a resztę zostawić tylko dla gupików, Endler uznał za zbyt prosty. Znacznie ciekawsze wyniki, jak uznał, można uzyskać, różnicując zagrożenie. Tak pojawiła się koncepcja trzech poziomów drapieżnictwa. Do dwóch sadzawek (z piaszczystym i kamienistym dnem) badacze w ogóle nie wpuścili drapieżników, i w czterech (po dwie każdego rodzaju) obok gupików wylądowały *Crenicichla alta*, natomiast w czterech pozostałych „sąsiadem” gupików zostały strumieniki wielkie (*Riuulus hartu*), też drapieżne, ale znacznie mniej agresywne niż *C. alta*. Mamy zatem trzy warianty — bez drapieżników, „słaby” drapieżnik i „silny” drapieżnik. Wariant z mniej groźnym drapieżnikiem, słusznie uznał Endler, daje szansę na znacznie lepszą symulację warunków naturalnych, a o to właśnie mu chodziło, bo podczas swoich badań terenowych nie natknął się na strumienie kompletnie wolne od drapieżników.

Znamy już plan eksperymentu, teraz jego przebieg: najpierw badacze zasiedlili wszystkie dziesięć sadzawek koloniami gupików i pozwolili rybom przez pół roku spokojnie się rozmnażać. Po pół roku do wody zaczęto wpuszczać drapieżniki i w zasadzie dopiero od tego momentu zaczął się właściwy eksperyment. W czterech sadzawkach umieszczono po jednej pielęgnicy — wariant „wysokiego zagrożenia”, w czterech kolejnych po sześć strumieników (sześć, a nie jednego, bo to lepiej odpowiada proporcjom występującym w warunkach naturalnych). W dwóch ostatnich sadzawkach gupiki zostały pozostawione same sobie. (Oczywiście z zachowaniem zasady: taka sama ilość sadzawek z kamienistym i piaszczystym dnem.)

Kiedy minęło kolejne pięć miesięcy, Endler rozpoczął inspekcję wszystkich „stanowisk eksperymentalnych” i starannie zliczył oraz zmierzył plamy na łuskach gupików. Następny pomiar przeprowadzono po upływie kolejnych trzech kwartałów i znów odbyło się dokładne liczenie i mierzenie. A jak wyniki? Wyniki były

prawdziwie spektakularne, mimo że nie upłynęło aż tak wiele czasu. Endler z ostrożności posłużył się kilkoma różnymi miarami ubarwienia, jedna z nich to „liczba plamek na jednej rybie”. W pierwszej fazie eksperymentu, zanim jeszcze do sadzawek wpuszczono drapieżniki, rozkład tej zmiennej był w zasadzie losowy. To zresztą zupełnie zrozumiałe, w każdej bowiem sadzawce znalazły się ryby z różnych strumieni, a zagęszczenie drapieżników w warunkach naturalnych dalece nie jest jednakowe. W pierwszym półroczu, kiedy rybom nic nie groziło, liczba plamek gwałtownie wzrosła. To najprawdopodobniej reakcja na zachowania samic (dobór płciowy). Prawdziwie dramatyczne zmiany zaczęły się jednak z chwilą wypuszczenia drapieżników — badacze już po pięciu miesiącach zaobserwowali gwałtowny spadek średniej liczby plamek we wszystkich sadzawkach, w których pojawiły się pielęgnice, a tendencja była jeszcze wyraźniejsza przy drugim pomiarze, po czternastu miesiącach. Natomiast w pozostałych sześciu siedliskach, i to zarówno tych dwóch, gdzie gupiki były same, jak i w tych, które musiały dzielić ze strumieniem wielkim, liczba plamek rosła przez pierwsze pięć miesięcy, a potem utrzymała się na stałym, wysokim poziomie. Jak widać, przynajmniej jeśli za kryterium siły nacisków selekcyjnych uznamy liczbę plam na rybim grzbiecie, to okazuje się, że tak przy

(BRAK TEKSTU!)

W dalszych rozdziałach wykażę, że ewolucyjne zmiany, analogiczne do tych, jakie zaobserwowali Endler i Reznick, będące konsekwencją głównie doboru naturalnego (włączając w to, rzecz jasna, dobór płciowy), bardzo często zachodzą w tempie równie szybkim, jak dzieje się to wówczas, gdy kieruje nimi hodowca-człowiek, a celem jego zabiegów jest udomowienie zwierząt. Takich przykładów „ewolucji na naszych oczach” jest całkiem dużo.

Jedną z najbardziej nieoczekiwanych właściwości ewolucji, jakie dostrzegamy, przyglądając się jej nieco dokładniej, jest to, że czasem działa ona bardzo szybko, a czasem, co wiemy choćby z zapisu kopalnego, niezwykle powoli. Wspaniałym przykładem takiego powolnego działania ewolucji są stworzenia, które nawet biolodzy nazywają „żywymi skamieniałościami”. I nie chodzi o organizmy przywrócone do życia, jak odmrażane kultury bakterii Lenskiego. Nie — mowa o zwierzętach, które przez tysiąclecia zmieniły się tak niewiele, że w praktyce nie różnią się od swych nawet bardzo odległych w czasie przodków.

Moim faworytem wśród takich „żywych skamieniałości” jest brachiopod (ramienionóg) *Lingula* (można go sobie obejrzeć na sąsiedniej ilustracji).



Lingula

Proszę się zbytnio nie martwić, jeśli ktoś nic o nim nie wie. Te ramienionogi nie są zbyt znane, choć gdyby restauracje specjalizujące się we frutti di mare były popularne przed wielkim wymieraniem permskim (ta chyba największa tego typu katastrofa w dziejach Ziemi nastąpiła mniej więcej ćwierć miliarda lat temu), stanowiłyby ozdobę każdego menu. A w pobieżnym oglądzie łatwo możemy pomylić brachiopoda z małżem, choćby z powodu jego dwuklapkowej muszli.

W rzeczywistości jednak to zupełnie różne stworzenia. Przede wszystkim omułki mają muszlę lewą i prawą, ramienionogi — górną i dolną. Jeśli sięgniemy po godną zapamiętania metaforę Stephena Jay Goulda, małże i brachiopody są niczym dwa okręty, „które mijają się w ciemnościach, ledwie się widząc”. Wszystko dlatego, że kilku brachiopodom udało się przetrwać „Wielkie Wymieranie” (to znów określenie niezapomnianego Goulda) i współczesny *Lingula* jest tak podobny do kopalnego *Linguelli*, że skamieniałości tej początkowo nawet nadano tę samą nazwę rodzajową — *Lingula*.



Lingulella — niemal nie różni się od swoich współcześnie żyjących krewnych

Rodowód tego gatunku sięga ordowiku (to czterysta pięćdziesiąt milionów lat temu), ale istnieją skamieniałości, również ochrzczone tą samą nazwą, które liczą ponad pół miliarda lat i pochodzą jeszcze z kambru. Muszę jednak dodać, iż skamieniałe muszle to trochę zbyt wątki dowód i część zoologów kwestionuje roszczenia *Lingula* do tytułu najstarszej (przetrwałej w prawie niezmiennym kształcie) żywej skamieniałości.

Wiele problemów, które musimy rozstrzygać podczas ewolucyjnych sporów, wynika stąd, iż zwierzęta zachowują się niestety raczej mało uprzejmie i nie dość, że ewoluują w różnym tempie, to niektóre praktycznie nie ewoluują wcale. Gdyby istniało jakieś „żelazne prawo natury”, które mówiłoby, że skala zmian ewolucyjnych musi (a niechby choć ' powinna!) być proporcjonalna do czasu, byłoby nam znacznie łatwiej, bo o pokrewieństwie gatunków można by orzekać wyłącznie na podstawie ich podobieństwa. Niestety — w realnym świecie musimy jakoś radzić sobie zarówno z takimi ewolucyjnymi sprinterami, jak ptaki, które swych mezozoicznych, gadzich przodków pozostawiły daleko, daleko w tyle (w tym przypadku przydaje się wiedza, że ich sąsiedzi na ewolucyjnym drzewie genealogicznym mieli mniej

szczęścia do meteorytów), jak i z ewolucyjnymi marudami w rodzaju Lingula, które zmieniły się przez setki milionów lat tak niewiele, że gdyby istniał jakiś matrymonialny wehikuł czasu, w zasadzie mogłyby ze swoimi odległymi przodkami płodzić potomstwo. Zresztą Lingula to nie jedyna słynna żywa skamieniałość. Jest też na przykład Limulus, skrzypłocz (zwany też mieczogonem) i latimerie. Ale o nich już w następnym rozdziale.

ROZDZIAŁ VI
BRAKUJĄCE OGNIWO?
CZEMU BRAKUJĄCE"?

Kreacjoniści wprost kochają skamieniałości, bo nauczono ich (w rzeczywistości uczą się nawzajem), że gdzie skamieniałości, tam muszą być również „luki” (w zapiski kopalnym). A gdzie są „stadia pośrednie”, gdzie „brakujące ogniwo”? — wciąż słyszymy. Kreacjoniści jednak w tym momencie błędzą (i to bardzo błędzą), sądząc, że jest to dla nas, ewolucjonistów, jakkolwiek powód do zakłopotania. Wprost przeciwnie — tak naprawdę mamy dużo szczęścia, że w ogóle pozostały jakieś skamieniałości, a co dopiero, że znajdujemy ich dość, by dokumentować historię ewolucji. Przy okazji — bardzo liczne z tych znalezisk, to, według najsurowszych nawet kryteriów, idealne wręcz „stadia pośrednie”. Poza tym, o czym przekonamy się w Rozdziałach IX i X, w zasadzie nie trzeba skamieniałości, by wykazać, iż ewolucja jest faktem. Dowody byłyby w pełni wystarczające, nawet gdyby żadne szczątki nie uległy fosylizacji. Istnie pokłady skamieniałości — a niemal co dnia odkrywamy nowe — to tylko „ekstra premia”. Niemniej dysponujemy już dość dobrym kopalnym zapisem ewolucyjnej historii wielu głównych grup zwierząt. To bardzo mocne świadectwo, jeśli ktoś żąda jeszcze i takiego. Oczywiście, w zapisie tym wciąż istnieją „luki” i to one są obiektem obsesyjnej miłości kreacjonistów.

Wróćmy na chwilę do naszej detektywistycznej metafory - oto ktoś zastrzelił młodego baroneta, nie ma żadnych świadków, niemniej są odciski palców, ślady obuwia, DNA (pot na kolbie rewolweru), a wreszcie motyw: wszystko wskazuje na kamerdynera. Wydaje się, że to banalna sprawa i ława przysięgłych nie powinna mieć żadnych wątpliwości. Tymczasem, na moment przed tym, nim przysięgli poszli udać się na naradę, by wydać nieuchronny, jak wskazuje, werdykt, ktoś przypomina sobie, że potrzebny jest jeszcze jeden dowód — otóż niedawno zainstalowano kamery, element systemu antywłamaniowego. Policja natychmiast jedzie po kasety i cała ława przysięgłych, wstrzymując oddech, zasiada przed ekranem okazuje się, że na nagraniu z kamery widać, jak kamerdyner wyjmuje rewolwer z szuflady w kredensie, przeladowuje i z błyskiem w oku ukradkiem wychodzi. W pierwszej chwili może się wydawać, że to rozwiewa już wszelkie wątpliwości. Tymczasem obrońca (co za przenikliwość!) natychmiast zauważa, i zwraca uwagę ławnikom, że przecież nie ma kamery w gabinecie (gdzie doszło do morderstwa), ani w korytarzu prowadzącym ze spiżarni do gabinetu. „Widzę poważne luki — oświadczam triumfalnie nie wiemy, co się zdarzyło po tym, jak mój klient wyszedł z spiżarni. Zebrany materiał dowodowy nie pozwala więc na wydanie wyroku skazującego. Wnoszę o uniewinnienie!

W tym momencie jednak do gry wkracza oskarżyciel i wnosi o pokazanie ławie przysięgłych nagrania z drugiej kasetki umieszczonej w pokoju bilardowym. Stąd przez uchylone drzwi widać, jak kamerdyner z rewolwerem w dłoni skrada się na palcach w stronę gabinetu. „To już chyba wystarczy — stwierdza prokurator. — Nie ma już żadnej luki, wina kamerdynera jest oczywista”. „Ależ skąd — ripostuje obrońca. — Wręcz przeciwnie! Teraz jeszcze dodatkowo nie wiadomo, co mój klient robił, zanim minął pokój bilardowy, i co działo się później, po drodze do gabinetu. Zapis wideo ujawnia już więc dwie luki! Panie i panowie przysięgli! Sprawa jest oczywista — materiał dowodowy oskarżenia wyraźnie się sypie!”.

Łatwo się domyślić, czemu opowiedziałem tę historię. Świadczenia kopalne dla nauki to właśnie taki dowód spełniający, tak jak nagrania wideo w naszej kryminalnej powiastce. Przecież nie mogliśmy nawet oczekiwać, o

(BRAK TEKSTU!)

"Dlaczego nikt do tej pory nie znalazł szkieletu małpożaby?" No cóż, po pierwsze małpy nie pochodzą od żab, a żaden zdrowy na umyśle ewolucjonista nie twierdzi, że przodkami kaczek były krokodyle (ani vice versa). Oczywiście małpy i żaby miały wspólnego przodka, na pewno jednak nie wyglądał on ani jak żaba, ani jak małpa. Już prawdopodobnie bardziej przypominał salamandrę, a z interesujących nas w tym kontekście epok geologicznych skamieniałości stworzeń o budowie podobnej do salamandry mamy akurat dość sporo.

Nie o to jednak chodzi. Przecież dosłownie każdy z milionów gatunków zwierząt ma wspólnego przodka z każdym innym żyjącym dziś (i kiedykolwiek) gatunkiem. Jeżeli ktoś tak kompletnie nie rozumie ewolucji, to równie dobrze jak małpożaby czy kaczki powinny żądać od ewolucjonistów dostarczenia kompletnego szkieletu hipopotama albo wielgutana. Dlaczego zresztą ograniczać się w ramach eskalacji żądań tylko do kręgowców - a co z kangaluchami (to ogniwo pośrednie między kangurem i karaluchem) i ośmiopardem (coś pomiędzy ośmiornicą i leopardem, jak łatwo się domyślić)?

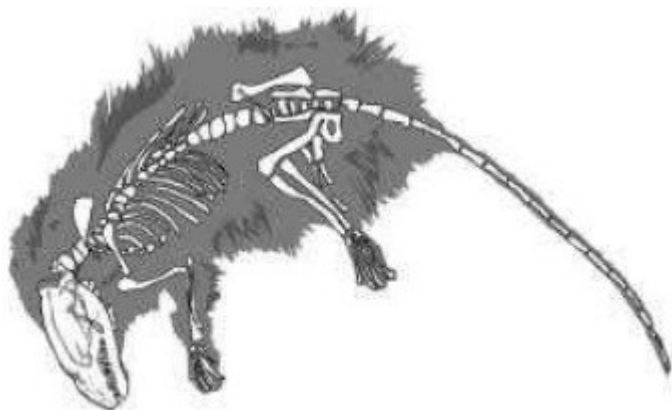
Oczywiście takich słownych krzyżówek można stworzyć nieskończenie wiele i mnożyć również w nieskończoność żądania wobec ewolucjonistów. Żadne radosne słowotwórstwo nie zmieni jednak faktu, że hipopotamy nie pochodzą od kotów (ani na odwrót), tak samo jak przodkami małp nie są żaby. W rzeczywistości (pominąwszy przypadki ewolucyjnych podziałów, które nastąpiły już w naszych czasach) żaden współcześnie żyjący gatunek nie pochodzi w prostej linii od innego żyjącego współcześnie gatunku. Acz oczywiście, podobnie jak można odnaleźć skamieniałości zwierzęcia, które było co najmniej podobne do wspólnego przodka żaby i małp, tak samo dysponujemy już skamieniałościami wspólnego przodka między innymi wielbłądów i orangutanów. Jeden z nich to eomaia, stworzenie żyjące w kredzie, nieco ponad sto milionów lat temu.

Eomaia w najmniejszym stopniu nie przypomina ani orangutana, ani wielbłąda, bardziej już może ryjówkę. Niemniej wspólny przodek wielbłąda i orangutana żył w tych samych czasach co eomaia i wszystko wskazuje, że bardzo do tego właśnie zwierzątka był podobny. Sporo jednak na ewolucyjnym szlaku - i to zarówno "po drodze" do wielbłąda, jak i do orangutana - musiało zajść zmian, nim ze wspólnego przodka wyewoluowały tak różne anatomicznie współczesne gatunki.

Cokolwiek by jednak o eomai mówić, na pewno nie była wielgutaniem. Gdyby zresztą nim była, musielibyśmy ją uznać też, na przykład, za pantarana, bowiem zwierzę, które było wspólnym przodkiem wielbłąda i orangutana, należy też

do drzewa rodowego pantery i barana. (Jeśli komuś zależy, może też nazwać je mrównozą - było też wspólnym przodkiem mrównika i kozy). Sęk w tym, że cała koncepcja pantaranów, wielgutanów, hipokotamów i tak dalej jest nie dość, że głęboko nieewolucyjna, to jeszcze po prostu głupia. Podobnie jak owa tak lubiana przez kreacjonistów małpożaba.

To zaiste uznać można za powód do wstydu dla Wielkiej Brytanii, że propagator takich absurdów, australijski wędrowny kaznodzieja John Mackay mógł w roku 2008 odbyć tournée po angielskich szkołach i - podając się w dodatku za "geologa" - wciskać biednym niewinnym dzieciom do głowy takie bzdury. Ba - wieloletni Mackay grozi, że będzie na Wyspy ze swoimi "wykładami" przyjeżdżał co rok!*



Eomaia

Chrześcijańscy fundamentaliści nie mają oczywiście monopolu na głupotę - pan Harun Yahya na przykład, gorliwy mahometanin, jak sam podkreśla, zyskał (wątpliwą) sławę jako wydawca wspaniale ilustrowanego (i stanowiącego prawdziwy szczyt ignorancji) „dzieła” „Atlas of Creation” (Atlas stworzenia). Wziąwszy pod uwagę wspaniałą oprawę, doskonały papier, świetną jakość druku i pełnokolorowe ilustracje, Yahya musiał wydać małą fortunę, a dodać trzeba, iż atlas ów został następnie (za darmo!) rozesłany do tysięcy (a może dziesiątek tysięcy) dziennikarzy, nauczycieli i wykładowców akademickich (dzieło to otrzymał również autor niniejszej książki).

Oczywiście nie tylko tej szczodrości wydawca zawdzięcza swą międzynarodową sławę, a znacznie bardziej podstawowym błędem merytorycznym, od których w atlasie aż się roi. Na przykład, chcąc zilustrować kompletnie nieprawdziwą tezę, jakoby skamieniałości, a przynajmniej zdecydowana ich większość, niczym nie różniły się od współcześnie żyjących gatunków, autorzy

*Każdy kraj ma takich Mackayów, na jakich sobie zasłużył. My, Polacy, w roku 2007 mieliśmy ministra oświaty (niejakiego Orzechowskiego), który mówił, że ewolucja to „kłamstwo równe katyńskiemu” i europośła (niejakiego Giertycha — profesora (sic!) dendrologii), który twierdził, że dinozaury żyły w średniowiecznym Krakowie. Wiem, powtarzam się, ale o tym wstydzie nigdy dość przypominać. Tacy ludzie byli w Polsce ministrami i posłami! (przyp. tłum.).

albumu węża morskiego prezentują czytelnikom jako węgorza (te dwa gatunki są tak od siebie odległe, że współczesna systematyka zalicza je wręcz do osobnych klas kręgowców), rozgwiezda to u nich to samo co węzowidło (odrębna gromada szkarłupni), rurówki (Sabellidae) to dla nich lilie morskie (krynoidy, czyli liliowce, do których zaliczamy lilie morskie, należą do typu szkarłupni; to wręcz inne podkrólestwo. Trudno o dwa gatunki równie odległe, choć oczywiście jedno i drugie są zwierzętami). Najzabawniejsze chyba jednak pomieszenie w "Atlasie stworzenia" to pomylenie chruścików (Trichoptera, czyli włoskoskrzydłych) z przynętą wędkarską (tę pomyłkę zilustrowałem we wkładce, na stronie 8).

Nawet jednak jeśli pominiemy te żałosne (bo to już nawet nie jest śmieszne) przypadki beznadziejnej amatorszczyzny, i tak nie da się przejść koło "dzieła" pana Yahyi obojętnie, choćby ze względu na część atlasu poświęconą - jakżeby inaczej - "brakującym ogniwom". Tu autor (autorzy?) przeszedł sam siebie i na jednej z ilustracji znajdujemy coś, co miałoby przedstawiać stadium pośrednie między rybą a rozgwiezdą*. Przyznam - trudno mi wprost uwierzyć, że ktokolwiek spodziewa się, by jakikolwiek ewolucjonista mógł chociaż podejrzewać istnienie jakiejś przejściowej formy między tymi stworzeniami, które łączy w zasadzie jedynie to, że jedno i drugie należą do królestwa zwierząt. W tej sytuacji chyba trudno się dziwić, że uważam, iż pan Yahya z pełną świadomością (i z pełnym cynizmem) usiłuje zerować na ignorancji swoich potencjalnych czytelników. No dobrze, skoro już zrobiliśmy reklamę "Atlasowi stworzenia", przejdźmy do pozostałych "argumentów".

"UWIERZĘ W EWOLUCJĘ, KIEDY ZOBACZĘ MAŁPĘ, KTORA POWIŁA LUDZKIEGO NOWORODKA".

Może zacznę od tego, że ludzie nie pochodzą od małp (wiem, powtarzam się, ale czasem naprawdę trzeba). Z małpami mamy wspólnego przodka. Oczywiście ów wspólny przodek wyglądał prawdopodobnie bardziej jak małpa niż jak człowiek i gdybyśmy jakieś dwadzieścia pięć milionów lat temu spotkali go gdzieś na sawannie, pewnie uznalibyśmy go za małpę.

Nawet jednak jeśli zgodzimy się (a nikt temu nigdy nie przeczył), że przodkiem człowieka była istota, którą całkiem zasadnie można nazwać małpą, to ewolucja w żadnym wypadku nie polega na tym, że zwierzęta jednego gatunku płodzą młode należące już do gatunku zupełnie innego, nawet tak blisko spokrewnionego jak człowiek i szympan. To odbywa się zupełnie inaczej. Ewolucja jest procesem stopniowym i, co więcej, zmiany ewolucyjne niejako z definicji muszą zachodzić stopniowo.

* Polskiemu czytelnikowi należy się w tym momencie dodatkowe wyjaśnienie. Autorzy Albumu stworzenia, który opublikowany został po angielsku, zapewne w pełni świadomie posłużyli się taką właśnie parą — ryba to po angielsku fish, a rozgwiezda starfish. Czytelnik o zerowej wiedzy biologicznej może więc „na mocy nazwy” oczekiwać pokrewieństwa (przyp. tłum.).

Tak olbrzymia skokowa zmiana na przestrzeni jednej generacji (jaką byłoby spłodzenie człowieka przez małpę) byłaby cudem nie mniejszym niż boska kreacja i z tych samych przyczyn - zdarzeniem statystycznie krańcowo nieprawdopodobnym. Tak więc dobrze by było, gdyby nasi oponenti postarali się choćby liźnąć podstaw teorii tak żarliwie przez siebie odrzucanej.

ZGUBNE DZIEDZICTWO "WIELKIEGO ŁAŃCUCHA BYTÓW"

Absurdalne żądania wskazania "ogniów pośrednich", z jakimi wciąż się stykamy, to po części dziedzictwo wywodzące się ze średniowiecznego mitu (nadał żywego w epoce Darwina i pokutującego aż do chwili obecnej), zgodnie z którym wszelkie istniejące (i wyobrażone) byty da się ustawić w jednym ciągu. Mamy więc ów "wielki łańcuch bytów" czy też może raczej drabinę, na której najwyższym szczeblu zasiada Bóg, niżej archaniołowie, potem (we właściwym porządku i zgodnie z posiadaną rangą) zastępy anielskie, dalej człowiek, zwierzęta, rośliny, a wreszcie ziemia, skały i cała reszta nieożywionego świata.

Ponieważ wizja ta dominowała w czasach, gdy rasizm był postawą zupełnie naturalną, określenie "dalej człowiek" jest nieco zwodnicze, bowiem tu istniała odrębna hierarchia: najwyżej był mężczyzna - biały, później biała kobieta, potem dopiero cała reszta.

Teraz jednak chciałbym zająć się hierarchią w świecie zwierząt, ta bowiem właśnie nabrała raptem wielkiego znaczenia, gdy pojawiła się teoria ewolucji. Otóż w kontekście "łańcucha bytów" najzupełniej naturalne było oczekiwanie, że zwierzęta "niższe" ewoluowały w "wyższe", a między kolejnymi szczeblami takiej dziwnej drabiny nie ma żadnych luk. (Faktycznie - drabina z powyłamywanymi szczeblami to nie najprzydatniejsza metafora!). Kłopot w tym, że mit drabiny (czy też łańcucha, w którym nie brak żadnego ognia) okazał się dość odporny na rzeczywistość i do dziś to on właśnie stanowi źródło wielu antynaukowych iluzji, bowiem - co poniżej postaram się pokazać - taka wizja w istocie jest głęboko błędna i, oczywiście, równie głęboko przy tym nieewolucyjna.

Wydaje nam się, że tak wynika z ewolucji. Ale tak nie jest. Przeciwwstawienie „niższy”-„wyższy”, jeśli w ogóle ma jakikolwiek sens, to i tak znacznie częściej jest mylące (a nawet szkodliwe), niż się do czegokolwiek przydaje. Oto krótka lista takich mylnych wniosków, jakie ktoś mógłby wyciągnąć z twierdzenia, iż małpy są zwierzętami „wyższymi” niż dżdżownice:

1. „Małpy wyewoluowały z dżdżownic” — Fałsz. Tak samo jak fałszywe jest stwierdzenie, że człowiek wyewoluował z małpy. Natomiast prawdą jest, że małpy i dżdżownice mają wspólnego przodka.

2. „Wspólny przodek małpy i dżdżownicy był bardziej podobny do robaka” — To już ma nieco więcej sensu. Ostatecznie można nawet w tym kontekście posłużyć

się — jeśli komuś nie zależy na wielkiej precyzji — określeniem „prymitywny”. Jeśli bowiem „prymitywny” w tym kontekście będzie oznaczał „bardziej podobny do swoich przodków” to stwierdzenie, iż niektóre współcześnie żyjące gatunki są bardziej „prymitywne” niż inne, jest po prostu truizmem. Rzecz jasna chodzi tak naprawdę o to, że porównując ze sobą dwa gatunki, za „prymitywniejszy” z takiej pary uznajemy ten, który mniej różni się od ich wspólnego przodka (a trzeba pamiętać, że wszystkie gatunki — i od tej reguły nie ma żadnego wyjątku — mają wspólnego przodka. Wystarczy tylko cofnąć się odpowiednio daleko w ewolucyjną przeszłość, by go odnaleźć). Jeśli jednak gatunki, o których mówimy, zmieniły się w porównywalnym stopniu, określenie „prymitywniejszy” nie ma żadnego uzasadnienia.

W tym miejscu zatrzymamy się na chwilę, bo ten wątek warto nieco pogłębić. Przede wszystkim pamiętajmy, że dość trudno dokładnie mierzyć podobieństwo. Co więcej, nie ma naprawdę żadnych przyczyn, by przyjmować, że z pary gatunków jeden musi bardziej przypominać wspólnego przodka. Przyjrzyjmy się przykładowej parze — niech to będzie śledź i kalmar. Oczywiście, że jeden z nich może bardziej przypominać wspólnego przodka, ale nic nie nakazuje, by tak musiało być. Przecież dla obu gatunków od momentu, gdy ich ewolucyjne gałęzie się rozdzieliły, upłynęło tyle samo czasu, tak więc ewolucjonista powinien raczej podejrzewać, iż z obu współcześnie żyjących gatunków żaden nie jest „bardziej prymitywny” niż drugi. Takie oczekiwanie może być mylne (jak w przypadku szympansa i dżdżownicy), ale — znów — to nie jest żaden aksjomat. Na tym zresztą nie koniec. Pamiętajmy, że różne narządy i części ciała zwierzęcia mogą ewoluować w różnym tempie, może się zatem zdarzyć, iż jakieś zwierzę jest „prymitywniejsze” od pasa w dół, ale ewolucyjnie bardziej rozwinięte od pasa w górę (a tak poważnie — dość łatwo podać przykłady „prymitywnego” systemu nerwowego albo „prymitywnego” szkieletu). Tu pojawia się następna komplikacja, bo prymitywny (w znaczeniu „podobny do przodka”) wcale nie musi oznaczać „prostszy” (w znaczeniu „mniej złożony”). Kończyny konia są anatomicznie mniej złożone niż ludzkie (koń ma tylko jeden palec, my — pięć) ale to ludzka stopa jest bardziej „prymitywna”, nasz wspólny przodek bowiem miał pięć palców, zatem to koń zmienił się bardziej.

3. „Małpy są mądrzejsze (ładniejsze, mają większy genom, bardziej złożony plan ciała itp., itd.) niż dżdżownice” — Taki zoologiczny snobizm (gatunkizm?) wprowadza sporo zamieszania, jeśli ktoś chce pozostać przy uprawianiu nauki. Piszę o tym, bo najlepiej radzić sobie z nieporozumieniami, wyjaśniając je. Otóż przede wszystkim musimy pamiętać, że różnych skal, na których da się porównywać ze sobą odmienne gatunki, można zaproponować bardzo wiele, nie tylko te cztery, które znalazły się wyżej. I pozycja w jednej z takich hierarchii niekoniecznie wyznacza, na jakim szczeblu zwierzę znajdzie się w innej. Przykład — ssaki mają większy mózg niż salamandry, ale mniejszy genom.

4. „Małpy są bardziej «jak ludzie» niż dżdżownice” — Jeśli przyjrzymy się dowolnej małpie i dowolnej dżdżownicy, to bez wątplenia prawda. Tylko co z tego.

Niby to dlaczego dla ewolucjonisty człowiek miałby być miarą wszechrzeczy, czyli dlaczego to mielibyśmy własnymi standardami mierzyć inne organizmy. Każda wkurzona pijawka zareaguje na takie uproszczenia oburzeniem, oznajmiając, iż dla niej dżdżownica stoi bez porównania wyżej, jest bowiem znacznie bardziej jak pijawka" niż małpa. A tak poważnie — koncepcja łańcucha (lub drabiny, jak kto woli) bytów, gdzie ludzie zajmują miejsca pośrednie między zwierzętami a aniołami, to mit o bardzo starym rodowodzie, ale poza tym mitem nie ma żadnych podstaw, by ewolucję uważać za jakoś „nacelowaną” na człowieka, ani żeby akurat nasz gatunek uznawać za ostatnie jej słowo („koronę stworzenia”). Zabawne zresztą, jak często taka gatunkowa pyszałkowatość pcha nas jeszcze dalej. Proszę mi wierzyć, na własne uszy słyszałem, jak (wydawałoby się wykształceni) ludzie jak najpoważniej pytali: „Jeżeli szympansy wyewoluowały w nas, to dlaczego na świecie żyją jeszcze szympansy?”*. Żenujące, trudno to inaczej określić.

5. „Małpy (i inne «wyższe» zwierzęta) mają większe zdolności do przetrwania niż dżdżownice (i inne «niższe» zwierzęta)” — no, to już kompletna bzdura. Wszystkie współczesne gatunki przetrwały wystarczająco długo, żeby żyć teraz. Niektóre naczelne, na przykład precudowne tamaryny złote, dziś zagrożone są wyginięciem. Jak widać, są znacznie słabsze w grze o przetrwanie niż dżdżownice. Populacje szczurów i karaluchów wręcz rozkwitają na całym świecie i najwyraźniej wcale im nie przeszkadza, że w oczach ludzi uchodzą za zwierzęta „niższe” niż — też poważnie zagrożone — goryle i orangutany.

Mam nadzieję, że udało mi się już przekonać czytelników, jak głupie jest jakiegokolwiek hierarchizowanie gatunków i dzielenie ich na wyższe i niższe, cokolwiek by to miało znaczyć. A dodatkowo jest to przejaw myślenia kompletnie aewolucyjnego. Przede wszystkim możliwych hierarchii istnieje bardzo wiele, czasem oczywiście warto niektórymi się posłużyć, ale zawsze trzeba pamiętać, że na różnych drabinach gatunek może zajmować bardzo różne szczeble. Poza tym żadna z takich hierarchii nie może być nazywana „ewolucyjną”. To właśnie pokusa, by na świat zwierząt patrzeć w kategoriach wyższości-niższości, sprawia, że wciąż niektórzy domagają się, by tłumaczyć im, dlaczego nie ma żadnych małpożab. Niczym innym bowiem niż przejawem szkodliwości takiego myślenia (Wielki Łańcuch Bytów — pamiętacie?) jest pytanie o „ogniwa pośrednie” między głównymi grupami zwierząt, jak również — i to chyba jeszcze gorsze — skłonność niektórych ewolucjonistów, by na takie pytania odpowiadać, wskazując na przykład jakieś

* Gdy piszę w takim kontekście o wykształceniu, zawsze przypomina mi się nieoceniony Peter Medawar i kolejna z jego błyskotliwych (jak zawsze) obserwacji. To właśnie Medawar napisał kiedyś: „Za sprawą upowszechnienia się szkolnictwa średniego, a ostatnio również wyższego, powstała spora grupa ludzi, czasem nawet dość wyrobionych literacko i o pewnej wiedzy naukowej, których formalne wykształcenie zdecydowanie wykracza poza posiadane zdolności do analitycznego myślenia”. Czyż to nie urocze? Ilekroć stykam się z tak celnym pisaniem, mam chęć dosłownie wykrzyknąć to, co przeczytałem, żeby podzielić się tym z kimkolwiek, a może ze wszystkimi. To zbyt dobre, żeby trzymać to tylko dla siebie.

konkretne skamieniałości, jak choćby nieszczęsnego archeopteryksa, który to biedak został zmuszony odgrywać kompletnie fałszywą rolę „ogniwa pośredniego” między gadami i ptakami.

Przypadek archeopteryksa (może lepiej byłoby mówić „iluzja”) zasługuje, by omówić go dokładniej, bo można go uznać za egzemplifikację pewnego szerszego zjawiska. Tradycyjna systematyka zoologiczna dzieliła kręgowce na liczne duże grupy, w tym między innymi ssaki, ptaki, gady i płazy. Niektórzy zoolodzy jednak, zwani „kladystami”*, uważają ten podział za nie do końca właściwy, albowiem prawidłowo określona grupa powinna obejmować nie dość, że wszystkie gatunki, które mają wspólnego przodka, to jeszcze ów przodek nie może mieć żadnych „potomków”, którzy do danej grupy nie należą. W tym sensie ptaki to dobrze zdefiniowana grupa** — wszystkie pochodzą od jednego przodka, którego dziś również uznalibyśmy za ptaka i który charakteryzował się podobnymi do dzisiejszych ptaków cechami: miał pióra, skrzydła, dziób, natomiast zwierzęta powszechnie zwane gadami nie stanowią dobrze zdefiniowanej grupy, ponieważ (przynajmniej zgodnie z konwencjonalną taksonomią) kategoria ta wyraźnie wyłącza ptaki, a tymczasem niektóre „gady” (na przykład krokodyle i dinozaury) są z ptakami bliżej spokrewnione niż z innymi gadami (na przykład z jaszczurkami i żółwiami). Zresztą i niektóre dinozaury są bliżej spokrewnione z ptakami, niż z innymi dinozaurami. Skoro tak jest, to chcąc z gadów uczynić „naturalną” grupę, powinniśmy włączyć do niej również ptaki. Dlatego konsekwentni kladysty unikają dziś używania terminu „gady” i mówią raczej o archozaurach (do których zaliczają krokodyle, dinozaury i ptaki), lepidozaurach (węże, jaszczurki, a także bardzo rzadki Sphenodon (hatteria) z Nowej Zelandii) i żółwiach.

Zoolodzy nieco mniej przywiązani do kladystyki nadal jednak posługują się kategorią „gady”, choćby dlatego, że z różnych względów jest ona bardzo wygodna (jakkolwiek w sposób sztuczny wyklucza ptaki). Cóż jednak sprawia, że kusi nas, by ptaków z gadami nie mieszać? Co usprawiedliwia tworzenie dla nich odrębnej grupy, podczas gdy w ewolucyjnych kategoriach powinno się w nich w najlepszym razie widzieć podgrupę gadów? Powód jest prosty — otóż wszystkie gady, które były ich najbliższymi sąsiadami na drzewie życia, wyginęły. Ptaki przetrwały i samotnie wyruszyły w ewolucyjną podróż, ich kuzynami bowiem były wymarłe przed dziesiątkami milionów lat dinozaury. Gdyby dinozaury przetrwały, nie mielibyśmy dziś taksonomicznego problemu z ptakami. Nikt nie twierdziłby, że stanowią

* Od terminu „kład”. Kład to grupa organizmów mających wspólnego przodka.

** Przynajmniej taki obecnie panuje wśród zoologów konsens i dlatego dalej będę posługiwał się przykładem ptaków jako jednostki taksonomicznej dobrze dobranej, mimo że wśród najnowszych znalezisk znajduje się dość sporo opierzonych dinozaurów i całkiem niewykluczone, że niedługo usłyszymy, iż niektóre współczesne zwierzęta uznawane przez nas za „ptaki” w istocie pochodzą od różnych grup upierzonych dinozaurów. W każdym razie, jeśli okaże się, że najbardziej współczesny wspólny przodek współczesnych ptaków był zwierzęciem, którego dziś byśmy za ptaka nie uznali, bez wątpienia odwołam powyższe twierdzenie, iż ptaki tworzą prawidłową w sensie kladystycznym grupę.

osobną grupę kręgowców i nikt nie pytałby: „A gdzie ewolucyjne ogniwo łączące ptaki i gady?”. Oczywiście w przyzwoitych muzeach historii naturalnej nadal wypadałoby mieć w ekspozycji archeopteryksa, ale nikt nie powoływałby się na tego biedaka, odpowiadając na zupełnie jałowe (co, mam nadzieję, udało mi się wykazać) pytania o „ogniwa pośrednie”. Gdyby któreś z kolejnych w dziejach Ziemi „wielkich wymierań”, to, w którym wyginęły dinozaury, miało nieco inny przebieg, zapewne dziś po Ziemi pętałoby się całkiem sporo dinozaurów, w tym również latające opierzone (i na dodatek z dziobami); można by nazwać je ptakami. Zresztą coraz częściej znajduje się skamieniałe szczątki upierzonych dinozaurów, dzięki czemu coraz wyraźniej widać, że żadne „brakujące ogniwa” nie są nam potrzebne (a znaczenie archeopteryksa jest przeceniane).

Przejdźmy może teraz do jednego z największych ewolucyjnych przejść, którego śladów rzekomo też nam „brakuje”.

NA LĄD!

Obok wyruszenia w przestrzeń kosmiczną trudno sobie chyba wyobrazić większą — i stanowiącą większe wyzwanie — zmianę stylu życia niż wyjście z wody na ląd. Te dwa środowiska różnią się pod tak wieloma względami, że przeniesienie się z jednego świata do drugiego wymaga radykalnej przebudowy niemal wszystkich części ciała. Skrzela, które pozwalają pobierać tlen z wody, są praktycznie nieprzydatne w powietrzu, a z kolei płuca są bezużyteczne w wodzie. Techniki poruszania się, które w wodzie pozwalają przemieszczać się szybko i z gracją, na lądzie pozwalają praktycznie tylko pełzać i vice versa. Nie przypadkiem o kimś, kto w nowym środowisku zupełnie sobie nie radzi, mówimy, „rzuca się jak ryba wyciągnięta z wody”. I nic dziwnego, że to akurat ewolucyjne przejście jest przedmiotem powszechnego zainteresowania, a żądania wskazania wśród skamieniałości „brakujących ogniw” wyjątkowo natarczywe.

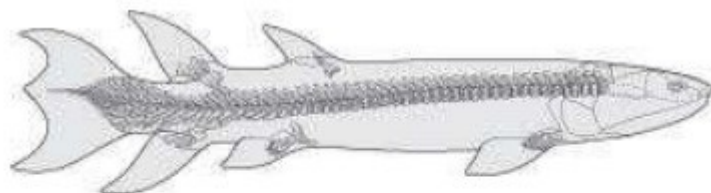
Jeśli cofniemy się wystarczająco głęboko w przeszłość przekonamy się, że wszystko, co żyło, żyło w morzu i mokrej Alma Mater wszelkiego życia. I na różnych etapach ewolucyjnej historii co bardziej przedsiębiorcze przedstawiciele bardzo wielu grup zwierząt podejmowali decyzje, że pora opuścić morskie odmęty. Niektórzy z spośród nich zaczęli lepiej radzić sobie na spieczonych słońcem pustyniach inni zabrali ze sobą prywatny kawałek morza, czym innym w sumie jest krew czy płyny komórkowe. Tak więc oprócz gadów, ptaków, ssaków i owadów, które pierwsze w tym tekście przychodzą nam zwykle na myśl, także i inne grupy z równym sukcesem opuściły swoją ewolucyjną wioskę, stamtąd bowiem przyszły również skorpiony, ślimaki, skorupiaki (w tym równonogi i kraby lądowe), krocionogi i stonogi, pająki (i ich kuzyni) i co najmniej trzy gromady robaków, jeśli odwołamy się do kategorii niestosowanej w oficjalnej systematyce. Nie zapominajmy wreszcie o roślinach — zawdzięczamy im nie tylko węgiel. Gdyby nie zdecydowały się wcześniej zasiedlić lądu, żadna migracja nie byłaby możliwa.

Szczęśliwie kolejne etapy naszego „exodusu ” jak ryby wyszły na ląd — dziś są już świetnie udokumentowane w zapisie kopalnym. Podobnie zresztą jak koleje późniejszej podróży powrotnej, na którą zdecydowali się po latach przodkowie waleni i diugoni, którzy uznali, że z tak wielkim trudem opanowany suchy ląd im nie odpowiada i warto wrócić w stare pielesze.

Pisałem wyżej o „rybie, która wyszła na ląd”. Jest to uproszczenie, choćby z tego powodu, że „ryby” jak „gady” to nie jest „naturalna” grupa,

(BRAK TEKSTU)

Ryby z tego rodzaju najprawdopodobniej nigdy nie wychodziły na ląd (pierwsze rekonstrukcje były mylące) a jedynie poruszały się po dnie zbiorników wodnych w poszukiwaniu pożywienia. Anatomiczne podobieństwa do żyjących pięćdziesiąt milionów lat później płazów są jednak bardzo wyraźne: niektóre kości czaszki, uzębienie, a przede wszystkim właśnie budowa płetw. Te używane były do pływania a nie do chodzenia, niemniej jednak ich struktura kostna bardzo przypomina anatomicznie wzorce powszechnie występujące u tetrapodów („tetrapody” to po prostu czworonogi, do tej kategorii zalicza się wszystkie kręgowce lądowe) Przede wszystkim w kończynach przednich pojedyncza kość ramieniowa łączyła się z kością promieniową i łokciową a te z kolei łączyły się z całym mnóstwem drobnych kości które my, tetrapody, nazywamy zwykle kośćmi nadgarstka kośćmi śródreżca i wreszcie palcami. Podobną tetrapoidalną anatomię wykazywały płetwy (kończyny) tylne.



Eusthenopteron

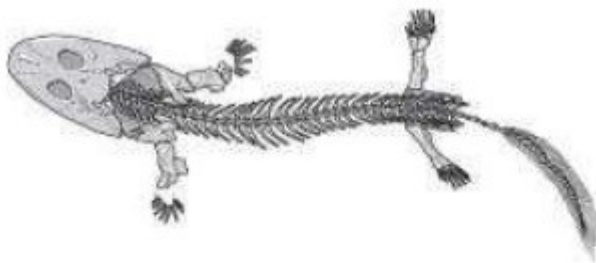


Ichthyostega

Przenieśmy się teraz o dwadzieścia milionów lat na granicę dewonu i karbonu, i przejdźmy na płazią stronę luki. Tu wielką sensację wywołało odkrycie na Grenlandii skamieniałości ichtiostegi. (Proszę oczywiście nie sugerować się obecną lokalizacją stanowiska i nie wyobrażać sobie stworzenia żyjącego wśród śniegów i lodów — w epoce, kiedy żyła ichtiostega, Grenlandia znajdowała się na równiku). Autorem pierwszej rekonstrukcji tego rybopłaza był wielki paleontolog Erik Jarvik i ta pochodząca z roku 1955 rekonstrukcja zdecydowanie bardziej upodabniała ichtiostegę do zwierząt lądowych, niż zgodziliby się współcześni eksperci. Na przykład Per Ahlberg (z tego samego co Jarvik uniwersytetu uppsalskiego) uważa, że

rybopłazy żyły głównie w wodzie i tylko sporadycznie wyprawiały się na ląd. Niemniej znacznie bardziej przypominały gigantyczne salamandry niż ryby, miały też charakterystyczne dla płazów spłaszczone głowy. W przeciwieństwie jednak do współczesnych tetrapodów, które u wszystkich kończyn mają po pięć palców (przynajmniej w rozwoju embrionalnym), ichtiostega ma palców siedem. Wszystko zatem wskazuje, iż wczesne totrapody miały znacznie większą swobodę w „eksperymentowaniu” z liczbą palców niż my. Zapewne dopiero później w jakiejś fazie rozwoju zarodkowego doszło do „fiksacji” na poziomie pięciu i potem było już bardzo trudno to odkręcić — oczywiście dla ewolucji „bardzo trudne” nie musi koniecznie znaczyć „niemożliwe”: niektóre koty, a także i ludzie mają po sześć palców, ale ten dodatkowy bywa raczej efektem jakiejś przypadkowej duplikacji w fazie rozwoju płodowego.

Kolejnym fascynującym odkryciem — również z tropikalnej Grenlandii i również z pogranicza dewonu i karbonu — jest *Acanthostega*.



Acanthostega



Panderichthys

Ten rybopłaz również miał płaską, płazią czaszkę i kończyny o podobnej do ichtiostegi (i innych tetrapodów) budowie, ale od naszych pięciopalczastych standardów odstawa jeszcze mocniej, palców bowiem miał aż osiem. Jenny Clack i Michael Coates, naukowcy z Cambridge, uznawani za wybitnych ekspertów w materii rybopłazów, twierdzą, że starsza od ichtiostegi akantostega (która też przypominała wielką salamandrę) żyła jak ona głównie w wodzie, choć dzięki płucom i kończynom mogła całkiem nieźle radzić sobie na lądzie, kiedy już była do tego zmuszona. Jeśli natomiast znów cofniemy się na rybią stronę, do późnego dewonu, znajdziemy na przykład panderichtisa. Ten stwór na pewno jest nieco bardziej płazopodobny — i nieco mniej rybopodobny — niż Eusthenopteron, ale i tak każdy, kto nań spojrzy, bez wątpliwości uzna go za rybę.

Tak więc istotnie mamy lukę między odrobinę przypominającymi płazy rybami (*Panderichthys*) i podobnymi do ryb płazami (*Acanthostega*). Co z „brakującym ogniwem”? Niedawno postanowił odszukać je zespół naukowców

z University of Pennsylvania, w którego skład wchodził między innymi Neil Shubin i Edward Daeschler (te poszukiwania są tematem świetnej książki Shubina *Nasza wewnętrzna menażeria*, w której znaleźć można również ciekawe uwagi autora o ewolucji człowieka*). Amerykańscy badacze najpierw z wielką starannością wybierali miejsce poszukiwań. Ostatecznie zdecydowali się na arktyczne tereny północnej Kanady, gdzie, jak wiedzieli znajdą skały z późnego dewonu. Decyzja okazała się nad wyraz słuszną, tam właśnie bowiem Shubin i Daeschler odkryli prawdziwy zoologiczny skarb: Tiktaalik roseae „Tiktalik” to niezapomniane określenie dużej słodkowodnej ryby. A nazwa gatunkowa — roseae? No, cóż — pozwólcie na krótką opowieść ku przestrodze. Sam, kiedy pierwszy raz usłyszałem tę nazwę i zobaczyłem kolorowe zdjęcia znaleziska Shubina, pomyślałem, że czerwień mu stanowi nawiązanie do słynnych czerwonych skał hrabstwa Devon, a może aluzję do „czerwonej” Petry („ciemnoróżowego miasta niemal tak starego jak czas”*). Błąd! Po pierwsze mi zdjęciach *T. roseae* jest nieco bardziej różowawy niż w rzeczywistości. Po drugie zaś *roseae* pojawiło się na cześć... sponsora, który finansował ekspedycję.

Miałem to szczęście, że skamieniałości tiktalika pokazywał mi sam Daeschler, z którym spotkałem się w Filadelfii niedługo po opublikowaniu informacji o odkryciu. Muszę wyznać, że byłem niewypowiedzianie poruszony — jako zoolog, jako człowiek..., a może zareagowała tak moja wewnętrzna ryba. W końcu przecież mogłem sobie wyobrazić, że patrzę wprost w oczy własnego przodka i to przodka w istocie „niemal tak starego jak czas”. Spotkanie „twarzą w twarz” z prawdziwym, żywym tiktalikiem mogłoby jednak nie być specjalnie przyjemne, z wyglądu bowiem ten nasz antenat przypominał krokodyla. Stanowił zresztą interesującą składankę: krokodyla głowa na korpusie salamandry, a do tego rybi tył ciała i ogon. W odróżnieniu jednak od ryb *T. roseae* miał wyraźnie zaznaczoną szyję i mógł obracać głowę. To doprawdy niezwykle zwierzę jest idealnym wręcz przykładem „ogniwa pośredniego”. Idealnym, bo lokuje się dokładnie między rybami a płazami, i idealnym również dlatego, że dziś już go nie „brakuje” — to prawdziwe skamieniałe kości, które można obejrzeć, a nawet dotknąć.

POWRÓCĘ NA MORZE ZNÓW**

* „A rose-red city, half as old as time” — cytat z poematu Petra 19-wiecznego angielskiego poety Johna Williama Burgona. Burgon, żarliwy anglikanin, zasłynął też jako obrońca poglądu o pełnej nieomyślności Biblii i to zapewne z tego powodu Hawkins cytuje go z jeszcze większą satysfakcją, tym bardziej, że Petra okres świetności przeżywała od III w. p.n.e. do I w. n.e. (przyp. tłum.).

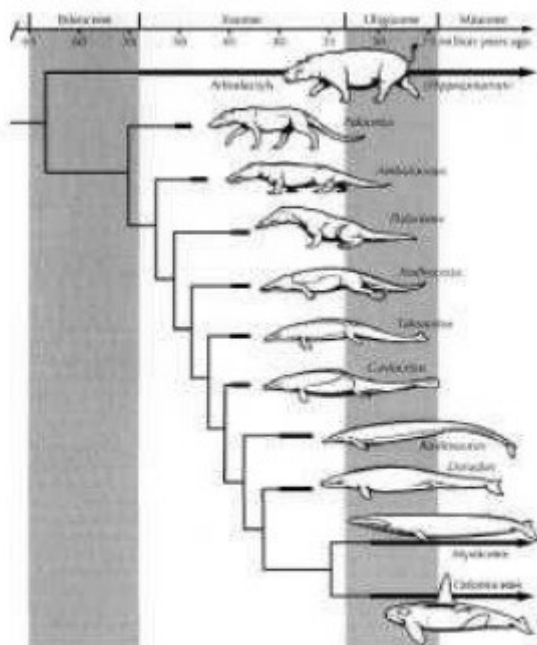
** „Powrócę na morze znów” to cytat ze znanej szanty. W oryginale Dawkins jako tytuł podrozdziału wykorzystał znany (wyłącznie Anglikom, oczywiście) cytat z wiersza Johna Masefielda (1878-1967) *Sea Feuer* „I must go down to the sea again”. Nie miałoby to wielkiego znaczenia, gdyby nie fakt, iż cytat ów posłużył autorowi jako ilustracja (z wyjaśnieniem w przypisie) działania mutacji w kolejnej — poza ewolucjonizmem — dziedzinie nauki, w której się specjalizuje, a mianowicie w memetyce. Otóż cytat ten z reguły przytaczany jest z błędem („seas” zamiast „sea”), mimo że stanowi to dość rażące naruszenie zasad angielskiej gramatyki. Wystarczyło jednak, że w pierwodruku (z roku 1902) znalazła się literówka... (przyp. tłum.).

Wyjście z wody na ląd wymagało głębokiego przeprojektowania każdego aspektu zwierzęcego życia, od oddychania po rozmnażanie; była to wielka wyprawa przez biologiczny kosmos. Tymczasem — a to już można uznać za wybujałą perwersję — niemało zwierząt, które podjęły ten trud, po pewnym czasie zdecydowało się porzucić zdobyte obszary i... wrócić z powrotem do wody. Foki i lwy morskie zatrzymały się w pół drogi. W pewnym sensie można w nich także widzieć „stadia pośrednie”, żywą ilustrację tego, jak ów powrót mógł niegdyś wyglądać. Mamy jednak nie tylko połowiczne, ale i krańcowe przykłady — to wieloryby (i małe walenie, które zwiemy delfinami) oraz diugonie i ich bliscy kuzyni, manaty. Te zwierzęta zdecydowały się całkiem porzucić suchy ląd i powrócić do wodnego świata swoich przodków, a także w pełni odtworzyć ich obyczaje, i dziś nawet nie wychodzą na brzeg w poszukiwaniu pożywienia. Nadal jednak — to ważne — oddychają powietrzem i nigdy nie zdołały wyewoluować czegoś, co można by uznać za ekwiwalent skrzeli, za pomocą których oddychali ich antenaci. Lista powracających na tym się nie kończy, trzeba bowiem dopisać jeszcze błotniarkowate (Lymnaeidae), darownikowate (Pisuaridae, zwane też pająkami wodnymi), chrząszcze wodne, krokodyły, wydry morskie, węże morskie, rzęsorki, kormorany nietoty i morskie legwany z Galapagos, japoki (dydelfy wodne, czyli morskie torbacze z Ameryki Południowej), dziobaki, pingwiny i żółwie.

Walenie długo stanowiły dla zoologii zagadkę, ale na szczęście dziś wiemy sporo o ich ewolucji. Dzięki genetyce molekularnej (więcej o świadectwach ewolucji, jakie tej dziedzinie biologii zawdzięczamy, w Rozdziale X) dowiedzieliśmy się, że ich najbliższymi żyjącymi krewnymi są — w kolejności - hipopotamy, potem świniowate i dalej przeżuwacze. Dane molekularne przynoszą czasem naprawdę zaskakujące informacje — okazało się na przykład, że hipopotamy są bliżej spokrewnione z wielorybami niż z innymi parzystokopytnymi, jak właśnie świniowate czy przeżuwacze. Jak to — mógłby ktoś spytać — przecież hipopotam na pewno bardziej przypomina, dajmy na to, świnie niż wieloryba. Oto kolejna ważna lekcja, jaką daje nam genetyka molekularna: pokrewieństwo w sensie ewolucyjnym i fizyczne podobieństwo dalece nie zawsze idą w parze. Pisałem już zresztą o rybach, które są bliższe nam niż innym rybom. W tym akurat przypadku przyczyną anomalii jest fakt, że kiedy nasza linia rodowa opuszczała wodne środowisko i przenosiła się na ląd, zmiany ewolucyjne, którym uległa, były bez porównania większe niż te, jakie zaszły u naszych najbliższych rybich kuzynów, czyli ryb dwudysznych i latimerii. One pozostały w wodzie i dlatego dziś dużo bardziej przypominają inne ryby (mimo odleglejszego pokrewieństwa) niż nas.

Przypadek wielorybów i hipopotamów jest w pewnym sensie odwrotny — hipopotamy pozostały zwierzętami w znacznym stopniu lądowymi (i dlatego są podobne do swoich dalszych kuzynów, przeżuwaczy), natomiast ich najbliżsi krewni, czyli walenie, zdecydowali się na powrót do wody — środowiska, które, uwolniwszy je od konstrukcyjnej presji grawitacji, pozwoliło ewoluować ponownie do form rybokształnych. W każdym razie, gdyby nie biologia molekularna, zapewne żaden biolog nie odkryłby, że najbliższymi kuzynami wielorybów są właśnie hipopotamy.

Zagadka ewolucji waleni powoli przestaje być zagadką nie tylko dzięki genetyce molekularnej, ale również coraz liczniejszym skamieniałościom (głównie znaleziskom pakistańskim), które pozwalają wypełnić wiele luk. Ponieważ jednak tę opowieść można znaleźć w paru świetnych książkach (między innymi w *Evolution: What the Fossils Say and Why it Matters* i niedawno wydanej *Ewolucja jest faktem* Jerry'ego Coyne)

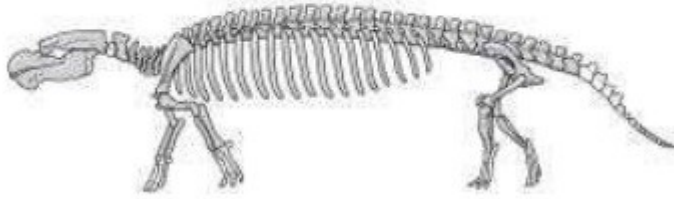


Fossil whales

Będę na ilustracjach umieszczać strzałki prowadzące od starszych do młodszych skamieniałości. W tym jednak wypadku nikt nie może powiedzieć, że ambulocet pochodzi od pakiceta albo sasilosaurus od rodoceta. Dlatego schemat znacznie bardziej oględnie sugeruje, że, na przykład, przodkiem wielorybów mógł być któryś z kuzynów ambuloceta, zapewne dość doń podobny (a może nawet był to po prostu właśnie on). Skamieniałości zamieszczone na ilustracji obrazują różne stadia ewolucji wielorybów, dzięki czemu możemy zaobserwować stopniowe zanikanie kończyn tylnych, transformację kończyn przednich od nóg (niezbędnych do chodzenia) do płetw (przydatnych do pływania), spłaszczenie i zmianę kształtu ogona; te wszystkie zmiany ukazane zostały w postaci eleganckiej kaskady. Ponieważ wielorybie skamieniałości zostały świetnie omówione w wymienionych wyżej książkach, ja tego tematu nie będę dłużej drażył i zamiast tego zajmę się przez chwilę innym rządem morskich ssaków — syrenami. Współcześnie rząd ten reprezentują wyłącznie dugonie i manaty (zwane też lamantynami lub brzegowcami), a historia ich ewolucji nie jest tak dokładnie zilustrowana skamieniałościami jak w przypadku waleni, jednak również tu niedawno odkryto wspaniałe „brakujące ogniwo”.



Współczesny diugon



Pezosiren - dawny diugon

Otóż praktycznie współczesnym ambuloceta, czyli eoceńskiego „chodzącego wieloryba”, był Pezosiren, „chodzący manat”, którego sfosylizowane bardzo przypomina manata czy diugonia z jedyną różnicą ma dobrze wykształcone przednie i tylne nogi pod czas gdy syreny z przodu mają płetwy, a tyfnych nie mają wcale.

(BRAK TEKSTU)

Trzeba przyznać, że odkrycie to bardzo zgrabnie pokazuje przejście z lądu do wody przodków płetwonogów. Mamy więc kolejne „brakujące ogniwo”, którego już nie brakuje. Przejdźmy teraz do kolejnej grupy zwierząt, które postanowiły wrócić do wody — przykład o tyle intrygujący, iż niektórzy bohaterowie tej opowieści okazali się bardzo niezdecydowani i po pewnym czasie porzucili wodne środowisko, by powtórnie wyjść na ląd. Żółwie — bo o nich właśnie mowa — to w ogóle bardzo ciekawy przypadek. Na przykład ich powrót do wody był mniej konsekwentny niż wielorybów i diutfoni, gdyż nadal składają jaja na plażach. Jak wszystkie kręgowce, które zdecydowały się na wodny tryb życia, żółwie nie zrezygnowały z oddychania powietrzem, ale część z nich poradziła sobie z tym problemem lepiej niż walenie — otóż niektóre żółwie pobierają też dodatkowo tlen z wody za pomocą mieszczących się w tylnej części ciała specjalnych silni ukrwionych komór. Pewien australijski żółw rzeczny pozyskuje nawet w ten sposób większość niezbędnego mu tlenu (żaden Australijczyk zapewne nie zawahałby się przed stwierdzeniem, że ten żółw oddycha tyłkiem)*.

(BRAK TEKSTU)

Wu, Rieppel, Wang i Zhao sądzą, że ich skamieniałości były mniej więcej w pół drogi do wykształcenia pełnej skorupy, jednak naukowcy, którzy kwestionują ten pogląd uważają, że skorupa wyewoluowała w wodzie. „Naturę” ma bardzo dobry obyczaj, a mianowicie odwołuje się często do innych cenionych ekspertów z prośbą o skomentowanie najciekawszych artykułów w bieżącym numerze i później publikuje

te opinie w rubryce „News and Views”. Autorami komentarzy o odkryciu O. semitesłacea było dwóch innych biologów, Robert Reisz i Jason Head, którzy przedstawili alternatywną interpretację znaleziska. Ich zdaniem pancerz mógł wyewoluować na lądzie, nim jeszcze przodkowie zwierzęcia zdecydowali się wrócić do wody. Przypuszczając że, odontochelysa, to jeden z etapów utraty skorupy już w wodnym środowisku. Dla uprawdopodobnienia swojej teorii, Reisz i Head powołują się na przykład, że niektóre z żółwi morskich, np. żyjących obecnie olbrzymich żółwi skórzastych, których skorupa jest bardzo mocno zredukowana. Więc ich teoria jest dość prawdopodobna.

Pozwolę sobie teraz na krótką dygresję i zastanówmy nad pytaniem jaki może być pożytek z połowy pancerza, a w szczególności dlaczego odontochelys opancerzony był od dołu, a nie od góry? Nasuwa się wniosek, że niebezpieczeństwo zagrażało od dolnej strony, co wskazywałoby na to, iż zwierzę spędzając wiele czasu w wodzie, pływając blisko powierzchni musiało się oczywiście także wynurzać, żeby zaczerpnąć powietrza. Dziś z głębi (czyli „od dołu”) atakują rekiny wiemy, iż podobnie zachowujących się morskich drapieżników było w czasach odontochelysa sporo i nie ma powodu przypuszczać, że miały odmienne obyczaje. Pomyślmy, jednym z najbardziej zaskakujących osiągnięć ewolucji jest wyposażenie w dodatkową parę oczu u ryby Bathylchnops.

* Następny akapit książki — który pozwalam sobie pominąć w polskim przekładzie — poświęcony jest w całości problemom słownikowym, jakie sprawia angielskiemu autorowi pisanie o żółwiach tak, by było to zrozumiałe również dla amerykańskich i australijskich czytelników, a wynikających głównie z faktu, iż amerykańskie „turtle” (termin ogólny— odpowiednik polskiego „żółwia”) to dla Brytyjczyka wyłącznie żółw morski. Ogólnie Dawkins podpisuje się pod słynną uwagą George'a Bernarda Shawa, iż „Anglię i Amerykę dzieli przede wszystkim wspólny język”. Z kolei uwaga o Australijczykach w ostatnim zdaniu wiąże się z tym, iż zarówno Anglicy, jak Amerykanie, uważają Australijczyków za, łagodnie mówiąc, ludzi nieprzejmujących się nadmiernie towarzyskimi konwenansami (przyp. tłum.).

** Dla czytelników, którzy jednak byliby zainteresowani językowymi analizami profesora Dawkinsa, zamieszczam poniżej inkryminowany akapit w oryginale:

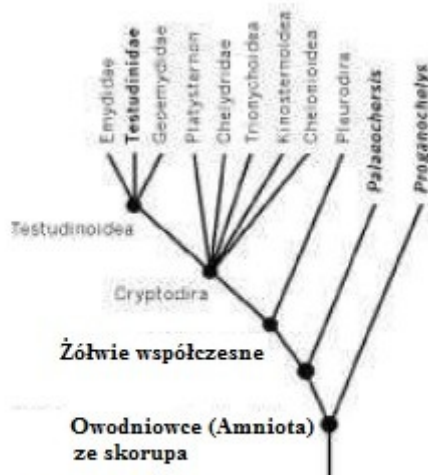
Before going any further, I can't escape a tiresome point of terminology, and a regrettable vindication of George Bernard Shaw's observation that 'England and America are two countries divided by a common language.' In Britain, turtles live in the sea, tortoises live on land and terrapins live in fresh or brackish water. In America all these animals are 'turtles', whether they live on land or in water. 'Land turtle' sounds odd to me, but not to an American, for whom tortoises are the subset of turtles that live on land. Some Americans use 'tortoise' in a strict taxonomic sense to refer to the Testudinidae, which is the scientific name for modern land tortoises. In Britain, we'd be inclined to call any land-dwelling chelonian a tortoise, whether it is a member of the Testudinidae or not (as we shall see, there are fossil 'tortoises' that lived on land but are not members of the Testudinidae). In what follows, I'll try to avoid confusion, making allowance for readers in Britain and America (and Australia, where the usage is different again), but it's hard. The terminology is a mess, to put it mildly. Zoologists use 'chelonians' for all these animals, turtles, tortoises and terrapins, whichever version of English we speak.



Dodatkowe oko batilichnopsa

I to nie pomyłka. Mówimy o drugiej parze oczu, ich ruch jednak nie tak, jak „główne” oczy przebiega: w przód, lecz w dół, zupełnie jakby służyły do wypatrywania nadpływającego z dołu napastnika. Warto podkreślić, że są to kompletne i sprawne narządy wzroku, z dobrze rozwiniętą soczewką i siatkówką, tyle że nieco mniejsze i umieszczone u dołu oczu właściwych. Jeśli zatem Bathylachnops zadał sobie tyle trudu, by w obliczu zagrożenia atakiem z dołu wyhodować dodatkową parę oczu (mam nadzieję, że w stosunku do moich czytelników bezpiecznie mogę już sobie pozwalać na takie metafory) to czemu Odontochelys nie miałaby wyewoluować chroniącej go od dołu kostnej zbroi. Plastron doskonale się do tego celu nadaje A gdyby ktoś chciał argumentować, że plastron od dołu i karapaks od góry to jeszcze pełniejsza ochrona? Jest w tym sporo racji, ale pamiętajmy o jednym: skorupa jest bardzo masywnym i obciążającym „narzędziem”, co oznacza że jej wyhodowanie i utrzymanie sporo kosztuje. W ewolucji zaś zawsze obowiązuje zasada „coś za coś”. Dla żółwi lądowych taki ewolucyjny targ zakończył się solidną okrywą chroniącą praktycznie całe ciało, u żółwi morskich jednak finałem był gruby plastron od dołu i znacznie cieńsza skorupa na grzbiecie. Hipoteza, iż u odontochelysa obserwujemy kolejny etap tego ewolucyjnego procesu brzmi całkiem prawdopodobnie

W każdym razie sytuacja jest interesująca, jeśli bowiem chińscy badacze mają rację i *O. semitestacea* to etap ewolucyjnego powstawania pełnego żółwiego pancerza, który to proces był kontynuowany w wodzie, wynikałoby stąd, że współczesne żółwie lądowe (z pełną skorupą) to potomkowie stworzeń żyjących niegdyś w morzach. I wiele na to wskazuje A skoro tak, to mamy właśnie przed oczami przykład „drugiego przejścia” — w swej ewolucyjnej wędrówce te zwierzęta musiały najpierw wyjść z morza na ląd, potem wrócić do wody, a później znów zdecydować się na reemigrację do lądowego środowiska. Tymczasem nic przecież nie wskazuje, by na taki powrót zdecydowały się kiedykolwiek walenie czy syreny. W przypadku żółwi lądowych niewykluczona jest też alternatywna hipoteza, mówiąca, iż zwierzęta te, już żyjąc na lądzie, „wyewoluowały” sobie skorupy niezależnie, acz z podobnym rezultatem co ich morscy kuzyni. Taki scenariusz jest oczywiście możliwy, ale przy obecnym stanie wiedzy bardziej prawdopodobny wydaje się przeciwny — że to raczej niektóre żółwie morskie zdecydowały się po raz drugi wyjść z wody, a żółwie lądowe są ich potomkami.



Druk pogrubiony - lądowe

Druk normalny - wodne

Drzewo rodowe żółwi (Testudines)

Jeśli przyjrzymy się drzewu rodowemu współczesnych żółwi (opracowanemu głównie na podstawie kryteriów molekularnych), dostrzeżemy z łatwością, że praktycznie wszystkie odgałęzienia tego drzewa reprezentują gatunki wodne (nazwa normalną czcionką). Żółwie lądowe (czcionka pogrubiona) to współcześnie jedna gałąź (Testudinidae), z obu stron otoczona przez gatunki morskie (skądinąd swoich najbliższych żyjących kuzynów). Wiele zatem wskazuje, iż rzeczywiście niegdyś ich żyjący w morzach przodkowie zdecydowali się powtórnie zasiedlić ląd, i taki wariant ewolucyjnej historii jest całkiem spójny z koncepcją „wodnej” ewolucji skorupy, jak w przypadku odontochelysa. W tym momencie pojawia się jednak dodatkowy problem. Jeśli przyjrzymy się uważniej przedstawionemu na poprzedniej stronie drzewu rodowemu żółwi, zauważymy, że poza rodziną Testudinidae (obejmującą wszystkie współcześnie żyjące żółwie) obejmuje ono też dwa wymarłe, znane tylko ze skamieniałości rodzaje: Proganochelys* i Palaeochersis. Te rodzaje biolodzy uważają dziś za grupujące zwierzęta lądowe z powodów, do których dojdziemy w następnym akapicie. Widzimy je na prawo od gałęzi reprezentujących żółwie wodne.

Przed odkryciem odontochelysa właśnie Proganochelys i Palaeochersis uznawano za najstarsze znane żółwie, zresztą podobnie jak O. semitestacea zwierzęta

* Zwracam uwagę, że w grece przynajmniej ta nazwa nie ma żadnego sensu. „Proganochelys” już ma sens, bo to można by tłumaczyć jako „przodkowie żółwi” lub „prastare żółwie”, i zapewne właśnie coś takiego mieli na myśli autorzy tej nazwy rodzajowej. Problem w tym, że nomenklatura zoologiczna rządzi się bardzo sztywnymi regułami i jeśli już jakaś nazwa (nawet absurdalna) znajdzie się w użyciu — i w publikacjach — nie można już jej zmienić. I stąd w taksonomii aż roi się od takich absurdalnych „skamieniałości”. Jeden z moich ulubionych przykładów to Khaya, jeden z afrykańskich mahoniowców. Jak głosi anegdota (wierzę, że prawdziwa), w lokalnym języku „khaya” oznacza „nie mam pojęcia” — pewnie jakiś naturalista nękał tubylca i w odpowiedzi usłyszał właśnie „khaya”, co tak naprawdę miało znaczyć: „Nie mam pojęcia, jak to drzewo się nazywa, nic mnie to zresztą nie obchodzi, a ty mógłbyś przestać zadawać głupie pytania”.

te żyły w triasie, tyle że jakieś piętnaście milionów lat później od swego zębatego kuzyna. Zgodnie z pierwszymi rekonstrukcjami gatunki te uznawano za słodkowodne, jednak późniejsze świadectwa pozwoliły umieścić je w ich właściwym środowisku, czyli na lądzie. Jak naukowcy dochodzą do takich wniosków? Jak stwierdzają, czy wymarłe zwierzę, które zwykle znamy tylko z fragmentów skamieniałych kości, żyło w wodzie czy na lądzie? Cóż, czasem jest to całkiem proste. Na przykład ichtiozaury to współczesne dinozaurom gady, wyposażone w płetwy i o opływowych kształtach. Ich skamieniałe szczątki przypominają szkielety współczesnych delfinów i dlatego nie ma najmniejszych wątpliwości, że tak jak delfiny żyły one w wodzie. W przypadku żółwi sprawa nie jest aż tak prosta, ale — czego raczej nietrudno się domyślić — kluczową wskazówkę daje pokrój kończyn: płetwy zdecydowanie różnią się od nóg służących do chodzenia. Ta zdroworozsądkowa obserwacja nie wystarczyła jednak Walterowi Joyce'owi i Jacques'owi Gauthierowi z Yale University, którzy postanowili nadać jej postać wskaźników ilościowych. W tym celu przyjęli trzy kluczowe miary długości kości „ramienia” i „dłoni” i przeanalizowali, jak przedstawiają się one u ponad siedemdziesięciu gatunków żyjących żółwi. Z przykrością — i tylko z racji braku miejsca — odstępuję od szczegółowego omówienia analiz Joyce'a i Gauthiera; z naszego punktu widzenia najważniejsze, że wnioski były jednoznaczne: kończyny Proganochelys i Palaeochersis to zdecydowanie bardziej nogi niż płetwy — te zwierzęta prowadziły lądowy tryb życia. Były jednak zaledwie dalekimi krewnymi współczesnych żółwi lądowych.

I tu właśnie pojawia się pewien problem. Jeśli bowiem autorzy artykułu opisującego odontochelysa mają rację i ich połowicznie opancerzona skamieniałość dowodzi, że żółwi pancerz ewoluował w wodzie, jak wytłumaczyć obecność na lądzie (!) dwóch w pełni opancerzonych rodzajów piętnaście milionów lat później! Otóż przed odkryciem odontochelysa sam byłem zwolennikiem tezy, że Proganochelys i Palaeochersis to zwierzęta lądowe, których skorupy wyewoluowały właśnie na lądzie, i przedstawiciele gatunków, które jeszcze nie zdecydowały się na powrót do wody. Uważałem, że dopiero później niektóre okryte już skorupą żółwie wróciły do wody (to samo, tyle że znacznie później, uczyniły foki, wieloryby i diugonie), te, które nie poszły w ich ślady, wyginęły, a współczesne żółwie lądowe są potomkami osobników, którzy zdecydowali się po kolejnych milionach lat na kolejną lądową eskapadę. Tak właśnie myślałem — ba, tak nawet napisałem w pierwszej wersji tego rozdziału, ale jak już mówiłem, powstała ona jeszcze przed publikacją w „Nature”, a odkrycie odontochelysa całe to myślenie postawiło na głowie. W każdym razie dziś rozważyć musimy trzy możliwości, wszystkie zresztą równie intrygujące:

1. Proganochelys i Palaeochersis to potomkowie rodzajów od dawna zamieszkujących środowisko lądowe, ale niektóre zwierzęta z tej grupy (w tym przodek odontochelyksa) wcześniej już zdecydowały się wrócić do wody. Zgodnie z tą hipotezą skorupa wyewoluowała wcześniej, jeszcze na lądzie, a u *O. semitestacea*, zwierzęcia wodnego, doszło do zaniku karapaksu i pozostał tylko plastron.

2. Pancierz ewoluował już w wodzie, a zgodnie z sugestią chińskich badaczy pierwszy wykształcił się plastron okrywający spodnią część ciała i dopiero potem wierzchnia skorupa. Przy tym założeniu Proganochelys i Palaeochersis, które żyły piętnaście milionów lat po częściowo opancerzonym odontochelyksie i to w dodatku na lądzie, a nie w wodzie, musimy uznać za przedstawicieli innej linii ewolucyjnej, w której niezależnie wyewoluował pancierz. Jest wreszcie trzecia możliwość:

3. Proganochelys i Palaeochersis to też przypadek ponownego wyjścia z wody na ląd, tyle że nastąpiło ono wcześniej! Przyznacie, że to dość ekscytująca ewentualność.

W każdym razie w zasadzie dziś jesteśmy już praktycznie pewni, że żółwie to rząd o dość wyjątkowej ewolucyjnej biografii: najdawniejsze lądowe „żółwioidy” postanowiły w pewnym momencie wrócić do wodnego środowiska rybich przodków i stały się żółwiami morskimi, a później niektóre z nich zdecydowały się na podróż w drugą stronę i ponowny powrót na ląd i tak powstała nowa inkarnacja żółwi lądowych, czyli współczesne Testudinidae. Tego, jak już mówiłem, jesteśmy już dziś praktycznie pewni. Najnowsze odkrycia stworzyły jednak zupełnie nową perspektywę i teraz nie możemy wykluczyć, że ta żółwia wyprawa „tam i z powrotem” nastąpiła aż dwukrotnie. Owocem jednej z nich są współczesne żółwie lądowe, a po drugiej, o wiele dawniejszej, pozostały nam skamieniałości żyjących w triasie Proganochelys i Palaeochersis.

W jednej ze swoich wcześniejszych książek pisałem, że na DNA można patrzeć jak na „genetyczną Księgę Umarłych”. Istotnie, dobór naturalny działa właśnie tak, że DNA każdego organizmu staje się w pewien sposób zapisem świata, w jakim żyli — i poddawani byli selekcyjnej presji — jego przodkowie. W Księdze Umarłych ryb opisane są pradawne morza. W naszej (i większości ssaków) w początkowych rozdziałach akcja dzieje się w morzach, później przenosi się na ląd. W przypadku wielorybów, diugoni, morskich legwanów, pingwinów, lwów morskich i fok „Księga DNA” składa się już z trzech części, z których ostatnia przedstawia wielki powrót do wodnego środowiska dawnych przodków. Żółwiom lądowym zaś natura dodała jeszcze część czwartą, opowiadającą o kolejnym i ostatecznym (jak dotąd) powrocie na ląd. Czy są jeszcze jakieś inne zwierzęta, które mogą pochwalić się równie skomplikowaną historią (lub — inaczej mówiąc — których „Genetyczna Księga Umarłych” byłaby równie złożonym palimpsestem), obejmującą wielokrotne wyprawy i powroty w kompletnie odmienne środowiska? Gdybym miał zgadywać, postawiłbym na terapieny, jedyne żyjące dziś przedstawiciela rodzaju Malaclemys. Czy bowiem przodkowie tego blisko spokrewnionego z żółwiami lądowymi żółwia błotnego przenieśli się do swego nowego środowiska bezpośrednio z morza? Czy widzimy stadium pośrednie, etap podróży z morza na ląd? A może — taka ewentualność nie da się wykluczyć — terapieny to przykład kolejnej fali uchodźców z lądu, a ich przodkami są współczesne żółwie lądowe? Może Testudines w eonach ewolucyjnego czasu po prostu nieustannie wędrują między morzem a lądem i ich ewolucyjna księga to palimpsest wymazywany i zapisywany znacznie

częściej, niż dziś myślimy.

POSTSCRIPTUM

19 maja 2009 roku, kiedy pracowałem nad korektą tej książki, w internetowym magazynie naukowym „PLOS One” ukazała się informacja o odkryciu „brakującego ogniwa” między „lemuropodobnymi” a „małpopodobnymi” prymatami. *Darwinus masillae*, tak nazwane zostało znalezisko, żył 47 milionów lat temu w deszczowych lasach na terenie dzisiejszych Niemiec. Według autorów jest to najbardziej kompletna skamieniałość ssaka naczelnego, jaką do tej pory udało się odnaleźć, bo w rękach naukowców znalazły się nie tylko kości, ale również fragmenty skóry, futra, a nawet organy wewnętrzne ze szczątkami ostatniego posiłku. Cóż, *Darwinus masillae* bez wątpienia jest piękny (można go obejrzeć na 9. stronie kolorowej wkładki), ale historia, jaka wokół niego wybuchła, nie ma żadnych podstaw ani krztyny sensu. Komentator wiadomości sieci Sky stwierdził na przykład, że „oto objawił się ósmy cud świata oraz ostateczne potwierdzenie prawdziwości teorii ewolucji Darwina”. Cóż — może przynajmniej wreszcie przestaniemy słyszeć o brakującym ogniwie.

ROZDZIAŁ VII
„BRAKUJĄCE OGNIWO”
—JUŻ NIE!

W najsłynniejszej pracy Karola Darwina, czyli w "O powstawaniu gatunków", ewolucji człowieka poświęcone i dokładnie dwanaście słów: „Light will be thrown on the rui of man and his history”*. Tak przynajmniej brzmi to , w pierwszym wydaniu (a z niego najczęściej staram się korzystać i je właśnie zwykle cytuję). W wydaniu szóstym Darwin pozwolił sobie na istotną modyfikację i odtąd zdanie to brzmi: "Much light will be thrown on the origin of man and his history". Bardzo lubię wyobrażać sobie Darwina zasiadającego z piórem nad piątym wydaniem i z największą powagą rozmyślającego, czy już może pozwolić sobie na luksus dodania o jednego słowa. Nawet jednak z tym dodatkiem fragment uznać należy za w pełni zaplanowane niedopowiedzenie.

Odkrywca doboru naturalnego z całą świadomością wszelkie rozważania nad ewolucją człowieka przeniósł do swego kolejnego dzieła, "O pochodzeniu człowieka", i również nie przypadkiem większość tej pracy odwołuje się raczej do jej podtytułu: Dobór płciowy, książka traktuje — głównie zresztą na przykładzie ptaków — bardziej o związkach między doborem a płcią niż o ewolucji człowieka**. Trudno się temu dziwić chociażby i z tego względu, że w czasach Darwina rzeczywiście nie były jeszcze znane skamieniałości pozwalające powiązać nas z naszymi najbliższymi krewnymi wśród małp. On sam mógł więc tylko przyglądać się żywym małpom i przyznać trzeba, że (jak zwykle) wykazał się wielkim darem obserwacji. Dostrzegł—jako jeden z niewielu — iż najbliżej spokrewnieni jesteśmy z małpami afrykańskimi (pisał o gorylach i szympankach, bonobo zostały uznane za osobny gatunek stosunkowo niedawno; one zresztą też żyją w Afryce). Najzupełniej trafnie też przewidział, że jeśli kiedykolwiek uda się znaleźć skamieniałe szczątki przodków człowieka, to nastąpi to w Afryce. Żałował, że skamieniałości jest tak mało, ale nie tracił optymizmu — cytując Lyella, swego mentora i jednego z największych geologów epoki wiktoriańskiej, Darwin napisał, że „w przypadku wszystkich kręgowców odnalezienie skamieniałych szczątków jest w dużej mierze kwestią szczęśliwego trafu", po czym dodał jeszcze „nie można zapominać, iż te regiony, gdzie z największym prawdopodobieństwem możemy spodziewać się odnalezienia skamieniałości łączących człowieka z jakimiś pradawnymi małpokrształnymi istotami, jak dotąd nie zostały przeszukane przez geologów". Darwin, jak już mówiłem, konsekwentnie wskazywał na Afrykę, a rozwiązaniu problemów, o których pisał, nie pomogło wcale zlekceważenie jego mądrej rady i poszukiwanie przodków człowieka w Azji.

Jednak to dzięki azjatyckim znaleziskom „brakujące ogniwo" zaczęło powoli

* W polskim przekładzie tłumacze zdecydowali się przełożyć cytowane zdanie do marnego: „Dużo światła padnie na problem pochodzenia człowieka i jego historię". Niestety dokładność nie zawsze jest zaletą przekładu. Różnicę między I a VI wydaniem, o której wspomina autor, znacznie lepiej byłoby oddać zdaniem: Na pewno jeszcze dowiemy się więcej, dużo więcej o pochodzeniu człowieka i o jego historii" (przyp. tłum.).

** W efekcie w Polsce Dobór płciowy i Pochodzenie człowieka (przynajmniej pierwsze i min) ukazały się osobno, w paru letnim odstępie. Szczegółowe informacje o obu wydaniach znaleźć można w Bibliografii (przyp. tłum.).

tracić status „brakującego”. Problem w tym, iż owe pierwsze odnajdywane skamieniałości były stosunkowo młode — miały mniej niż milion lat i pochodziły z czasów, gdy hominidy niewiele dzieliło od człowieka współczesnego, w dodatku reprezentowały gatunki, które dawno opuściły Afrykę i zdołały dotrzeć na Daleki Wschód. Od miejsc, gdzie te pierwsze z hominidzkich skamieniałości znaleziono, otrzymały one nazwy „człowieka jawajskiego” i „człowieka pekińskiego”^{*}.

„Człowieka jawajskiego” odkrył w roku 1891 holenderski antropolog Eugene Dubois i to on nadał mu nazwę gatunkową *Pithecanthropus erectus*, co stanowiło wyraz jego najgłębszego przekonania, iż udało mu się właśnie zrealizować cel życia i odkryć „brakujące ogniwo”. Przekonanie to nie było jednak powszechnie podzielane i Dubois dość szybko spotkał się z krytyką, a nadeszła ona z dwóch przeciwnych stron. Niektórzy twierdzili, że odkryte przez niego szczątki są szkieletem człowieka, inni natomiast, że to kości wielkiego gibona — ta rozbieżność powinna dać mu pewną satysfakcję. Tak się nie stało i parę lat później zgorzkniały i rozczarowany życiem Dubois stanowczo odrzucił sugestie, jakoby odkryty nieco później „człowiek pekiński” w czymkolwiek przypominał jego znalezisko — był najwyraźniej zbyt przywiązany do swojego pitekantropa i zbyt gorliwie bronił tezy, że tylko „człowiek jawajski” zasługuje na miano „brakującego ogniwa (pośredniego)”. Aby jeszcze mocniej podkreślić różnice między nim a później odnalezionymi szczątkami „człowieka pekińskiego”, starał się przekonać wspólnotę naukową, iż nowe znaleziska są znacznie bliższe człowiekowi współczesnemu i tylko jego „człowiek jawajski z Trinil” jest prawdziwym ogniwem pośrednim między małpą a człowiekiem. Jak pisał: *Pithecanthropus* (człowiek jawajski) nie był człowiekiem, lecz przedstawicielem gigantycznego rodzaju bliskiego gibbonom, jakkolwiek wyżej od nich rozwiniętego, a to za sprawą znacząco większej objętości mózgu, jak również umiejętności chodzenia w postawie wyprostowanej. Cefalizacja (stosunek wielkości mózgu do wielkości ciała), była u pitekantropa dwukrotnie wyższa niż u gibona i dwukrotnie niższa niż u człowieka [...]

To właśnie ta zaskakująco duża wielkość mózgu - zdecydowanie za duża jak na małpę człekokształtną, a jednak znacznie mniejsza niż średnia dla człowieka. Małpolud z jarskiego Trinil w istocie by już prymitywnym Człowiekiem.

^{*} Po raz kolejny w tej książce przypis autora pozwolę sobie przytoczyć w oryginale, ponieważ skierowany jest on wyłącznie do anglojęzycznego (a może nawet tylko do brytyjskiego czytelnika, jako że my (ciekawe, jak długo jeszcze) wciąż możemy mówić o człowieku pekińskim (przyp. tłum.): Predictably, the Peking fossil is now sometimes called Beijing Man. Why, since we are talking English rather than Chinese, do we go along with 'Beijing' at all, when referring to China's capital? There's a rather charming programme on British television called Grumpy Old Men, which is a genially edited collection of grouses and grizzles of just this kind. If I were on it, I would say something like the following. | We don't dab on a splash of Eau de Koln to drown out the smell of Mumbai Duck, or go wal-tzingto the strains of 'The Blue Dunaj' or 'Tales from the Wien Woods'. We don't compare 1 Neville Chamberlain, the Man of Munchen, to Napoleon's retreat from Moskva. Nor yet i (though give it time) do we take our snuffling little pet Beij for walkies. Whafs wrong with , Peking, when it's the English language we are speaking? I was delighted recently to meet a member of the British diplomatic corps, fluent in Mandarin, who had played a leading role in our embassy in what he insisted on calling Peking.

Morfologicznie jednakże pod względem budowy sklepienia czaszki. *Pithecanthropus* nie różni się od małp człekokształtnych a zwłaszcza gibona [...]

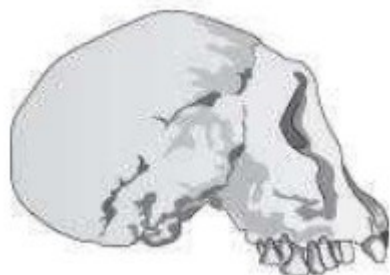
Zapewne nastroju Dubois nie poprawiało wykorzystywanie tego cytatu na dowód, że *Pithecanthropus* był po prostu gigantycznym gibonem, a nie żadnym stadium pośrednim między X nami a ludźmi. Mimo to do końca życia nieugięcie powtarzał: Nadal uważam i to mocniej niż kiedykolwiek, iż właśnie *Pithecanthropus* jest prawdziwym "brakującym ogniwem".

Zabawne, ze argumentu „z Dubois”, a mianowicie tezy iż wycofał się on ze swych pomysłów, jakoby pitekanthrop by ogniwem pośrednim między człowiekiem a małpą do dziś używają czasem kreacjoniści w swojej walce z ewolucją. Kreacjonistyczna organizacja "Answers in Geneas" („Odpowiedzi w Księdze Rodzaju”) argument ten dołączyła do listy zarzutów już zdyskredytowanych, których nie należy stosować (na plus należy zaliczyć, że w ogóle wpadła na pomysł publikowania takiej listy). Słusznie, dziś bowiem wiadomo już, że zarówno człowiek jawajski, jak człowiek pekinku to okazy na tyle młode (ich wiek skacowany jest na poniżej miliona lat), że oba - tak samo jak nas - uznaje się za należące do rodzaju *Homo*, aczkolwiek miano nadane przez Dubois'a zostało częściowo zachowane i jego znalezisko taksonomicznie reprezentuje *Homo erectus*.

Determinacja w poszukiwaniu „brakującego ogniwa” nie przyniosła sukcesu, Dubois zblądził bowiem próbując szukać go w Azji. Być może jako Holender bardzo pragnął odnaleźć je w holenderskich Indiach Wschodnich, ale jako człowiek oddany nauce powinien raczej posłuchać rady Darwina i podążyć do Afryki, właśnie tam bowiem (o czym się wkrótce przekonamy) wyewoluowali nasi przodkowie. Jeżeli tak było, to co robił *Homo erectus* tak daleko od Afryki. W kontekście takich rozważań nierzadko pojawia się zapożyczona od Karen Blixen* fraza „pożegnanie z Afryką”, jak często określa się wielki exodus naszych przodków z kontynentu afrykańskiego. Ilekroć jednak mówimy o „pożegnaniu z Afryką” (lub o „afrykańskim exodusie”), musimy pamiętać, że miały miejsce dwa takie „exodusy” i pod żadnym pozorem nie należy ich mylić. W późniejszym z nich, który nastąpił stosunkowo niedawno, być może nawet mniej niż sto tysięcy lat temu, z Afryki wyruszyły grupy *H. sapiens* (ci ludzie wyglądali już tak samo, jak my) i to ich potomkami są wszystkie współczesne ludzkie rasy: Inuici, rdzenni Amerykanie, australijscy Aborygeni, Chińczycy... Był jednak też znacznie wcześniejszy exodus, kiedy to kontynent afrykański opuścili jeszcze *H. erectus*, i to właśnie ci pionierzy pozostawili swe skamieniałe szczątki w Azji i Europie i ich przedstawicielami są człowiek jawajski i człowiek pekinku. Najstarsze hominidzkie skamieniałości poza afrykańskimi odnaleziono w położonej w Azji Gruzji**. Ta istota — znana jako

* Blixen publikowała pierwotnie pod pseudonimem Izaak Denisen, ale dziś powszechnie znana jest pod swoim prawdziwym nazwiskiem, a ja też zdecydowanie wolę się nim posługiwać, choćby dlatego, że najwcześniejsze dzieciństwo spędziłem niedaleko Karen, „niewielkiej wioski u podnóża wzgórz Ngong”; wioski, która nadal nosi jej imię.

„człowiek gruziński" — miała niecałe półtora metra wzrostu, a stosunkowo dobrze zachowana czaszka datowana jest na około 1,8 miliona lat. Niektórzy taksonomowie nadali jej nawet odrębną nazwę gatunkową *Homo georgicus*. Ta decyzja, mająca podkreślać, że stworzenie to było nieco bardziej prymitywne od innych wczesnych „uciekierów" z Afryki, których powszechnie klasyfikuje się jako *H. erectus*, bywa czasem kwestionowana.



Homo georgicus

Ostatnio okazało się, że i człowieka gruzińskiego nie można uznać za „seniora rodu", gdyż nieco starsze od niego kamienne narzędzia znaleziono w Malezji (i oczywiście natychmiast tam również rozpoczęły się intensywne poszukiwania skamieniałości). W każdym razie wszystkie te azjatyckie odkrycia są na tyle podobne do człowieka współczesnego, że nikt nie kwestionuje ich przynależności do rodzaju *Homo*. Nikt też dziś nie wątpi, że naszych wcześniejszych przodków musimy szukać w Afryce. Nim jednak na te poszukiwania wyruszymy, zastanówmy się przez chwilę, czego powinniśmy spodziewać się po „brakującym ogniwie". Dla uproszczenia dyskusji potraktujmy zatem (w rzeczywistości mylące) określenie „brakujące ogniwo" dosłownie i przyjmijmy, że szukamy istoty, która znajdowałaby się „w połowie drogi" między nami a szympanсами.

Oczywiście człowiek nie jest potomkiem szympansa, ale można z niemal absolutną pewnością przyjąć, że poszukiwane przez nas stworzenie znacznie bardziej przypominało współczesnego szympansa niż nas. W szczególności miało mniejszy mózg, prawdopodobnie nie poruszało się w postawie wyprostowanej, zapewne było znacznie silniej owłosione, a już na pewno nie dysponowało cechą tak wybitnie ludzką jak mowa. Tego typu uproszczenia (o ile chcemy rozprawić się z pokutującym ciągle mitem o pochodzeniu człowieka od szympansa) są dopuszczalne i w takich kategoriach nawet naukowcy wolno zastanawiać się, jak mogło wyglądać owo stadium pośrednie między stworzeniem ilością przypominającym współczesnego szympansa a nami. Niestety sierść i mowa raczej nie ulegają fosylizacji, ale jeśli chodzi o pozostałe cechy, nie jesteśmy już skazani na domysły — budowa czaszki jest dobrym wskaźnikiem wielkości mózgu, a o sposobie poruszania się bardzo dużo mówi budowa szkieletu (w tym również czaszki — na przykład tzw. otwór wielki łączący wewnątrz czaszki z kanałem kręgowym u zwierząt poruszających się na dwóch nogach skierowany jest w dół, a u czworonogów przesunięty ku tyłowi).

** W Polsce (odmiennie niż w m.in. w USA i w Wielkiej Brytanii) częściej stosowany jest podział geograficzny kontynentów, który Gruzję lokuje jeszcze w Europie (przyp. tłum.).

U potencjalnych kandydatów na brakujące ogniwo możemy spodziewać się różnych mieszanek tych cech:

1. Pośrednia wielkość mózgu i „pośredni” sposób poruszania się —już nie na czterech nogach, ale i nie w postawie w pełni spionizowanej: „chodzi zgarbiony i powłóczy nogami”, można by powiedzieć.
2. Wielkość mózgu, jak u szympansa ale wyprostowana postawa i dwunożny chód.
3. Duży mózg i poruszanie się na czterech nogach jak szympan.

Przyjrzyjmy się więc w kontekście tej listy odnalezionym w Afryce skamieniałościom (których niestety nie znano w czasach Darwina).



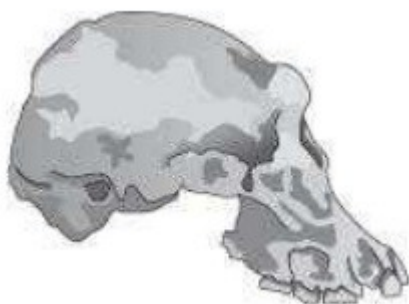
Szympan

A MI SIĘ MARZY...

Dowody molekularne (więcej na ten temat w Rozdziale X) wskazują, że wspólny przodek nasz i szympansa musiał żyć jakieś sześć milionów lat temu, może nieco dawniej... Podzielmy więc dla wygody ten okres na pół i przyjrzyjmy się skamieniałościom sprzed trzech milionów lat. Najslynniejsza z nich to bez wątpienia odnaleziona w Etiopii Lucy, którą jej odkrywca Donald Johanson zaklasyfikował jako *Australopithecus afarensis*. Czaszka Lucy przetrwała tylko w niewielkich fragmentach, ale przynajmniej szczęka jest bardzo dobrze zachowana. Wiemy, że Lucy była dość drobna, przynajmniej jak na współczesne standardy (choć nie tak mała jak *Homo floresiensis*, którego zaskakująco świeżej daty szkielet znaleziono niedawno na indonezyjskiej wyspie Flores. (Tak przy okazji — nazwa „Hobbit”, jaką natychmiast ochrzciły go gazety, dla mnie przynajmniej jest dość irytująca). Odnaleziony szkielet jest na tyle kompletny, że uzasadnia przypuszczenie o dwunożności Lucy, choć zapewne nie gorzej radziła sobie ze wspinaniem na drzewa. W przypadku Lucy mamy sporo szczęścia, bo prawie na pewno wszystkie odnalezione kości należą do jednego osobnika. Nieco inaczej ma się sprawa z innym ważnym znaleziskiem, znanym jako „Pierwsza rodzina” — w tym przypadku kości należały do co najmniej trzynastu osobników, bardzo podobnych do Lucy, żyjących mniej więcej w tym samym czasie i na tych samych obszarach dzisiejszej Etiopii. Nie wiemy, dlaczego te szczątki znalazły się w jednym miejscu, niemniej zachowane fragmenty szkieletów Lucy i „Pierwszej rodziny” mówią nam dość sporo o wyglądzie *A. afarensis*, mimo że pełna rekonstrukcja jest w takich sytuacjach niemożliwa.

Szczęśliwie w tym samym rejonie w roku 1992 udało się odnaleźć niemal kompletną czaszkę, która potwierdziła prawidłowość wcześniejszych rekonstrukcji.

Badania nad Lucy i innymi podobnymi jej istotami wskazują, że miały one mózg o wielkości zbliżonej do szympanśów, ale — w odróżnieniu od nich — chodziły w postawie wyprostowanej (na tylnych nogach). Wygląda zatem na to, że sprawdza się drugi z naszych trzech alternatywnych scenariuszy i „Lucy” mogła wyglądać trochę jak szympanś chodzący na dwóch nogach. Ich „bipedalizm” (tak nauka określa poruszanie się na dwóch kończynach) znalazł wspinające i wzruszające zarazem potwierdzenie dzięki Mary Leakey, która na stanowisku archeologicznym w Laetoli w Tanzanii odkryła świetnie zakonserwowane w popiele wulkanicznym ślady stóp. Laetoli leży nieco dalej na wchód niż etiopskie stanowiska Johnsona I odciski odkryte przez Leakey są też starsze niż Lucy i AL 442-2, albowiem mają około 3,6 miliona lat. Te ślady pary *Australopithecus afarensis* idących koło siebie (trzymających się za ręce?) należą zdaniem antropologów właśnie do *Australopithecus afarensis*. I ważniejszy niż pytanie, czy ta dwójka wybrała się wspólny romantyczny spacer, jest dowód, że ponad trzy i pół miliona lat temu po Ziemi wędrowały wyprostowane jak my, dwunożne małpy, które jednak miały mózgi nie większe od szymnasich.



AL 444-2

Bardzo możliwe, że do gatunków, które określamy mianem *Australopithecus afarensis*, należała nie tylko Lucy i Pierwsza rodzina, ale również nasi przodkowie sprzed trzech milionów lat. Obecnie znamy stosunkowo dużo skamieniałości należących do różnych gatunków, które obejmowały ten rodzaj, i w zasadzie mamy już pewność, iż naszych przodków również należałoby do niego zaliczyć. Pierwszym odkrytym australopitekiem było słynne „dziecko z Tuang”, dziś zaliczane do *Australopithecus africanus*. To mniej więcej trzyletnie dziecko zostało rozszarpane przez orła — wiemy o tym, ponieważ uszkodzenia oczodołów (pozostała wyłącznie czaszka) są identyczne jak u współczesnych małąp zaatakowanych przez współczesne orły, które zwykle wydziobują swoim ofiarom najpierw oczy. Cóż, biedne dziecko, zapewne nie pocieszyłaby go sława, jaką zyskało po dwóch i pół milionie lat. I biedna matka Tuanga, wypłakująca oczy w głębinach pliocenu...

Określenia „holotyp” (wzorzec, „type specimen”) używamy często w odniesieniu do pierwszego okazu, któremu nadana została nowa nazwa (czy też, jeśli

ktoś woli, do okazji, który jako pierwszy znalazł się z określonej treści tabliczką w muzealnej ekspozycji). Teoretycznie przynajmniej później- znaleziska są z nim porównywane i na tej podstawie weryfikowana jest ich przynależność gatunkowa. Czaszka „dziecka z Tuang” odkrył w roku 1924 południowoafrykański antropolog Raymond Dart i to on właśnie nadał mu nazwę rodzajową i gatunkową.

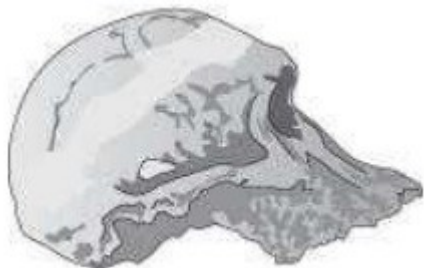
Przyszła chyba pora, by wyjaśnić różnicę między tymi pojęciami. Przede wszystkim rodzaj to kategoria bardziej ogólna — każdy gatunek należy do jakiegoś rodzaju i zwykle wspólnie z innymi gatunkami. Na przykład *Homo sapiens* i *Homo erectus* to dwa gatunki należące do rodzaju *Homo*, a *Australopithecus africanus* i *Australopithecus afarensis* reprezentują rodzaj *Australopithecus*. Łacińska nazwa każdego zwierzęcia lub rośliny jest zwykle dwuczłonowa — oba człony piszemy kursywą, pierwszy (to nazwa rodzajowa) dodatkowo z wielkiej litery. Po nazwie rodzajowej następuje nazwa gatunkowa. Czasem na końcu występuje trzeci człon — określenie podgatunku. Tak dzieje się na przykład przy *Homo sapiens neanderthalensis*. Nazwy rodzajowe i gatunkowe to częsty przedmiot sporu wśród taksonomów i wielu z nich uważa, że formą prawidłową jest *Homo neanderthalensis*, a nie *Homo sapiens neanderthalensis* — w ten sposób neandertalczyk zyskuje status odrębnego gatunku, a nie tylko podgatunku *H. sapiens* (dla wygody zapisu pierwszy człon nazwy można skracać do pierwszej litery). Naukowe spory i debaty sprawiają, że nazwy rodzajowe i gatunkowe określonego gatunku ulegają zmianie, i tak na przykład *Paranthropus boisei* niegdyś nazywany był *Zinjanthropus boisei* oraz *Australopithecus boisei**. Nadal zresztą, choć jest to raczej dość nieformalne, pisze się o nim czasem jako o „masywnej” formie australopiteka, w przeciwieństwie do dwóch „gracylnych” (delikatniejszej budowy) przedstawicieli rodzaju *Australopithecus*, wymienionych wcześniej. Proszę wybaczyć tę taksonomiczną dygresję, ale swoista arbitralność zoologicznej klasyfikacji jest mimowolnym bohaterem znacznej części tego rozdziału.

W każdym razie, ponieważ Raymond Dart zdecydował się nazwać odkryte przez siebie stworzenie australopitekiem, my, chcąc, nie chcąc, jesteśmy już skazani, by posługiwać się tą, niezbyt pobudzającą wyobraźnię nazwą, a biedne dziecko z

* Choroby bardzo często są nazywane na cześć swoich odkrywców, w przypadku nowych gatunków jest jednak trochę inaczej. Tu również odkrywcy przypada przywilej wymyślenia nazwy, ale nigdy nie pochodzi ona od jego imienia czy nazwiska. To dla biologa dobra okazja, by uhonorować albo któregoś ze swoich poprzedników lub kolegów, albo też — jak w przypadku *P. boisei* — sponsora badań. Czasem obyczaj ten ma zabawne konsekwencje. Na przykład jeden z najwybitniejszych dwudziestowiecznych kontynuatorów dzieła Darwina, nieżyjący już niestety W.D. Hamilton kilkakrotnie został tak uhonorowany przez swoich współpracowników czy uczniów. Hamilton był człowiekiem bardzo poważnym, albo — jeśli ktoś woli — dość ponurego usposobienia. Sposobem bycia wielu z nas przypominał Kłapouchego (oczywiście w oryginalnej Milne'owskiej wersji, a nie w żalostnej przeróbce Disneya). Zdarzyło się, że uczestniczył w wyprawie w górę Amazonki. I wtedy właśnie, siedzącego w łódce, boleśnie użądliła osa. Jego towarzysz, wiedząc, że ma do czynienia z wybitnym entomologiem, spytał: „Bili, a wiesz przynajmniej, co to cię tak pogryzło?”. „Tak — odpowiedział swym słynnym kłapouszym głosem Hamilton. — To nie dawno sklasyfikowany gatunek. Nazwany moim imieniem”.

Tuang na zawsze już zostanie „południową małpą” (to bowiem dosłownie oznacza *Australopithecus*; i nazwa ta nie ma nic wspólnego z Australią („południowym krajem” gdyby ktoś nie wiedział)). No cóż, moim zdaniem tak ważny gatunek zasługiwał na ładniejszą nazwę, nie mówiąc już o tym, że Durt był antropologiem dość zdolnym, by domyślić się, że inni przedstawiciele tego rodzaju z czasem zostaną odkryci także na północ od równika.

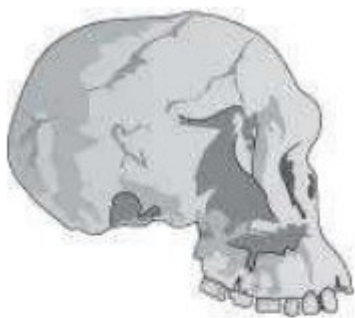
Jedną z najlepiej zachowanych czaszek, jakie udało się odkryć (choć niestety okaz pozbawiony jest żuchwy), znana jest jako „Pani Ples”. Otóż pani Ples (pomińmy w tym momencie, czy — jak sądzą niektórzy antropolodzy — nie jest to raczej czaszka mniej wyrosniętego samca, a nie samicy) nazywana jest tak, pierwotnie bowiem została sklasyfikowana jako przed-Pani Ples, przedstawicielka rodzaju *Plesianthropus*, co dosłownie oznacza „prawie człowiek” i jest chyba nazwą trochę lepszą niż „południowa małpa”. Później taksonomowie zdecydowali jednak, że panią Ples i jej krewnych należy zaliczyć do tego samego rodzaju, co chłopca z Tuang. I co, nie można było zmienić nazwy, spytacie. Niestety — reguły i zasady rządzące zoologiczną nomenklaturą są nieubłagane, aż do granic pedantyzmu. Sens, znaczenie czy adekwatność nazwy muszą zawsze ustąpić prawu pierwszeństwa. „Południowa małpa” to kiepska nazwa, ale, niestety, pojawiła się wcześniej niż znacznie logiczniejszy (i ładniejszy) *Plesianthropus* i jesteśmy na nią skazani. (Chyba że... tak mi się marzy, że pewnego dnia w jakiejś zakurzonej gablocie któregoś z południowoafrykańskich muzeów ktoś odkryje dawno zapomniany okaz, dobrze zachowaną czaszkę tego samego rodzaju, do którego należało dziecko z Tuang i pani Ples, a pod spodem będzie przymocowana niewielka tabliczka z napisem „*Hemianthropus* type specimen, 1920”. I jak za dotknięciem czarodziejskiej różdżki wszystkie muzea całego świata będą musiały zmienić katalogi i opisy i wyrzucić definitywnie australopiteka, tą samą drogą będą musieli podążyć wydawcy wszystkich magazynów i książek poświęconych historii hominidów, a producenci oprogramowania będą zmuszeni błyskawicznie przygotować aktualizację do wszystkich słowników i encyklopedii komputerowych, dzięki której *Australopithecus* na zawsze już ustąpi miejsca *Hemianthropusowi*. Trudno chyba wymyślić inny przykład, gdy za sprawą reguł przyjętych przez wspólnotę naukową z dnia na dzień język na całym świecie musi ulec zmianie. Ale cóż, to tylko takie troszkę przewrotne marzenie).



Pani Ples

Wróćmy teraz do naszych rozważań o (rzekomo) brakującym ogniwie i arbitralności biologicznej systematyki i nazewnictwa. Kiedy pewnego dnia nazwa

rodzajowa pani Ples została zmieniona z Plesianthropus na Australopithecus, w realnym świecie nic naprawdę się nie zmieniło. Nikt zresztą tego nie oczekiwał. Pomyślmy jednak, co się dzieje, kiedy jakaś skamieniałość w wyniku nowych badań zostaje sklasyfikowana do zupełnie innego niż do tej pory rodzaju, nawet gdy jej dotychczasowa przynależność zostaje tylko zakwestionowana (dość częsty przypadek), wskutek sporu między antropologami. Przecież z samej logiki ewolucji wynika, że muszą istnieć jednostki, które znajdują się dokładnie na granicy między rodzajami, zatem również między Australopithecus a Homo. Łatwo, porównawszy czaszkę pani Ples z czaszką współczesnego człowieka, stwierdzić bez żadnych wątpliwości, że muszą one należeć do przedstawicieli innych rodzajów. Problem jednak w tym, iż — a taką hipotezę akceptują dziś niemal wszyscy antropolodzy — dawni przodkowie człowieka współczesnego należeli właśnie do rodzaju, który nazywamy australopitekiem, a skoro tak, to w tym długim łańcuchu gatunków potomnych musiało istnieć stworzenie, które znajdowało się dokładnie na granicy. To bardzo ważny dla mojej książki wniosek, więc zatrzymajmy się przy nim nieco dłużej. Proszę, by — pamiętając, że pani Ples to czaszka osobniczki (osobnika?) z gatunku Australopithecus africanus sprzed mniej więcej 2,6 miliona lat — przyjrzeć się teraz dokładnie dwóm czaszkom przedstawionym na ilustracjach zamieszczonych obok — to KNM ER 1813 i KNM ER 1470.



KNM ER 1813



KNM ER 1470

(BRAK TEKSTU)

kontra Pan jako różne gatunki afrykańskich małp), jak gatunku (troglodytes kontra paniscus u szympanów)? Tak rzeczywiście jest, kiedy przedmiotem klasyfikacji są współcześnie żyjące zwierzęta, które w pewnym sensie można traktować jak czubki gałązek wyrastających z ewolucyjnego drzewa, podczas gdy gałęzie reprezentujące

ich nieżyjących przodków skryte są gdzieś w gąszczu korony. I rzecz jasna te gałązki, które łączą się głębiej, są zwykle do siebie mniej podobne, niż te, które zbiegają się (poprzez najbliższego wspólnego przodka) gdzieś wyżej. Taki system świetnie się sprawdza... przynajmniej do chwili, kiedy w naszą klasyfikację nie zaczynamy włączać również owych wymarłych antenatów. Tak dzieje się i w naszym hipotetycznym przypadku ciągłego zapisu kopalnego — wtedy system odrębnych nazw gatunkowych w zasadzie się rozsypuje. Przypomnijmy sobie zresztą naszą podróż w czasie tropem króliczych uszu z Rozdziału II.

Podobnie dzieje się, gdy zaczynamy w przeszłości poszukiwać śladów współczesnego Homo sapiens. W pewnym momencie nieuchronnie dochodzimy do etapu, gdy różnice między nami a naszym przodkiem stają się tak duże, że należy już nadać mu odrębną nazwę gatunkową — na przykład Homo ergaster. Cały czas trzeba jednak pamiętać, iż na wszystkich etapach tej naszej wędrówki w czasie mamy do czynienia z sytuacją, w której każdy osobnik jest tak podobny do swoich rodziców i dzieci, że niezaprzeczalnie należą do tego samego gatunku. Jeśli teraz zaczniemy śledzić rodowód Homo ergaster, to znów nastąpi taka chwila, gdy kolejni bohaterowie naszego śledztwa będą tak odmienni od „wzorcowego” H. ergaster, że trzeba będzie zaklasyfikować ich do innego gatunku — powiedzmy Homo habilis. I teraz dalej: ponieważ w tym momencie nasza wyprawa się nie kończy, musimy też dotrzeć do osobników wystarczająco różniących się od współczesnego Homo sapiens, że należałoby wprowadzić już też nową nazwę rodzajową — niech to będzie Australopithecus. Dochodzimy tym samym do kluczowego punktu naszych rozważań — proszę teraz zauważyć, że „wystarczająco różniący się od współczesnego Homo sapiens” oznacza coś zupełnie innego niż „wystarczająco różniący się od najwcześniejszego Homo”, czyli w naszym przypadku Homo habilis. Pomyślmy o pierwszym H. habilis, jaki zawitał na ten świat jego (a może jej) rodzice byli australopitekami. Czy to ma oznaczać, że nasz noworodek należał do innego rodzaju niż jego (lub jej) mama i tata? Bzdura, oczywiście! Tyle że o ten absurd nie można winić rzeczywistości — to tylko nasza nieodparta ludzka skłonność do kategoryzowania i szufladkowania wszystkiego, co się da, i najlepiej jeszcze nadawania temu odrębnej nazwy. W rzeczywistości nigdy nie istniało takie stworzenia jak „pierwszy Homo habilis”. W żadnym gatunku (rodzaju, rodzinie, rzędzie, grupie, typie...) nie istniał „pierwszy okaz”. Każde zwierzę, które kiedykolwiek przyszło na świat, powinno zostać zaklasyfikowane (gdyby oczywiście gdzieś w okolicy kręcił się jakiś taksonom) jako przedstawiciel tego samego gatunku, do którego należeli jego rodzice i do którego będą należały jego dzieci. Dopiero z naszej współczesnej perspektywy wygląda to inaczej. W ten sposób istnienie tak wielu luk jest bardzo pomyślną okolicznością — tylko dzięki temu możliwa jest jakakolwiek systematyka w naukach przyrodniczych i tylko dzięki temu możemy wyróżniać odrębne gatunki, rodzaje, rodziny, rzędy i typy...

W zasadzie nawet chciałbym, żebyśmy dysponowali nieprzerwanym zapisem kopalnym, jak nagraniem na taśmie filmowej wszystkich ewolucyjnych zmian, jakie kiedykolwiek zaszły. Przyznam, że to wielka pokusa, wówczas bowiem z czystym

sumieniem mógłbym roześmiać się prosto w twarz wszystkim zoologom i antropologom, którzy z olbrzymią pasją angażują się w trwające latami spory o to, czy ten akurat kawałek skamieniałej kości zaklasyfikować należy do takiego rodzaju i gatunku, a może do całkiem innego... Panowie — mógłbym powiedzieć (nie wiem czemu takie kłótnie to specjalność naukowców-mężczyzn, kobiet jakoś to nie bawi) — upieracie się o słowa, nie o rzeczywistość. A przecież już Darwin w O pochodzeniu człowieka pisał: „W szeregu form stopniowych, począwszy od jakiejś istoty do małpy podobnej, aż do dzisiejszego człowieka, trudno wyznaczyć ten punkt właściwy, gdzie wyraz «człowiek» może już być użyty”.

Ale wróćmy do skamieniałości i spójrzmy na nowsze „brakujące (w czasach Darwina, a dziś już nie) ogniwa”. Jakie były stadia pośrednie między stworzeniami takimi jak 1470 albo Twiggy (które, jak pamiętamy, czasem nazywane są Homo, a czasem australopitekami) a nami? Niektóre z nich już poznaliśmy, to na przykład człowiek jawański i człowiek pekiński, zwykle klasyfikowane jako Homo erectus. Obie te istoty żyły jednak w Azji, a jak już mówiłem, wszystko wskazuje, że ewolucja człowieka zachodziła głównie w Afryce i z tego też kontynentu wyszli niegdyś przodkowie azjatyckich Homo. Obecnie ich afrykańskie odpowiedniki zalicza się zwykle do gatunku Homo ergaster (acz przez długie lata w użyciu była raczej nazwa Homo erectus; kolejny przykład terminologicznej niestałości). Najślawniejszy chyba przedstawiciel Homo ergaster (a przy tym jedna z najbardziej kompletnych przedludzkich skamieniałości, jakie znamy) to Chłopiec z Turkany (ostatnio częściej zwany Chłopcem z Narioktome), odkryty przez znanego „łowcę skamieniałości” Kamoyu Kimeu, członka zespołu paleontologów Richarda Leakeya.



Homo erectus

Chłopiec z Turkany żył mniej więcej 1,6 miliona lat temu. „Chłopiec”, bo w chwili śmierci miał zaledwie około jedenastu lat. Wiele wskazuje, że gdyby dożył dorosłości, mógłby mierzyć ponad sto osiemdziesiąt centymetrów, a jego mózg miałby objętość rzędu 900 cm³, czyli z grubsza tyle, ile u typowego Homo ergaster/erectus. Średnia wielkość mózgu tego gatunku wynosiła około 1000 cm³ — to znacząco mniej niż u człowieka współczesnego (1300-1400 cm³), ale też i dużo więcej niż u Homo habilis (ok. 600 cm³), który z kolei miał mózg o połowę większy niż australopitek czy szympan (ok. 100 cm³ w obu przypadkach). Jak pamiętamy, udało nam się wcześniej wykazać, że nasz przodek sprzed trzech milionów lat miał mózg wielkości szympaniego, ale chodził już w postawie wyprostowanej. Jeśli tak,

to druga połowa naszej historii, czyli właśnie te ostatnie trzy miliony lat, musi być to opowieść o coraz większym mózgu. I istotnie tak jest. Tak więc Homo ergaster/erectus rzeczywiście znajduje się w połowie drogi między współczesnym Homo sapiens B.H. habilis sprzed dwóch milionów lat, ten zaś świetnie łączy nas z australopitekiem sprzed trzech milionów lat, którego, jak już wiemy, można w zasadzie opisać jako chodzącego na dwóch nogach szympansa. Jak wiele jeszcze ogniwi potrzeba, by ukrócić narzekania malkontentów? Teraz może przejdźmy do „luki” między H. ergaster a człowiekiem współczesnym. Tu również znajdziemy skamieniałości zupełnie nieźle wypełniające ostatnie kilkaset tysięcy lat. Niektórym nadano nawet odrębną nazwę gatunkową, jak Homo heidelbergensis, Homo rhodesiensis czy Homo neanderthalensis, inne (a czasem nawet i te same) nazwy antropolodzy określają mianem „archaiczny H. sapiens”. Ale jak powtarzam, nazwy naprawdę nie mają wielkiego milczenia. Ważne, że żadnych „ogniw” już nie brakuje i wystarczająco dobrze znamy stadia pośrednie.

TYLKO PÓJDŹ I ZOBACZ!

Wiemy już zatem, że istnieje sfosylizowana dokumentacja stopniowych zmian, które wiodły od Lucy (dwunożnego szympansa sprzed trzech milionów lat) do nas. Jak z tymi świadectwami radzą sobie historyczni negacjoniści? Mają kilka sposobów. Niektórzy po prostu nie przyjmują ich do wiadomości. Z czymś takim zetknąłem się, przygotowując w roku 2008 film dokumentalny The Genius of Charles Darwin dla brytyjskiego kanału telewizyjnego Channel Four. Przeprowadziłem wówczas wywiad z niejaką Wendy Wright, przewodniczącą organizacji „Concerned Women for America” („Zatroskane kobiety na rzecz Ameryki”). Już wygłoszona podczas przygotowań do naszej rozmowy opinia, iż „pigulka wczesnoporonna (morningafter pili) to najlepszy przyjaciel pedofila” dobrze ilustrowała jej kompetencje intelektualne, ale w trakcie wywiadu zrobiło się jeszcze zabawniej. Niestety, w filmie znalazła się tylko drobna część naszej rozmowy, poniżej zamieszczam zatem zapis znacznie obszerniejszych fragmentów. Ze względu na tematykę książki, ograniczyłem się wyłącznie do tych wątków, w których pojawił się temat skamieniałości jako świadectwa przeszłości naszego gatunku:

Wendy: Wciąż muszę powtarzać, że ewolucjoniści nadal nie mają naukowych dowodów, a tymczasem nauka, która podważa ewolucję, jest nieustannie cenzurowana. Nie ma żadnych dowodów na ewolucję jednego gatunku w inny. A przecież gdyby tak istotnie było, gdyby ptaki zmieniły się kiedyś w ssaki, albo jeszcze bardziej, musiałyby istnieć na to przynajmniej jeden dowód.

Richard: Przecież jest ich mnóstwo! Przykro mi, że ludzie tacy jak ty wciąż powtarzają niczym jakąś mantrę zarzut o braku dowodów. To pewnie dlatego, że słuchacie tylko siebie nawzajem, a wystarczyłoby otworzyć oczy i rozejrzeć się wokół.

Wendy: To pokaż mi je! Pokaż mi kości, pokaż mi szczątki, pokaż jakikolwiek przypadek ilustrujący przejście od jednego gatunku do innego!

Richard: Za każdym razem, kiedy biolodzy znajdują skamieniałości będące

przykładem takiego etapu pośredniego, ludzie tacy jak ty mówią: „No, teraz to mamy już dwie ewolucyjne luki zamiast jednej”. A przecież każda skamieniałość jest przykładem stadium pośredniego.

Wendy (śmiejąc się): Gdyby tak było, w Smithsonian Natural History Museum byłoby ich pełno. A przecież wiesz, że nie jest.

Richard: Ależ jest, jest ... w przypadku tylko naszego gatunku od czasów Darwina udało nam się znaleźć mnóstwo okazów właśnie takich etapów pośrednich. Mamy skamieniałości licznych australopiteków ... potem Homo habilis, który stanowi etap pośredni między australopitekami właśnie, czyli najstarszymi gatunkami, a Homo sapiens, który jest młodym gatunkiem. Dlaczego wy nie chcecie ich uznać?

Wendy: ...gdyby ewolucja miała prawdziwe dowody, w muzeach eksponowano by szkielety, a nie tylko ilustracje.

Richard: Przecież dopiero co je wymieniałem. Był Australopithecus, Homo habilis, Homo erectus, Homo sapiens — archaiczny Homo sapiens, a potem współczesny Homo sapiens. I ty się jeszcze pytasz o stadia pośrednie.

Wendy: Bo wy wciąż nie macie realnych, fizycznych dowodów...

Richard: Mamy. Przejdź się do jakiegokolwiek muzeum historii naturalnej i po prostu obejrzyj ... Oczywiście nie noszę skamieniałości ze sobą, ale naprawdę wystarczy wycieczka do muzeum i na własne oczy będziesz mogła wszystko obejrzeć. Po kolei. Możesz zobaczyć, jest Australopithecus, Homo habilis, Homo erectus, Homo sapiens — archaiczny Homo sapiens, a potem współczesny Homo sapiens. To naprawdę przepiękna seria etapów pośrednich. Dlaczego wciąż mówisz: „Pokaż mi dowody”, kiedy ja właśnie ci je pokazuję? Idź do muzeum i zobacz sama.

Wendy: Ależ byłam. Widziałam wiele muzeów — i nie tylko ja — ale wciąż nie jesteśmy przekonani ...

Richard: A czy widziałaś na przykład Homo erectus?

Wendy: Bardziej wciąż widzę wysiłki, i to bardzo agresywne wysiłki, by nas przegadać i zamknąć nam usta. To pewnie objaw waszej frustracji, że tak wielu ludzi wciąż nie wierzy w ewolucję. Gdyby ewolucjoniści istotnie byli tak pewni tego, co mówią, nie staraliby się tak bardzo cenzurować innych. Już choćby to dowodzi, że ewolucja nie jest taka pewna.

Richard: Muszę przyznać, że jestem nieco sfrustrowany tą rozmową i nie chodzi o to, że chcę cię jakkolwiek cenzurować. Chodzi o to, że podałem ci cztery czy pięć przykładów konkretnych skamieniałości (*śmiech Wendy*), a ty po prostu kompletnie ignorujesz to, co mówię. Dlaczego nie pójdziesz i sama ich nie obejrzyysz?

Wendy: Gdyby były eksponowane w tych muzeach, w których byłam już wiele razy, na pewno bez uprzedzeń bym im się przyjrzała, ale teraz chciałabym wrócić do..

Richard: One są eksponowane w muzeach.

Wendy:...wrócić do samej filozofii ewolucji, z której przecież wyrosły ideologie tak destrukcyjne dla ludzkiej rasy...

Richard: Rozumiem cię, ale czy zamiast sięgać do przypadków błędnej interpretacji darwinizmu — z którym rzeczywiście politycy i ideologowie robili czasem przerażające rzeczy — nie lepiej byłoby spróbować ten darwinizm

zrozumieć. Przecież gdybyś wiedziała o co w nim chodzi, znacznie łatwiej byłoby ci walczyć z tymi okropieństwami, jakie ludzie robią rzekomo w jego imieniu.

Wendy: Kiedy do takiego zachowania często zmusza nas agresja zwolenników ewolucji. To przecież nie jest tak, że nie docierają do nas wasze przekazy. Znamy te wszystkie informacje, choćby dlatego, że nie sposób przed nimi uciec. Atakują nas ze wszystkich stron. A twoja frustracja bierze się właśnie stąd, że tak wielu z nas wie, o czym mówisz, a nadal nie kupuje twojej ideologii.

Richard: Czy widziałaś Homo erectus? Czy widziałaś Homo habilis? Czy widziałaś australopiteka? Pytałem cię już.

Wendy: Wszystko, co widziałam w muzeach czy w książkach, które rzekomo ukazują ewolucyjne przejście między gatunkami, to tylko ilustracje, rysunki i wykresy. To nie są prawdziwe dowody.

Richard: Jeśli chcesz, pojedź do muzeum w Nairobi i tam zobaczysz oryginalne najsłynniejsze skamieniałości. Ale nie wiem, po co, bo w każdym większym muzeum znajdziesz ich idealne kopie. I całe mnóstwo innych.

Wendy: Czy mogę spytać, dlaczego jesteś taki agresywny. Dlaczego jest dla ciebie tak ważne, by wszyscy wierzyli w to samo, w co ty wierzysz?

Richard: Ja nie mówię o wierzeniach, mówię o faktach. Opowiedziałem ci o bardzo konkretnych skamieniałościach i za każdym razem, gdy chcę cię o nie spytać, ty zmieniasz temat.

Wendy: Powinny być tony takich materialnych świadectw, a nie tylko pojedyncze znaleziska. Powtarzam — nie macie dowodów!

Richard: No, dobrze, mówiłem o hominidzkich skamieniałościach, "bo wydawało mi się, że to cię może zainteresować, ale przecież analogiczne kopalne świadectwa możesz znaleźć dla każdej grupy kręgowców, jaka tylko przyjdzie ci do głowy.

Wendy: Wróćmy może jednak do pytania, dlaczego tak jest dla ciebie ważne, by wszyscy wierzyli w ewolucję.

Richard: Nie lubię słowa „wierzyć”. Wolę prosić ludzi, by przyjrzeni się dowodom. I o to samo proszę ciebie. Przyjrzyj się dowodom! ... Proszę, idź do muzeum i sama sprawdź fakty. Przestań wierzyć w to, co ci mówiono, że „nie ma dowodów”. Idź i sprawdź sama.

Wendy: (śmieje się)

Richard: To wcale nie jest śmieszne! Naprawdę idź! Mówiłem ci o skamieniałościach hominidów, ale jeśli wolisz, możesz iść i obejrzeć na własne oczy ewolucję konia, ewolucję wczesnych ssaków, możesz zobaczyć ewolucję ryb, albo, jeśli wolisz, ewolucyjne przejście od ryb do żyjących już na lądzie płazów i gadów. Wszystko to znajdziesz w każdym w miarę przyzwoitym muzeum. Wystarczy, że otworzysz oczy na fakty.

Wendy: A ja proponuję, żebyś ty otworzył oczy i spojrział na wszystkie te wspaniałe wspólnoty zbudowane przez ludzi, którzy wierzą w Boga, który nas kocha i który stworzył nas wszystkich...

Ktoś mógłby powiedzieć, że w całej tej rozmowie zdecydowanie nadmiernie upierałem się przy swojej prośbie/żądaniu, by moja interlokutorka raczyła udać się do jakiegokolwiek muzeum i obejrzeć prezentowane tam eksponaty. Nie — to nie był z

mojej strony bezcelowy upór. Ci ludzie po prostu zostali wytresowani, by mówić: „Nie ma żadnych skamieniałości. Pokaż mi dowody, pokaż mi choć jedną kość...” i powtarzają to tak często, że sami w to uwierzyli. Wymyśliłem zatem eksperymentalną strategię, która polegała na tym, że wymieniłem kilka bardzo konkretnych przykładów i nie pozwoliłem tej pani uciec od tematu i po prostu ich zignorować. Efekt, jak przyznaję, był dość deprymujący, ale z drugiej strony zdobyliśmy w ten sposób dobrą ilustrację taktyki, jaką historyczni negacjoniści najczęściej obierają, kiedy skonfrontuje się ich z historycznymi faktami — ci ludzie po prostu ignorują rzeczywistość i twardo powtarzają swoją mantrę: „Pokaż mi skamieniałości! Gdzie są skamieniałości? Nie ma żadnych skamieniałości. Pokaż mi choć jedną skamieniałość dowodzącą istnienia ewolucyjnych ogniw pośrednich”.

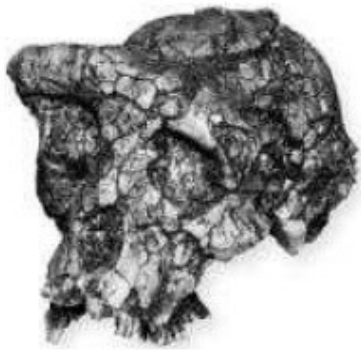
Inni z kolei upajają się nazewnictwem, a jak już wielokrotnie mówiłem, kłopot z systematyką i nazewnictwem jest taki, że zawsze tworzy ono sztuczne podziały tam, gdzie w rzeczywistości ich nie ma. W tym wypadku „argumentacja” przebiega następująco: każda hominidzka skamieniałość może (i musi) zostać sklasyfikowana albo jako *Australopithecus*, albo jako *Homo*. Żadna nie może być sklasyfikowana jako etap pośredni. Wniosek — nie ma etapów pośrednich. Wyjaśniałem już jednak, że to tylko nieuchronna konsekwencja konwencji przyjętej w zoologicznej nomenklaturze, a nie realny fakt. Najbardziej idealne, jakie tylko sobie można wyobrazić, „ogniwo pośrednie” nadal, chcemy tego, czy nie, i tak będzie musiało zostać przypisane albo tu, albo tu (choć najprawdopodobniej dla połowy antropologów będzie to *Homo*, i dla drugiej australopitek), a co gorsza, zamiast zgodzić się i tym, że taka sytuacja jest dokładnie tym, czego można oczekiwać od teorii ewolucji, paleontolodzy będą tylko podsycać terminologiczne spory, nie przejmując się, co o tym wszystkim może pomyśleć niespecjalista.

Tymczasem jest z tym trochę tak, jak z prawem do głosowania. Z powodów czysto prawnych, po prostu po to, by było wiadomo, czy młody człowiek może brać udział w głosowaniu (albo wstąpić do armii), jakaś granica musi zostać przyjęta. Na przykład w roku 1969 w Wielkiej Brytanii obniżono z 21 do 18 lat granicę biernego prawa wyborczego (w USA nastąpiło to dwa lata później). Dziś trwa debata, czy nie powinno być to raczej 16 lat. Niezależnie jednak od tego, na jaki wiek prawodawca się zdecyduje, żaden poważny człowiek ani przez chwilę nie pomyśli, że dokładnie z wybiciem północy w osiemnaste (dwudzieste pierwsze, szesnaste...) urodziny w kimkolwiek zachodzi przemiana na tyle głęboka, by raptem stał się zupełnie innym człowiekiem. Nikt też nie powie, że są dwie kategorie ludzi: „dorośli” i „dzieci” (i żadnych „stadiów pośrednich”). Najwyraźniej nie sprawia nam problemu zrozumienie, że dorastanie to jeden długi „etap pośredni” (a niektórzy nie dorastają nigdy). I podobnie dzieje się z ewolucją człowieka. Cała ewolucja od istoty będącej czymś podobnym do *Australopithecus afarensis* aż do *Homo sapiens* obejmuje nieprzerwany łańcuch rodziców płodzących potomstwo i na każdym etapie, z czym zgodziłby się każdy współczesny taksonom, dzieci należały do tego samego gatunku, co ich rodzice. Dopiero z perspektywy czasu — i z powodów nieodległych w sumie od prawnego legalizmu — taksonomowie uznają, że każda skamieniałość musi mieć

swoją tabliczkę z napisem Australopithecus albo Homo. Żadne muzeum nie miaoby zresztą prawa opisać eksponatu „to stworzenie w pól drogi między Australopithecus africanus a Homo habilis”. Tymczasem arbitralną często klasyfikację i terminologię historyczni negacjoniści uznają za dowód, że etapy pośrednie w ewolucji nie istnieją. To tak, jakby twierdzili, że nie ma nastolatków, bo każdy, kogo spotkamy, to albo dorosły (ma ukończone osiemnaście lat i prawo głosu), albo dziecko (bez prawa głosu, poniżej osiemnastu lat), tak jakby to system prawny decydował o dorastaniu. Przyznacie, że to absurdalne rozumowanie.

Wróćmy jednak do skamieniałości. Co prawda — przynajmniej gdyby kreacjoniści mieli rację — australopitek to „tylko małpa”, więc pytanie o jego przodka dla poszukiwań „brakującego ogniwa” raczej nie ma znaczenia, niemniej spróbujmy poświęcić mu trochę miejsca. W tym przypadku również, dysponujemy pewnymi świadectwami, niestety już znacznie bardziej fragmentarycznymi. Na przykład po ardiptece, który żył jakieś cztery, pięć milionów lat temu, zostały głównie zęby, ale kilka odnalezionych kości czaszki i kończyn dolnych wystarczy, by przynajmniej zdaniem większości anatomów, którzy zajmowali się tym zagadnieniem — przyjąć, iż to stworzenie również poruszało się już w postawie wyprostowanej. Podobne wnioski wyciągnęli znalazcy dwóch jeszcze starszych okazów, czyli skamieniałości osobników należących do rodzajów nazwanych *Orrorin* („człowiek milenijny”) i *Sahelanthropus*.

Sahelantrop jest stworzeniem bardzo dawnym, żył ponad sześć milionów lat temu, czyli blisko czasów, gdy po Ziemi chodził jeszcze wspólny przodek człowieka i szympansa. Jego skamieniałe kości odkryto na pustyni Djurab w Czadzie (stąd Toumai — to czadyjskie imię, które dosłownie oznacza „nadzieja życia”). W obu przypadkach liczni paleoantropolodzy nie podzielają entuzjazmu odkrywców co do dwunożności znalezionych przez i ich stworzeń. (Cynik mógłby dodać, że wątpliwości to dość powszechna w takiej sytuacji praktyka, a zwykle poczet wątpiących otwiera odkrywca konkurencyjnej skamieniałości. Trzeba zresztą dodać, że paleontologia bardziej chyba niż inne dyscypliny przesiąknięta jest rywalizacją — choć może to właśnie duch konkurencji ją ożywia).



Sahelanthropus

Współczesny zapis kopalny łączący australopiteka, czyli upionizowaną małpę, ze wspólnym przodkiem naszym i szympansa (najprawdopodobniej czworonogim)

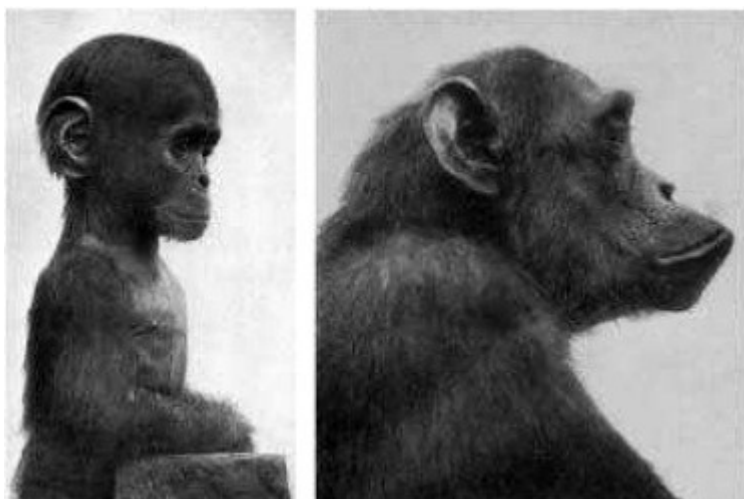
jest dość ubogi. Nadal nie wiemy, jak nasi antenaci stanęli na dwóch nogach. Wciąż mamy za mało skamieniałości. Co oczywiście nie zmienia faktu, że — w odróżnieniu od Darwina — jesteśmy szczęśliwymi posiadaczami świadectw kopalnych doskonale ilustrujących przejście od australopiteka z mózgiem wielkości szympaniego do człowieka współczesnego, z "balonową" głową i wielkim mózgiem.

W tym rozdziale zamieściłem kilka rysunków czaszek i wielokrotnie zachęcałem, by je porównywać. Nietrudno zauważyć, że różnią się tym, na ile wysunięta jest część twarzowa, oraz kształtem wału nadoczodołowego. Czasem różnice są nieco bardziej subtelne, co ułatwia zrozumienie powolnego przejścia od form starszych do nowszych. Jest jeszcze jedna komplikacja, o której dotychczas nie wspominałam — zmiany, jakim jednostka podlega w ciągu tycia, są nieraz znacznie głębsze i rozleglejsze niż te, które obserwujemy, porównując ze sobą dowolnych przedstawicieli kolejnych generacji.



Mały szympan na krótko przed urodzeniem

Czaszka przedstawiona na sąsiedniej ilustracji to czaszka szympaniego płodu tuż przed porodem. Jak widać, jest zupełnie inna niż czaszka dorosłego osobnika tego gatunku (por. Ryc. na stronie 238), a za to znacznie bardziej przypomina ludzki (zarówno dorosłego, jak i dziecka). Jest taka często reprodukowana fotografia przedstawiająca małego i dorosłego szympana, którą zwykle autorzy zamieszczają jako ilustracji hipotezy, zgodnie z którą u człowieka pewne cechy juwenilne są zachowane w dorosłości (lub też — choć to nie do końca to samo — że człowiek osiąga dojrzałość płciową, kiedy jego ciało ma jeszcze cechy juwenilne). Miałem pewne podejrzenia co do tego zdjęcia (to zbyt piękne, żeby było prawdziwe, uznałem) i postanowiłem sprawdzić rzecz u eksperta, poprosiłem więc o opinię Desmonda Morrisa. Czy widział kiedykolwiek małego szympana, który wyglądałby tak „ludzko”? Doktor Morris odpisał mi, że ma pewne wątpliwości, co do ułożeniu ciała i ramion, ale jeśli chodzi o samą głowę, wszystko się zgadza: „Szympany garbią się w bardzo charakterystyczny sposób, ten natomiast ma podejrzenie prosty kark, zupełnie jak człowiek. Ale jeśli weźmiemy pod uwagę tylko głowę, zdjęcie można uznać za w pełni autentyczne”.



Młody i dorosły szympan. Zdjęcia Herberta Langa

Sheila Lee, który z ramienia wydawnictwa wyszukiwała ilustracje do tej książki prześledziła dla mnie dzieje reprodukowanych powyżej zdjęć. Okazało się, że powstały one podczas ekspedycji do Kongo, zorganizowanej w latach 1909-1915 przez American Museum of Natural History. Zwierzęta fotografowano martwe, a Sheila zwróciła mi uwagę, że fotograf wyprawy, Herbert Lang, był też dermatoplastą. W tej sytuacji kusi, by uznać, tą podejrzenie ludzka postawa małego szympaniaka za efekt niewłaściwego wypchania martwego zwierzęcia. Tyle przynajmniej według relacji muzeum, Lang fotografował zwierzęta przed wypchaniem. No cóż, ułożenie ciała martwego zwierzęcia też może wiele zmienić. W każdym razie, a Desmond Morris na pewno wie, co mówi, głowa oddana została bardzo wiernie. I nawet jeśli dziwnie prosta postawa i ułożenie ramion to już inwencja autora zdjęcia, to sama głowa malca wystarczy, by przekonać się, jak mylące może być porównywanie sfosylizowanych czaszek wyłącznie dorosłych osobników. Tak wielka różnica między młodym a dojrzałym osobnikiem uwidacznia nam, jak zachodzący w toku życia proces wysunięcia części twarzowej może zmieniać twarz na więcej — lub mniej — ludzką. Szympania embriologia „wie”, jak zrobić ludzką głowę, i jak widać „robi to” u każdego małego szympaniaka. Możliwe zatem, że w miarę, jak przez kolejne ewolucyjne stadia australopitek ewoluował do Homo sapiens, a jednym z wyznaczników tej ewolucji była oraz bardziej płaska twarz (z początku krótszy pysk), mechanizm polegał na zachowywaniu cech juwenilnych również na etapie dorosłości (ze zjawiskiem neotenu zetknęliśmy się już w Rozdziale II). Wiele ewolucyjnych przemian polega; nie na nierównomiernym i zmiennym tempie wzrostu całych organów i części ciała. Taki proces nazywamy wzrostem heterochronicznym (od „hetero” — różny i „chronos” czas).

Kiedy już ktoś zrozumie — i zaakceptuje — zmiany zachodzące w rozwoju embrionalnym, zgoda na samą ewolucję staje się znacznie prostsza. Wystarczy w zasadzie wiedzieć, że rozwojem embrionalnym rządzi ta zasada zróżnicowanego wzrostu. W przypadku czaszki małego szympansa wyłącznie w wyniku tego, że relatywnie szybciej niż pozostałe rosną kości szczęki i twarzy, czaszka dorosłego osobnika staje się już wyraźnie „małpia”. Każde zwierzę z każdego gatunku zmienia

się w fazie rozwoju embrionalnego bardziej, niż najbliższe przeciętnej dorosłe osobniki w kolejnych pokoleniach — i to nawet na przestrzeni geologicznych epok. Przyszła już zatem pora na rozdział poświęcony embriologii i temu, jakie znaczenie dla ewolucji ma rozwój embrionalny.

ROZDZIAŁ VIII
TOBIE TO ZAJĘŁO
DZIEWIĘĆ MIESIĘCY!

J.B.S. Haldane, jeden z trzech twórców neodarwinizmu (a na tym jego dokonania dalece się nie kończą), bywał czasem dość zrzędlivy. Wyraźnie zirytował się na przykład, kiedy po jednym z publicznych wykładów zaatakowała go pewna słuchaczka (anegdotka jest często przytaczana, ale nie ma już niestety Johna Maynarda Smitha, który mógłby potwierdzić, czy ta wersja jest dokładna). Ponoć dialog brzmiał tak:

Sceptyczna dama: Profesorze Haldane – nawet biorąc pod uwagę miliardy lat, czyli tyle, ile, jak pan twierdzi, trwała ewolucja, i tak nie mogę uwierzyć w przejście od prostej, pojedynczej komórki do czegoś tak złożonego jak ludzkie ciało, z jego bilionami komórek, tworzącymi kości, mięśnie i nerwy, z sercem przez dziesięciolecia nieustannie pompującym krew, z kilometrami naczyń krwionośnych i kanalików nerkowych, a wreszcie z mózgiem, zdolnym myśleć i odczuwać.

JBS: Ależ szanowna pani. Przecież pani sama to zrobiła. I zajęło to pani zaledwie dziewięć miesięcy!

Zapewne ta odpowiedź nieco zbiła z tropu ową nieskorą do wiary w ewolucję słuchaczkę. Pod jednym względem ta celna riposta nie jednak satysfakcjonująca. Nie wiem, jak zareagowała ta pani, ale ciąg dalszy rozmowy mógłby brzmieć następująco:

Sceptyczna dama: Oczywiście, tylko różnica polega na tym, że rozwój embriona następuje zgodnie z genetycznymi instrukcjami i to właśnie te instrukcje, jak pan twierdzi, panie profesorze, wyewoluowały w drodze doboru naturalnego. I właśnie w to trudno mi uwierzyć, nawet jeśli mówimy o miliardach lat.

Coś w tym jest! Naprawdę – nawet jeśli kiedyś się okaże, że w rzeczywistości jakaś boska inteligencja odpowiada za projektowaną złożoność życia, to na pewno ów boski projektant nie modeluje żyjących ciał jak rzeźbiarz pracujący z dłutem w ręce nad bryłą marmuru albo boski cieśla, garncarz czy krawiec lub przynajmniej producent samochodów. Na pewno nie jesteśmy „cudownie stworzeni”, co najwyżej „cudownie się rozwijamy”. Jest taki znany angielski hymn religijny, nadal często śpiewany przez dzieci, i kiedy te biedne szkraby wyśpiewują „He made their glowing colours / He made their tiny wings” („On stworzył ich małe skrzydełka/ On stworzył ich barwne piórka”)* w sposób oczywisty mijają się z prawdą, nawet bowiem jeśli Bóg rzeczywiście cokolwiek stworzył, to na pewno nie ptasie skrzydła i pokrywające je piękne pióra. Jeżeli „On” odrywa w tym jakąkolwiek rolę, to nie jest to tworzenie skrzydeł i nadawanie im barw, ale raczej nadzorowanie rozwoju embrionalnego, na przykład poprzez łączenie właściwych sekwencji genów, które sterują dalszym procesem wzrostu. Skrzydła nie są „zrobione” – one wyrastają, co jest dość złożonym procesem, z kończyn „pączkujących” już w jajku.

Zatem Bóg – powtarzam się, ale to ważny wątek – przez całe swoje wieczne życie na pewno nie „stworzył” żadnego skrzydła ani nawet skrzydełka. Jeżeli stworzył cokolwiek (moim zdaniem nie, ale tym tematem nie będę się tu zajmował)

to przepis na embrion, coś na kształt komputerowego programu kontrolującego rozwój w życiu płodowym skrzydeł (i całe mnóstwo innych rzeczy). Oczywiście ktoś (sam Bóg?) może powiedzieć, że Projektant jest tak mądry i uzdolniony, że może stworzyć i „przepis na skrzydło” i samo skrzydło, ale ten wątek również pozostawmy i zajmijmy się na razie różnicą między „tworzeniem” skrzydła a tym, co faktycznie dzieje się rozwoju płodowym.

*Redaktorzy tej książki ostrzegali mnie, że w czytelnikach tej książki "All things bright and beautiful" może nie budzić tak nostalgicznych wspomnień, jak we mnie. Dla tych, którzy nie wiedzą, co to za dzieło, wyjaśniam, iż jest to wiktoriański anglikański hymn napisany dla dzieci przez niejaką C.F. Alexander w roku 1848 i wykonywany aż do dziś. Pieśń ta stanowi wielką pochwałę piękna natury (a również politycznego status quo, przynajmniej we fragmentach), a jej refren brzmi „The Lord God made them all” („Pan Bóg stworzył to wszystko”). Wspaniałą parodię tego hymnu napisał Eric Idle i znalazła się ona w jednym z programów Monty Pythona. Pochwała bożego dzieła w wykonaniu Pythona brzmi tak:

All things dull and ugly
All creatures short and squat
All things rude and nasty
The Lord God made the lot.
Each little snake that poisons
Each little wasp that stings
He made their brutish venom
He made their horrid wings.
All things sick and cancerous
All evil great and small,
All things foul and dangerous
The Lord God made them all.
Each nasty little hornet
Each beastly little squid
Who made the spiky urchin?
Who made the sharks? He did!
All things scabbed and ulcerous
All pox both great and small
Putrid, foul and gangrenous
The Lord God made them all.

Wszystkie paskudne, obleśne rzeczy
Wszystko, co piszczy, żałośnie skrzeczy
Ohydztw, co się nie mieszczą w głowie
Bóg stworzył najprawdziwsze mrowie
Węża, co gryzie cię na śmieć
Sępa, co na raz zje cię ćwierć
Stwora, co żyje w twoim odbycie
To Pan nasz wszystkim dał im życie.

(I dalej w tym samym stylu. Niestety powyższy utwór nie znalazł się w polskiej edycji „Dzieł zebranych” Monty Pythona, więc nie dysponuję lepszym niż własny przekładem — przyp. tłum.)

NIE MA CHOREOGRAFA

Wczesne fazy rozwoju embriologii zdominował spór dwóch konkurujących ze sobą doktryn – były to preformacjonizm i epigenetyzm. Różnice między tymi dwoma podejściami bywają przedmiotem nieporozumień, pozwolę więc sobie poświęcić obu nieco miejsca. Tak więc preformacjoniści uważali, iż jajeczko (albo nasienie – szkoła ta dzieliła się na dwie frakcje) zawiera w pełni rozwinięte miniaturowe dziecko, takie małego homunkulusa. Wszystkie części ciała takiej istotki znajdowały się już we właściwych miejscach, miały właściwy kształt i tylko czekały, by zacząć się powiększać, niczym nadmuchiwany balon. Ta koncepcja ma jednak dobrze widoczne słabe punkty. Po pierwsze, gdyby była prawdziwa, oznaczałoby to, iż wszystko dziedziczymy tylko po jednym z rodziców (matce według „jajeczkowców”, ojcu według „nasieniowców”) – to oczywista nieprawda. Po drugie mamy tu problem regressus ad infinitum. Niczym w rosyjskiej matryoszce każdy taki homunkulus musiałby zawierać w sobie kolejnego homunkulusa, ten kolejnego i tak dalej, aż w nieskończoność – a jeżeli nie w nieskończoność, to i tak odpowiednio długo, by zabrać nas w podróż od Ewy (lub Adama, jeśli przyjmujemy optykę „nasienną”) aż do końca świata. Od tego paradoksu można uciec, jedynie przyjmując, że w każdej generacji taki homunkulus odtwarzany jest na nowo, na wzór i podobieństwo ciała rodzica. Tu jednak pojawia się problem „dziedziczenia cech nabytych” – gdyby tak było, każdy żydowski chłopiec musiałby się rodzić bez napletka, a każdy bywalec siłowni płodziłby dzieci od kołyski zdolne tylko do pakowania i martwienia się, że mu łyda kiepsko chodzi.

Żeby być uczciwym wobec preformacjonistów, trzeba im przyznać, że zdawali sobie sprawę z tych paradoksów i konsekwentnie starali się stawić im czoło, niezależnie od absurdów, do jakich to prowadziło. Przynajmniej niektórzy z nich na przykład z absolutną powagą dowodzili, że pierwsza kobieta (mężczyzna) istotnie „zawierała” („zawierał”) w zminiaturyzowanej postaci embriony wszystkich swoich potomków (istna matryoszka, nieprawdaż?). Zresztą w kontekście preformacjonistycznych przekonań takie twierdzenie ma swój sens, a warto o tym wspomnieć choćby dlatego, iż dochodzimy w ten sposób do kwestii kluczowych dla tego rozdziału. Otóż jeśli wierzysz, że Adam został „stworzony”, czyli że się nie urodził, oznacza to, że twierdzisz, iż Adam nie miał genów – a przynajmniej nie potrzebował ich do tego, by stać się rozwiniętym osobnikiem swojego gatunku. Nie ma bowiem co mówić o rozwoju płodowym i embriologii w przypadku kogoś, kto po prostu pewnego dnia zaistniał.

Podobnie chyba musiał wnioskować wiktoriański pisarz Philip Gosse, autor książki *Omphalos* (co oznacza pępek w grece), gdzie starał się dowieść, iż jednak Adam, mimo że nigdy się na narodził, miał pępek. Zauważmy, że analogiczne rozumowanie, acz może nieco bardziej wyrafinowane, mogłoby doprowadzić kogoś do wniosku, że odległe od nas o tysiące lat świetlnych gwiazdy musiały już powstać z gotowymi promieniami światła sięgającymi Układu Słonecznego, inaczej przecież przez pierwsze tysiąclecia, nim światło pokona ten dystans, nikt nie mógłby ich

zobaczyć! No dobrze, dowcipkowanie z pępkologii jest zajęciem błahym, ale rozwój płodowy i embriologia są rzeczywiście trudne i dlatego poświęcam im cały rozdział. Sam zresztą dopiero wgryzam się w te zagadnienia i staram się robić to od kilku stron.

Jak już widać, preformacjonizm jako teoria naukowa nie miał przed sobą wielkiej przyszłości. Żadna jego wersja nie mogłaby utrzymać się w epoce DNA. Współczesne podręczniki biologii powtarzają na okrągło i do znudzenia, że DNA to „plan” ciała. Czy tak w istocie tak jest? Przecież plan budowy samochodu – czy, dajmy na to, domu – to szczegółowy, punkt po punkcie i detal po detalu, opis gotowego produktu. Jeśli mamy dom, można sporządzić jego plan, a na podstawie planu można wybudować dom. To w pewnym sensie odwzorowanie jeden do jednego i to odwzorowanie odwracalne, chociaż przejście od gotowego domu do planu jest prostsze niż w drugą stronę, bo do narysowania planu wystarczą pomiary, dom natomiast trzeba dopiero zbudować. Jeśli natomiast przyjrzymy się ciału jakiegokolwiek zwierzęcia i pomierzmy je choćby najbardziej szczegółowo, i tak nie zrekonstruujemy w ten sposób jego DNA. Dlatego właśnie metafora DNA jako planu jest fałszywa.

Oczywiście teoretycznie można by sobie wyobrazić DNA jako instrukcję budowy organizmu (może tak to działa na jakiejś obcej planecie), taką trójwymiarową mapę zapisaną w liniowym kodzie złożonym z „liter” DNA. Wtedy proces odwzorowania rzeczywiście byłby odwracalny. Skanowanie organizmu w celu odtworzenia planu genetycznego nie jest zresztą kompletnie absurdalnym pomysłem. Gdyby DNA działał właśnie w opisany sposób, można by potraktować to jak jakąś odmianę neopreformacjonizmu, wolną od paradoksu matrioszki. Nie mam jednak pojęcia, czy dałoby się w ten sposób rozwiązać problem możliwości dziedziczenia tylko po jednym z rodziców, z czym DNA radzi sobie z zapierającą dech precyzją, łącząc połowę ojcowskiego DNA z połową genetycznej informacji, pochodzącą od matki. Jak jednak połączyć połowę skanu matczyńskiego ciała z połową skanu ojcowskiego, to naprawdę trudne pytanie. Na szczęście opisany wyżej scenariusz zbyt jest odległy od rzeczywistości, byśmy musieli rozwikływać takie zagadki.

Zgódźmy się więc, że DNA nie jest żadnym planem. W odróżnieniu od Adama, który został stworzony w zupełnie dojrzałej postaci, realne zwierzęce organizmy rozwijają się z pojedynczej komórki, przechodząc przez stadia zarodka, płodu, niemowlęcia, dziecka, by wreszcie osiągnąć dojrzałość. Może gdzieś, na jakiejś odległej planecie, żywe istoty potrafią zbudować się od początku do końca (nie wiemy, czy w tym wypadku określenie „od stóp do głów” byłoby prawidłowe), łącząc zgodnie z instrukcją odpowiednie „biopiksele” w gotowy organizm. Jednak na naszej Ziemi wygląda to inaczej (mam zresztą poważne powody by przypuszczać, że gdzie indziej również – ale o tym piszę w innych swoich książkach).*

Historycznie alternatywą preformacjonizmu był epigenetyzm. Jeśli ten

pierwszy mówił o szczegółowych planach, drugi bez wątpienia bliższy jest idei przepisu albo programu komputerowego. Współczesne encyklopedie podają zwykle z grubsza tak brzmiącą definicję epigenety: „rozwój zarodka przez różnicowanie się komórek i powstawanie z nich tkanek i narządów”. Obawiam się jednak, że Arystoteles, który ukuł to pojęcie, raczej nie rozpoznałby w tych słowach własnego pomysłu.

W znanym podręczniku Principles of Development, autorstwa między innymi Lewisa Wolperta, epigenetyzm opisany jest jako koncepcja zakładająca stopniowy rozwój nowych struktur. W sensie ogólnym epigenetyzm jest oczywiście koncepcją prawdziwą, ale, jak to się mówi, diabeł tkwi w szczegółach. Skąd bowiem pierwotnie niezróżnicowane „coś” może „wiedzieć”, jak ma się stopniowo rozwijać, jeśli taki rozwój nie postępuje zgodnie z jakimś planem? Różnica, o której zaczynamy w tym momencie mówić (a to w pewnym sensie także różnica między preformacjonizmem a epigenetyzmem), dotyczy właśnie zasadniczej odmienności wszelkiej planowej architektury (konstrukcji) i czegoś, co nazywam „samokonstruowaniem”. Co znaczy konstruować coś zgodnie z planem, wszyscy doskonale wiemy – starczy spojrzeć na otaczające nas budynki czy na dowolne artefakty, wytwory ludzkiej ręki. Samokonstruowanie to pojęcie mniej oczywiste i dlatego zajmę się nim dokładniej, tym bardziej, że w biologii rozwoju mechanizm ten odgrywa rolę równie kluczową, jak dobór naturalny w ewolucji (choć absolutnie nie wolno tych pojęć ze sobą mylić). Zarówno dobór, jak i samokonstruowanie prowadzą do podobnych rezultatów – w wyniku automatycznych, niewyrozumowanych i nieplanowanych zdarzeń powstaje coś, co, przynajmniej na pierwszy rzut oka, wydaje się stworzone na podstawie perfekcyjnie opracowanego projektu.

J.B.S. Haldane, odpowiadając swojej sceptycznej słuchaczce, powiedział rzecz oczywistą, ale z pewnością nie zaprzeczyłby też, że rozwój pojedynczej komórki w coś tak złożonego jak ludzkie ciało to zdarzenie graniczące z cudem (żeby nie było wątpliwości - nigdy nie przekraczające tej granicy). Wiedza o zapisanych w DNA

*To przypis przeznaczony dla osób profesjonalnie interesujących się relacjami między biologią a naukami komputerowymi. Charles Simonyi, niekwestionowany autorytet w dziedzinie projektowania programów komputerowych, po przeczytaniu jednej z wcześniejszych wersji tego rozdziału zwrócił mi uwagę, że „[...] przepis na jakikolwiek organ (oko, mózg, krew etc.) jest znacznie prostszy – w sensie liczby bitów czy, jeśli o genetyce mowa, par zasad – niż szczegółowy plan takiego organu. [Przy planach] ewolucja byłaby niemożliwa (w okresach krótszych niż, powiedzmy, 10100 lat), bo praktycznie nie ma szans, żeby minimalne odchylenia w planie mogły mieć jakikolwiek korzystny wpływ na organizm, podczas już drobne zmiany ‘przepisu’ mogą”. Nawiązując do moich „komputerowych biomorfów” i „artromorfów” (pisałem o nich w Rozdziale II) dr Simonyi dodał jeszcze: „Te twoje sztuczne istoty (programowane na użytek Ślepego zegarmistrza i Wspinaczki na szczyt nieprawdopodobieństwa) też są opisane za pomocą „przepisów”, a nie „planów”. Przecież plan musiałby składać się z beładnej mieszaniny strzałek. Czy wyobrażasz sobie, że można śledzić przebieg ewolucji, zmieniając położenie punktu finalnego?”. Po kimś, kogo Bill Gates określił jako „najlepszego programistę wszech czasów”, można się spodziewać, że na komputerowych biomorfach raczej się zna, a ja mogę dodać, że nie myli się w ocenie realnych, żywych organizmów.

instrukcjach rzuca nieco światła na tę tajemnicę, jednak w dalszym ciągu jest ona trudna do ogarnięcia, choćby dlatego, iż wymaga zrozumienia, że instrukcje budowy organizmu same zawierają się w przebiegu tego procesu. To właśnie nazywam „samokonstruowaniem” (warto dodać, że pewną analogię znaleźć można w naukach komputerowych – na podobnej zasadzie programiści rozróżniają procedury „oddolne” od „odgórnych”).

Wyobraźmy sobie najpierw architekta, który zaprojektował wspaniałą katedrę. Następnie poprzez hierarchiczną sieć poleceń cała operacja wznoszenia wielkiej świątyni podzielona została na odrębne etapy i procedury, te dzieli się na jeszcze mniejsze podetapy, a wreszcie powstaje zestaw stosunkowo prostych instrukcji, które następnie można spisać i przekazać poszczególnym murarzom, cieślom i witrażystom. Ci przystępują do pracy i nie ustają, póki nie powstanie budynek – dokładnie odpowiadający architektonicznym i technicznym planom oraz oryginalnym szkicom architekta. Tak właśnie działa projektowanie odgórne.

Projektowanie oddolne wygląda zupełnie inaczej. Jest nawet taka opowieść (osobiście zresztą nigdy w nią nie wierzyłem), że niektóre ze średniowiecznych europejskich katedr nigdy nie miały architektów. Nikt ich nie projektował. Po prostu zbierali się murarze i cieśle i każdy z nich we własnym kątku zaczynał budowę, nie zwracając zbytniej uwagi, co robią pozostali, i nie przejmując się żadnym ogólnym planem, a w pewnym momencie w jakiś (cudowny!) sposób z tej anarchii wyłaniała się zapierająca dech budowla. Gdyby tak było naprawdę, mielibyśmy świetny przykład oddolnej architektury. Cóż – może to piękna opowieść, ale katedry na pewno nie powstawały w taki sposób. Natomiast z grubsza na tej zasadzie powstają mrowiska czy kopce termitów i podobnie przebiega rozwój płodu. Dlatego właśnie rozwój biologiczny tak bardzo różni się od wszystkiego, do czego przywykliśmy, przynajmniej w aspekcie konstrukcyjnym.

Analogiczne zasady obowiązują także w przypadku niektórych programów komputerowych i pewnych zachowań zwierząt oraz w przypadku programów komputerowych które symulują zachowania zwierząt. Przypuśćmy, że kogoś ciekawia zachowania stadne u szpaków. Można je obejrzeć na kilku fascynujących filmach (dostępnych w YouTube — kilka klatek zamieściłem na stronie 16 kolorowej wkładki w tej książce). Ten piękny balet sfilmowany został przez Dylana Wintera nad Otmoor, niedaleko Oksfordu. Gdy oglądamy te loty, naprawdę trudno uwierzyć, że zbiorowych ewolucji nie wymyślił żaden choreograf. Ba — zgodnie z wiedzą ornitologów w szpaczych stadach nie ma przywódców. Nikt nimi nie kieruje, a każdy osobnik jedynie zachowuje się zgodnie z lokalnymi regułami. Tymczasem takie stada mogą mieć nawet tysiące osobników, a mimo to prawie nigdy nie dochodzi do kolizji (na szczęście, bo uwzględniając szybkość ptaki mogłyby mocno na tym ucierpieć). Bardzo często to wręcz sprawia wrażenie pojedynczego osobnika — wyobraźcie sobie setki ptaków skręcających i zawracających jak jeden mąż.

Na zdjęciu zamieszczonym w tej książce widać zresztą niejedno stado, a trzy

— niewielkie, lecące w dość sporym szyku, po prawej stronie, właśnie gwałtownie skręca prawo; większe, bardziej rozproszone, na środku, uformowało coś na kształt kopuły widzianej od dołu, skręca w prawo, by za chwilę zawrócić; widać też trzecie stadko, w górnej części zdjęcia, również nieco mniej skupione, te ptaki właśnie skręcają w lewo. To zdjęcie, jak już mówiłem, to kadr z filmu, i dlatego może sprawiać wrażenie, jakby stada dosłownie przelatywały przez siebie, nie naruszając szyku, nie mieszając się i nie zmieniając kierunku. To sprawia wrażenie cudu, nie muszę wyjaśnić, że w rzeczywistości stada nie przelatują przez siebie.

Natomiast nie jest już złudzeniem, że granice szyku rzeczywiście są tak ostre. Taka szpacza „ławica” nie kończy się łagodnie, rozmywając się w przestrzeni nieba. Zagęszczenie ptaków na krawędzi stada jest takie samo, jak w środku, za tą krawędzią natomiast nie ma nikogo. I czyż to jedno nie jest już niezwykle? (gdy obejrzy się taki film, aż kusi, żeby zrobić sobie taki prawdziwie wyrafinowany wygaszacz ekranu. Oryginalny film nie bardzo się do tego celu nadaje, bo trzeba by było go odtwarzać w kółko i powtarzany raz po raz ptasi balet mógł by się znudzić (a poza tym nie spełniałby ważnej funkcji wygaszacza, jaką jest równomierne wykorzystanie wszystkich pikseli monitora).

Trzeba zatem pomyśleć o komputerowych symulacji stada szpaków, a do tego, co potwierdzi każdy programista, można zabrać się od strony dobrej i od złej. Błędem byłaby na przykład próba odtworzenia „na raz” całej choreografii ptasiego przedstawienia — to właśnie byłby przykład złego programowania. Dobre w tym przypadku programowa nie jest natomiast o tyle ciekawe, że — prawdopodobnie odtwarza to, jak rzeczywiście „zaprogramowane” są szpaki i ich ptasie mózgi. (Przy okazji — to też dobra analogia rozwoju płodowego). Tak więc, zabierając się za komputerową symulację zachowania stada ptaków, należy skupić się na zachowaniu pojedynczego osobnika. Trzeba takiemu roboszpakowi wprogramować szczegółowe reguły, mówiące mu, jak ma reagować na najbliższych sąsiadów w zależności od tego, jaka dzieli go od nich odległość i jak przemieszczają się względem siebie. Potem należy zaprojektować odpowiednie wagi, czyli to, na ile silnie wpływają nań zachowania towarzyszy, a na ile może posłuchać własnych chęci, na przykład zmiany kierunku. Te reguły oczywiście trzeba opracować na podstawie bardzo dokładnych pomiarów zachowania rzeczywistych stad i ptaków. Następnie każdego cyberptaka trzeba wyposażyć w pewną skłonność do losowego zmieniania reguł rządzących jego lotem. A gdy już mamy gotowy program odwzorowujący zachowanie pojedynczego ptaka, nadchodzi moment kluczowy (i dla programisty, i — w pewnym sensie — dla tego rozdziału). Otóż absolutnie nie wolno w tym momencie brać się za pisanie programu symulującego zachowanie całego stada. (Taki błąd popełniało niegdyś wielu programistów), Teraz trzeba „sklonować” naszego roboszpaka, zrobić nawet tysiące jego kopii (nie muszą to być dokładne kopie, można wprowadzić niewielką losową zmienność) i „wpuścić” je wszystkie do komputera, gdzie — przestrzegając, rzecz jasna, wpisanych reguł — będą mogły swobodnie interagować.

W ten czas okaże się, że jeżeli prawidłowo stworzyliśmy behawioralne reguły dla jednego osobnika, to i tysiąc cyberptaków a dokładnie rzecz biorąc, tysiąc czarnych punkcików przemieszczających się na komputerowym monitorze, zachowywać się będzie dokładnie tak, jak szpaki gromadzące się zimą w stadach. Jeśli coś nie wychodzi, to oznaka, że należy wrócić do programowania i zmodyfikować trochę zachowania pojedynczego ptaka (a być może powtórzyć pomiary „w realu”), a potem znowu — trzeba sklonować nową wersję i zastąpić te, które nie działały. Taki cykl replikacji oraz przeprogramowywania powtarzać trzeba tak długo, że wreszcie uzyskamy wystarczająco realistyczny wygaszasz ekranu. W roku 1986 Craig Reynolds napisał taki program, choć akurat nie dla ptaków ; nazwał swój produkt „Boids”.

Najważniejsze, by pamiętać, że nie istnieje żaden choreograf ani przywódca. Porządek, organizacja, struktura — to wszystko wyłania się jako produkt uboczny reguł, które działają w skali lokalnej, tyle, że działają nieustannie i niezmiennie. I na tej zasadzie „dzieje się” rozwój płodowy — w tym przytułku również za wszystko odpowiadają lokalne reguły, działań na różnych poziomach, choć szczególnie na poziomie pojedynczej komórki. Tu też nie ma choreografa ani architekta centralnego planowania i dyrygenta (ani nawet orkiestry). Dlatego właśnie mówię o samokonstruowaniu.

Kiedy patrzymy na człowieka (orła, delfina, kreta, geparda, żabę, łabędzia...), doprawdy trudno uwierzyć, że geny, które programują rozwój tak wspaniale „poukładanego” organizmu, nie funkcjonują jako plan, projekt ani schemat budowy. Tymczasem naprawdę nie ma żadnego planu — tu, tak jak przy naszej komputerowej symulacji stada paków, wszystko dzieje się za sprawą pojedynczych komórek przestrzegających lokalnych reguł i każdy tak pięknie „projektowany” organizm po prostu „wyłania się” (emerguje) wskutek nakładania się lokalnych oddziaływań. W rozwoju płodowym nie ma nic, co choćby w przybliżeniu nazwać można „ogólnym planem”, a tylko komórki, które w rozwijającym się zarodku kręcą się i tańczą wokół siebie niczym szpaki w gigantycznym stadzie. Oczywiście są różnice i to dość istotne. Przede wszystkim odmiennie niż ptaki komórki są fizycznie połączone i tworzą warstwy oraz bloki tkanek. Konsekwencją komórkowego „tańca” jest tworzenie trójwymiarowych struktur, na przykład gdy wskutek ruchu komórek dochodzi do inwaginacji* w określonej tkance czas gdy inne tkanki mogą obkurczać się lub rosnać w skutek działania lokalnych wzorców obumierania bądź wzrostu komórek. Analogia embriologiczna, którą chyba najbardziej się nadaje to sztuka origami — nie ja zresztą wpadłem na pomysł, tylko wybitny ekspert w dziedzinie rozwoju Lewis Wolpert w książce „The Triumph of the Embryo” — ale zanim się tą analogią się posłużę, odwołam się jeszcze do kilku innych przykładów, być może bliższych czytelnikom niż japońska sztuka składania papieru, zaczerpniętych bowiem

* Inwaginacja — w bardziej potocznym języku to wpuklenie. W biologii jest to proces morfogenetyczny polegający na wpukleniu warstwy nabłonka do jamy ciała lub w podłoże łącznotkankowe (przyp. tłum.)

ze świata rzemiosła i technik wytwórczych.

ANALOGIE ROZWOJU

To zaskakujące, jak trudno znaleźć dobrą analogię, jeśli chcemy komuś na przykładzie wyjaśnić rozwój żywej tkanki. Pewne podobieństwa do zjawisk znanych z życia codziennego można jednak znaleźć. Choćby przepis (kulinarny) czasem się przydaje, ale tę analogię wykorzystuję zwykle, by wyjaśnić, dlaczego w embriologii nie należy posługiwać się „planem” ani „schematem”. W odróżnieniu od nich, przepis jest nieodwracalny — to znaczy, jeśli weźmiemy przepis na ciasto i upieczemy je tak, jak trzeba (albo i nie tak), nie da się na podstawie gotowego produktu zrekonstruować przepisu (a przynajmniej nie dokładnie), który posłużył do jego przygotowania. Natomiast jest możliwe, teoretycznie przynajmniej, odtworzenie oryginalnych planów wybudowanego już domu.

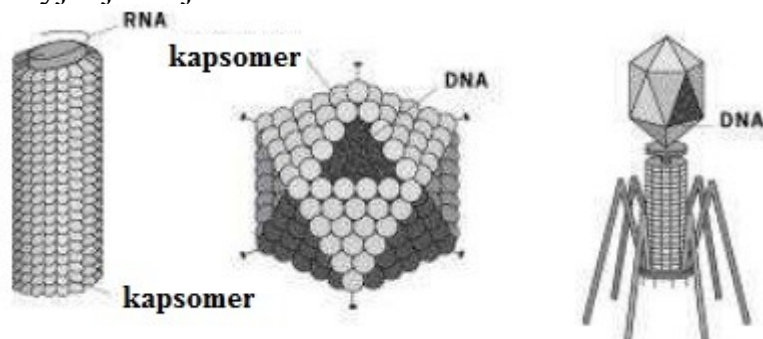
W tym przypadku bowiem nie można mówić o jednoznacznym odwzorowaniu: „kawałek” — „kawałek” planu. Z ciastem jest inaczej — pomińmy oczywiście wyjątki czy można pokusić się o jeszcze jakieś analogie z ludzką twórczością? No, cóż — czasem pojawia się obraz artysty rzeźbiącego za pomocą dłuta kamień lub drewno i odcinającego zbędne fragmenty tak długo, aż wreszcie wyłoni się idealny kształt. Można nawet mówić, że w rozwoju zarodkowym istnieje pewien szczególny, działający na podobnej zasadzie proces, a mianowicie apoptoza, czyli „zaprogramowanie komórek”. Ten mechanizm odpowiada za rozwój palców u nóg, i u rąk. U ludzkiego płodu wszystkie palce połączone są czymś w rodzaju błony pławnej. Jeszcze przed momentem narodzin ta błona znika (choć zdarzają się przypadki, że tak się nie dzieje) właśnie za sprawą apoptozy. To rzeczywiście trochę przypomina kształtowanie rzeźby, ale trudno uznać mechanizm zaprogramowanej śmierci komórek za istotny w embriologii, by tę analogię rozciągać na całe życie płodowe. Metafora „dłuta” nie jest zatem specjalnie przydatna w biologii rozwoju.

Z drugiej strony rzeźba to nie tylko praca dłutem — są rzeźbiarze, którzy tworzą swoje dzieła najpierw w glinie lub pracując nad takim tworzywem, uzyskują ostateczny pożądany kształt, a dopiero później odlewają go w brązie. Jednak też nie jest to użyteczna embriologiczna analogia, podobnie jak krawiectwo (albo praca projektanta mody), tu bowiem najpierw musi istnieć materiał, który zgodnie z jakimś istniejącym zamysłem (wykrojem) dzieli się na odpowiednie fragmenty, a te łączone są z innymi, na podobnej zasadzie przygotowanymi kawałkami materiału. Z drugiej jednak strony zdarza się, że krawiec po uszyciu „wywraca” produkt na drugą stronę, by ukryć szwy, a coś podobnego często zachodzi w rozwoju płodowym.

(BRAK TEKSTU)

Poniżej widzimy trzy różne wirusy, po lewej stronie jest wirus mozaiki tytoniu (TMV) który pasożytuje na roślinach tytoniu i innych roślinach z rodziny

Psiankowatych, do niej należą też pomidory. Na środku jest adenowirus, atakujący układ oddechowy zwierząt, również nasz, po prawej zaś bakteriofag T4 wygląda trochę jak ładownik księżycowy i w pewnym sensie tak funkcjonuje — bakteriofag „ładuje” na powierzchni bakterii (jest od niej znacznie mniejszy), osiada na swoich „pajęcznych nogach”, przebija ścianę komórkową i wstrzykuje do środka komórki bakteryjnej swój DNA.



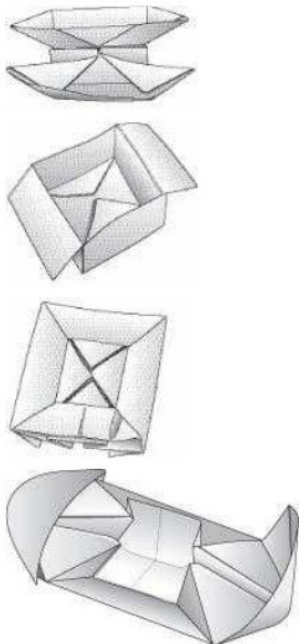
Trzy wirusy

Potem wirusowy DNA przejmie bakteryjną maszynę produkującą białka i zmusza ją do produkowania nowych wirusów. Podobnie postępują wszystkie wirusy — ich materiał genetyczny przejmie w zaatakowanej komórce kontrolę nad produkcją białek i sprawia, że zamiast wytwarzać te proteiny, które są niezbędne jej samej, powiela materiał genetyczny wirusa.

Większość z tego, co widać na rysunkach przedstawiających wirusy, to białkowy pojemnik na materiał genetyczny, a w przypadku T4 dodatkowo jeszcze maszyna niezbędna do zainfekowania potencjalnego gospodarza. Warto zresztą przyjrzeć się, jak ta białkowa aparatura powstaje, bo jest to brutalna wręcz ilustracja „samokonstruowania”. Każdy wirus zabudowany jest cząsteczkami białka. Molekuła białka (wkrótce powiem więcej na ten temat) ma charakterystyczną strukturę — naukowo zwaną „trzeciorzędową” — i zgodnie z prawami chemii tworzą ją ułożone we właściwej kolejności aminokwasy. Budowa chemiczna wirusów jest bardziej złożona, bowiem cząsteczki białek (znów zgodnie z lokalnymi regułami) tworzą tzw. struktury czwartorzędowe, niemniej we wszystkich tych przypadkach mamy do czynienia z procesami samoorganizacji — kapsomery (tak nazywają się białkowe podjednostki tworzące, niczym klocki lego, struktury czwartorzędowe) nie układają się według żadnego ogólnego planu ani schematu. Proszę jednak zauważyć, że jak perfekcyjnym mimo braku takich planów — geometrycznymi strukturami mamy do czynienia. Adenowirus (w środku) składa się dokładnie z 252 kapsomerów (tu przedstawionych jako małe kulki) tworzących dwudziestościan, czyli jedną z tzw. brył platońskich (bryłami platońskimi nazywamy wielościany foremne — w dwudziestościanie ścianami są trójkąty równoboczne). Kapsomery tworzą takie bryły nie dlatego, że istnieje jakiś wielki plan budowy wirusa, ale tylko z tego powodu, że tak działają stricte lokalne reguły i lokalne prawa chemii. Na podobnej zasadzie formują się kryształy i adenowirus rzeczywiście można w pewnym sensie traktować jako mały i pusty w środku kryształ. Taka „kryształizacja” u wirusów to zresztą

wyjątkowo piękny przykład samokonstruowania w świecie biologii i bardzo lubię przywoływać ją jako ilustrację głównej zasady kierującej rozwojem i wzrostem żywych istot. T4, czyli nasz „księżycowy ładownik”, też ma taki dwudziestościan pełniący funkcję głównego pojemnika na DNA, z tym że jego struktura czwartorzędowa jest znacznie bardziej złożona, włącza bowiem dodatkowe białka, ułożone zgodnie z nieco innymi lokalnymi regułami, a do tego dochodzi jeszcze cała biologiczna maszyna do wstrzykiwania materiału genetycznego ofierze oraz przymocowane do dwudziestościanu „nogi”.

Jeśli mamy jednak przejść od rozwoju wirusów do nieco większych stworzeń, chciałbym po drodze zatrzymać się na chwilę przy mojej ulubionej embriologicznej analogii (wśród artefaktów, rzecz jasna), a mianowicie przy origami. Origami to sztuka składania papieru. Wywodzi się z Chin, ale do perfekcji doprowadzili ją dopiero Japończycy. Sam umiem zrobić tylko jedną „konstrukcję origami” — „chińską dżonkę”, której nauczył mnie mój ojciec, a on sam nauczył się jej jeszcze w latach 20. XX wieku, kiedy w jego szkole wybuchła chwilowa (lecz bardzo intensywna) „gorączka origami”*. Jedynym, co przypomina w tym prawdziwą biologię, jest to, że „rozwój osobniczy” chińskiej dżonki też przebiega przez kolejne stadia pośrednie, które same w sobie są bardzo urodziwymi konstrukcjami (gąsienica może być piękna, choć w niczym nie przypomina motyla, którym w pewnym momencie się staje). Chińską dżonkę zaczynamy z najzwyczajniejszym kawałkiem papieru, który wyłącznie odpowiednio zaginamy (nie wolno przecinać, sklejać ani dodawać kolejnych kartek); taka procedura wiedzie nas poprzez trzy kolejne „stadia larwalne” („katamaran” — na górze, „pudełko” — w środku i „obrazek w ramce” — na dole) do gotowej wreszcie dżonki.



Origami „chińska dżonka”. Od góry trzy stadia pośrednie: „katamaran”, „pudełko” i „obrazek w ramce”.

* Szkolny szal origami w czasach mojego ojca szybko się skończył, ale mi udało się w tej samej szkole z równą intensywnością (i na równie krótko) zaszczepić go z powrotem w latach 50.

Tak chętnie posługuję się przykładem origami, bo wspaniałe jest to, że kiedy ktoś pierwszy raz pokazuje ci, jak robić chińską dżonkę, nie tylko sama dżonka, ale i wszystkie stadia pośrednie (katamaran, pudełko i ramka) naprawdę zaskakują. Oczywiście — twoje ręce składają papier tak, jak ci ktoś wcześniej pokazał, ale to w żadnym przypadku nie jest żaden „plan budowy dżonki”, który ty świadomie realizujesz. Ty musisz przestrzegać tylko kilku reguł składania, które ci przekazano, i które tak na zdrowy rozum przynajmniej nie mają żadnego związku z produktem finalnym twoich działań, czyli z dżonką, która raptem wyłania się spod twoich rąk niczym motyl z poczwarki. To rzeczywiście wspaniały przykład działania lokalnych reguł i dobra ilustracja, jak daleko można zajść bez żadnego „ogólnego planu”.

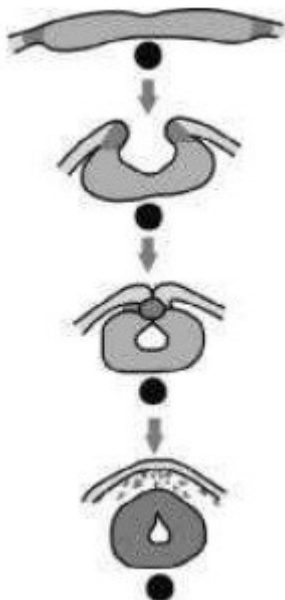
Na korzyść naszej origamicznej analogii przemawia również i to, że właśnie składanie — obok inwaginacji (wpuklenia i wypuklenia) oraz nicowania, czyli „wywracania (się) na lewą stronę” — to jedna z ulubionych sztuczek stosowanych przez tkanki rozwijającego się zarodka w procesie budowy ciała, zwłaszcza na najwcześniejszych etapach. Oczywiście trzeba pamiętać o ograniczeniach tej analogii — po pierwsze (i przede wszystkim) przy origami niezbędne są ludzkie dłonie, po drugie zaś kartka, z której składamy origami, w od różnieniu od prawdziwego embriona nie rośnie w tym czasie jej powierzchnia jest taka sama, gdy zaczynamy i gdy kończymy z chińską dżonką w ręku. Właśnie dlatego, opowiadając o biologii rozwoju, czasem mówię o „nadmuchiwanym origami”, a nie o origami po prostu.

Z drugiej strony te dwa ograniczenia w pewnym sensie się znoszą. Fragmenty tkanki, które w rosnącym embrionie składają się, ulegają sfałdowaniu czy inwaginacji, przez cały czas rosną i właśnie ten wzrost dostarcza części siły, za którą w przypadku origami odpowiada człowiek. Gdyby ktoś zaczął robić origami z żywej tkanki, a nie z martwego papieru, teoretycznie przynajmniej miałyby szansę, że wybrany fragment będzie rósł w odpowiednim kierunku, a zarazem wzrost ten nie będzie równomierny, lecz niektóre części będą rosły szybciej. Możliwe wówczas, że takie organiczne origami automatycznie osiągnie pożądaną kształt i nawet tam, gdzie powinno, będzie się wpuklać i odwracać, znów bez żadnego globalnego, ogólnego planu, lecz jedynie dzięki lokalnie działającym regułom. Nazwijmy sobie coś takiego „autoorigami”. Czy to ma szansę działać w praktyce, w realnym rozwoju płodowym — ma, bo właśnie coś takiego dzieje się w rzeczywistości, tak wygląda rozwój, gdy tkanka rośnie (czyli jej komórki się dzielą). Zróżnicowany wzrost zarodka polega dokładnie na tym, że tworzące go komórki w różnych fragmentach tkanki dzielą się w tempie narzucanym przez lokalnie działające reguły. Tak oto powróciliśmy do kwestii fundamentalnej, czyli do przeciwstawienia oddolnych, lokalnych reguł odgórnym, globalnym instrukcjom. Złożona (w istocie nawet bardzo złożona) seria procesów bazujących na tej prostej zasadzie determinuje przebieg wszystkich początkowych etapów rozwoju płodowego.

Przyjrzyjmy się zatem, jak wygląda takie biologiczne origami w najwcześniejszych stadiach rozwoju kręgowców. Zaczyna się oczywiście od zapłodnienia, po czym zapłodniona komórka jajowa dzieli się na dwie, każda z nich

po chwili też dzieli się na dwie i mamy już cztery komórki i tak dalej. Takie podziały następują jeszcze przez pewien czas, przy czym na pewnym etapie nie następuje wzrost komórek („inflacja”). Zaczyna się od tego, że zapłodnione jajo dosłownie dzieli się na połowy, a kończy się na złożonej z komórek pustej w środku kuli (pęcherzyku) tej samej wielkości, co komórka jajowa. To blastula. Następny etap to gastrulacja — Lewis Wolpert uczynił ją bohaterem jednego ze swych słynnych bon motów, mówiąc: „To nie narodziny, małżeństwo czy śmierć są najważniejszą chwilą naszego życia, ale gastrulacja”.

Gastrulacja to coś na kształt trzęsienia ziemi, które głęboko przeoruje całą powierzchnię blastuli i kompletnie ją przemienia. Na tym etapie tkanki rozwijającego się płodu przechodzą gruntowne przeobrażenie, a przede wszystkim to na warstwowej blastuli wskutek wpuklenia się tkanki (czyli inwaginacji, jak pamiętamy) powstaje dwuwarstwowa gastrula (por. Ryc. na str. 288, na której przedstawiona jest gastrulacja blastuli zgodnie z modelem Oстера). Te warstwy nazywamy listkami zarodkowymi. Warstwa zewnętrzna, która wówczas powstaje, zwana jest ektoderma, warstwa wewnętrzna to endoderma, a u niektórych organizmów („trójwywrotowców”; należą do nich też kręgowce, o których tu mówimy) część komórek tworzy dodatkowo trzeci, położony pomiędzy endoderma listek zarodkowy, czyli mezoderm. W kolejnych etapach rozwoju z trzech listków zarodku wytworzy się cały, złożony organizm - skóra i układ nerwowy powstają z ektodermy, narządy wewnętrzne z endodermy, mezoderma zaś daje początek mięśniom i kościom.



Neurulacja

Kolejny etap tego embriologicznego origami to neurulacja. Na rysunku wyżej widzimy przekrój tylnej części środka zarodka płaza (to może być równie dobrze żaba, jak salamandra) właśnie w fazie neurulacji. Czarny krążek to struna grzbietowa, usztywniająca struktura analomiczna i zarazem prekursor kręgosłupa. Obecność struny grzbietowej to wyróżnik typu strunowców (Chordata), do którego

należą też wszystkie kręgowce (tyło że u nas, ludzi, podobnie współczesnych kręgowców, struna występuje wyłącznie w rozwoju zarodkowym). W neurulacji, podobnie jak przy gastrulacji, kluczowym mechanizmem jest wgłobienie tkanki. Jak pamiętamy, system nerwowy powstaje z ektodermy, wpukła się i powstaje tak zwana płytka nerwowa, proces inwaginacji postępuje dalej i z płytki tworzy się rynienka nerwowa ograniczona fałdami nerwowymi, następnie zamyka się, i w ten sposób tworzy się cewa nerwowa później zamknięciu ulegają oba jej otwory (przedni i tylni). Z czasem z cewy powstanie rdzeń kręgowy*, główny szlak systemu nerwowego, a przedni jej koniec da początek mózgowi. Również z tej struktury, wskutek kolejnych podziałów komórkowych, powstaną wszystkie nerwy.

Nie będę się może wgłębiał w dalsze szczegóły gastrulacji i neurulacji, choć piękno tych procesów bardzo mnie zachwyca. Na razie jednak niech nam wystarczy, iż analogia z origami sprawdza się w tym przypadku zupełnie dobrze, przynajmniej jako ilustracja ogólnej zasady „rosnącego origami”, za sprawą której zarodek rozwija się w coraz bardziej złożone struktury. Na sąsiednim rysunku widać, co dzieje się z grupami komórek w różnych fazach rozwoju zarodkowego, w tym wypadku podczas gastrulacji, i widać też, jak pożytecznym procesem jest inwaginacja. Nic dziwnego, że i przy gastrulacji, i przy neurulacji, inwaginacja odgrywa kluczową rolę.



Inwaginacja warstwy komórek

Gastrulacja i neurulacja są bardzo wczesnymi etapami rozwoju zarodkowego i to one w znacznym stopniu określają kształt zarodka. Podobne mechanizmy „rosnącego origami” występują jednak i w późniejszych fazach rozwoju, kiedy to tworzą się już w pełni wyspecjalizowane organy, jak oczy czy serce. Znowu wraca jednak pytanie, jakie procesy mechaniczne decydują o tej dynamice, skoro w biologicznym origami (w odróżnieniu od zwykłego) nie ma rąk, które odpowiednio składałyby kartkę. Po części, o czym już mówiłem, wystarczy zwykły wzrost i podziały komórkowe. Komórki tworząc tkankę mnożą się, jej powierzchnia rośnie, a przecież komórki nie mogą sobie dokądś pójść, więc wpuklanie się lub

*Struna grzbietowa to po angielsku „notochord”. Rdzeń kręgowy to „spinal cord”. Dawkins nie mógł przepuścić takiej okazji, by po raz kolejny zwrócić czytelnikom uwagę na elokwencje języka angielskiego. Ponieważ jest to kolejny przypis przeznaczony dla miłośników anglistyki, pozostawiam go w oryginale (przyp. tłum.): „I am sorry I am at a loss to explain why the notochord gets an 'h', like a musical or mathematical chord, while the spinal cord doesn't, like a bit of string. I have always found it mysterious, and have even wondered whether it might represent some long-forgotten but fossilized mistake. Admittedly, the Oxford English Dictionary lists 'chord' as an alternative spelling for the string kind of cord, but the difference does seem queer given that the spinal cord and the notochord run the length of the embryonic body, one above the other.”.

odkształcanie to jedyne możliwości. Oczywiście to nie jest proces czysto spontaniczny, a zasady nim kierujące udało się odszyfrować grupie naukowców współpracujących z genialnym biologiem matematycznym z University of California w Berkeley, George'em Osterem.

MODELOWANIE KOMÓREK

Oster i jego zespół przyjęli strategię zbliżoną do tej, która pomogła w stworzeniu realistycznych symulacji ruchu stada szpaków (opisałem ją nieco wcześniej). Badacze nie zajmowali się więc zachowaniem całej blastuli, ale najpierw stworzyli program sterujący zachowaniem pojedynczych komórek, potem „sklonowali” swój produkt i zaczęli przyglądać się, co dzieje się, gdy komórek jest odpowiednio dużo. Programując matematyczny model komórki, naukowcy wbudowali weń — oczywiście w nieco uproszczonej postaci — znane nam już właściwości żywych komórek, na przykład obecność' tzw. mikrofilamentów, czyli elastycznych struktur (łańcuchów) białkowych występujących we wnętrzu komórki, umożliwiających między innymi zmianę kształtu i ruch komórki, działających zresztą na podobnej zasadzie, jak ta, która umożliwia skurcz mięśni*. W każdym razie model komórki Oстера został uproszczony do dwóch wymiarów (łatwiej odwzorować coś takiego na monitorze) i wmontowano w nie tylko sześć mikrofilamentów, co zresztą widać na poniższym rysunku.



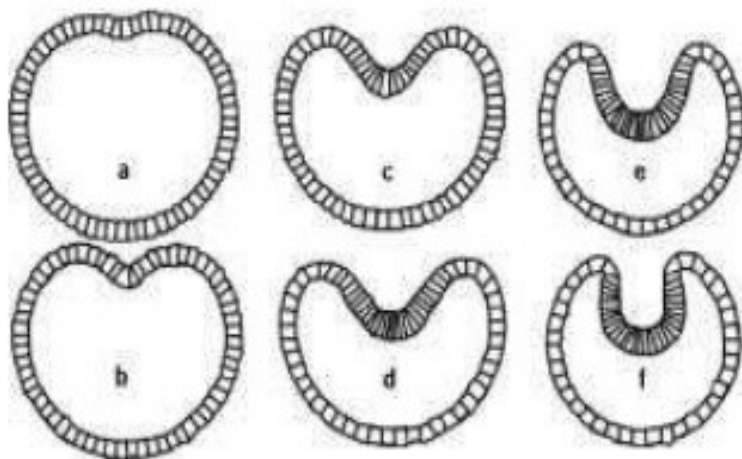
Mikrofilamenty wewnątrz modelu komórki Oстера

Dodatkowo jeszcze mikrofilamenty modelu komputerowego wyposażono w szczególne, ilościowo mierzalne właściwości, (których nazwy zapewne coś znaczą

* To zresztą moje kolejne szkolne wspomnienie. Skurcze mięśni zawsze już kojarzyć mi się będą z wspaniałym fizjologiem z Cambridge, Josephem Needhamem (szerzej chyba znanym jako wybitny znawca historii nauki w Chinach), którego na nasze zajęcia ściągnął jego siostrzeniec, a nasz ówczesny nauczyciel (za takie przejawy nepotyzmu zawsze będę wdzięczny). W każdym razie do dziś świetnie pamiętam, jak pod baczным okiem Needhama oglądaliśmy pod mikroskopem wypreparowane włókna mięśniowe, które niczym pod wpływem magicznych zaklęć — kurczyły się, gdy tylko do preparatu dodali kroplę ATP, czyli adenozyntrofosforanu, uniwersalnej komórkowej waluty i etycznej.

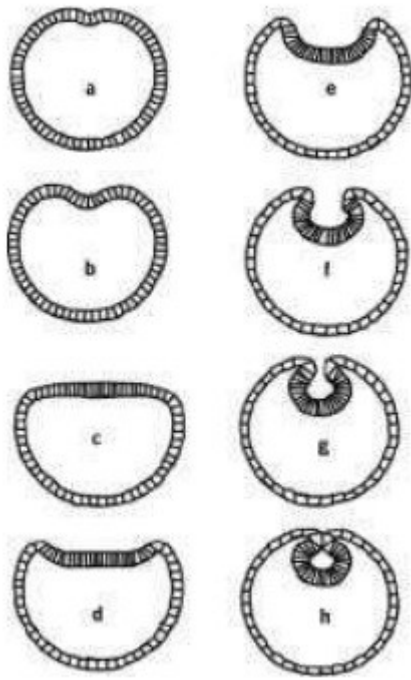
dla fizyków, jak choćby „współczynnik tłumienia lepkościowego” czy „współczynnik sprężystości sprężyny”. Może jednak nie wnikajmy, co to takiego, niech nam wystarczy, że jest to coś, co fizycy lubią mierzyć sprężynom). W ramach kolejnych uproszczeń 1 Mar przyjął, że tylko część mikrofilamentów w komórkowym-modelu ma zdolność kurczenia się (w prawdziwej biologii komórki raczej na pewno jest inaczej). Takie założenia są bardzo rozsądne — jeśli uda się osiągnąć realistyczne rezultaty w modelu na pewno nieobejmującym części właściwych prawdziwych komórek, to model bardziej złożony może przynieść efekty jeszcze ciekawsze. W swoich komputerowych symulacjach Oster i jego współpracownicy przyjęli jednak pewne istotne ograniczenie, a mianowicie kurczliwy mikrofilament nie dysponował pełną swobodą zachowania, tu natomiast (to odpowiednik właściwości niektórych przynajmniej włókien mięśniowych), kiedy struktura taka zostawała rozciągnięta powyżej pewnej krytycznej długości, reagowała, kurcząc się do znacznie mniejszych rozmiarów niż wcześniejszy stan równowagi. Mamy zatem pierwszy etap procesu modelowania — bardzo uproszczona pojedyncza komórka reprezentowana przez dwuwymiarowy obrys z sześcioma elastycznymi sprężynami w środku, z których dodatkowo jedna potrafi kurczyć się, kiedy pod wpływem działania zewnętrznych sił uległa wcześniej rozciągnięciu. Przyszła pora na etap drugi. Badacze powielili swój produkt i z kilkudziesięciu „komórek” utworzyli obwód, taki dwuwymiarowy model trójwymiarowej blastuli.

Kluczowy moment eksperymentu nadszedł, kiedy Oster i jego współpracownicy w filamencie jednej z komórek wywołali skurcz. To, co nastąpiło potem, zasługuje niemal na mianu cudu — kolejne komórki zaczęły reagować, reakcja objęta wszystkie i na monitorze doszło do spontanicznej inwaginacji. Modelowa blastula uległa gastrulacji! (Na rysunku poniżej widać zrzuty ekranowe (a do f) przedstawiające kolejne etapy eksperymentu).



Gastrulacja blastuli w modelu Oстера

Później było jeszcze ciekawiej — kiedy badacze zdecydowali się obniżyć „próg pobudzenia” filamentów i ponownie uruchomili całą procedurę, rezultat okazał się jeszcze bardziej złożony i w efekcie udało im się uzyskać niemal idealną „cewę nerwową”.



Powstawanie cewy nerwowej w modelu Oстера

Skoro już rozmawiamy o takich modelach, warto zdać sobie sprawę, czym one naprawdę mają być. Otóż intencją badaczy nie jest dokładne odwzorowanie neurulacji. Ponieważ już nawet pozostałe uproszczenia, jak i fakt, że model jest odwzorowaniem tylko w dwóch wymiarach, nasza komórkowa kula, która uległa neurulacji (ryc. a) w tym wypadku nie jest dwuwarstwową gastrulą — punkt wyjścia był przecież identyczny jak we wcześniejszej symulacji, kiedy to modelowaliśmy gastrulację. To zresztą nie ma wielkiego znaczenia. Żaden model nie musi być dokładny w najdrobniejszych szczegółach, ważniejsze, żeby za jego pomocą można było efektywnie imitować zachowania komórek tworzących prawdziwe embriony. To, iż nawet przy takim uproszczeniu spontaniczna reakcja na zastosowane bodźce prowadzi do pożądanych rezultatów, jest bardzo poważnym argumentem na rzecz tezy, iż realna ewolucja rozmaitych procedur we wczesnym rozwoju zarodkowym też może opierać się na nazbyt złożonych reakcjach. Zresztą prosty model też może być dobrą symulacją nawet złożonego zjawiska — po tym właśnie rozpoznajemy dobre naukowe modele.

Poświęciłem tu tyle miejsca modelowi Oстера właśnie po to, by zilustrować pewne ogólne zasady rządzące interakcją pojedynczych komórek oraz fakt, że taka forma czysto lokalnych oddziaływań wystarcza, by zaczął powstawać złożony organizm. Nie jest do tego niezbędny żaden ogólny plan Quasi-origamiczne składanie i osterowska inwaginacja ani kontrakcja to tylko najprostsze tricki, jakimi posługuje się natura przy tworzeniu zarodków. Inne, bardziej skomplikowane, pojawiają się w późniejszych etapach rozwoju zarodkowego. Udało się na przykład zaprojektować bardzo pomysłowe eksperymenty, dzięki którym dowiedzieliśmy się, w jaki sposób komórki nerwowe wyrastające z rdzenia kręgowego czy mózgu „wiedzą”, jak trafić tam, dokąd powinny. Znów, jak się okazało, neurony nie kierują się żadnym ogólnym

planem, lecz jedynie mechanizmem chemicznego przyciągania (coś jak pies, który, kierując się węchem, zawsze znajdzie drogę do suczki z cieczką). Autorem jednego z takich klasycznych eksperymentów jest późniejszy laureat Nagrody Nobla embriolog Roger Sperry. Sperry wraz ze współpracownikiem wycięli kijance po małym fragmencie skóry ze strony grzbietowej i brzusznej, a następnie starannie wszczepili je z powrotem, tyle że zamieniając miejscami. Kiedy kijanka dorosła i stała się żabą, można było zobaczyć rezultaty eksperymentu, a te, jak to często w embriologii, były bardzo interesujące. Otóż na jasnym brzuchu żaby tkwiła łatwo widoczna ciemna, nakrapiana plama wielkości znaczka pocztowego, a z kolei na jej ciemno nakrapianym grzbiecie w oczy rzuciła się identycznej niemal wielkości jasna plamka. To proste. Historia już jednak dalece prosta nie była. Otóż jeśli normalną żabę połaskoczemy, na przykład piórkami, żaba natychmiast drapie się w to miejsce łapką, tak jakby chciała pozbyć się łaskoczącej ją natrętnej muchy. Kiedy Sperry zaczął łaskotać swoją eksperymentalną żabę po grzbiecie, dokładnie po tej białej plamce, ona też zaczęła się drapać, tyle że... po brzuchu, a kiedy połaskotał ciemną plamkę na brzuchu, reakcją, jak już się możemy domyślić, było drapanie się po grzbiecie.

Jak Roger Sperry wyjaśniał te wyniki? Otóż zgodnie z jego Interpretacją akson (czyli długie wypustki komórek nerwowych), kiedy już zaczyna wyrastać z rdzenia kręgowego, kieruje się swoistym chemicznym węchem (pamiętamy psa podążającego za suką?), żeby dotrzeć tam, gdzie powinien. Niektóre kierują się w stronę grzbietu, inne w stronę części brzusznej. W normalnych warunkach prowadzi to do właściwych rezultatów i u dorosłego osobnika połaskotanie w brzuch wywołuje uczucie łaskotania w brzuch, a dotknięcie grzbietu — dotknięcia grzbietu. Tymczasem w wyniku eksperymentu Sherry'ego niektóre zakończenia neuronów, najwyraźniej zmyłone „zapachem”, trafiły nie tam, gdzie trzeba, i zamiast dotrzeć do grzbietu, dotarły do fragmentu, który przeszczepiony został na brzuch. Inne pobłądziły w przeciwnym kierunku. Dla wyznawcy teorii tabula rasa (zgodnie i którą wszystkie organizmy po narodzeniu są jak czysta tablica którą zapisuje dopiero doświadczenie) taki wynik eksperymentu powinien być raczej zaskakujący. Zwolennik tego poglądu oczekiwałby raczej, że żaba dopiero uczy się, jak odbierać sygnały dochodzące ze skóry, i tego, skąd one docierają. Tymczasem okazuje się, że jest zupełnie inaczej i już na poziomie rdzenia kręgowego każdy neuron jest zaetykietowany, jako, powiedzmy, brzuszna (albo grzbietowa) komórka nerwowa, a etykieta ta powstaje, nim jeszcze akson dotrze do przypinanego mu miejsca. Co więcej, akson „dąży” do przypisanego mu miejsca również i wtedy, jak widać, gdy wskutek interwencji eksperymentatora, ten „właściwy” organ ląduje w zupełnie innej części organizmu. I dlatego właśnie, gdyby jakaś mucha postanowiła przejść się po grzbiecie żaby Sherry'ego, ta pewnie doświadczyłaby dziwnego wrażenia, że coś łązi jej po plecach, nagle — momentalnie — przenosi się na brzuch, a potem, znów w okamgnieniu, z powrotem ląduje na grzbiecie.

Ten i podobne eksperymenty doprowadziły Sherry'ego do sformułowania hipotezy „powinowactwa chemicznego”. Według tej koncepcji system nerwowy

tworzy się nie zgodnie z jakimś odgórnym, ogólnym schematem, ale dlatego, że każdy pojedynczy akson „poszukuje” tego organu lub tego konkretnego miejsca w organizmie, z którym łączy go szczególne powinowactwo chemiczne. Znowu zatem o wszystkim decydują niewielkie elementy działające zgodnie z lokalnymi regułami, wszystkie komórki zaś niemal obrośnięte są czymś im kształt etykietek, chemicznymi wywieszkami, które umożliwiają im odszukanie właściwych partnerów.

W tym momencie może warto na chwilę wrócić do naszego origami. Otóż jak pamiętamy, sztuka ta polega na właściwym zaginaniu papieru i nie wolno używać kleju. Można sobie jednak wyobrazić taki jej wariant, w którym klejenie jest dopuszczalne w embrionalnym origami, kiedy to organizmy zwierząt składają się w całość, istotnie wykorzystywane jest coś na kształt kleju, a może raczej nawet klejów, bo jest ich całe mnóstwo, w tym momencie też wchodzi do gry nasze chemiczne etykiety. Wszystkie komórki mają na swojej powierzchni cały zestaw różnych „cząsteczek adhezyjnych” i takimi właśnie miejscami przylegają do innych komórek. Mechanizm komórkowego klejenia odgrywa bardzo ważną rolę w rozwoju zarodkowym wszystkich organów i części ciała, trzeba jednak pamiętać, iż kleje, o których tu mowa, są zdecydowanie odmienne od substancji, z jakimi my miewamy do czynienia. Dla nas klej to po prostu klej — niektóre, co prawda, kleją silniej, inne szybciej, są takie, które lepiej nadają się do drewna, inne do metalu czy plastiku, ale na tym w zasadzie różnice się kończą. Natomiast cząsteczki, którymi w tym celu posługują się komórki, są nieskończenie bardziej pomysłowe (bardziej grymaśne, ktoś mógłby też powiedzieć). W przeciwieństwie do sztucznych klejów, które (w pewnym przybliżeniu, rzecz jasna) przylegają do wszystkich powierzchni, białka adhezyjne, wiążą się tylko z dokładnie odpowiadającymi im molekułami, tyle że znajdującymi się na powierzchni innych komórek, przykładem takich cząsteczek są kadheryny, grupa (formalnie nazywa się to „nadrodzina”) białek adhezyjnych; tylko u kręgowców zidentyfikowano już ich kilkadziesiąt typów i z nielicznymi wyjątkami każda z kadheryn może wiązać się wyłącznie z cząsteczkami ściśle określonego typu.

Może zatem klej nie jest w tym wypadku najlepszą analogią i lepiej pomyśleć o popularnej w krajach anglosaskich dziecięcej zabawie, kiedy ldzieciakom mówi się, jakim każde z nich jest zwierzęciem, a pozostałym uczestnikom zabawy dziecko może o tym komunikować wyłącznie poprzez charakterystyczne odgłosy, jakie z siebie wydaje. Zadanie polega na tym, by każde dziecko znalazło drugiego przedstawiciela swojego „gatunku”. I teraz, pomyśl o zatłoczonym pokoju i tej istnej kakofonii dźwięków i dzieciakach krążących tam i z powrotem, by odnaleźć tego właściwego (lub tą właściwą). Na podobnej zasadzie działają kadheryny. Cóż, ja też nie jestem chemikiem i jedynie z pewną trudnością mogę wyobrazić sobie, jak dokładnie działa chemiczne powinowactwo i jak chemiczne zachęty — bo tym właśnie są odpowiednio porozmieszczane kadheryny — mogą przekładać się na reguły samokonstruowania kierujące zarodkowym origami. Niemniej jednak nawet bez tej szczegółowej wiedzy można dostrzec, że takie mechanizmy nie wymagają istnienia żadnego ogólnego planu i do wyłonienia się nie-bardzo złożonych struktur wystarcza zupełnie nawet dość fragmentaryczny zbiór lokalnych reguł.

ENZYMY

Skoro już wiemy, jak działa zarodkowe origami na poziomie zespołów komórek i jak to wygląda na poziomie rozwijającego się zarodka, zejdźmy na chwilę na niższe poziomy i zanurzymy się w świat pojedynczych komórek, gdzie, jak się szybko zorientujemy, odkryjemy analogiczne mechanizmy samofałdowania i samozgniatania, tyle że na znacznie mniejszą skalę, albowiem na skalę pojedynczych cząsteczek białka.

Najpierw może jednak wyjaśnię, dlaczego białka są nadzwyczaj istotne (i, choć może nie do końca poważnie, tę ich wyjątkowość postaram się jakoś uczcić). Pewnie można było zauważyć, przepadam za rozmaitymi dywagacjami w stylu „co by było, gdyby”, na przykład jak mogłoby wyglądać życie mi innych planetach. Co do dwóch rzeczy mam jednak prawie pewność, iż możemy uznać je za uniwersalną właściwość życia nawet w najdalszych galaktykach. Po pierwsze wszędzie musiało ono wyewoluować w procesie w znacznym stopniu przypominającym darwinowski dobór naturalny działający na poziomie genów. Po drugie uważam, że życie wszędzie musi bazować właśnie na białkach, ewentualnie na innych molekułach mających identyczną jak białka zdolność do zwijaniu się w najróżniejsze kształty. Cząsteczki białka są bowiem prawdziwymi arcymistrzyniami sztuki autoorigami, a w tym wypadku mówimy o procesach zachodzących w skali o wiele mniejszej niż to, co dzieje się na poziomie tkanek i zespołów komórek. Molekuły te to również fascynująca ilustracja struktur, jakie mogą powstać w efekcie działania lokalnych praw w lokalnej skali.

Białka zbudowane są z łańcuchów mniejszych cząsteczek zwanych aminokwasami i te łańcuchy, podobnie jak warstwy komórek, o których mówiliśmy wcześniej (w zupełnie innej, jak przypominam zdecydowanie mniejszej skali), również potrafią składać się zgodnie z bardzo precyzyjnie działającymi regułami. W przypadku białek naturalnie występujących w naszym świecie (być może na innych planetach jest inaczej) istnieje tylko dwadzieścia różnych aminokwasów i z różnych zestawów takich aminokwasowych „cegiełek” zbudowane są wszystkie proteiny. A jak powstaje takie auto origami? Cząsteczki białek zgodnie z prawami chemii i termodynamiki spontanicznie i na zasadzie automatycznych reakcji „fałdują się” i dzięki temu tworzą nieraz bardzo złożone trójwymiarowe konfiguracje. (Niemal użyłem w tym kontekście określenia „węzły”. Ściśle mówiąc jednak, w przeciwieństwie do śluzic (jeśli wolno mi posłużyć się tak odległym porównaniem) które naprawdę to potrafią, białka nie wiążą się w węzły). Te trójwymiarowe struktury tworzone przez łańcuchy białkowe nazywa się „strukturami trzyczłonowymi”, z terminem tym zetknęliśmy się już przy opisie wirusów i ich „samokonstruowania”. Podstawowe znaczenie ma fakt, że każda określona sekwencja aminokwasów dyktuje określony wzorzec „fałdowania”, co oznacza, że sekwencyjność aminokwasów (która z kolei determinowana jest z kolejnością liter w kodzie genetycznym) jednoznacznie wyznacza kształt struktury trzyczłonowej*, a w tym wypadku kształt ma bardzo ważne chemiczne konsekwencje.

Jak już mówiłem, o tym, jak skręcają się i układają łańcuchy białkowe, decydują prawa powinowactwa chemicznego; ściśle reguły określające, pod jakim kątem poszczególne atomy mogą tworzyć wiązania. Proszę wyobrazić sobie naszyjnik z magnesów o bardzo różnych kształtach. Taki naszyjnik nie ułoży się ładnie nawet na najzgrabniejszej szyi. Przyjmie zupełnie inny kształt, może nawet popłacze się jak jak białka przedstawione na ilustracji na str. 12-13 kolorowej wkładki, bo każdy z tworzących go magnesów inaczej będzie przylegał do licznych szczelin i krawędzi swoich najbliższych sąsiadów. Odmienne jednak niż w przypadku łańcuchów białkowych, w naszym magnetycznym naszyjniku nigdy nie będziemy w stanie przewidzieć jego ostatecznego kształtu, a splątanie będzie wynikiem tego, że każdy magnes przyciąga wszystkie pozostałe. Taka analogia pozwala jednak wyobrazić sobie przynajmniej, w jaki sposób łańcuchy aminokwasów mogą spontanicznie tworzyć złożone, skomplikowane „wielokształtne” struktury, które wcale nie muszą wyglądać jak łańcuch (albo naszyjnik). Naukowcy do dziś nie do końca rozgryźli chemiczne sposoby tworzenia się trzeciorzędowej struktury białek i nie sposób jeszcze ze stuprocentową dokładnością przewidzieć, jak zwinie się łańcuch aminokwasów o określonej strukturze, wszystko jednak wskazuje, że w zasadzie przynajmniej taka dedukcja jest możliwa. I proszę nie dziwić się użytemu w tym kontekście określeniu „w zasadzie” (można je zastąpić sformułowaniem „teoretycznie”, jeśli ktoś woli).

*To zdanie wymaga jednak pewnego komentarza. Otóż stwierdzenie, że geny determinują kolejność aminokwasów w białku, jest oczywiście prawdziwe. Natomiast związek z (jednowymiarową) sekwencją aminokwasów a (trójwymiarową) strukturą białka jest już tak absolutny, ponieważ przynajmniej w przypadku niektórych sekwencji aminokwasów możliwe jest powstanie dwóch (a czasem większej liczby) alternatywnych trójrzędowych struktur cząsteczkowych. Na przykład białka zwane prionami występują w stabilnych postaciach, przy czym możliwe są tylko te dwie formy, nie ma żadnych pośrednich. To trochę tak, jak przełącznik, który może być tylko albo włączony, albo wyłączony; nie ma trzeciego położenia. Takie „przełącznikowe” białka czasem pełnią użyteczne funkcje, czasem jednak — i tak jest w przypadku prionów — konsekwencje ich obecności są tragiczne. Na przykład zgodnie z jedną z hipotez „choroba szalonych krów” bierze się stąd, że jedno z mózgowych białek, niezbędnych choćby z tego względu, że jest jednym ze składników błony komórkowej, przybrało właśnie (w wyniku innego przebiegu chemicznego autoorigami) taką alternatywną formę. Normalnie w tej postaci w ogóle w mózgu nie występuje, ale jeśli już zdarzy się choć jedna taka, białka sąsiednie szybko zaczynają ją naśladować i dochodzi do swoistej „reakcji łańcuchowej”, zupełnie jakbyśmy ustawili w jednym rzędzie kostki domina i przewrócili jedną. W każdym razie ta alternatywna postać dość szybko, nieraz wręcz błyskawicznie rozprzestrzenia się we wszystkich komórkach mózgu, a rezultat dla krowy (dla człowieka przy chorobie Creutzfeldta-Jakoba, a dla owcy przy scrapie) jest tragiczny. W innych przypadkach dzięki temu, że niektóre cząsteczki mogą występować w różnych postaciach (mogą „składać się” na różne sposoby), odnosimy bardzo wyraźne pozytywne skutki, korzystny przykład daje rodopsyna, jedno z białek występujących w ludzkim oku, odpowiadające za naszą wrażliwość na światło. Jednym ze składników rodopsyny jest retinal (nie jest zresztą białkiem), a cząsteczka retinalu ma tę szczególną właściwość, że pod wpływem światła (a konkretnie, kiedy trafi w nią foton) „przeskakuje” z jednej stabilnej postaci do innej. Później wraca znowu do pierwotnej postaci, ale nawet ta chwilowa zmiana wystarcza, by mózg zarejestrował informację „W tym i tym punkcie wykryto ruch”. Liczne przykłady takich „dwustabilnych” molekuł podaje Jacques Monod w swojej książce „Przypadek i konieczność”.

W końcu nikt nie potrafi przewidzieć wyniku rzutu kostką, a mimo to wierzymy, że jest to zdarzenie ściśle zdeterminowane przez czynniki takie jak siła rzutu, opór powietrza i jeszcze kilku dodatkowych zmiennych. Eksperymentalnie udało się już wykazać, że identyczny łańcuch aminokwasów zawsze związa się w określony kształt albo przynajmniej w jeden z kilku alternatywnych kształtów (por. przypis na poprzedniej stronie). I wreszcie — a to szczególnie ważne dla ewolucjonisty nie mamy też wątpliwości, że sama kolejność (sekwencja) aminokwasów jest w pełni zdeterminowana, zgodnie z regułami działania kodu genetycznego, przez kolejność „liter” tego kodu (tzw. trypletów). I nawet jeśli chemicy nie potrafią zwykle przewidzieć, jaki wpływ na kształt białka będzie miała określona mutacja genetyczna, to nikt nie kwestionuje, iż zmiana nastąpi i że w zasadzie przynajmniej jej konsekwencje da się przewidzieć, jak również, że mutacja w konkretnym genie zawsze będzie miała wpływ na kształt bardzo określonego białka.

Z punktu widzenia doboru naturalnego taka wiedza jest zupełnie wystarczająca. W końcu dobór też nie musi rozumieć, dlaczego ta akurat mutacja ma takie, a nie inne konsekwencje. Wystarczy, że coś się zmieniło. I jeżeli ta zmiana ma jakiś wpływ na zdolność do przetrwania, zmutowany gen, chcąc, nie chcąc, włącza się w walkę o zdominowanie puli genetycznej. To, czy potrafimy precyzyjnie wskazać mechanizmy zależności gen-białko, nie ma w tym momencie wielkiego znaczenia. Dlaczego jednak tak wielkie znaczenie ma ogromne zróżnicowanie kształtów, jakie przyjmują białka, oraz fakt, że decydują o tym geny? Otóż przynajmniej częściowo z tego powodu, że niektóre białka odgrywają kluczową rolę w organizmie, inne zaś stanowią jego podstawowy budulec, jak, przykładowo, kolagen, główny składnik ścięgien i więzadeł. Kolejny powód to obecność innych białek (nawet większości), które w odróżnieniu od kolagenu nie tworzą włókien, ale składają się w charakterystyczne kuliste kształty, z równie subtelnymi wgłębieniami, i taki właśnie kształt pozwala im pełnić funkcję enzymów, czyli katalizatorów zachodzących w organizmie reakcji chemicznych.

Katalizatorem nazywamy każdą substancję chemiczną, która skraca (nieraz miliardkrotnie i więcej) czas zachodzenia reakcji między innymi substancjami chemicznymi, przy czym sama w tym czasie nie ulega żadnym zmianom, dzięki temu może wielokrotnie spełniać te same funkcje. Enzymy, czyli białkowe katalizatory, to swego rodzaju mistrzowie wśród katalizatorów, a to dzięki bardzo wysokiej specyficznej zasadzie działania. Można powiedzieć, że enzymy są bardzo wybredne, jeśli chodzi o wybór reakcji, których przebieg mają katalizować (albo też to żywe komórki są bardzo wybredne wielką wagę przykładają do tego, kto może katalizować zachodzące w nich reakcje). Najważniejsze, że w świecie chemii komórkowej niektóre reakcje zachodzą bardzo wolno. Tak wolno, że kiedy nie ma właściwych enzymów, nie będzie wielką przesadą stwierdzenie, że nie zachodzą wcale. Jeśli jednak enzym już się pojawi, rozpoczyna się produkcja na niemal masową skalę.

Spróbujmy wyobrazić sobie organizm jako laboratorium chemiczne, z setkami flaszeczek i pojemników z różnymi substancjami, pierwiastkami i związkami chemicznymi, roztworami i zawiesinami, porozstawianymi na licznych półkach. Chemik, który chce doprowadzić do konkretnej reakcji, wybiera dwa czy trzy odpowiednie pojemniki, z każdego z nich pobiera odpowiedniej wielkości próbkę, miesza w probówce lub innym naczyniu, pewnie jeszcze podgrzewa i doprowadza do takiej reakcji, o jaką mu chodziło. Między chemikaliami zgromadzonymi w laboratorium mogłoby oczywiście dojść do całego mnóstwa innych reakcji, ale tak się nie dzieje, bo wszystkie są starannie rozdzielone laboratoryjnym szkłem i nie ma możliwości, żeby się zetknęły. Jeśli teraz naszemu chemikowi zależy na innej reakcji chemicznej, bierze kolejną probówkę i dobiera inne składniki, które, gdyby nie on, nie miałyby szansy wydostać się z przypisanych im pojemników i sforsować rozdzielających szklanych barier.

Żywa komórka to też wielkie chemiczne laboratorium i przy okazji bardzo dobrze zaopatrzonego magazynu chemikaliów. Tyle że w komórce substancje te nie są przechowywane w oddzielnych pojemnikach, tylko równo przemieszane. Tak, jakby do laboratorium włamał się jakiś wandal, przewracał regały, zebrał, co się da i wszystko wlał do jednego wielkiego kotła. Koszmar, prawda? I pewnie byłby to istny (chemiczny) koszmar, gdyby wszystkie chemikalia we wszystkich możliwych kombinacjach zaczęły wchodzić ze sobą w reakcje. Na szczęście w komórce tak nie jest, a nawet jeśli jakieś substancje ze sobą reagują, dzieje się to tak wolno, że z praktycznego punktu widzenia reakcji tych można wcale nie uwzględniać. Poza jednym — kluczowym — wyjątkiem, a mianowicie poza sytuacją, gdy reakcja następuje w obecności odpowiedniego enzymu. Jeśli go nie ma, nie trzeba probówek ani słoików, ponieważ i tak nic się stanie. Można po prostu przyjąć, że życie, zamiast na wzór chemicznych laboratoriów starannie fizycznie rozdziela substancje, z których korzysta, wybrało inne rozwiązanie i trzyma je wszystkie zmieszane, a kiedy trzeba doprowadzić do reakcji między związkiem A i związkiem B, dostarcza po prostu enzym C, który katalizuje wyłącznie reakcję między A i B i żadnej innej. (Oczywiście ta metafora wielkiego logicznego kotła, w którym wszystko się miesza, jest nieco banalna, w rzeczywistości bowiem komórki są poprzedzielane błonami, pomiędzy którymi i wewnątrz których zachodzą pewne szczególne reakcje; w takim ujęciu błony komórkowe pełnią funkcje realizowane w ludzkich laboratoriach jak szkło probówek i pojemników).

Do czego jednak zmierzam? Otóż najważniejszym wnioskiem z tego podrozdziału jest to, że reakcje w „biologicznych laboratoriach komórkowych” zachodzą tylko w obecności „właściwego” enzymu, a jest on „właściwy”, ponieważ ma „właściwy” (fizyczny) kształt. Kształt zaś — mówimy wszak o komórkach — zależy od genów, a o ich obecności, czyli o tym, które są faworyzowane, a które nie, decyduje dobór naturalny. W chemicznej zupie wypełniającej wnętrze każdej komórki pływa tam i z powrotem mnóstwo różnych molekuł i jest tak, że cząsteczka A z wielką chęcią weszłaby w reakcję z cząsteczką B, ale do tego może dojść tylko, jeśli trafią na siebie i to jeszcze właściwą stroną. Coś takiego jednak przytrafia się

bardzo rzadko, chyba że — no właśnie — chyba że na miejscu jest właściwy enzym. Cząsteczki enzymów, jak pamiętamy, mają bardzo specyficzne kształty (nie przypadkiem posłużyłem się przykładem zwijającego się naszyjnika z magnesów) i powierzchnię pełną różnych nierówności i zagłębień, z których każde też ma specyficzny kształt. Każdy enzym ma też jedno specjalne miejsce, region ten zwany jest "miejszem aktywnym" (lub „centrum aktywnym”, zwykle to jedno z tych wgłębień lub kieszeni) i właśnie jego kształt oraz właściwości chemiczne decydują o specyfice reakcji konkretnego enzymu. Określenie „wgłębienie” to może zresztą nadmierne uproszczenie wobec wielkiej precyzji, z jaką mechanizm ten działa, i lepiej chyba posłużyć analogią (jak już pewnie zauważyliście, bardzo lubię taką linię wykładu) z gniazdkiem elektrycznym i wtyczką. Analogia o tyle trafna, że w wyniku czegoś, co mój przyjaciel i wybitny zoolog John Krebs uważa za przejaw ogólnościowego (wtyczkowego) spisku, stało się tak, że w różnych krajach arbitralnie przyjęto zupełnie inne modele wtyczek i kontaktów. (To rzeczywiście irytujące, że brytyjskie wtyczki nie pasują do gniazdek ani w Ameryce, ani w Europie). W każdym razie centrum aktywne na powierzchni białka-katalizatora można traktować właśnie jako takie gniazdko, do którego pasuje tylko określona cząsteczka-wtyczka. Tyle że o ile tego typu wtyczek na świecie istnieje tylko kilka (choć i tak dość, by każdy podróżujący przeżywał nieustanną frustrację), różnego kształtu wgłębień w miejscach aktywnych jest znacznie, znacznie więcej.

Przyjmijmy, że interesuje nas określony enzym katalizujący reakcję dwóch cząsteczek P i Q, w której powstaje związek PQ. Dalej dzieje się trochę tak jak w łamigłówce puzzlach — do jednej połowy „gniazdka” w miejscu aktywnym pasuje tylko molekula P, druga precyzyjnie dopasowana jest do Q, a samo „gniazdko” dodatkowo jest tak skonstruowane, że Q, jeśli chce się zagnieździć, musi przyjąć odpowiednie położenie względem P. Mamy zatem cząsteczki P i Q ułożone bezpośrednio koło siebie i to — dzięki enzymowemu „gniazdku” — dokładnie pod takim kątem, jak trzeba będą mogły się połączyć. Tak się dzieje i powstaje nowa molekula PQ, która teraz może już spokojnie „wypiąć się” z gniazdka pozostawiając wolne miejsce dla kolejnych P i Q. Takich enzymów-katalizatorów w komórce może być pełno i działają one jak automaty zapewniające stały wypływ PQ z komórkowej linii produkcyjnej. Zastąpmy teraz nasz enzym innym a komórkowa fabryka zamiast PQ zacznie produkować coś zupełnie innego, molekuly PR, QS albo YZ; produkt końców się różni, choć surowce były dokładnie takie same. Są liczne enzymy, które specjalizują się nie w produkcji nowych cząsteczek, a w demontażu starych — niektóre, służące do trawienia żywności, wykorzystywane są też w „enzymatycznych” proszkach do prania. Ponieważ jednak ten rozdział poświęcony jest rozwojowi zarodkowemu, dalej zajmujemy się tylko enzymami „konstrukcyjnymi”, dzięki którym dochodzi z embriona do syntezy nowych związków chemicznych.

No, dobrze — ktoś może stwierdzić w tym momencie — łatwo tak sobie gawędzić o łamigłówkach i puzzlach, wgłębieniach, kieszeniach i „aktywnych centrach” precyzyjnie dostrojonych do tego, by bilionkrotnie przyspieszać przebieg

konkretnych reakcji chemicznych. Coś tu jednak brzmi zbyt ładnie, żeby było prawdziwe. Jak to się bowiem dzieje, że cząsteczka enzymu przybiera dokładnie taki kształt, jak powinna? Jakie jest prawdopodobieństwo, inaczej mówiąc, że kształtowane w toku losowych procesów „gniazdko” na powierzchni enzymu może być tak idealnie dostrojone kształtem i właściwościami chemicznymi do tego, by zetknąć ze sobą molekuły P i Q i to jeszcze pod właściwym kątem? Cóż jeśli ktoś myśli o już ułożonych puzzlach (albo o „ogólnoświatowym spisku” mojego przyjaciela), rzeczywiście niewielkie. Spróbujmy jednak pomyśleć inaczej, a mianowicie wyobrazić sobie łagodnie wznoszącą się krzywą, taki „powolny gradient udoskonaleń”. Często zresztą dzieje się tak, że zastanawiając się nad tym, jak w toku ewolucji mógł powstać jakiś nieprawdopodobnie skomplikowany i złożony narząd czy organizm, wpadamy w analogiczną pułapkę i wyobrażamy sobie, że ta doskonałość, którą tak podziwiamy dzisiaj, musiała cechować go zawsze. W naszym przykładzie jest podobnie — w pełni ewolucyjnie ukształtowany enzym może nawet i miliardkrotnie przyspieszyć reakcję, której przebieg nadzoruje, a jest tak wydajny, bowiem do swego zadania idealnie wręcz dostrojony. Tyle że coś nie musi działać biliard razy lepiej, by dobór naturalny to dostrzegł i zaczął faworyzować. Milion razy szybciej zupełnie wystarczy! Zresztą tysiąc a nawet dziesięć razy szybciej albo i dwa razy szybciej to dość, by dobór zaczął działać. Mamy zatem łagodnie wznoszącą się krzywą sprawności działania enzymu i tak właśnie przebiega droga od cząsteczek w ogóle pozbawionych wgłębień na powierzchni, po molekuły jakoś już „pozagniatane”, aż po enzymy z super precyzyjnie dostrojonym gniazdem aktywnym. „Gradient”, o którym mówimy, oznacza, że na każdym kolejnym etapie zachodzi jakaś, choćby minimalna, zmiana na lepsze, a taka zmiana —jakkolwiek dostrzegalna dla doboru naturalnego — może być tak mała, że nie mamy szansy jej zauważyć.

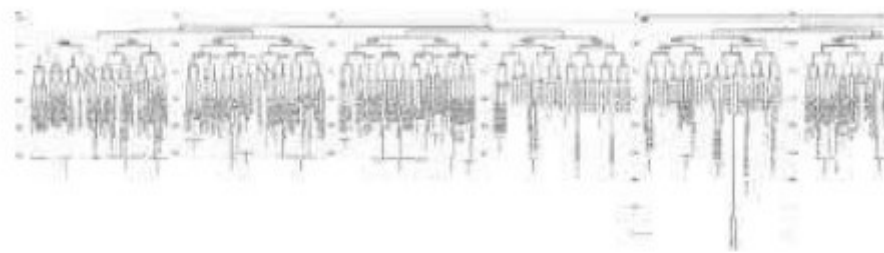
I tak to działa. Przyznacie, że to dość eleganckie rozwiązanie. W każdym razie nikogo już chyba nie dziwi, że mówię czasem o komórce jako o uniwersalnej fabryce chemicznej, dysponującej „mocami przerobowymi” wystarczającymi do wytwarzania bardzo różnych substancji w bardzo dużych ilościach. O wyborze „asortymentu” decyduje obecność enzymów. Jak jednak dochodzi do samego wyboru? I o co chodzi z tym włączaniem genów? To dość proste — tak jak we wnętrzu każdej komórki, niczym w kadzi, znajduje się mnóstwu różnych chemikaliów, z których jednak tylko drobna część uczestniczy w zachodzących w komórce reakcjach, tak w jądrze każdej komórki znajduje się cały genom, ale tylko niektóre geny są aktywne. Kiedy odpowiedni gen zostanie włączony w komórce — na przykład trzustki — kod genetyczny determinuje kolejność aminokwasów w powstającym białku, a kolejność aminokwasów jednoznacznie przekłada się na jego kształt, ten zaś (przypominam analogię z magnetycznym naszyjnikiem) decyduje, jakie cząsteczki enzym działający w tym organie może ze sobą skutecznie swatać. Każda komórka ciała (z kilkoma wyjątkami, na przykład czerwonych krwinek, bo to komórki pozbawione jądra), zawiera pełen zestaw genów, teoretycznie przynajmniej umożliwiający produkcję dowolnych białek-enzymów. Ale w każdej komórce aktywacji (w określonym momencie) ulega tylko kilka genów. Na przykład w komórkach tarczycy czynne są geny odpowiadające za produkcję enzymów

katalizujących wytwarzanie hormonów wydzielanych przez ten gruczoł. Podobnie dzieje się w komórkach tworzących inne organy i części ciała. Trzeba bowiem pamiętać, że reakcje chemiczne zachodzące w komórce determinują też jej kształt i zachowanie, a zatem to, jak wyglądają jej interakcje z innymi komórkami. W ten właśnie sposób w ostatecznej instancji cały rozwój zarodkowy, stanowiący bardzo złożoną sekwencję zdarzeń i procesów, kontrolowany jest przez geny, to one bowiem determinują sekwencje aminokwasów, które decydują o trzeciorzędowej strukturze białek, ona zaś decyduje o ukształtowaniu i funkcjach centrum aktywnego enzymów, a więc o całej chemii komórki. Rezultatem tej chemii działającej na poziomie pojedynczych komórek jest całe „zarodkowe origami”, czyli finalny rozwój embriona. W ten właśnie sposób różnice w genach, jako pierwszy element złożonego łańcucha zdarzeń, są najpierw różnicami na etapie rozwoju zarodkowego, ostatecznie decydują o odmienności form i zachowań dorosłych osób. Z kolei przetrwanie i sukces reprodukcyjny osobników — nosicieli konkretnych genów — zwrotnie wpływa na przetrwanie w puli genetycznej (lub wyparcie z niej) genów odpowiedzialnych za konkretne różnice. To właśnie dobór naturalny

Rozwój zarodkowy sprawia wrażenie bardzo skomplikowanego — i istotnie jest procesem bardzo złożonym — ale kierująca nim zasada pozostaje prosta: przez cały czas mamy do czynienia z lokalnymi regułami i lokalnymi sposobami „samokonstruowania”. W tym momencie pojawia się jednak ważne pytanie — jak już wiemy, w każdej (prawie każdej, jeśli mamy być dokładni) komórce obecne są wszystkie geny tworzące genom danego organizmu. Jak to się dzieje, że w kolejnych etapach rozwoju w różnych momentach włączają się różne geny? Tej kwestii poświęcony jest następny podrozdział.

UCZMY SIĘ OD ROBAKÓW

Czy określony gen w określonej komórce zostanie włączony w określonym momencie, zależy często od działania całej gromady innych genów, kontrolujących i włączających ich działalność. Kolejnym ważnym determinantem jest środowisko chemiczne komórki — komórki tarczycy zdecydowanie różnią się od komórek mięśniowych, mimo że występują w nich identyczne geny. No, dobrze, może ktoś spytać, ale czemu różnice pojawiają się na określonym etapie rozwoju zarodkowego, kiedy tarczycy i mięśnie już istnieją. Tymczasem każdy zarodek zaczyna jako pojedyncza komórka — komórki mięśniowe i komórki tarczycy, tak samo jak komórki wątroby, trzustki, skóry i kości, wszystkie są potomkami jednej zapłodnionej komórki jajowej i wszystkie umieścić można na jednym (bardzo rozgałęzionym) drzewie rodowym. (Proszę tylko pamiętać, że takie komórkowe drzewo rodowe wyrosło w momencie zapłodnienia i nie ma nic wspólnego z sięgającymi miliony lat w przeszłość ewolucyjnymi drzewami rodowymi, o których mówię w innych rozdziałach). Najlepiej chyba w tym momencie będzie posłużyć się konkretnym przykładem, za ilustrację niech posłuży nam kompletne drzewo rodowe wszystkich 558 komórek świeżo wyklutej larwy nicienia *Caenorhabditis elegans*. Najpierw jednak bardzo proszę się uważnie przyjrzeć zamieszczonej poniżej ilustracji



Komórkowe drzewo rodowe *Caenorhabditis elegans* (nicienia)

Nie mam pojęcia, co ten niepozorny robaczek zrobił, by zyskać tak dumną nazwę gatunkową (*elegans*), z perspektywy czasu przyznać jednak trzeba, iż ów honor bez wątpienia mu się należy. I mimo że wiem, iż zapewne nie wszyscy czytelnicy podzielają moją sympatię do dygresji, to badania nad *C. elegans* stanowią tak wspaniały przykład triumfu nauki że nie mogę ich tu nie omówić, choć oczywiście w znacznym skrócie.

Caenorhabditis elegans zawdzięcza swą naukową karierę głównie genialnemu południowoafrykańskiemu biologowi Sydneyowi Brennerowi, który jeszcze w latach 60. XX wieku uznał, że ten akurat nicienia najlepiej nada się na zwierzę eksperymentalne. Brenner dopiero co skończył pracę w Cambridge (gdzie współpracował między innymi z Francisem Crickiem przy odszyfrowywaniu kodu genetycznego) i szukał dla siebie kolejnego wielkiego wyzwania w biologii. Wybór, jakiego dokonał, jak również pionierskie badania nad genetyką i neuroanatomią *C. elegans*, okazały się bardzo brzemienne w skutki, wkrótce bowiem w jego ślady poszły tysiące innych badaczy i nie będzie wielką przesadą, jeśli powiem, że dziś o *Caenorhabditis elegans* wiemy dosłownie wszystko. Dokładnie znamy cały jego genom, podobnie jak wszystkie 558 komórek (w postaci larwalnej; u dorosłego hermafrodytycznego osobnika 959, nie licząc komórek reprodukcyjnych), z których zbudowane jest jego ciało, a także pełną historię rodową — potrafimy precyzyjnie odtworzyć cały rozwój zarodkowy. To nie koniec. Udało się też poznać dużą liczbę zmutowanych genów, których obecność prowadzi do powstania nienormalnych osobników, wiemy, gdzie są mutacje działające, i potrafimy odtworzyć ich historię na poziomie komórkowym. Można powiedzieć, że znamy to zwierzątko na wylot, wzdłuż i wszerz i od kołyski aż po grób (łącznie z wszystkimi etapami pośrednimi). Sam Brenner za swoje badania (nieco za późno, jak to zwykle bywa, bo dopiero w roku 2002) uhonorowany został Nagrodą Nobla w dziedzinie fizjologii i medycyny, a jeden z gatunków nicienia — *Caenorhabditis brenneri* — nazwany został na jego cześć. Przez lata Brenner miał też — jako „wujek Syd” — stałą rubrykę w „Current Biology”, a jego felietony to prawdziwy i niedościgniony wzór inteligentnego i prześmiewczego pisarstwa o nauce. To pisarstwo równie eleganckie, jak elegancka były i są badania nad *C. elegans*, które Brenner zainspirował (już zupełnie na marginesie — dobrze byłoby, gdyby biolodzy molekularni słuchali czasem zoologów (choćby samego Brennera) i przestali mówić o *C. elegans* „nicienia” albo „robak”, zupełnie jakby nie było innych nicieni).

Wróćmy jednak do naszego diagramu. Oczywiście nie da się odczytać zamieszczonych na nim nazw komórek (żeby podpisy były czytelne, reprodukcja musiałaby zająć siedem stron), ale podpisy mówią: „gardło”, „mięsień jelita”, „mięsień zwieracza”, „zwój nerwowy pierścienia”, „zwój lędźwiowy” i tak dalej. Wszystkie komórki są — dosłownie — kuzynami i można szczegółowo prześledzić ich pokrewieństwo oraz przodków w toku całego życia nicienia. Na przykład komórka mięśnia określana jako MSpappppa jest siostrą (bratem?) innej komórki mięśniowej, kuzynką w I stopniu dwóch kolejnych, z następnymi dwiema komórkami mięśniowymi łączy ją pokrewieństwo II stopnia, o stopień dalej z sześcioma komórkami gardła, jeszcze dalsze z kolejnymi siedemnastoma tego samego narządu... i tak dalej, i tak dalej. Czy nie jest to zadziwiające, że możemy z absolutną precyzją posługiwać się określeniami typu „kuzyn II (albo 1111 stopnia” przy identyfikowaniu komórek tworzących ciało zwierzęcia? Może jednak nie aż tak bardzo, skoro liczba „pokoleń” dzielących te tkanki od zapłodnionego jaja jest w rzeczywistości nieduża. Przecież larwa tego nicienia składa się tylko z 558 komórek, a teoretycznie rzecz biorąc, dziesięć kolejnych podziałów komórkowych wystarczy, by mieć do dyspozycji 1024 (2 do potęgi 10) komórek. W przypadku człowieka takich komórkowych generacji jest oczywiście wielokrotnie więcej, niemniej jednak przynajmniej hipotetycznie takie drzewo rodowe można by sporządzić również dla każdej z miliona (w przybliżeniu) komórek naszego ciała, śledząc jej przodków aż po zapłodnione jajo. Może tylko nie byłoby ono aż tak dokładne, u ssaków bowiem nie da się tak precyzyjnie zidentyfikować poszczególnych komórek, i raczej należałoby mówić o statystycznie odróżnialnych populacjach, różniących się w szczegółach, jeśli porównamy ze sobą dwie osoby.

Mam nadzieję, że moja — pełna entuzjazmu wobec elegancji badań nad *Caenorhabditis elegans* — dygresja nie oddaliła nas zbyt daleko od głównego wątku tego rozdziału, ale na wszelki wypadek przypomnę, iż problem, nad którym w tym momencie się zastanawiamy, to pytanie, w jaki sposób i na jakiej zasadzie kształt i funkcje komórek ulegają zmianie w miarę wzrostu dystansu na komórkowym drzewie rodowym. Mamy zatem na naszym drzewie punkt, w którym rozchodzą się drogi komórki, która ostatecznie zostanie komórką gardła, i jej kuzynki, klona, która stanie się elementem zwoju nerwowego. Coś w tym wspólnym punkcie obu gałęzi musi zajść, inaczej skąd komórki by „wiedziały”, żeby włączyć inne geny. Co? Odpowiedzi należy szukać u ostatniego wspólnego przodka obu komórek. Jeszcze przed podziałem jego połówki nie były identyczne, przy czym różnica nie polegała na wyposażeniu genetycznym (komórka-córka odziedziczy po matce komplet genów), ale na środowisku chemicznym, w odmiennym środowisku chemicznym zaś, jak pamiętamy, ekspresji ulegają inne geny. A inne geny, to inna droga, jaką podążają komórki potomne w kolejnych generacjach. Ta sama reguła obowiązuje w toku całego rozwoju zarodkowego, od samego początku: u wszystkich zwierząt kluczem do zróżnicowanego rozwoju jest asymetria podziałów komórkowych*.

Sir John Sulston** (nie sam oczywiście) prześledził „genealogię” wszystkich komórek ciała nicienia wstecz, aż do sześciu — dokładnie tyle ich jest — komórek

założycieli (można by je nazwać komórkowymi matronami); te komórki badacze nazwali AB, MS, E, D, C i P4. Ciekawą notacją naukowcy zastosowali przy kolejnych generacjach, każda bowiem nazwa komórki zawiera jej historię rodową. I tak początek nazwy stanowi nazwa jednej z tych sześciu komórek, a dalej następuje ciąg liter określających kierunek podziałów, w wyniku których powstała kolejna komórka: a (od anterini, czyli przedni), p (od posterior — tylni), d (od dorsal — grzbietowy), v (od ventral — brzuszny), l (od left — lewy) i r (od right — prawy). Na przykład Ca i Cp to córki C, odpowiednie przednia i tylnia. (Przypominam, że każda komórka ma tylko dwie córki, z których jedna może nie przeżyć). W każdym razie, jeśli weźmiemy jakąś konkretną komórkę, na przykład komórkę mięśniową Cappppv, to sama nazwa informuje z pełną precyzją o rodowodzie przedmiotu naszych zainteresowań — C miała „przednią” córkę, ta tylnią, ta znów tylnią (i tak w czterech pokoleniach), a w szóstym pokoleniu nastąpił podział grzbietowo-brzuszny i nasza komórka jest brzuszna. Każda komórka ciała *C. elegans* jest opisana za pomocą analogicznego ciągu liter, łączącego ją z którąś z sześciu komórek-matron (na przykład ABprpappap to jedna z komórek zwoju brzusznego, elementu układu nerwowego), ale oczywiście nie chodzi o to, byśmy wszystkie te nazwy znali najważniejsze, że w ten sposób możemy nazwać dokładnie wszystkie komórki ciała, a z samej nazwy odczytujemy pełną linię rozwojową. Każdy z jedenastu podziałów, który doradził do powstania ABprpappap — i wszystkie podziały po których powstały pozostałe komórki — był podziałem asymetrycznym, w tym znaczeniu, że u każdej z dwóch komórek-córek włączane były (albo przynajmniej potencjalnie mogły być) różne geny. Ta zasada działa u wszystkich zwierząt dzięki temu w rozwoju zarodkowym powstają różne komórki, mimo że wszystkie komórki

* Komórka, z której rozwija się *C. elegans* (zwana Z), nie jest idealnie symetryczna, jej przód i tył się różnią. Ta różnica właśnie staje się podstawą przyszłej osi ciała, wyznaczając przód i tył niciania. Kiedy dochodzi do pierwszego podziału komórkowego, „przed-komórka-córka (AB) zawiera więcej substancji „przednich”, niż „tylna” komórka (P1). W kolejnych podziałach te różnice rosną. Z AB powstaje ostatecznie ponad 1000 komórek ciała, w tym między innymi większość układu nerwowego (o niej i jej lenistwie nie będziemy już mówić). P1 ma dwójkę znacznie różniących się potomków — KMK (od której wywodzą się komórki tworzące dolną, brzuszną stronę ciała) i P2 (strona grzbietowa). P2 i EMS to wnuczki Z (proszę pamiętać, że używając określeń „córki” czy „matki” mówię nie o kolejnych generacjach naszego niciania, a o komórkach, z których zbuduje się jego ciało). EMS ma dwójkę dzieci — E i MS, dzieci P2 natomiast nazwane zostały C i P3. Ta czwórka to prawnuczki Z (pozostałe prawnuczki pochodzą od AB; dwie z nich — Abal i ABpl — definiują kształt lewej części ciała *C. elegans*, ich kuzynki zaś Allm i ABpr części prawej; o potomstwie AB to na razie wszystko). Dzieci P3 to D i P4, prapraprawnuczki Z, jak łatwo policzyć. Oczywiście MS i C też mają dzieci, my jednak pozostawmy przy P4, która jest przodkiem tzw. linii zarodkowej, tworzonej przez komórki reprodukcyjne, a nie te, które budują ciało niciania. Oczywiście nie musicie zapamiętywać tych wszystkich nazw. Piszę o nich głównie po to, by pokazać, iż mimo genetycznej identyczności, komórki te różnią się chemicznie i te różnice kumulują się podczas kolejnych podziałów do jakich dochodzi w rozwoju zarodkowym.

** Sulston pozostał w Cambridge po wyjeździe Brennera do USA, ale Nagrodę Nobla za badania nad *C. elegans* odebrała cała trójka (trzeci był H. Robert Horvitz). Sir John szefował też brytyjskiej części Projektu Badań nad Ludzkim Genomem (Humane Genome Project), w czasach gdy częścią amerykańską kierował James D. Watson, a po nim Frunęli Collins.

z których składa się zwierzę, zawierają identyczne geny. Oczywiście większość zwierząt składa się z więcej niż z 959 komórek (z tyłu zbudowany jest dorosły nicień) i ich rozwój zarodkowy przebiega według nieco mniej rygorystycznych zasad. Sir John Sulston zwrócił mi na przykład uwagę (wspomniałem już zresztą o tym), że u ssaków drzewa rodowe komórek różnią się u poszczególnych osobników, co w przypadku *C. elegans* praktycznie się nie zdarza (pominąwszy mutantów). Mechanizm jest jednak identyczny — u wszystkich zwierząt narządy i części ciała zbudowane są z różniących się od siebie, mimo identycznych genetycznie, komórek, a przyczyną tego zróżnicowania jest asymetria podziałów komórkowych w fazie rozwoju zarodkowego.

Pora przejść do podsumowania. Wiemy już zatem, że niema żadnego ogólnego planu rozwoju i budowy organizmu nie ma też żadnego architekta-projektanta. Rozwojem zarodku (a co za tym idzie również dorosłego osobnika) rządzą lokalne reguły regulujące interakcje komórek, natomiast rozwojem komórkowym sterują lokalne reguły działające na poziomie cząsteczek i związków chemicznych, zwłaszcza białek i decydujące o tym, co dzieje się w przestrzeni ograniczonych błoną komórkową. Podkreślam — w obu tych sferach mówimy o regułach lokalnych, a to oznacza, że nikt, dysponując nawet stuprocentowo pełną wiedzą o sekwencji DNA (kolejnych liter) w zapłodnionym jajeczku, nie jest w stanie dokładnie przewidzieć kształtu zwierzęcia, które z niego wyrośnie. Jedyna metoda, by taką wiedzę zdobyć, to pozwolić zarodkowi się rozwijać, w zupełnie naturalny sposób, i patrzeć co się dzieje. Żaden komputer nie poradzi sobie z takim zadaniem, chyba że zaopatrzymy go w program umożliwiający idealną symulację procesów biologicznych, a w takim przypadku znacznie prościej odpuścić sobie całą zabawę i wykorzystać rozwijający się zarodek jako nieporównywalnie lepszy symulator i sprawniejszy komputer. Taka forma budowy wielkich i złożonych struktur — w oparciu wyłącznie o lokalne reguły — bardzo głęboko różni się od planowej instrukcji. Gdyby DNA był schematem, ciągiem liniowo linearyzowanych instrukcji, napisanie programu, który mógłby czytać genom, a później narysować gotowe zwierzę, byłoby zadaniem dość łatwym. Tak jednak nie jest — stworzenie takiego programu to zadanie bardzo trudne, a raczej, prawdę mówiąc, niewykonalne: każde zwierzę musi wprawdzie wyewoluować.

I jeszcze jedna uwaga na zakończenie, bo przecież nie może być tak, by rozdział o embriologii stanowił tylko odrębną dygresję w książce o ewolucji. Wróćmy do problemu, z którym nie mogła sobie poradzić słuchaczka wykładu Haldane'a. Pytanie bowiem nadal pozostaje — jeśli geny kontrolują raczej rozwój zarodkowy, a nie postać dorosłego osobnika, a dobór naturalny (tak sam zresztą jak Bóg) nie zajmuje się „robieniem” małych skrzydełek, to bowiem zadanie embriona, to jak dobór kształtuje wygląd zwierzęcych ciał i ich zachowanie? Jak dobór działa na zarodki, jak sprawia, by rozwijały się tak, że w efekcie powstają ciała dające szansę na większy ewolucyjny sukces, wyposażone w skrzydła, płetwy, twarde skorupy, żądła, nutki czy cokolwiek, co jest potrzebne do przetrwania?

Otóż dobór naturalny, to w największym skrócie przetrwanie w puli genetycznej gatunku raczej tych genów, które ich posiadaczom zagwarantowały większy sukces. Tyle że dobór nie wybiera samych genów, a działa na poziomie ich „lepszego możliwego przybliżenia”, czyli indywidualnych organizmów, i to właśnie jednostki są wybierane (podlegają doborowi) — przy czym jest to wybór czysto automatyczny, nie stoi za nim żadna świadoma intencja — pod kątem tego, geny potrafią przetrwać i reprodukować kopie określonego genu. Przetrwanie genu jest bowiem nieodwołalnie związane przetrwaniem organizmu, który gen ów współtworzy i buduje, ponieważ geny podróżują tylko wewnątrz organizmów i z nimi umierają. Każdy gen istnieje w licznych kopiach i w wielu organizmach, tak żyjących równocześnie (w populacji tworzonej przez współczesne mu organizmy), jak i w kolejnych generacjach. Zarazem, przynajmniej statystycznie przyjmując, geny w jakiś sposób przyczyniające się do skutecznego przetrwania organizmów, które budują, mają szansę występować z znaczącą częstością w puli genetycznej gatunku. A co za tym idzie (znów, przypominam, mówimy o statystyce), geny obecne w puli genetycznej to te geny, które z jakichś powodów lepiej sprawdziły się w budowie organizmów swoich nosicieli. I dlatego właśnie musiałem przynajmniej trochę opowiedzieć o tym jak ta budowa się odbywa.

Bohaterka przytoczonej na początku rozdziału anegdoty, wysłuchawszy wykładu Haldane'a, nie mogła uwierzyć, że dobór naturalny, choćby i dysponując miliardami lat, mógłby stworzyć przepis na człowieka. Ja uważam jednak za więcej niż prawdopodobne, że właśnie coś takiego się zdarzyło, choć oczywiście nie potrafię (i nikt nie potrafi) wyjaśnić z wszelkimi szczegółami, jak to się stało. Uważam to za prawdopodobne właśnie dlatego, że całym procesem rządzą ściśle lokalne reguły. W dowolnym działaniu doboru naturalnego mutacja, którą preferował, miała w istocie bardzo nieskomplikowane efekty — za każdym razem chodziło głównie o to, w jaki kształt spontanicznie zwinie się konkretne białko. To z kolei decydowało, jakie reakcje w komórce będą katalizowali i które geny zostaną włączone. Teraz przechodzimy na wyższy poziom i w tym momencie dopiero zaczynamy mówić na przykład o tym, w jakim tempie będzie się rozwijał załazek struktury, która potem stanie się choćby szczęką, co już ma wpływ na kształt całej twarzoczaszki — na przykład bardziej płaski pysk to bardziej „ludzki” i mniej „małpi” profil. I trzeba wreszcie pamiętać, że naciski selekcyjne promujące (lub przeciwnie) jakiś gen mogą przybrać dowolnie złożoną formę. Do gry włącza się dobór płciowy, czyli po części estetyczne kryteria wyboru potencjalnego partnera. Kształt szczęki z kolei ma pośrednio wpływ na bardzo wiele rzeczy w tym zdolność zwierzęcia do jedzenia orzechów albo kłosa wrogów. Tak więc za każdym razem musimy uwzględnić bardzo złożoną kombinację czynników i nacisków selekcyjnych, dopiero bowiem taki koktajl przeciwnie i zgodnie działających mechanizmów decyduje o statystycznym sukcesie określonego genu, czyli o tym, na ile skutecznie zdominuje on pulę genetyczną. Oczywiście gen nic o tym wszystkim „nie wie” —jedyne, co robi „zwycięski” gen, w kolejnych ciałach i w kolejnych generacjach, to „właściwe” zwinianie białkowego łańcucha. Cała reszta dzieje się już automatycznie, za sprawą kaskady lokalnych interakcji, których ostatecznym efektem jest dojrzały organizm.

Fantasmagoryczna i nieprawdopodobnie skomplikowana sieć wzajemnych powiązań w świecie rozwijających się komórek zarodka jest w zasadzie zjawiskiem znacznie bardziej złożonym niż selekcyjne naciski, jakim poddane są żywe organizmy w swoim społecznym, seksualnym i przyrodniczym środowisku. Pomyślmy zresztą: wpływ genów na białka, genów na geny, białek na geny i na inne białka, dalej błony komórkowe, stężenia różnych substancji chemicznych, fizyczne i chemiczne reguły, hormony i inne substancje — mediatory oddziaływań zachodzących na odległość... Nikt w pełni nie rozumie, jak to wszystko działa, ale naprawdę nie trzeba znać absolutnie pełnego obrazu, by życie nieograniczone podziw dla doboru naturalnego i by nie kwestionować jego działania. Wystarczy wiedza, że dobór naturalny faworyzuje przetrwanie w puli genetycznej genów odpowiadających za mutacje, dzięki którym dochodzi do znaczących — przyczyniających się do sukcesu „nosiciela” — zmian w embrionach. I wszystko to jest konsekwencją setek tysięcy drobnych lokalnych zdarzeń i interakcji, z których każde (teoretycznie przynajmniej, bo w praktyce może być to zadanie zbyt trudne i/lub zbyt czasochłonne) jest w pełni wyjaśnialne.

Rzeczywistość może być często zagadkowa, a nawet tajemnicza, ale — byśmy zdołali pokonać trudności techniczne — nie ma tych niezgłębialnych tajemnic ani w samym rozwoju zarodkowym, ani w tym, jak pewne geny zaczynają dominować w puli genetycznej. Oczywiście ta złożoność natury stopniowo kumuluje się w ewolucyjnym czasie — każdy kolejny organizm minimalnie różni się od poprzedniego, a każda zmiana następuje wskutek czasem bardzo drobnych zmian lokalnie istniejących reguł. Tyle że jeśli mamy bardzo dużo (choćby nawet małych) obiektów podlegających takim zmianom komórki, cząsteczki białek, błony komórkowe to zgodnie kluczem lokalnych reguł oddziałujących z innymi obiektami konsekwencje mogą być doprawdy wielkoskalowe. Jeżeli w wyniku takich interakcji jakiś gen przetrwa w puli genetycznej (albo zostanie z niej usunięty), dobór naturalny nieodwołalnie zadziała. Słuchaczka Haldane'a nie miała zatem racji — jeśli tak to wszystko wygląda, nie jest trudno zrobić coś takiego jak ona. I — jak słusznie zauważył J.B.S. — zajmuje to zaledwie dziewięć miesięcy.

ROZDZIAŁ IX
ARKA KONTYNENTÓW

Wyobraź sobie świat bez wysp... W biologii „wyspa” to często coś zupełnie innego niż skrawek lądu otoczony przez wodę. Dla słodkowodnej ryby wyspą jest jezioro: to przyjazna woda otoczona przez niegościnnie ląd. Dla owadów z gatunku *Oreina elongata*, dobrze funkcjonujących tylko powyżej pewnej wysokości, wyspą, którą otaczają niemal nieprzebyte doliny, jest każdy odpowiednio wysoki wierzchołek. Istnieje też gatunek niewielkich nicieni (spowinowacony z *C. elegans*), który żyje w liściach, nawet po dziesięć tysięcy osobników w jednym. Te nicienie dostają się do wnętrza liścia za pośrednictwem aparatów szparkowych, czyli niewielkich otworów, przez które liść pobiera z atmosfery dwutlenek węgla i uwalnia tlen. Dla tych mieszkających w liściu *Aphelencoides* wyspą, której nie można opuścić, staje się już pojedyncza naparstnica. Dla wszy zaś wyspą może być ludzka głowa. Jest też wiele roślin i zwierząt, dla których wyspą jest pełna zieleni i chłodu oaza, otoczona przez pustynne piaski. A jeśli już z takiego zwierzęcio-roślinnego punktu widzenia patrzemy na świat, to nowego znaczenia nabiera też słowo „archipelag”. Nadal jest to łańcuch wysp, ale „ich” wysp — całkiem możliwe zatem, że dla słodkowodnej ryby archipelagiem byłby łańcuch jezior, choćby taki, jak ciągnie się wzdłuż Wielkiego Rowu Ryftowego w Afryce, dla alpejskiego świstaka archipelagiem będzie łańcuch poprzedzielanych dolinami wierzchołków górskich, odżywiający się liśćmi owad za archipelag może uznać drzewa wzdłuż parkowej alei, a dla gza (ruchomym) archipelagiem jest pasące się na łące stado krów.

A skoro już zdecydowaliśmy się, by w tak dziwnym znaczeniu używać słowa „wyspa” (w końcu to szabas jest dla człowieka, a nie człowiek dla szabasu), wróćmy do zdania otwierającego ten rozdział. Zatem wyobraź sobie świat pełen wysp.

Zakupił wielką mapę: same oceany!
Lądu na niej nie znajdziesz ni skrawka
Z załogi każdy był ukontentowany
Bo odczytać taką mapę — zabawka!

Może nie idźmy aż tak daleko jak Bellman i po prostu założmy na chwilę, że wszystkie ziemskie lądy to jeden wielki, płaski kontynent bez gór i jezior, otoczony nie przebrany oceanem bez wysp, tylko woda, sama woda i nic poza tym. W takim świecie jednak każde zwierzę mogłoby sobie pójść gdzie chce — poza odległością nie istniałyby żadne uniemożliwiające przemieszczanie się bariery. Problem w tym, że to nie byłby świat przyjazny ewolucji — życie na Ziemi byłoby krańcowo nudne, gdyby nie było wysp. Dlaczego? Wyjaśnienie poniżej.

JAK POWSTAJĄ NOWE GATUNKI

Każdy gatunek, jak już wiemy, spokrewniony jest z wszystkimi innymi gatunkami, a każde dwa gatunki pochodzą od jakiegoś wspólnego przodka, gatunku, który w pewnym momencie rozdzielił się na dwa potomne. Na przykład wspólny

przodek człowieka i papużki nierozłączki żył jakieś trzysta dziesięć milionów lat temu. Gatunki ancestralne dzielą się, i tak zapoczątkowane linie rodowe pozostają rozdzielone już na zawsze. Człowieka i papużkę nierozłączkę wybrałem dla czystego kontrastu, bo równie dobrze mógłbym od razu powiedzieć, że był to wspólny przodek wszystkich współczesnych ssaków z jednej strony, a gadów z drugiej (jak pamiętamy z Rozdziału VI, w kategoriach zoologicznych ptaki są gadami). Oczywiście nie jest prawdopodobne, by kiedykolwiek udało się odnaleźć skamieniałości tego gatunku, ale przypuśćmy, że taki „cud” jednak nastąpił i oto mamy przed sobą protamnio darwinii (skamieniałości nadać trzeba przecież i jakąś nazwę gatunkową). Nie spróbuję nawet opisywać tego i stworzenia, zresztą detale jego anatomii nie mają wielkiego znaczenia, wystarczy przyjąć (i w tym się raczej nie pomylimy), że zwierzę to przypominało jaszczurkę i żywiło się pewnie owadami. I teraz przechodzimy do najważniejszego. Kiedy z *P. darwinii* wyłoniły się dwa gatunki potomne, z początku ich przedstawiciele byli praktycznie nierozróżnialni i gatunki te mogły się ze sobą krzyżować. Dlaczego zatem jeden z nich dał po setkach milionów lat początek ssakom, a z drugiego powstały ptaki (a po drodze jeszcze dinozaury, węże i krokodyle)? Żeby do czegoś takiego doszło, musiało oczywiście upłynąć bardzo, bardzo dużo czasu. Ale sam czas nie wystarczy, bowiem ich drogi nie mogłyby się rozejść, gdyby zwierzęta te nadal mogły się krzyżować, gdyż w takiej sytuacji obie pule genetyczne nieustannie by się ze sobą mieszały i tendencje różnicujące zostałyby stłumione przez geny pochodzące z drugiej populacji.

Co przydarzyło się w tym konkretnym przypadku, tego nikt nie wie. Stało się to bardzo dawno temu i w dodatku nie wiemy, gdzie. Mimo to współczesna teoria ewolucji nie jest w tej materii kompletnie bezradna i z dość dużą pewnością możemy zdarzenia te zrekonstruować. Najważniejsze, że dwie subpopulacje *Protamnio darwinii* musiały w jakiś sposób zostać od siebie odseparowane, zapewne przez barierę geograficzną, taką jak przesmyk rozdzielający dwie wyspy (albo wyspę od lądu), grzbiet rozdzielający dwie doliny, albo nawet rzekę płynącą przez las. W każdym razie coś, co sprawiło, że pojawiły się dwie osobne wyspy (w znaczeniu, które wprowadziłem wyżej). Bardzo istotne, by takie oddzielenie trwało wystarczająco długo, albowiem dopiero w takiej sytuacji, jeśli za sprawą innego przypadku znów dojdzie między nimi do kontaktu, gatunki nie będą już mogły się krzyżować. Jak długo trwa „wystarczająco długo”, spytacie pewnie. Cóż, jeśli presja selekcyjna była dostatecznie silna i zróżnicowana, mogło to być parę stuleci, a w szczególnych okolicznościach nawet mniej. Na przykład na wyspie mogło nie być żadnych drapieżników, które dziesiątkowały populację żyjącą nadal na kontynencie, albo też wyspowa populacja zmieniła dietę na wegetariańską (tak zdarzyło się z jaszczurkami opisywanymi w Rozdziale V). Tak, jak mówiłem, nie wiemy (i nie ma szansa, że się dowiemy), co zadziało u *P. darwinii*. Nie musimy jednak tego wiedzieć — dowody, jakich dostarczają nam współcześnie żyjące zwierzęta, są zupełnie wystarczające, by wiedzieć, że zawsze, ilekroć dochodziło do różnicowania się gatunków potomnych i ancestralnych, mechanizm był podobny.

Nawet jeśli warunki środowiskowe po obu stronach bariery są identyczne,

sama jej obecność i geograficzne (fizyczne) rozdzielanie dwóch pul genetycznych sprawia, że zaczynają dryfować w różnych kierunkach i oddalać się od siebie, aż osiagają punkt, w którym krzyżowanie staje się niemożliwe, nawet kiedy już bariera przestanie istnieć. Wystarczą losowe zmiany w pulach genetycznych i ich kumulacja, która w zasadzie nieuchronnie prowadzi do tego, że gdy samiec i samica reprezentujące rozdzielone ongiś gatunki się spotkają, ich genomy będą zbyt odmienne, by mogło dojść do spłodzeniu płodnego potomstwa. Niezależnie jednak od tego, czy działał tylko losowy dryf genetyczny, czy też zaingerował dodatkowo dobór naturalny, od momentu, gdy różnice między pulami genetycznymi dwóch populacji stały się na tyle poważne, że krzyżowanie jest niemożliwe nawet przy braku barier geograficznych, mówimy o dwóch odrębnych gatunkach.

Wróćmy do naszego hipotetycznego przypadku. Załóżmy, że populacja z wyspy zmieniła się bardziej niż ta, która pozo stała na lądzie, a to za sprawą braku drapieżników i przejściu na wegetariańską dietę, a zmiana była na tyle duża, że każdy zoolog (gdyby jakiś żył przed trzystoma z okładem milionami lat) uznałby tę wyspowa populację za nowy gatunek i, co oczywiste, nadałby mu nową nazwę — na przykład *Protamnio saurops*, bo *Protamnio darwinii* pozostałoby zarezerwowane dla populacji lądowej. W takim scenariuszu zwierzęta z wyspy miałyby stać się w przyszłości przodkami wszystkich sauropsydów (do tej gromady należą wszystkie żyjące współcześnie gady i ptaki), natomiast mieszkańcy lądu daliby początek ssakom.

Raz jeszcze przypominam, że mówimy o fikcyjnych — przynajmniej w szczegółach — scenariuszach. Równie dobrze ta wyspowa populacja mogła być przodkami ssaków, albo w ogóle nie było żadnej wyspy i morza tylko otoczona pustynią oaza. Nie mamy też najmniejszego pojęcia, gdzie to się mogło zdarzyć, na jakim kontynencie ten pierwszy podział miał miejsce. Takie pytanie zresztą w ogóle nie ma sensu, bowiem świat wyglądał wówczas tak bardzo inaczej, że nawet nie ma co doszukiwać się jakiegoś „gdzieś”. To jednak kwestie drugorzędne — znaczenie zasadnicze ma zdecydowanie hipotetyczna część naszego scenariusza, czyli założenie, iż spośród milionów ewolucyjnych podziałów, które nastąpiły kiedyś, i dzięki którym nasz świat jest tak wspaniale różnorodny, większość (o ile nie wszystkie) rozpoczęła się od zupełnie przypadkowego podziału jakiejś populacji na dwie, zwykle (o ile nie zawsze) zapoczątkowanego przez rozdzielające te dwie subpopulacje barierę geograficzną: morze, rzekę, łańcuch górski, pustynną dolinę... W terminologii biologicznej taki podział gatunku nazywa się „specjacją”. Większość biologów uznaje, że zwykle to właśnie geograficzne rozdzielanie stanowi wstęp do specjacji. Niektórzy specjaliści jednak, na przykład entomolodzy, dodaliby tu jeszcze inne mechanizmy, na przykład „specjację sympatryczną”. Żeby taki proces się rozpoczął, też potrzebny jest jakiś czynnik inicjujący, który zmienia warunki bytowania pierwotnej populacji, ale nie rozdzielanie geograficzne, lecz — na przykład — lokalna zmiana klimatu. Może, nie wglębiając się w tym momencie w szczegóły, zapamiętajmy jedynie, że szczególną rolę specjacja sympatryczna odgrywa u owadów, ja zaś — by nadmiernie nie komplikować wywodu — w dalszej

części książki będę raczej zakładał, że to początkowe rozdzielenie, które ostatecznie zaowocowało specjacją, zwykle następuje jednak u sprawą czynników geograficznych. Jak pewnie pamiętacie Rozdziału II, pisząc o hodowcach psów pracujących nad nowymi rasami, ich działania też przyrównywałem do tworzenia „wirtualnych wysp”.

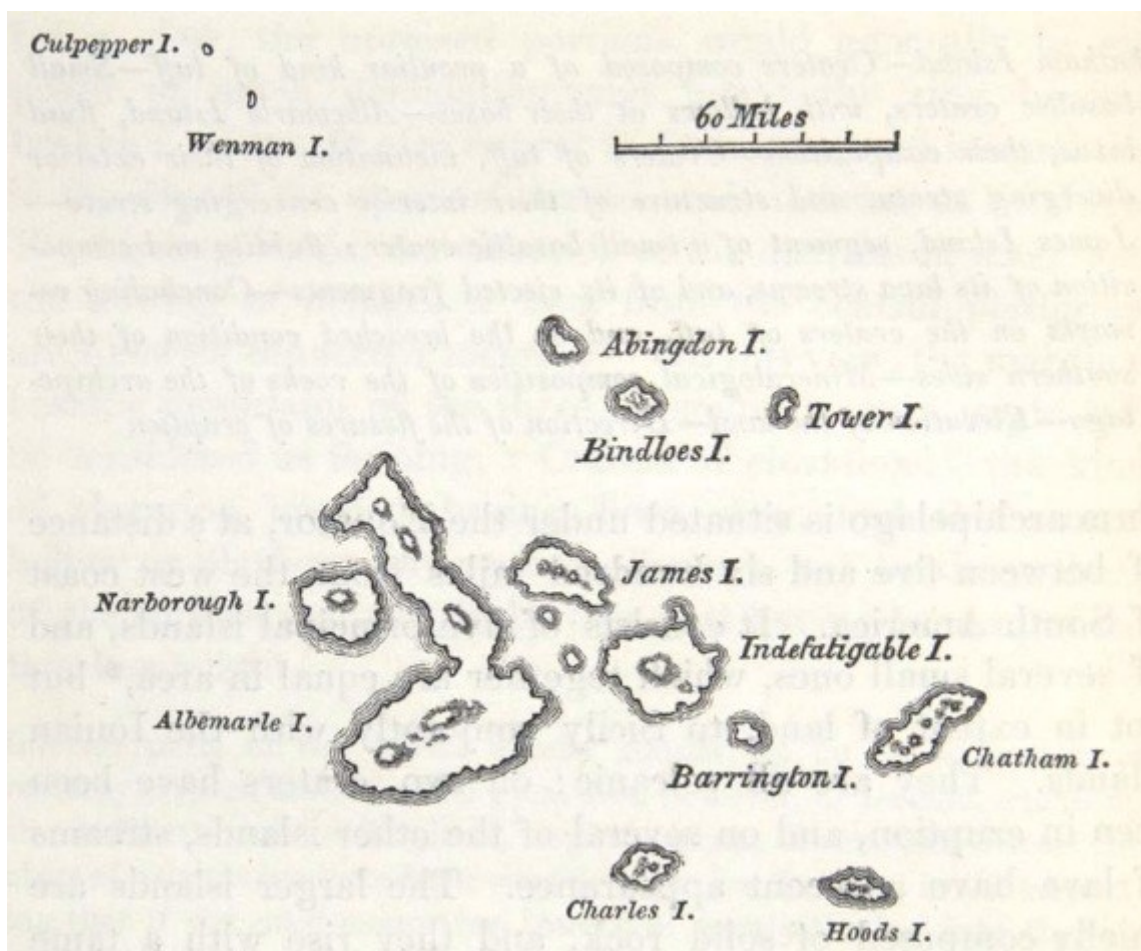
"ŁATWO SOBIE WYOBRAZIĆ..."

W jaki sposób dwie subpopulacje jednego gatunku łądają raptem po dwóch stronach bariery geograficznej? Czasem taka bariera po prostu się pojawia. To może być głęboka rozpadlina powstała wskutek trzęsienia ziemi albo zmienione koryto rzeki, a w efekcie populacja podzielona zostaje na dwie, i zwierzęta nie mają fizycznej możliwości kontaktu, czyli krzyżowania się. Częściej jednak dzieje się tak, że bariera istnieje od dawna, a jakiejś grupie zwierząt udaje się ją przekroczyć. Musi być to przy tym osobliwe, a przynajmniej bardzo rzadkie wydarzenie, w przeciwnym razie bariera nie byłaby tak naprawdę barierą. Na przykład — to akurat wiemy bardzo dokładnie — przed 4 października 1995 na karaibskiej wyspie Anguilla w ogóle nie było legwanów zielonych (*Iguana iguana*), po tej dacie nagle pojawiły się na południowej stronie wyspy. Szczęśliwie zaobserwowano, jak do tego doszło otóż legwany przyplęły na wyspę na dryfujących pniach a wszystko wskazuje, że z odległej o około trzystu kilometrów Gwadelupy. Miesiąc wcześniej region nawiedził huragan (a raczej dwa kolejne huragany: Louis 4 i 5 września i Marylin dwa tygodnie później) na tyle silne, że mogły powyrywać drzewa i porwać je wraz z siedzącymi na nich jaszczurkami (które czasem chowają się w gałęziach). Musiało im się spodobać na Anguilli, skoro, jak powiedziała mi badająca je dr Ellen Censky, trzy lata później, w 1998, radziły sobie świetnie, nawet lepiej niż te gatunki, które zamieszkiwały wyspę wcześniej.

Takie jak opisana wyżej sytuacje, prowadzące do wyodrębnienia się subpopulacji, muszą zdarzać się dość często, by zachodziła specjacja, a jednak — i to ma kluczowe znaczeniu — nie nazbyt często. Pomyślmy zresztą: gdyby co rok wiatr znosił z Gwadelupy na Anguillę jakieś kurczowo trzymającą się dryfujących pni legwany, tutejsza populacja nieustannie zalewana byłaby dawkami starych genów i nic nie wymuszałoby odmienności między jaszczurkami zamieszkującymi obie wyspy. Proszę jednak zwrócić uwagę, iż również użyte przeze mnie określenie „zdarzać się dość często” musi być rozumiane właściwie. Nie chodzi o to, że (wskutek nie wiadomo czyich i jakich działań) odległość dzieląca wyspy musi być „dopasowana” do wymogów specjacji. To stawianie wozu przed koniem — po prostu ilekroć takie nowo zasiedlone wyspy, (zwracam uwagę, że słowem „wyspa” cały czas posługuję się w specyficznym znaczeniu) są od siebie odpowiednio oddalone, by mogło dojść do specjacji, proces ten następuje. A co znaczy „odpowiednio” oddalone, to już pytanie odnoszące się do konkretnego gatunku. Dwieście kilkadziesiąt kilometrów dzielących Anguillę i Gwadelupę dla ptaka tak silnego jak petrel byłoby drobnostką, ale z kolei dla żaby albo bezskrzydłego owada nawet kilkusetmetrowy przesmyk jest wystarczająco trudny do przebycia, by pojawiła się szansa narodzin

nowego gatunku.

Wyspy Galapagos dzieli od kontynentu południowo-amerykańskiego ponad dziewięćset kilometrów otwartego oceanu, to niemal czterokrotnie więcej, niż zdołały na wyrwanych przez huragan drzewach przepłynąć legwany, którym udało się dostać na Anguillę. Galapagos to wyspy wulkaniczne, i dość młode w kategoriach geologicznych. Żadna z nich nigdy nie była częścią większego lądu i cała tutejsza flora i fauna musiała jakoś się na nie dostać, najprawdopodobniej z najbliższego lądu, czyli właśnie z Ameryki Południowej. Oczywiście nawet małe ptaki potrafią latać, ale niemal tysiąc kilometrów to dystans zbyt duży, by ziarnojady mogły go bezproblemowo pokonać. Coś takiego jednak może się zdarzyć i najwyraźniej się zdarzyło, skoro na archipelagu żyją ziarnojady, które przecież jakoś tu dotarły, zapewne przy okazji sztormu. Ptaki te są przedstawicielami rodzaju powszechnie występującego w Ameryce Południowej, ale gdy przyglądamy się gatunkom, okazuje się już, że to unikalne dla wysp taksony. Spójrzmy na mapę sporządzoną przez samego Darwina, którą tu się posłużyłem (głównie ze względów sentymentalnych — dawne angielskie nazwy brzmią o wiele bardziej "żeglarsko" niż współczesne hiszpańskie)



Sporządzona przez Darwina mapa Archipelagu Galapagos z angielskimi, dziś już rzadko używanymi nazwami wysp

Zwracam uwagę iż w skali mapy narysowany na górze odcinek odpowiada dziesięciu milom, a to z grubsza jedna dziesiąta dystansu jaki niegdyś zwierzęta (i rośliny) musiały przebyć, by dostać się z kontynentu. Ale widać też od razu, jak wspaniałą okazję dla przyszłej specjacji tam zastały. Wniosek, że szansa na pokonanie wodnej bariery oddzielającej wyspy od lądu jest odwrotnie proporcjonalna do szerokości tej bariery, jest prosty. Niemniej na pewno istnieje jakaś korelacja, między odległościami oddzielającymi poszczególne wyspy (rzędu kilkudziesięciu kilometrów), a ich oddaleniem od lądu, jest bez wątpienia na tyle duża, że archipelag ma szansę stać się prawdziwym inkubatorem nowych gatunków uświadomił sobie to także Karol Darwin, ale dopiero po zobaczeniu archipelagu (na który zresztą nigdy nie udało mu się powrócić).

Dysproporcja dystansów (kilkadziesiąt kilometrów pomiędzy wyspami i kilkaset do najbliższego kontynentu) uzależniła oczekiwanie ewolucjonistów, że zamieszkujące Galapagos gatunki będą stosunkowo podobne do siebie, a przy tym znacząco odmienne od krewnych z kontynentu. I dokładnie coś takiego znajdujemy. Sam Darwin wyraził to całkiem przejrzyście i w języku zastanawiająco bliskim ewolucjonistom, choć pisał jeszcze przed sformułowaniem swojej właściwej idei: (zasadnicze sformułowanie zamieściłem kursywą, bo wielokrotnie jeszcze będę do niego w tym rozdziale wracał)

Widząc takie stopniowanie i taką różnorodność budowy w małej grupie blisko z sobą spokrewnionych ptaków, *łatwo sobie wyobrazić, że pierwotnie w skutek małej ilości ptaków na tym archipelagu, jeden gatunek, który tu się zjawił, został zmodyfikowany do rozmaitych celów.* Podobnie też można by sobie uznać, że jeden ptak, pierwotnie myszołów, wziął tu na siebie rolę ścierwożernego Polyborus stałego lądu Ameryki.

Ostatnie zdanie odnosi się do występującego na Galapagos jastrzębia, *Buteo galapagoensis*, ptaka żyjącego wyłącznie na archipelagu, ale podobnego do gatunków kontynentalnych, szczególnie do *Buteo swainsoni*, który co rok wędruje między Ameryką Północną i Południową i zapewne mogło się zdarzyć, że przy którejś z takich dorocznych podróży silny wiatr zepchnął kilka osobników z kursu. W każdym razie dziś jastrząb *Buteo galapagoensis* (oraz lokalny kormoran-nielot) uznawane są za gatunki endemiczne dla Galapagos (gatunkami endemicznymi nazywamy gatunki występujące wyłącznie w danej lokacji). Darwin, który wówczas jeszcze nie rozumiał wszystkich mechanizmów ewolucyjnych, określał te ptaki mianem „tworów miejscowych” (aboriginal creations), co miało znaczyć, iż Bóg stworzył je tylko w tym miejscu i nigdzie indziej, podobnie zresztą opisał wielkie żółwie, żyjące na wyspach, oraz dwa gatunki legwanów, lądowy i wodny. Te „morskie” legwany z Galapagos to zresztą rzeczywiście wyjątkowe zwierzęta, zupełnie różne od jaszczurek, jakie można spotkać na świecie — potrafią nurkować i z dna morskiego zbierają wodorosty, które są chyba ich jedynym pożywieniem. Są świetnymi pływakami, ale, co zauważył już Darwin, nie są raczej zbyt urodziwymi stworzeniami:

Jest to wstrętne stworzenie, barwy brudno czarnej, głupie i leniwe w ruchach*. Zwykła długość dorosłego zwierzęcia wynosi mniej więcej jeden jard, istnieją jednak osobniki, mające cztery stopy długości, [...] W wodzie pływają te jaszczurki z największą łatwością i szybkością, poruszając zmijowato ciałem swoim i spłaszczonym z boków ogonem, nogi zaś pozostają nieruchome i złożone po bokach ciała"

Ponieważ morskie legwany z Galapagos są dobrymi pływakami, ktoś mógłby podejrzewać, że to właśnie one, a nie ich lądowe kuzynki, dotarły tu kiedyś z kontynentu i to ich gatunek uległ specjacji. Nic takiego. Legwany żyjące na samych wyspach stosunkowo niewiele różnią się od gatunków zamieszkujących kontynent, natomiast legwanów morskich nie spotyka się nigdzie poza Galapagos, ba, nie znamy w ogóle żadnej jaszczurki o podobnym, „morskim” trybie życia. Dlatego dziś jesteśmy w zasadzie pewni, że to zwykły „lądowy” legwan jako pierwszy pojawił się na Archipelagu (zapewne przyplłynął na dryfujących pniach, podobnie jak te jaszczurki, które wylądowały ostatecznie na Anguilli) i tu gatunek uległ specjacji, do której doprowadziło szczególne rozmieszczenie wysp i izolacja od gatunku ancestralnego. Zapewne zaczęło się od tego, że kilka jaszczurek znalazło się przypadkiem na wyspie, na której wcześniej w ogóle nie było legwanów, i tu — bez dopływu „starych” genów — populacja mogła ewoluować na własną modłę. Później nowy gatunek opanował też inne wyspy, może nawet dotarł do tej, z której pierwotnie przyplłynął i na której nadal żyli jego lądowi przodkowie. Teraz jednak oba gatunki nie mogły się już krzyżować i „morskim” genom nie groziło wyparcie lub zanieczyszczenie ze strony „lądowej puli”.

Podczas podróży na Beagle Darwin raz za razem dostrzega to samo zjawisko. Rośliny i zwierzęta na wszystkich wyspach reprezentują gatunki endemiczne dla Archipelagu („twory miejscowe”), ale, co więcej, gatunki są też unikalne dla każdej z wysp. Szczególnie zadziwiły Darwina rośliny:

Mamy więc tu przed sobą dziwny istotnie fakt, iż na wyspie James z trzydziestu ośmiu żyjących tam roślin, właściwych archipelagowi Galapagos, czyli takich, które nie znajdują się w żadnym innym miejscu kuli ziemskiej, trzydzieści ogranicza się wyłącznie do tej tylko wyspy, a ze znalezionych na wyspie Albemarle dwudziestu sześciu roślin miejscowych, dwadzieścia dwie rośnie tylko na tej jednej wyspie t.j. dotąd znamy tylko cztery, występujące w innych także częściach archipelagu; i tak dalej ze względu na rośliny wyspy Chatham lub Karola.

To samo spostrzeżenie dotyczy przedrzeźniaczy:

Ale uderzyła mnie najbardziej okoliczność, gdy porównałem z sobą liczne

* Naturaliści epoki wiktoriańskiej często posługiwali się tego typu ocenami w swoich książkach. Moi dziadkowie mieli książkę o ptakach, w której opis kormorana zaczynał się, od zdania; „Nie warto w ogóle mówić o tym paskudnym ptaszysku”.

drozdy śpiewaki, zastrzelone na brzegu przeze mnie jako też przez innych; okazało się mianowicie, ku wielkiemu memu zdumieniu, że [wszystkie egzemplarze z wyspy Karola należały do jednego gatunku [Mimus trifasciatus — dodane w wyd. II], wszystkie z wyspy Albemarle należały do gatunku Mimus paruulus, wszystkie zaś osobniki z wysp James i Chatham (pomiędzy którymi jako ogniwa pośrednie leżą dwie inne wyspy) — do gatunku M. melanotis.

I tak samo dzieje się na całym świecie. Wszędzie wszystkie rośliny i zwierzęta wyglądają dokładnie tak, jakby (posługując się słowami Darwina i jego własnym opisem zięb, które dziś noszą jego imię) jeden gatunek, który tu się zjawiał, został zmodyfikowany do rozmaitych celów.

Jednym z rozmówców Darwina na Galapagos był wice-gubernator wysp, Lawson. Darwin był wielce zdziwiony, gdy dowiedział się od niego, że:

[...] żółwie z rozmaitych wysp różnią się pomiędzy sobą i mógł z pewnością określić, z jakiej wyspy jaki gatunek został przywieziony. Przez długi czas nie zwracałem na twierdzenie to dostatecznej uwagi, a zbiory z dwóch wysp pomieszałem z sobą po części. Nigdy wszakże nie przypuszczałem, aby wyspy odległe od siebie blisko o pięćdziesiąt lub sześćdziesiąt mil, leżące naprzeciwko siebie, składające się z tych samych skał, leżące w tym samym klimacie i wznoszące się do tej samej prawie wysokości — posiadały odmiennych mieszkańców.

Wszystkie wielkie żółwie z Galapagos są dość podobne do żyjącego na kontynencie południowoamerykańskim *Geochelone chilensis*, tyle że są od niego znacznie większe. W czasie paru milionów lat istnienia Archipelagu raz lub parę razy mogło się zdarzyć, że jakiegoś żółwia porwał odpływ. Jak udało się zwierzęciu przetrwać tę długą i nader uciążliwą przeprawę? Cóż — większości na pewno się to nie udało, ale i dla naszych celów najzupełniej wystarczy jedna zapłodniona samica. Nie można też zapominać, że żółwie są zaskakująco dobrze przygotowane do takich morskich wypraw. Niegdyś wielorybnicy tysiącami zabierali żółwie z Galapagos, stanowiły one bowiem bardzo ważne uzupełnienie diety. Żeby mięso było świeże, zwierząt nie zabijano, ale oczywiście nie karmiono ich, ani nie dawano im wody. Marynarze po prostu układali je na grzbiecie, często w kilku warstwach, żeby uniemożliwić ucieczkę.

Opowiadam tę historię nie po to, by was przerazić (choć mnie takie okrucieństwo przeraża), ale żeby pokazać, jak wiele żółw potrafi znieść — całe tygodnie bez jedzenia i wody pitnej; a to zupełnie wystarczy, żeby, płynąc z prądem Humboldta, dopłynąć z Ameryki Południowej do Archipelagu Galapagos (a żółwie potrafią pływać). Gdy zaś żółwie dotarły do pierwszej z wysp i odpowiednio się rozmnożyły, historia się powtórzyła i opanowały resztę Archipelagu. Pamiętajmy — tu miały o wiele mniejsze dystanse do pokonania. I kiedy już rozgościły się na dobre, zrobiły to, co robi wiele gatunków zwierząt, kiedy znajdzie się na wyspie: ewoluowały do większych rozmiarów. Taki „wyspowy gigantyzm” jest

zjawiskiem od dawna znanym nauce (istnieje też tendencja przeciwna, czyli „wyspowe karłowacenie”^{*}).

Gdyby teraz z żółwiami stało się to, co ze słynnymi żiębami Darwina, na każdej wyspie wyewoluowałyby odrębny gatunek. Potem, nawet gdyby któryś trafił na inną wyspę, i tak nie mogłyby się krzyżować (jak pamiętamy, to definicyjny wyznacznik przynależności do różnych gatunków) i spokojnie mogłyby ewoluować dalej, ku zupełnie odmiennym stylom życia, bo nie groziłoby już między-populacyjne mieszanie genów. Trzeba jednak pamiętać, że geograficzne rozdzielenie to nie jedyny przypadek, kiedy może dojść do specjacji — inne preferencje i obyczaje godowe to czasem doskonały substytut takiej geograficznej bariery.

Gatunki, które różnią się pod tym względem, mogą nawet dzielić wspólne środowisko, ale i tak w świecie aktywności seksualnej żyją jak na izolowanych wyspach, mogą więc oddalać się od siebie coraz bardziej. Darwinka grubodzioba, darwinka ostrodzioba i darwinka mała wykształciły się na różnych wyspach, dziś te trzy gatunki koegzystują na większości wysp należących do Archipelagu, ale nie krzyżują się ze sobą i każdy ma inną dietę. Podobnie zachowały się żółwie, które wyewoluowały odmienne kształty — gatunki żyjące na wyspach mają wyższe skorupy (prawidłowa nazwa to „karapaks”, jak pamiętamy), w kształcie kopuły, a te z mniejszych wysp mają karapaksy w kształcie siodła, ze znacznie wyższym otworem na głowę. Przyczyna, jak się wydaje, tkwi w ekologii wysp — na większych jest więcej wody i rośnie trawa i nią właśnie żywią się tutejsze żółwie. Na małych wyspach jest bardziej sucho i tutejsze populacje przestawiły się na kaktusy, a siodłowaty kształt pancerza pozwala zwierzęciu sięgnąć wyżej, co jest istotne. Im w ewolucyjnym wyścigu zbrojeń kaktusy także zaczęły rosnać wyższe.

Przykład żółwi stanowi ilustrację kolejnej komplikacji w modelu ewolucyjnym, bowiem w ich przypadku swoistymi wyspami wewnątrz wysp stały się wulkany. Wierzchołek wulkanu jest przecież taką właśnie wyspą, chłodną, wilgotną i zieloną oazą otoczoną przez położone niżej pokłady suchej lawy, obszar nie do przebycia dla żywiących się roślinami żółwi. Na każdej z mniejszych wysp Archipelagu (z paroma wyjątkami) jest zwykle jeden duży wulkan z własnym gatunkiem (lub podgatunkiem) żółwia słoniowatego. Na największej, Isabeli (Albamerle w czasach Darwina), jest łańcuch pięciu głównych wulkanów, a na każdym z nich znajdujemy to samo — osobny gatunek albo podgatunek. Z ewolucyjnego punktu widzenia Isabele można więc uznać za archipelag wewnątrz archipelagu, grupę wysp na wyspie. Istotnie, trudno chyba znaleźć lepszą ilustrację znaczenia wysp (w sensie geograficznym i metaforycznym) w procesie powstawania gatunków niż Archipelag Galapagos,

^{*} Zasada jest następująca — na odizolowanych wyspach małe zwierzęta powiększają się duże zaś karłowacieją. Dlatego właśnie na śródziemnomorskich wyspach (m.in. na Sycylii i Korsyce) żyły kiedyś karłowate słonie wielkości psa, natomiast mniejsze zwierzęta, potrafiły rosnać do gigantycznych jak na swój rodzaj rozmiarów (przypadek żółwi z Galapagos). Jest kilka teorii wyjaśniających to zjawisko, ale są zbyt szczegółowe, by je tu omawiać.

błogosławiona kraina młodości Karola Darwina*

Nie ma chyba bardziej odizolowanej wyspy niż Św. Helena — samotna, wulkaniczna wyspa na południowym Atlantyku, którą od najbliższego lądu, Afryki, dzieli prawie dwa tysiące kilometrów. Występuje tu około stu endemicznych gatunków roślin — młody Darwin zapewne nazwałby je „lokalnymi tworami”, starszy Darwin powiedziałby, że tu się narodziły. Wśród nich jest też kilka gatunków (niestety, część z nich to już gatunki wymarłe) drzew należących do rodziny astrowatych (tej samej, do której należą stokrotki). Te drzewa przypominają nieco drzewa z kontynentu afrykańskiego, z którymi jednak nie są w ogóle spokrewnione, za to są spokrewnione — i to dość blisko — z pewnymi afrykańskimi roślinami zielnymi i krzewami. Zapewne kilka nasion tych właśnie roślin musiało jakimś szczęśliwym trafem dolecieć tu z kontynentu, pokonując tysiące kilometrów, a ponieważ na wyspie „leśna” nisza była zupełnie wolna, wykształciły większe i bardziej zdrewniałe pnie stały się prawdziwymi drzewami. Bardzo podobne drzewopodobne astrowate wyewoluowały też — niezależnie — na Galapagos. I dzieje się tak na wszystkich wyspach na całym świecie.



Drzewa ze Świętej Heleny

Każde z wielkich afrykańskich jezior ma swój unikatowy zespół gatunków ryb, głównie z rodziny pielęgnicowatych i Cichlidae). W każdym z jezior — Wiktorii, Tanganicy i Malawi — żyje po kilkaset gatunków, i to zupełnie różnych gatunków pielęgnicowatych. Najwyraźniej ryby te osobno ewoluowały w każdym z jezior, a w tym kontekście jeszcze bardziej fascynujące jest, że we wszystkich trzech fauna jest ostatecznie stosunkowo podobna. Wygląda na to, iż w każdym przypadku zaczęło się od jednego czy dwóch gatunków założycielskich, które zapewne dotarły tu rzeką. Potem dochodziło do kolejnych specjacji i wreszcie dziś obserwujemy jeziora zarybione setkami różnych gatunków. Pojawia się w tym momencie pytanie, co w zamkniętych przestrzeniach jezior pełniło funkcję barier, które umożliwiły zachowanie takich podziałów. A oto odpowiedź: już wprowadzając pojęcie ewolucyjnych wysp, wyjaśniałem, że dla ryby lądem wyspą może być otoczone jezioro. Mniej oczywiste, że analogiczną funkcję mogą też pełnić zwykłe wyspy, w konwencjonalnym znaczeniu tego słowa (skrawek lądu otoczony przez morze), na przykład dla ryb, które mogą żyć tylko w płytkiej wodzie. Podobnie jest z rybami raf koralowych, które nigdy nie wypływają na głębsze wody:

* Wszystkie akapity poświęcone żółwiom pochodzą z artykułu, który opublikowałem w „Guardianie” (19 lutego 2005), a napisałem w trakcie podróży na Galapagos na statku Beagle — niestety nie tym autentycznym, który dawno już nie istnieje.

dla nich własna rafa jest wyspą, a Wielka Rafa Koralowa archipelagiem. Czasem podobne mechanizmy możemy obserwować w jeziorach, zwłaszcza dużych, gdzie na przykład skalista część wychodnia może stać się „wyspą” dla ryb żyjących tylko na pływnicach. Coś takiego zapewne zdarzyło się z pielęgnicowatymi w wielkich jeziorach Afryki, gdzie z początku większość osobników żyła w płytkich wodach przybrzeżnych, zatokach czy przesmykach, co zapewniało względną izolację między populacjami, choć okazjonalnie mogły ją przerywać osobniki którym w jakiś sposób udało się przepłynąć głębsze wody. Zatem w tym przypadku też mieliśmy do czynienia ze specyficznym „wodnym” archipelagiem.

Jest bardzo wiele dowodów (na przykład próbki rdzeniowe), że poziom jeziora Malawi (które w czasach mojego dzieciństwa, nazywało się Nyasa; to nad jego brzegami pierwszy raz bawiłem się w piasku) przez ostatnie stulecia gwałtownie się zmieniło, a w XVIII wieku osiągnęło minimum — ponad sto metrów poniżej dzisiejszego. Sporo dzisiejszych wysepek nie było wtedy wysepkami, lecz pagórkami otaczającymi o wiele mniejsze jezioro. W miarę, jak poziom wody się podnosił, wierzchołki stawały się wyspami, a łańcuchy wzgórz archipelagami. Wtedy właśnie wśród żyjących w płytkich wodach pielęgnicowatych z gatunku noszącego lokalną nazwę Mbuna zaczął działać proces specjacji. „Wokół każdej skalnej wychodni i wokół każdej wysepki żyje dziś unikalna fauna Mbuna, o niezliczonych kształtach, kolorach i formach. Jeszcze dwieście, trzysta lat temu wszędzie tu był suchy łąd, więc wszystkie te gatunki musiały powstać przez te lata”.

Pielęgnicowate świetnie sobie radzą z taką błyskawiczną specjacją. Malawi i Tanganika to dość stare jeziora, ale już Jezioro Wiktorii jest bardzo młode — sam basen ukształtował się zaledwie czterysta tysięcy lat temu i od tego czasu jezioro wielokrotnie wysychało; ostatni raz jakieś siedemnaście tysięcy lat temu. A skoro tak, to tutejsza endemiczna fauna, obejmująca co najmniej czterysta pięćdziesiąt gatunków pielęgnicowatych, musiała wyewoluować w tym właśnie czasie, bardziej w skali stuleci niż milionów lat, co zwykle kojarzymy z aż tak dużym zróżnicowaniem. W każdym razie pielęgnicowate afrykańskich jezior to naprawdę znakomita ilustracja dokonania ewolucji. W zasadzie ten przykład powinien raczej trafić do rozdziału „Masz to przed samym nosem”.

W australijskich lasach spotykamy głównie drzewa jednego rodzaju — Eucalyptus. Zidentyfikowano już ponad siedemset gatunków, które zdołały opanować najróżniejsze ekologiczne nisze. Znów aż kusi, by (z drobną modyfikacją) zacytować Darwinowskie łatwo sobie wyobrazić, że [...] jeden gatunek, który tu się zjawiał, został zmodyfikowany. Przykład chyba jeszcze szerzej znany to australijskie ssaki. Na tym kontynencie żyją gatunki (bądź jeszcze niedawno żyły; część wyginęła, prawdopodobnie po przybyciu pierwszych ludzi) stanowiące ekologiczny odpowiednik wilków, kotów, kretów, i ryjówek, lwów, latających wiewiórek... a na tym nie koniec. Ale wszystkie te zwierzęta to torbacze, które w rzeczywistości bardzo różnią się od wilków, kotów, kretów, ryjówek i lwów, które znamy z innych regionów świata — australijskie ssaki są łożyskowcami! I znów wszystko wskazuje, że liczne

torbacze są potomkami co najwyżej kilku, a niewykluczone iż jednego gatunku, który „został zmodyfikowany” na tym kontynencie. Warto dodać, że wśród torbaczy znajdują się też stworzenia, dla których odpowiedniki trudno byłoby znaleźć na którymkolwiek z pozostałych kontynentów. Na przykład większość gatunków kangurów zajmuje nisze ekologiczne, gdzie indziej opanowane przez antylopy (z tą różnicą, że kangury raczej skaczą, niż biegają). Jest wśród nich duży kangur rudy, ale również niewielka walabia i równie małe kangury nadrzewne. Kiedyś jednak po australijskich pustkowiach skakały torbacze wielkości nosorożca — na przykład diprotodonty, spokrewnione z współczesnymi wombatami, miały prawie trzy metry długości i niemal dwa metry w kłębie, i wadzę dwóch ton. Do australijskich torbaczy wrócę w następnym rozdziale.

(BRAK TEKSTU)

Ameryki Południowej zdecydował się, gdy wody potopu już opadły pomaszerować cały podrząd małp szerokonosych, nie przypadkiem zwanych dziś czasem „małpami Nowego Świata”. Czy przynajmniej kilka z nich nie mogło dołączyć do swoich wąskonosych kuzynów („małp Starego Świata”) i wynieść się gdzieś do Azji albo Afryki. Podobny problem następczają również pingwiny —dlaczego wszystkie wybrały Antarktydę, a żaden nie zdecydował się na równie dla tego gatunku przyjazną Arktykę?

Z kolei przodek lemurów — znów najprawdopodobniej był to jeden gatunek — znalazł się na Madagaskarze. Dziś jest tam trzydzieści siedem różnych gatunków lemurów (kilka wymarło). Najmniejszy lemur myszaty jest mniejszy od chomika, największy (ten gatunek wyginął stosunkowo niedawno) był większy od goryla i nieco przypominał niedźwiedzia. Wszystkie lemury — baz żadnego wyjątku — żyją na Madagaskarze i tylko na Madagaskarze, ale na odmianę nie ma tu żadnych małp. Ani jeden ich gatunek nie zamieszkuje tej wyspy. Jak mógłby to wyjaśnić któryś z naszych „czterdziestoprocentowców” — czy, gdy Noe przepływał obok Madagaskaru, wszystkie trzydzieści siedem gatunków lemurów wyskoczyło przez burtę, by popłynąć do najbliższego lądu, dopilnowując, by nikt z rodziny nie został na pokładzie, a po drodze podtapiając jeszcze jedną czy dwie małpy, które chciały się z nimi załapać?

Tak — wiem, że być może nie powinienem nawet przejmować się takimi bzdurami ani tym bardziej ich komentować, ale naprawdę nie potrafię pogodzić się z tym, że w XXI wieku dwie piąte Amerykanów traktuje dosłownie opowieść o arce Noego i wierzy w każde jej słowo. Ktoś mógłby powiedzieć, że po prostu trzeba takie osoby ignorować i robić swoje, ale to niestety niemożliwe, bo ci ludzie za pośrednictwem rad rodzicielskich chcą kontrolować amerykańskie szkoły. Tam, gdzie im się to nie udaje, uczą swoje dzieci w domu, aby uniemożliwić im kontakt z prawdziwymi nauczycielami i z dorobkiem współczesnych nauk przyrodniczych. Niestety, takie poglądy prezentują niektórzy członkowie Kongresu i Senatu, kilku gubernatorów, a nawet kandydaci na wiceprezydenta i prezydenta Stanów

Zjednoczonych. Mają oni władzę i mają dość pieniędzy na to na przykład by tworzyć własne instytuty, uniwersytety i muzea, gdzie pokazują ruchome modele dinozaurów i uciekających przed nimi pradawnych ludzi. I nie łudźmy się, że to tylko problem ameryki — jak wskazują najnowsze badania opinii publicznej Wielka Brytania dzielnie goni w tym wyścigu ignorancji ich zaatlantyckich przyjaciół, a inne kraje europejskie, część świata islamu nie pozostają daleko w tyle (można by raczej powiedzieć: „z przodu”).

Nawet jeśli zdecydujemy się pozostawić wyznawców arki Noego swojemu losowi i przestaniemy ich nękać pytaniami o najprostszą drogę z góry Ararat na Madagaskar problem pozostaje, bowiem istnieje jeszcze podobny kłopot z zwolennikami „teorii” odrębnego stworzenia wszystkich gatunków. W tym wypadku pytania niewiele się różnią: Dlaczego to ów wszechpotężny stwórca porozmieszczał swoje dzieła na różnych wyspach i kontynentach tak starannie i umyślnie, byśmy nie mogli oprzeć się wrażeniu, że ich położenie i geograficzny rozkład to wynik ewolucji? Dlaczego lemurom kazał żyć na Madagaskarze i nigdzie indziej? Czemu małpy szerokonose występują tylko w Ameryce Południ i wąskonose w Azji i Afryce? Dlaczego na Nowej Zelandii ma żadnych ssaków poza nietoperzami, które mogły tam dolecieć? Dlaczego wszystkie gatunki wyspowe są bardzo podobne do tych, które zamieszkują pobliskie wyspy i dlaczego podobne są również — choć już w nieco mniejszym stopniu do gatunków zamieszkujących najbliższy kontynent (lub większą wielką wyspę)? Dlaczego, pytamy dalej, miałyby osiedlić w Australii wyłącznie torbacze z nietoperzami, które mogły tu dolecieć, i kilkoma mniejszymi łożyskowcami, które mogły przypłynąć tu niegdyś z lądu? Cóż — na te pytania nie sposób odpowiedzieć, ale im uważniej przyglądamy się florze czy faunie każdego kontynentu i każdej wyspy, każdego jeziora i rzeki, każdego lasu, pustyni, ba, nawet każdej z alpejskich dolin, tym bardziej przekonuje się, że sens w rozmieszczeniu napotkanych zwierząt oddaje jedynie uwaga, którą Darwin podsumował obserwacje żeb na Galapagos: łatwo sobie wyobrazić, pierwotnie wskutek małej ilości [...] jeden gatunek, który gdy się zjawił, został zmodyfikowany do rozmaitych celów.

Darwin był zresztą zafascynowany wyspami i podczas podróży na Beagle niejedną z nich przemierzył wzdłuż i wszerz na własnych nogach. (Odkrył wówczas bardzo zaskakujący fakt, czyli to, że jedna z ważniejszych klas wysp zbudowana jest ze szkieletów zwierząt — z koralowców). Kiedy nieco później Darwin odkrył kluczową rolę wysp i archipelagów dla jego teorii ewolucji, przeprowadził kilka eksperymentów, by sprawdzić, czy istotnie geograficzne rozdzielanie może stanowić wstęp do specjacji (oczywiście wówczas termin ten był jeszcze nie używany). Tak więc, na przykład, trzymał różne nasiona w wodzie morskiej i zdołał wykazać, iż przynajmniej niektóre z nich mogły jeszcze kiełkować po czasie wystarczająco długim, by dotarły z pobliskiego kontynentu na najbliższe wyspy. Natomiast żabi skrzek praktycznie natychmiast ginął w słonej wodzie i to, jak słusznie uznał Darwin, wyjaśniało geograficzne rozmieszczenie różnych gatunków płazów:

Co się tyczy nieobecności całych rzędów zwierząt na wyspach oceanicznych,

to de St. Vincent już dawno temu zauważył, że płazy (żaby, ropuchy i trytony) nie zostały znalezione na żadnej z wielu wysp, którymi usiany jest ocean. Postarałem się sprawdzić to twierdzenie i uznałem je zupełnie słusznym, wyjąwszy Nową Zelandię, Nową Kaledonię, wyspy Andamańskie, a może i wyspy Salomona oraz Seychelle. Wspomniałem już o tym, że wątpliwym jest, czy należy zaliczyć Nową Zelandię i Nową Kaledonię do wysp oceanicznych; jest to jeszcze bardziej wątpliwym ze względu na wyspy Andamańskie, Salomona i Seychelle. Ten brak ogólny żab, ropuch i trytonów na tak wielu wyspach oceanicznych, nie daje się objaśnić przez naturalne ich warunki; zdaje się raczej, że wyspy oceaniczne powinny stanowić przyjazny grunt dla tych zwierząt

(BRAK TEKSTU)

Wzniesmy wyniosłości Kordylierów, a spotkamy tam Wiskaczkę górską; zwróćmy uwagę na wody, a znajdziemy dwa inne gryzonie typu południowo-amerykańskiego: Koypu (*Myopotanius*) i Kapibarę zamiast bobra i szczura piżmowego. Można przytoczyć niezmierną ilość przykładów podobnych. By dojść do ładu z podobnymi obserwacjami, nawet z olbrzymim bogactwem, Darwinowi wystarczył zdrowy rozsądek i umiejętność logicznego rozumowania. Jednak pewne fakty, z jakimi się spotykamy, analizując geograficzne rozmieszczenie różnych gatunków zwierząt, roślin, a także i skał, nie można wyjaśnić w ten sposób. Żeby się z nimi zmierzyć, potrzebne nam wyjaśnienia, które z pozoru przynajmniej wydaje bliższe szaleństwu niż zdrowemu rozsądkowi — zapewne i Darwin, gdyby ktoś mu powiedział coś takiego, byłby równie zafascynowany, co wstrząśnięty.

CZY ZIEMIA SIĘ PORUSZA?

W czasach Darwina wszyscy byli przekonani, że mapa świata nigdy się nie zmienia, acz niektórzy z jego współcześni już rozważali możliwość, że niegdyś istniały wielkie, już zatopione lądowe pomosty łączące kontynenty — w ten sposób wyjaśniano na przykład zagadkowe podobieństwo flory południowoamerykańskiej i afrykańskiej. Ta idea niezbyt zachwycała Darwina, ale pewnie ucieszyło by go to, iż wiemy (i na co mamy dowody), że całe kontynenty przemieszczały się po powierzchni Ziemi. Ta teoria rzeczywiście bez porównania lepiej niż koncepcja lądowych pomostów odpowiada na podstawowe pytania o rozmieszczenie gatunków roślinnych i zwierzęcych, a zwłaszcza wyjaśnia wiele zagadek związanych ze skamieniałościami, na przykład wyraźne podobieństwo skamieniałych szczątków zwierzęcych odnajdywanych w Ameryce Południowej, Afryce, na Antarktydzie, na Madagaskarze, w Indiach i w Australii. Dziś wiemy, iż kiedyś wszystkie te ziemie tworzyły jeden wielki południowy kontynent, który nazywamy Gondwaną, a wiedza ta dostarcza kolejnych świadectw na rzecz teorii ewolucji.

Teoria dryfu kontynentów, jak ją nazywamy, to w dużym stopniu dzieło jednego człowieka — niemieckiego klimatologa Alfreda Wegenera (1880-1930). Wegener nie był pierwszym, który na mapie świata dostrzegł zastanawiające

dostosowanie linii brzegowej nawet bardzo oddalonych od siebie mas lądowych — w wielu miejscach rozdzielone tysiącami kilometrów mórz i oceanów brzegi pasują do siebie jak kawałki układanki. Podobne rzeczy w mniejszej skali nikogo nie dziwiły i angielscy geolodzy epoki wiktoriańskiej doskonale wiedzieli, że Wyspa Wight, na przykład, mogła kiedyś wcale nie być wyspą. Wegener jednak, a później jego następcy, wskazał na tę samą prawidłowość w odniesieniu do kontynentów Afryki i obu Ameryk. Rzeczywiście, jeśli przyjrzymy się dokładnie, trudno zaprzeczyć, że wybrzeże Brazylii wygląda jakby było wykrojone, żeby wypełnić wcięcie poniżej Afryki Zachodniej, a z kolei linia brzegowa Afryki Północnej świetnie przystaje do brzegów Ameryki Północnej, od Florydy po Kanadę. I nie chodzi tylko o dopasowanie linii brzegowej: jak to pokazał Wegener, również formacja geologiczna wschodniego wybrzeża Ameryki Południowej pokrywa się z formacją geologiczną zachodniego brzegu Afryki. Nieco mniej dokładne, ale również niebudzące wątpliwości podobieństwo, istnieje między zachodnim brzegiem Madagaskaru a wschodnim brzegiem Afryki (tyle że nie Afryki Południowej, do której dziś z Madagaskaru najbliższej, a leżącymi obecnie znacznie bardziej na północ wybrzeżami Tanzanii i Kenii). Z kolei długi i niemal idealnie prosty wschodni brzeg Madagaskaru dobrze pasuje do zachodniego brzegu Półwyspu Indyjskiego. Jako kolejny argument Wegener wykorzystał skamieniałości — istotnie skamieniałe szczątki odnajdywane już w jego czasach w Afryce i Ameryce Południowej były do siebie podobne znacznie bardziej, niż można by oczekiwać, patrząc na współczesną mapę świata. Zważywszy na rozległość Atlantyku, to zdawało się wręcz nieprawdopodobne, chyba że kiedyś te dwa kontynenty znajdowały się o wiele bliżej albo były połączone. Idea była szalona i bardzo wyprzedzała swoje czasy. Niemniej Wegener wciąż znajdował nowe dowody — podobne skamieniałości na Madagaskarze i w Indiach, równie wyraźne podobieństwa między kopalnymi okazami odnajdywanymi w Europie i w północnej części Ameryki Północnej. Argumentów i świadectw nazybierało się wreszcie tak dużo, że Wegener ośmielił się wystąpić publicznie z istic heretycką hipotezą — wszystkie kontynenty, oświadczył, tworzyły kiedyś jeden gigantyczny ląd (nazwał go Pangeą), ale przez niewyobrażalne eony geologicznego czasu Pangea rozpadała się stopniowo na mniejsze części.

Te części to dzisiejsze kontynenty, które dryfowały powoli, by wreszcie znaleźć się tam, gdzie są dzisiaj. Ich wędrówka nie skończyła się na tym, bowiem nalał się od siebie oddalają. Łatwo sobie wyobrazić, co musieli pomyśleć o koncepcji Wegenera jego współcześni. Gdyby działo się to w dzisiejszych czasach, pewnie by się zastanawiali (mówiąc językiem potocznym: czego się chłop najarał). Tymczasem Wegener miał rację. No, może prawie miał rację. W niczym nie umniejszając jego intuicji i przenikliwości, trzeba bowiem stwierdzić, że Wegenerowska hipoteza dryfu kontynentów znacznie różni się od tego, co dziś nazywamy tektoniką płyt (albo teorią wędrówki płyt tektonicznych lub — zasadniej wędrówki kontynentów). Alfred Wegener sądził, że kontynenty przemierzają oceany jak gigantyczne okręty. Lub może jak pływające wyspy, o których pisywali pisarze-fantaści, nie płyną zanurzone w wodzie, lecz w półpłynnym płaszczu Ziemi. Trudno się dziwić, że taka idea spotkała się z oporem ze strony co bardziej sceptycznie

nastawionych naukowców — pomyślmy choćby, jak tytaniczne siły musiałyby działać by przepchnąć kontynent wielkości Afryki czy Ameryki Południowej o tysiące kilometrów. Na wszelki wypadek więc, zanim przejdę do omawiania dowodów, wyjaśnię czym różni się współczesna teoria tektoniki płyt od oryginalnej hipotezy Wegenera.



Obrazek rysunkowy „z epoki” inspirowany teorią dryfu kontynentalnego Wegenera

Zgodnie z teorią tektoniki płyt cała powierzchnia Ziemi, w tym również dna oceanów, składa się z nachodzących na siebie (jak w zbroi) skalnych płyt. Kontynenty są zgrubieniami na tych płytach, fragmentami wystarczająco grubymi, by wystawały ponad powierzchnię mórz, ale większa część powierzchni każdej z płyt znajduje się pod wodą. Odmiennie niż kontynenty w modelu Wegenera, płyty tektoniczne nie pływają po morzach, ani też nie przeorują powierzchni Ziemi bowiem one same tworzą tę powierzchnię. Nie jest też tak jak sądził Wegener, by kontynenty zderzały się ze sobą lub odrywały od siebie w geologicznej układance. Jeśli już kto chce to sobie wyobrazić, znacznie lepiej myśleć o płytach tektonicznych jak o czymś nieustannie tworzoną w fascynujących procesach zwanych spredingiem (rozszerzaniem się dna oceanicznego — ciągłym powstawaniem nowej skorupy w rejonach grzbietów oceanicznych) i subdukcją. O spredingu będę jeszcze szerzej mówił za chwilę. Subdukcją to wsuwanie się starszych części skorupy ziemskiej pod sąsiadujące płyty. Zdarza się też, że płyty tylko ocierają się o siebie (Ilustracja na stronie 17 kolorowej wkładki przedstawia uskoki San Andreas w Kalifornii, gdzie stykają się płyta pacyficzna i amerykańska). Kombinacja spredingu i subdukcji sprawia, że między płytami tektonicznymi nie ma pustej przestrzeni, urywają one całą powierzchnię naszej planety i zwykle jest tylko z jednej strony w wyniku spredingu płyta tworzy się łądy piętrzą ponad poziom morza, w innym miejscu podsuwa pod sąsiednią płytę (subdukcją) lub trze o nią.

Aż kusi, by wyobrazić sobie potężną rozpadlinę, która kiedyś rozpołowiła pradawną Gondwanę, oddzielając od siebie (przyszłą) Afrykę i (przyszłą) Amerykę Południową. Pierwszą jej oznaką były wielkie jeziora, takie jak współczesne wielkie jeziora Afryki Wschodniej, później rozpadlina zaczęła się rozszerzać i wreszcie, gdy (przyszła) pora Ameryka oddaliła się już wystarczająco, w huku tektonicznej agonii, wdarło się tu morze, pomyślmy choćby, jak wspaniały widok musiał rozciągać się przed oczyma potężnego dinozaura Corteza, gdy ten przez długą, wąską cieśninę przyglądał się odsuwającej się w dal Gondwanie Zachodniej.

Tak więc wiemy już, że Wegener miał rację, twierdząc, że podobieństwo afrykańskiej i południowoamerykańskiej linii brzegowej nie może być przypadkowa, wiemy też, iż mylił się, traktując kontynenty jak gigantyczne tratwy rozdzielone wodnymi przestworami. Ameryka Południowa i Afryka oraz ich szelf kontynentalny to tylko fragmenty (nieco grubych) dwóch wielkich płyt tektonicznych, których zdecydowana większość spoczywa pod wodą. Płyty tektoniczne zbudowane są ze skał i tworzą zewnętrzną, stałą warstwę płaszcza ziemskiego, tak zwaną litosferę (co dosłownie oznacza „sferę skalną”), która spoczywa na głębszej, półpłynnej astenosferze. Astenosfera nie ma już konsystencji ciała stałego, jak zbudowana z twardych skał litosfera, jest strukturą dość plastyczną (żeby nie było zbyt łatwo — podział na litosferę i astenosferę nie pokrywa się ze znacznie chyba powszechniejszym podziałem pokrywy kuli ziemskiej na płaszcz i skorupę, tu bowiem bazuje nie na stanie skupienia, a na składzie chemicznym).

Większość płyt tektonicznych składa się z dwóch rodzajów skał. Dna oceanów pokryte są zwykle dość jednolitą warstwą bardzo twardych i gęstych skał wylewnych, o grubości około dziesięciu kilometrów. Ta warstwa zestalonej lawy pokryta jest z kolei cieńszą warstwą skał osadowych i mułu. Wszystkie ziemskie kontynenty, jak już mówiłem, to „grubsze” i wystające ponad powierzchnię wody fragmenty płyt tektonicznych, osiągające odpowiednią wysokość dzięki kolejnym warstwom pokrywających je skał o mniejszej gęstości. Podwodne części płyt tektonicznych nieustannie przyrastają — na przykład krawędź wschodnia w przypadku płyty południowoamerykańskiej i zachodnia krawędź płyty afrykańskiej, a miejsce ich zetknięcia się tworzy Grzbiet Środkowo-atlantycki, który biegnie od Islandii (to jedyne miejsce, gdzie jego fragment wynurza się z wody) daleko na południe. Podobne podwodne grzbiety rozdzielają inne płyty tektoniczne (por. mapka na stronach 18-19 wkładki). W pewnym sensie można je uznać za powolne, działające w geologicznej skali fontanny, tędy bowiem w efekcie spreduingu z głębszych warstw wypływa stopiona skała i tak jakby odpycha od siebie płyty — afrykańską na wschód, a południowoamerykańską na zachód. Kolejna analogia, którą się posłużę, jest świetnie znana, ale nie mógłbym sobie darować pominięcia jej — tempo oddalania się od siebie Afryki i Ameryki Południowej jest z grubsza takie, jak tempo rośnięcia paznokcia. To, że oba te kontynenty dzielą dziś tysiące kilometrów, jest więc równie dobrym dowodem dalece nie „biblijnego” wieku Ziemi, jak wyniki badań nad promieniotwórczością przytaczane w Rozdziale IV.

Użyłem powyżej określenia „tak jakby odpycha od siebie płyty” i przyszła pora na wyjaśnienie, dlaczego „tak jakby”. Pamiętajmy, że mówimy o zjawiskach zachodzących w zupełnie innej skali. Płyty tektoniczne są o wiele, wiele za ciężkie, by mogły przemieścić się pod wpływem erupcji wulkanów w grzbietach oceanicznych — to tak, jakbyśmy, nie przymierzając, oczekiwali, że kijanka przepchnie tankowiec. Fizyczny mechanizm tego procesu jest zupełnie inny — astenosfera, jak już mówiłem, ma strukturę półpłynną, a to oznaką jest fizyki cieczy, że płyną w niej prądy konwekcyjne rozciągające ruchy poziome i pionowe (w ramach których rożny materiał skalny wypływa w górę, a chłodny opada). A ponieważ takie prądy konwekcyjne płynące w różnych kierunkach występują w całej astenosferze, czyli pod powierzchnią płyt tektonicznych, siła może być już wystarczająca, by wraz z prądem „zabrał się” też kontynent, już nie mówimy o kijankach — w końcu nawet i super tankowiec przy odpowiednim ustawieniu może płynąć z prądem. Humboldta z wyłączonymi silnikami. I to bardzo skrócona prezentacja wędrówki płyt tektonicznych.

Skąd wiemy, że sama teoria jest prawdziwa? Cóż, jak to zwykle bywa w przypadku teorii, które są naukowymi faktami, dowodów jest mnóstwo, ja jednak ograniczę się do tylko jednego, za to wyjątkowo eleganckiego. To świadectwo, które nazwać można „dowodem z wieku skał”, a mówiąc ściślej, linii pola magnetycznego. Uznałem go za wyjątkowo elegancki, bo trudno wyobrazić sobie argumentację naukową lepiej przystającą do mojej metafory detektywa, który pojawia na miejscu zbrodni i musi odnaleźć sprawcę. Tym razem nasz śledczy dysponuje nawet czymś w rodzaju odcisków palców — gigantycznymi magnetycznymi odciskami w skałach.

Wyobraźmy sobie, że wyruszamy z naszym detektywem na podwodną wyprawę przez południowy Atlantyk. Nie musimy oszczędzać na sprzęcie, mamy więc do dyspozycji najnowocześnieszą łódź podwodną, zdolną wytrzymać olbrzymie ciśnienie panujące na dnie oceanu. Łódź wyposażona jest też w specjalne, supermocne wiertła, dzięki którym możemy pobierać próbki z dna i to nie tylko z samej jego powierzchni, ale również bezpośrednio z litosfery, a wyposażenie laboratorium pozwala na radiometryczne datowanie próbek (patrz Rozdział IV). Zaczynamy w brazylijskim porcie Maceio, jakieś dziesięć stopni na południe od równika, i obieramy kurs na wschód. Wydostawszy się poza strefę szelfu kontynentalnego (te pięćdziesiąt kilometrów płytszych wód zaliczamy jeszcze do kontynentu), włączamy wszystkie maszyny i, pogrążamy się w głębiny. Wkrótce ogarniają nas nieprzeniknione ciemności, które czasem tylko rozświetla delikatna poświata wydobywająca się z najdziwniejszych stworów zamieszkujących ten podwodny, obcy świat.

Schodzimy na głębokość niemal sześciu i pół tysiąca metrów (pełne zanurzenie: 3500 sążni!) i wwiercamy się w oceaniczną litosferę, żeby pobrać próbki rdzeniowe. Potem laboratorium pokładowe melduje — wiek skał: około 140 milionów lat, dolna kreda. Płyniemy dalej wzdłuż dziesiątego równoleżnika, w określonych odstępach czasu pobierając kolejne próbki skał z dna. Każda z nich

łąduje w laboratorium które podaje wiek, i po chwili nasz detektyw ma już dość materiału, by szukać prawidłowości w zebranych materiale. Nie jest to trudne zadanie — nawet dr Watson by sobie z nim poradził. Im dalej płyniemy na wschód i im więcej pokonujemy kilometrów nad rozciągającą się pod nami denną równiną tym młodsze są skały litosfery. Kiedy znajdujemy się w odległości 730 kilometrów od portu macierzystego, laboratorium informuje, że próbki mają 65 milionów lat. To późna kreda wtedy wymierały ostatnie dinozaury. Ten trend się utrzymuje, aż docieramy mniej więcej na środek Atlantyku. Tu musimy nieco się wynurzyć, bo w świetle reflektorów już widać, jak przed nami rozciąga się wielki, podmorski łańcuch górski. Grzbiet Środkowo-atlantycki (patrz: strony 18-19 wkładki) Wznosząc się, płyniemy też do przodu i nadal nie dajemy odpocząć wiertłom. Cały czas wydobywamy coraz młodsze skały. W pobliżu wierzchołków przecinającego naszą podwodną trasę łańcucha skały są już tak młode, że praktycznie nie wiele się różnią od świeżej wulkanicznej lawy. Nic dziwnego, w zasadzie prawie tym są. Wyspa Wniebowstąpienia, stanowiąca część Grzbietu Środkowo-atlantyckiego, wynurzyła się z morza wskutek serii erupcji, które miały miejsce całkiem niedawno, może zaledwie sześć milionów lat temu. Jak na standardy geologiczne (i w porównaniu ze skałami, które zebraliśmy do tej pory) jest więc bardzo młoda, płyniemy nad podwodnymi szczytami i płyniemy dalej w stronę Afryki. Znow możemy zejść znacznie niżej i wykorzystujemy tę okazję, by dalej pobierać próbki. Kiedy sprawdzamy wyniki, okazuje się, że od momentu przekroczenia grzbietu środkowo-atlantyckiego charakterystyka próbek ulega zmianie. Im mniejsza odległość dzieli nas od kontynentu skalistego, tym starsze skały mamy pod sobą. To jest zwierciadlana kopia tego, co obserwowaliśmy, oddalając linie brzegów Brazylii. Nasz detektyw nie ma już wątpliwości wyjaśnienie może być tylko jedno — płyty tektoniczne oddalają się od siebie, bo w okolicach grzbietu cały czas spod dna wypływa lava i przybywa skalnego materiału coraz bardziej dzielącego afrykańską i południowoamerykańską płytę tektoniczną. Na stronach 18 i 19 kolorowej wkładki należać można szczególną mapę dna Atlantyku, ukazującą ten proces. Kolory oczywiście nie mają nic wspólnego z rzeczywistością — czerwony na przykład oznacza najmłodsze. Widać na niej, jak symetryczny jest rozkład wieku na dwóch stronach Atlantyku.

Przyznacie, że to bardzo elegancka argumentacja. Ale na tym nie koniec. Otóż próbki rdzeniowe wydobyte z głębszych skał litosfery są też lekko namagnesowane — jak igła w kompasie. Znamy fizyczne wyjaśnienie tego zjawiska — kiedy stopiona skała zastyga, ziemskie pole magnetyczne zostaje "zamrożone", ponieważ to ono decyduje o polaryzacji skały. Skały magmowe mają strukturę krystaliczną, a kryształki zachowują się potem jak małe magnesy. Zablokowane w kierunku, w jakim były ustawione w momencie krzepnięcia lawy. Od dość dawna wiadomo że ziemskie pole magnetyczne nie jest stałe, lecz zmienne, prawdopodobnie wskutek procesów zachodzących w gorącym żelazo-niklowym jądrze planety. Obecnie północny biegun magnetyczny leży w pobliżu wyspy Ellesmere'a w północnej Kanadzie, ale nie zostanie tam na zawsze. Jeśli ktoś zechce dokładnie wskazać północ, posługując się tylko kompasem magnetycznym, musi zawsze korygować wskaźnik igły magnetycznej o pewien czynnik, a wartość tego czynnika zmienia się

wraz z fluktuacjami ziemskiego pola magnetycznego.

Przyjmijmy zatem, że nasz podwodny detektyw nie tylko metodycznie sprawdza wiek skał, ale również kierunek zamrożonego w nich pola magnetycznego. I teraz przyszła pora na gwóźdź programu — otóż ziemskie pole magnetyczne nie tylko stale fluktuuje, ale też, w nieregularnych odstępach, co kilkadziesiąt, a czasem co kilkaset tysięcy lat, zmienia się bardzo gwałtownie: kierunek północny staje się południowym i na odwrót. Następuje odwrócenie biegunów magnetycznych. Jak przypominam, skały magmowe „zapamiętują”, gdzie była północ w momencie, gdy lava zaczynała stygnąć po erupcji. Ponieważ polaryzacja zmienia się co kilkadziesiąt tysięcy lat, za pomocą prostego magnetometru można wykryć w skałach obecność kolejnych, równoległych u podłoża warstw, w których polaryzacja zmienia się naprzemiennie wraz ze zmianami położenia biegunów Ziemi. Przyjmijmy teraz, że nasz detektyw nakłada na mapę geologiczną kierunki polaryzacji, posługując się na zmianę kolorem białym i czarnym. Cóż się okazuje? Otóż tak samo jak w przypadku wieku skał, tak i tym razem otrzymujemy bardzo wyrazisty wzorec — te „magnetyczne” obrazy wschodniej i zachodniej części Grzbietu Środkowoatlantyckiego stanowią eleganckie, zwierciadlane odbicie. To zupełnie zrozumiałe jeśli uwzględnimy, że polaryzacja ulega ustaleniu, kiedy lava się ochładza i krystalizuje, a później skały nie pozostają nie ruchomo w miejscu, gdzie doszło do wypływu lawy, lecz w określonym (bardzo powolnym) tempie, oddalają się od niego w przeciwne strony. Elementarne, drogi Watsonie*.

Jeśli przypomnimy sobie nasze rozważania z Rozdziału I, to można by przyjąć, że transformacja koncepcji dryfu kontynentalnego Wegenera we współczesną teorię tektoniki płyt to podręcznikowy przykład przejścia od wysoce spekulatywnej tezy do powszechnie akceptowanego naukowego faktu naukowego, jak pamiętacie. Z naszego punktu widzenia podstawowa wiedza o ruchu płyt tektonicznych jest bardzo przydatna, bez niej trudno zrozumieć obecny rozkład geograficzny ziemskiej fauny i flory. Kiedy pisałem wcześniej o barierach geograficznych, które w jakimś momencie oddzieliły od siebie dwa przyszłe gatunki, posłużyłem się przykładem trzęsienia ziemi i zmiany koryta rzeki. Równie dobrze jednak mogłem pisać o siłach tektonicznych i o tym, jak pod ich wpływem kontynent rozpada się dwie części, które zaczynają się od siebie oddalać. Pomyślmy — to naprawdę wygląda jak obraz arki, z których każda zabiera na pokład wszystkie rośliny i zwierzęta. Prawdziwe arki kontynentów. Madagaskar był kiedyś częścią tego samego kontynentu co Afryka. Razem — wspólnie jeszcze z Ameryką Południową, Antarktyką, Indiami i Australią — tworzyły Gondwanę. Potem — choć w naszych kategoriach to proces nieznośnie wolny — Gondwana zaczęła się dzielić. Nastąpiło to jakieś 165 milionów lat temu. Wtedy właśnie Madagaskar, wciąż tworzący jeden ląd z Indiami, Australią i Antarktydą (nazywamy go Gondwana Wschodnią), odłączył się od wschodniej części Afryki. W tym samym czasie Ameryka Południowa zaczęła oddalać się od Afryki

*Zabawne, że Holmes nigdy tych słów nie wypowiedział. Ale co z tego, skoro i tuk wszyscy znają ten cytat.

Zachodniej w przeciwnym kierunku. Później Gondwana Wschodnia dalej się dzieliła, Madagaskar odłączył się od Indii dopiero 90 milionów lat temu.

Ale każdy z tych „odłamków” dawnej Gondwany niósł ze sobą ładunek roślin i zwierząt, w tym sensie Madagaskar był jedną arką, a Indie na przykład drugą. Część paleontologów uważa, że wspólny przodek strusi i mamutaków wyewoluował w epoce, gdy Madagaskar i Indie były jeszcze jednym lądem. Później, kiedy nastąpiło rozdzielenie, te, które pozostały na wielkiej tratwie, którą dziś zwiemy Madagaskarem, wyewoluowały w epiornisy (mamutaki), natomiast przodek strusi zabrał się na części indyjskiej i gdy ta zderzyła się z kontynentem azjatyckim (wtedy wypiętrzyły się Himalaje), znalazł sobie jakoś drogę do samej Azji, a w końcu dotarł też do Afryki, która dziś stanowi główny dom jego licznych potomków. Aż szkoda, że mamutaków już nie ma, gdyby żyły, to stepując, wstrząsałyby ziemią. Tak, strusie samce naprawdę stepują, żeby zrobić wrażenie na samicach! — pół tony i trzy metry wysokości robią swoje. Całkiem nie wykluczone, że te madagaskarskie giganty dały początek legendzie o ptaku Rok, która do nas dotarła z opowieścią o przygodach Sindbada Żeglarza (z jego drugiej podróży). Co prawda Sindbad nie miałby z epiornisa żadnego pożytku jeśli nawet zdołał go dosiąść, to nigdzie by nie poleciał, gdyż ptaki te nie miały skrzydeł*.

Teoria ruchu płyt tektonicznych, czyli fakt ich ekspansji, wyjaśnia wiele kwestii związanych ze znajduwanymi w innych zakątkach kuli ziemskiej skamieniałościami, a również odpowiada na liczne pytania o współczesny rozkład geograficzny gatunków. Stanowi też jeden z ważniejszych argumentów w dyskusji nad wiekiem Ziemi. Wydawać by się mogło, iż teoria ta może przydać się w dyskusji (jeśli uznamy ją za możliwą) z kreacjonistami, a zwłaszcza z tak zwanymi kreacjonistami młodej Ziemi. Niestety, ten dowód również do nich nie przemawia. Radzą sobie z nim w wielce interesujący sposób — otóż proszę sobie wyobrazić, że niektórzy zwolennicy „młodoziemskich” poglądów przyjmują nawet do wiadomości fakt istnienia płyt tektonicznych oraz ich ruchu, twierdzą jedynie, że wszystko to zdarzyło się... w czasach biblijnego potopu**. Przyznam, że samego mnie to zdziwiło, bowiem po ludziach, którzy konsekwentnie odmawiają uznania jakichkolwiek dowodów przemawiających na rzecz ewolucji, spodziewałbym się raczej, że odrzucą także i tę teorię. Tymczasem nie — najwyraźniej podobieństwo linii brzegowej Afryki i Ameryki Południowej przemawia nawet do nich. Dziwne skoro dowody ewolucji są o wiele, wiele silniejsze, a jakoś nie przekonują, a jako że naukowe dowody w ogóle dla tej grupy niewiele znaczą, można by raczej oczekiwać, że istnienia płyt tektonicznych też nie zaakceptują.

* Prawa fizyki są nieubłagane. Ptak tej wielkości po prostu nie mógłby wznieść się w powietrze, nawet gdyby ewolucja wyposażyła go w skrzydła. Prosta zasada skali — siła mięśni niezbędnych do efektywnego poruszania tak dużymi skrzydłami zawsze przekracza ich siłę nośną.

** To, przyznam, bardzo interesujący widok — Afryka i Ameryka Południowa oddalające się od siebie w tempie, do osiągnięcia jakiego nie byłby zdolny żaden pływak, a tak musiałoby być, skoro wszystko zajęło tylko czterdzieści dni.

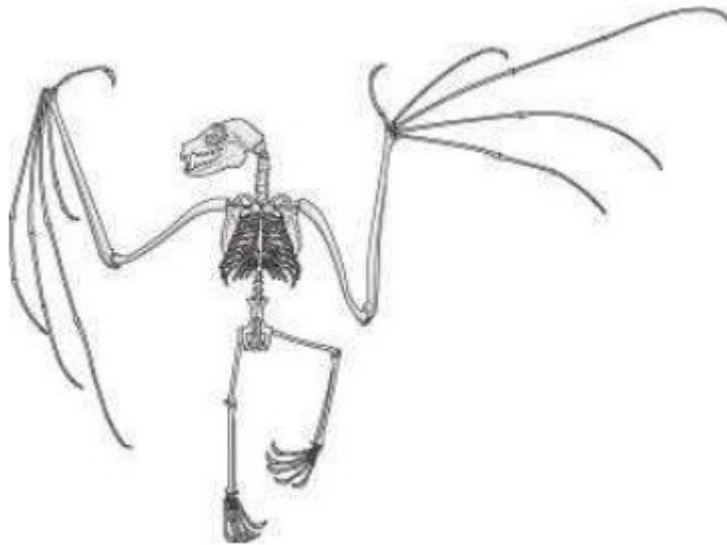
Książka Jerry'ego Coyne'a "Ewolucja jest faktem" zawiera wspaniały opis dowodów ewolucji z geograficznego rozmieszczenia gatunków (czegoś innego można by zresztą oczekiwać autorze najlepszego współczesnego wykładu specjacji).

Jerry Coyne z prawdziwą maestrią radzi też sobie z kreacjonistycznym obyczajem ignorowania wszystkich faktów, które nie zgadzają się z zaczerpniętą z Biblii wiedzą (dla tych ludzi tylko Pismo Święte głosi prawdę, którą należy traktować całkiem dosłownie). Jak stwierdza Coyne, „Biogeograficzne dowody na rzecz ewolucji są tak przekonujące i oczywiste, że nigdy jeszcze nie zdarzyło mi się spotkać w jakimkolwiek kreacjonistycznym artykule, książce czy wykładzie nawet próby ich podważenia”. Tymczasem kreacjoniści zachowują się tak, jakby ta grupa świadectw w ogóle nie istniała, a jedynych dowodów na rzecz ewolucji dostarczał zapis kopalny. Rzeczywiście, skamieniałości to bardzo silny dowód, a od czasów Darwina zebraliśmy kolejne tony skamieniałych kości i szczątków roślinnych, które albo wprost popierają twierdzenia teorii ewolucji, albo są z tą teorią zgodne. Ujmijmy to jeszcze inaczej — nie dysponujemy jak na razie ani jedną skamieniałością, która przeczyłaby ewolucji. Niezależnie jednak od tego, jak mocnych argumentów na rzecz ewolucji dostarcza zapis kopalny, chciałbym podkreślić, że to nie są najsilniejsze dowody, jakie mamy w ręku. Nawet gdybyśmy nie mieli ani jednej skamieniałości, świadectwo, jakie dają żyjące współcześnie gatunki, jest absolutnie wystarczające, by mieć pewność, że Darwin miał rację. Nasz ewolucyjny detektyw, rekonstruując przebieg zdarzeń, ma do dyspozycji dowody znacznie bardziej bezdyskusyjne niż skamieniałości. W kończącym się właśnie rozdziale przyglądaliśmy się temu, jak dokładnie współczesna biogeografia zgadza się z tym, czego moglibyśmy oczekiwać, wiedząc, że różne gatunki są ze sobą spokrewnione i że miały bardzo wiele czasu by wyewoluować od wspólnego przodka. W kolejnym rozdziale porównamy sobie różne żyjące dziś zwierzęta i spróbujemy wskazać charakterystykę rozkładu pewnych cech w królestwie zwierząt, szczególną uwagę zwracając na sekwencje kodu genetycznego. Wnioski będą, o czym z góry uprzedzam, identyczne — tak powinno być, bo teoria ewolucji doskonale opisuje świat ożywiony.

ROZDZIAŁ X
DRZEWO
GENEALOGICZNE

KOŚĆ Z KOŚCI

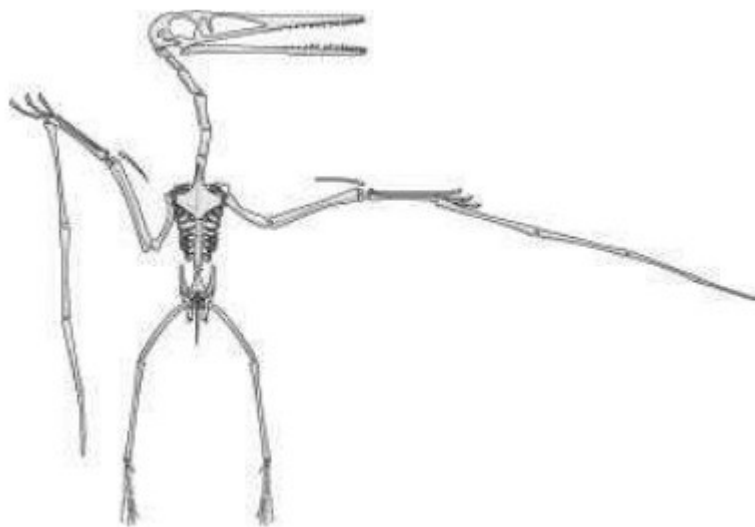
Wystarczy spojrzeć na szkielet ssaka — czyż nie jest prawdziwym arcydziełem? Nie chodzi mi o to, że jest piękny sam w sobie (choć ja tak uważam). Mam na myśli raczej fakt, że możemy mówić o czymś takim, jak „szkielet ssaka” przecież ssaki są niezwykle zróżnicowane, dotyczy to prawie każdej części ich ciała. Mimo to, w istocie mają taki sam szkielet. Jak wygląda ludzki, chyba wiedzą wszyscy, więc posłużę się przykładem szkieletu nietoperza. Czy to nie fascynujące, że dla każdej, najdrobniejszej kosteczki możemy znaleźć odpowiednik w naszym szkielecie i, co więcej, taki odpowiednik dość łatwo zidentyfikować dzięki kolejności, w jakiej kości łączą się ze sobą. Tylko proporcje są inne — „ręce” nietoperza są znacznie większe od naszych (w proporcji do rozmiarów ciała), ale po prostu nie sposób nie zauważyć podobieństwa między naszymi palcami a długimi kośćmi tworzącymi skrzydło. Ludzka ręka i skrzydło nietoperza to dwie wersje tej samej rzeczy, każdy musi to przyznać. W języku nauki mówi się, że służące do latania nietoperze skrzydła i nasze służące do chwytania ręce to narządy „homologiczne”. Przednie kończyny naszego wspólnego przodka — podobnie jak cała reszta szkieletu — w toku ewolucji w różnych liniach potomnych skróciły się lub wydłużyły, w różnym stopniu i proporcjach i w różnych kierunkach, stały się grubsze lub cieńsze. Ale wciąż łatwo je rozpoznać.



Szkielet nietoperza

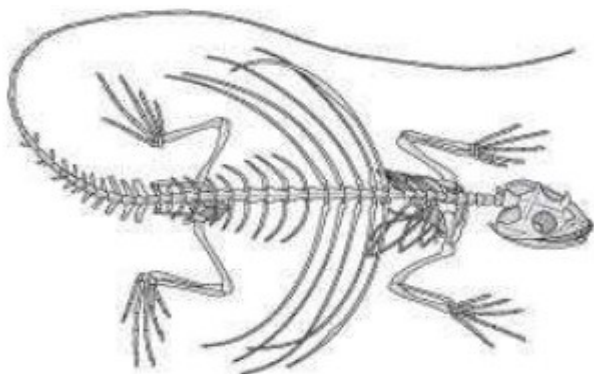
Pterodaktyl nie był ssakiem, ale ta sama reguła — co jeszcze bardziej uderzające — sprawdza się również w przypadku skrzydeł tego wymarłego gada. Błona nośna skrzydła pterodaktyla rozpięta była przede wszystkim na kościach jednego palca, a co ciekawe, dla nas to „mały” palec. Przyznam, że kiedy pierwszy raz zobaczyłem pterodaktyle skrzydło, poczułem z powodu tego palca coś w rodzaju homologicznej nerwicy — w końcu u nas jest on tak delikatny. To głupie, wiem, ponieważ o palcu pterodaktyla powiedzieć można różne rzeczy, ale na pewno nie to, że był silny — rozmiarami niewiele ustępował ciału gada i w jego kategoriach był zapewne równie mocny, jak dla nas ramię. Nie mniej skrzydło pterodaktyla dobrze nadaje się jako ilustracja zasady, o jakiej tu mówię, na jego bowiem przykładzie

dobrze widać, jak ewolucja modyfikowała kości palca, aż stały się oparciem dla całej konstrukcji. Zmieniły się wszystkie szczegóły, ale wciąż, dzięki położeniu w stosunku do innych kości szkieletu, wiemy, że to mały palec. Za sprawą tej homologii mały palec po pterodaktylsku nazywać się powinien „strasznie wielka rozporka”.



Szkielet pterodaktyla

Obok wielu zwierząt, które potrafią latać — na przykład ptaki, nietoperze, pterozaurowy, owady — jest też sporo gatunków, które potrafią szybować (ta umiejętność może mieć coś wspólnego z początkami prawdziwego latania). Narzędziem lotnym tych zwierząt są fałdy skórne, które również potrzebowały kostnego wsparcia, ale inaczej niż w przypadku skrzydeł nietoperzy (albo pterozaurów) nie muszą być to kości palców. W taki „narząd” wyposażone są latające wiewiórki (zwane polatuchami, to określenie obejmuje dwie niezależne grupy gryzoni) i kilka gatunków z rodziny Phalangeridae (to australijskie torbacze; z wyglądu bardzo podobne do latających wiewiórek, ale nie są z nimi blisko spokrewnione). Przy mojej homologicznej nerwicy te szybujące gryzonie dużo bardziej mi odpowiadają niż pterodaktyle, ponieważ — i to właśnie mi się u nich podoba — siłę nośną płaszczyzn lotnych zapewniały im całe przednie i tylne kończyny, a nie tylko palce. Spójrzmy teraz na szkielet „latającej jaszczurki”, kolejnego zgrabnego leśnego szybownika.



Szkielet „latającej jaszczurki”

Łatwo zauważyć, że u tego zwierzęcia to żebra (a nie palce lub kończyny) zostały zmodyfikowane tak, by mogły unieść „skrzydła”, czyli błony lotne. Niemniej i w tym przypadku podobieństwo szkieletu do układu kostnego innych kręgowców jest uderzające — możemy po kolei, kosteczka po kosteczce, wskazywać dla każdej odpowiednik u człowieka, nietoperza i pterozaura.

Zamieszkujący lasy południowo-wschodniej Azji kolii zwany też lotokotem (albo latającym lemurem), przypomina latające wiewiórki, z jednym wyjątkiem — w budowie „układu nośnego” zaangażowane są nie tylko wszystkie kończyny, ale również ogon. Z ogonem jest zresztą inny problem — nam, ludziom, trudno sobie w ogóle wyobrazić, jak to jest mieć ogon, ponieważ podobnie jak po „bezogoniaste” małpy mamy ten organ w zaniku, w to schowanej pod skórą kości ogonowej (tzw. guzicznej), A pomyślmy o czepiaku, którego ogon jest dłuższy niż cała długość rdzenia kręgowego (choć to też ssak naczelny). To nasz daleki kuzyn ma ogon o wiele dłuższy niż — wcale nie krótkie — ramiona i nogi (zdjęcia przywołanych wyżej zwierząt można znaleźć na stronach 26-27 wkładki). Przy tym, nagminnie u małp Nowego Świata (i nie tylko małp, ale wiele ssaków; nikt nie ma pomysłu, dlaczego tak się stało), ogon czepiaka jest narządem „chwytnym” — anatomiczne zmiany struktury kostnej zaszły tak daleko, że zwierzę nim chwyta się gałęzi jak dodatkową ręką. Choć ogon czepiaka i ręka nie są narządami homologicznymi, to tej małpce służy jako dodatkowa ręka i kończyna, jeśli ktoś woli.

Myślę że nie potrzeba więcej przykładów i już jest jasne, co powiedzieć — ogólny schemat szkieletu u wszystkich ssaków jest identyczny, choć sam szkielet (i poszczególne kości) modyfikowane, by móc spełniać różne funkcje. No może nie do końca identyczny — na przykład długi ogon czepiaka wymaga obecności dodatkowych kręgów są one takie same, jak kręgi tworzące każdego innego ssaka, łącznie z naszą kością ogonową. Oczywiście nie można sobie nawet wyobrazić, jak by to było, mieć jak czepiak do dyspozycji piątą „rękę” (mielibyśmy wtedy wybór — zwisać z drzewa na rękach, na nogach czy na ogonie?). Ewolucjoniście wystarczy wiedza, że ogon tej małpy jest narządem homologicznym z moją kością guziczną, tak jak homologiczne są mój mały palec i wielka, mocna kość na której rozpięte było skrzydło pterodaktyla.

Oto kolejny zaskakujący fakt. Na przykład homologicznie końskie kopyta są jak paznokcie środkowych palców u ludzi. Konie chodzą na czubkach palców —my możemy o takiej możliwości tylko pomarzyć, ale za to homologii naszego palca wskazującego i serii (i ich nożnych odpowiedników) przetrwały jedynie w postaci cienkich, schowanych pod skórą odrostków z nadpęcia, która na odmianę jest strukturą homologiczną do środkowej kości śródreza (i śródstopia odpowiednio). W każdym razie, podziwiając następnym razem konie rasy Shire czy Clydesdale*,

* Shire to największa rasa koni, Clydesdale, z bardzo charakterystycznym jedwabistym, długim owłosieniem pęcín (tzw. pęcínowe szcztoki), są od nich niewiele mniejsze, ogiery mogą mierzyć nawet powyżej 180 cm w kłębie (przyp. tłum.)

pamiętajmy, że cały ciężar tych zwierząt opiera się wyłącznie na środkowych palcach (a ja się martwiłem o pterodaktyle!). Konsekwencją tej homologii jest to, że czasem rodzą się konie-mutanty z trzema „palcami” u każdej nogi: środkowy zachowuje swoją funkcję, ale dwa mniejsze boczne też mają kopytka.



Koń z polidaktylią

Czy teraz już jasne, dlaczego uważam szkielet za arcydzieło i modelową egzemplifikację piękna w przyrodzie? Pomyślmy tylko, prawie nieograniczony zakres możliwych modyfikacji, a i tak zawsze można wskazać wyraźne analogie z „oryginałem”. Jeden z moich ulubionych przykładów to litopterny, wymarłe południowoamerykańskie ssaki roślinożerne, jedynie bardzo odległe spokrewnione z współczesnymi zwierzętami i niemal zupełnie niepodobne do koni, poza jednym anatomicznym szczegółem, a mianowicie prawie identyczną budową nóg i kopyt. Tak więc konie (w Ameryce Północnej*) i litopterny (w Ameryce Południowej, która wówczas, po odłączeniu się od Gondwany, była jeszcze gigantyczną wyspą; przesmyk panamski pojawił się o wiele później) niezależnie ewoluowały w dokładnie ten sam sposób — redukcja palców oprócz środkowego i pojawienie się kopyta. Zgodnie z jedną z teorii powód tej zbieżności jest prosty jeśli roślinożerny ssak chce szybko biegać, nie ma zbyt wielu możliwości do wyboru.

* Twierdzenie, że konie wyewoluowały w Ameryce Północnej, może stanowić dla wielu moich czytelników niespodziankę, wszyscy bowiem doskonale wiedzą, że kiedy europejscy najeźdźcy po raz pierwszy pojawili się na tym kontynencie na przełomie XV i XVI wieku, widok ludzi dosiadających koni wzbudził wśród lokalnej ludności wielkie zdziwienie i popłoch. Tymczasem konie istotnie wyewoluowały w Ameryce Północnej, tyle że, potem gatunek zdołał ten rozprzestrzenić się na inne kontynenty, zresztą na krótko (przynajmniej w geologicznych standardach) przed tym, nim na kontynencie amerykańskim kompletnie wyginął. Tak więc konie to amerykańskie zwierzęta, a człowiek jedynie sprowadził je tu z powrotem.

Konie i litoptery wybrały to samo homologiczne rozwiązanie (zanik palców za wyjątkiem środkowego) i ewolucyjny efekt był identyczny. Krowy i antylopy wybrały inną drogą, one zostawiły sobie po dwa palce.

Poniższe twierdzenie brzmi może jak paradoks, ale proszę mi wierzyć, że ma ono sens i, co więcej, wyraża bardzo ważną obserwację: wszystkie ssaki mają identyczny szkielet, poszczególne kości różnią się kształtem. Paradoks tkwi jedynie w znaczeniu, w jakim posługuję się słowem „szkielet”. Otóż szkielet to asamblaż kości ułożonych w określonym porządku. Przy tej definicji kształt poszczególnych kości można zignorować, interesuje nas bowiem wyłącznie ich porządkowanie. Trochę jak u Ezechiela: „i przystąpiły kości, kość do kości swojej” (Ez 37,7), a może lepiej jeszcze zobrazuje moją myśl znany utwór gospel oparty na tym wersecie:

Your toe bone connected to your foot bone,
Your foot bone connected to your ankle bone,
Your ankle bone connected to your leg bone,
Your leg bone connected to your knee bone,
Your knee bone connected to your thigh bone,
Your thigh bone connected to your hip bone,
Your hip bone connected to your back bone,
Your back bone connected to your shoulder bone,
Your shoulder bone connected to your neck bone,
Your neck bone connected to your head bone,
I hear the word of the Lord!

I Twoja kość palca połączona z kością stopy
I Twoja kość stopy połączona z kolanem [...]
Twoja kość szyi połączona z kością głowy
Słyszę słowo Pana!

Z tym, że (nie do końca chyba zgodnie z intencją śpiewali) powyższa pieśń opisuje każdego ssaka, a w zasadzie każdego lądowego kręgowca. Na przykład „kość głowy” — "head bone" z przedostatniego wersu, czyli po prostu czaszka składa się z 28 kości połączonych sztywnymi „szwami”, za wyjątkiem jednej kości ruchomej: żuchwy, czyli szczęki dolnej*. A najwspanialsze jest to, że pomijawszy bardzo drobne odstępstwa od tej reguły, jakaś jedna dziwna kostka ujęta lub dodana tu czy tam, ten sam zestaw 28 kości, które można nawet identycznie nazwać, tworzy czaszkę każdego ze ssaków. W ewolucyjnym ujęciu nasz gospel brzmiałby zatem następująco:

* To pojedyncza kość u ssaków. Szczeka gadów ma bardziej złożoną budowę ale w trakcie skomplikowanych ewolucyjnych przeróbek mniejsze kości tworzące tę strukturę zdecydowanie zmieniły swe zadanie i u ssaków są dziś ważnym elementem układu słuchowego, gdzie pozwalają przenosić dźwięki z bębna do ucha wewnętrznego. To fascynująca ewolucyjna opowieść, ale zarazem jedna z tych opowieści, których w tej książce nie znajdziecie — cóż, nie można mieć wszystkiego!

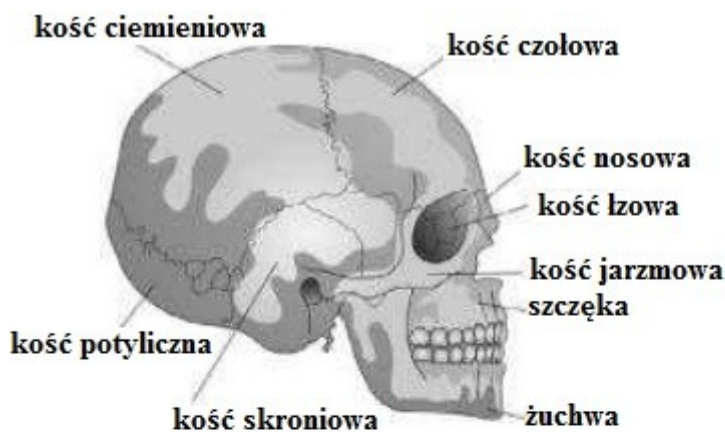
Your neck bone connected to your occipital bone
Your occiput connected to your parietal bone
Your parietal connected to your frontal bone

Your frontal bone connected to your nasal bone

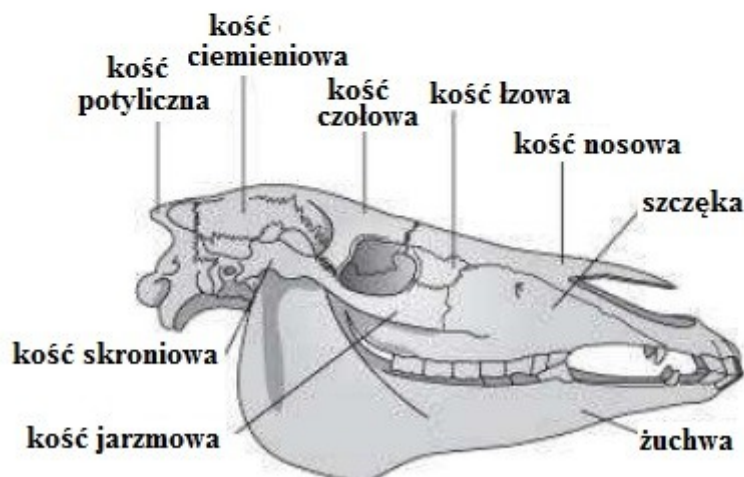
...

Your 27th bone connected to your 28th bone . . .

[Twoja szyja połączona z twoją kością potyliczną
I Twoja kość potyliczna połączona z twoją kością ciemieniową
I Twoja kość ciemieniowa połączona z twoją kością czołową
I Twoja kość czołowa połączona z twoją kością nosową
I...
I Twoja 27. kość połączona z twoją 28. kością...]



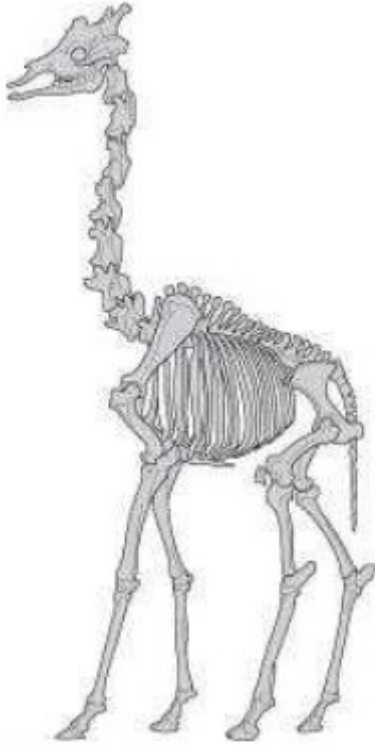
Czaszka człowieka



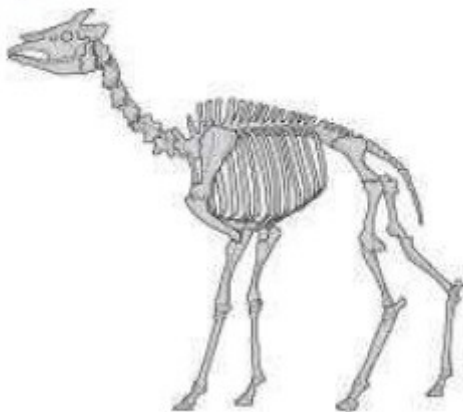
Czaszka konia

I ten przepis działa zawsze, choć kształt poszczególnych kości może się bardzo, bardzo różnić. Jaki z tego wniosek? Przede wszystkim taki, że człowieka można zaliczyć do współczesnych zwierząt, ale to oczywiście zbyt mało, żeby ukazać ewolucję w działaniu. Przypominam jednak, że mamy pracować jak detektyw, który

na podstawie śladów rekonstruuje przeszłe zdarzenia. W tym wypadku śladem jest podobieństwo szkieletów wszystkich współczesnych zwierząt, a trudno zanegować, że to podobieństwo jest dokładnie tym, czego powinniśmy oczekiwać, gdyby wszystkie one (i my też) pochodziły od wspólnego przodka, a dodatkowo były bliższymi lub bardziej odległymi jego potomkami. Z upływem kolejnych epok, pierwotny szkielet podlegał coraz głębszym modyfikacjom. Wspólny przodek niektórych współczesnych zwierząt żył stosunkowo niedawno. Spójrzmy na żyrafę i okapi.



Żyrafa



Okapi

Nie można wprawdzie powiedzieć, że żyrafa to rozciągnięte w pionie okapi, bo oba są współczesnymi gatunkami, ale z dużą pewnością można przyjąć, że ich wspólny przodek z wyglądu znacznie bardziej przypominał okapi (w tym akurat przypadku nie trzeba zgadywać, bo mamy bardzo dobre świadectwa kopalne, ale nie o skamieniałościach mówimy w tym rozdziale). Z kolei impala i gnu* też są bliskimi kuzynkami, a ich pokrewieństwo z okapi i żyrafą jest wyraźnie dalsze, cała czwórka

zaś spowinowacona jest z innymi parzystokopytnymi, na przykład ze świniami i guźcem (ta dwójka z kolei to bliscy krewni pekari). Pokrewieństwo między parzystokopytnymi a końmi i zebrawi jest nieco odleglejsze, co nie powinno dziwić, bo jak wiemy, konie (ani zebry) nie mają rozszczepionych („parzystych”) racic, tylko pojedyncze kopyta. Takie dwójki możemy tworzyć dalej i nawet — dla wygody zapisu — z pary kuzynów tworzyć grupę i umieszczać ją w kolejnym nawiasie, potem tworzyć (grupy (grup kuzynów)), (grupy (grup (grup kuzynów))). Nawias to dość wygodne w tym kontekście narzędzie, zwłaszcza gdy pamiętamy, że o kuzynach pierwszego stopnia (podwójny nawias) mówimy w przypadku wspólnych dziadków, o kuzynach drugiego stopnia (potrójny nawias) przy wspólnych prapradziadkach i tak dalej... Mamy zatem{(wilk lis) (lew leopard)} {(żyrafa okapi) (impala gnu)}. I tak oto poprzez pochodzenie i pokrewieństwo prostą drogą dotarliśmy do genealogii, czyli do drzewa rodowego.

Stwierdziłem wyżej, że tak wyraźne podobieństwo musi świadczyć o pokrewieństwie (czyli że drzewo podobieństw jest w istocie drzewem genealogicznym), ale czy rzeczywiście jest to nieunikniony wniosek. Czy nie jest możliwa inna interpretacja tych samych faktów? Jest, ale słabiutka. Ten hierarchiczny wzorzec podobieństwa zwierząt oczywiście dostrzeżono przed Darwinem i kreacjoniści tamtych czasów zaproponowali pewne nieewolucyjne wyjaśnienie, tyle że żenująco „naciągane”. Zgodnie z ich koncepcją podobieństwa między zwierzętami miałyby wynikać z tego, iż Stwórca (projektant), realizując swoje dzieło, posłużył się ograniczoną liczbą pomysłów — tematów — jak powinny wyglądać zwierzęta jeden „temat” realizowały ssaki, inny owady... Każdy zaś elegancko podzielony na podtematy (na przykład parzystokopytne u ssaków), a potem jeszcze na podpodtematy (świnie wśród parzystokopytnych). Znać, że „tematologia” służyła obronie ich idei i odzwierciedlała myślenie życzeniowe. Współcześni kreacjoniści raczej nie sięgają już po ten argument. W zasadzie badania z zakresu anatomii porównań zwierząt, podobnie jak cała biogeografia, to wątki niechętnie poruszane w kreacjonistycznych polemikach, ci ludzie wyraźnie wolą wciąż wracać do skamieniałości, bo uważają (błędnie) i wierzą, że na tym gruncie łatwiej im będzie podważać teorię ewolucji.

ŻADNYCH POŻYCZEK

Pomysł, że stwórca dobrowolnie ograniczył się do kilku „tematów”, uznać można za dość absurdalny, ale w sumie to nie ma co się dziwić, bo każdy ludzki projektant też jest szczęśliwy jeśli może sobie „pożyczać” coś, co dobrze działa w jednym wynalazku i wykorzystywać to całkiem gdzie indziej. Powiedzmy na przykład, że mamy temat „samolot” i temat „pociąg” (w wariacie pasażerskim).

* Ostatnio coraz powszechniej zamiast gnu pojawia się afrykanerskie „wildebeest” (Na szczęście tylko w piśmiennictwie anglosaskim — przyp. tłum.), ja jednak z różnych względów, między innymi i z racji tradycji literackiej (na przykład piosenki Flandersa i Swanna), staram się walczyć o zachowanie „antylopy gnu”.

Rzeczywiście — oświetlenie do czytania, które dobrze sprawdza się w samolocie, zapewne nada się też do zamontowania przy siedzeniach pasażerskich w pociągu; to zrozumiałe, bo oba służą do tego samego. Kiedy pojawiły się pierwsze samochody, mówiono o nich „powóz bez konia”; nietrudno się chyba domyślić, dlaczego. Jednak powóz nie potrzebuje koła sterowego — tę funkcję, pełnią lejce — natomiast automobil tak, trzeba było zatem poszukać gdzie indziej. Nie jestem historykiem technikiem i nie wiem, czy tak zdarzyło się naprawdę, ale podejrzewam, iż źródłem inspiracji dla konstruktorów pierwszych samochodów była w przypadku kierownicy technologia z zupełnie innej dziedziny, a mianowicie szkutnictwa — zanim pojawiła się kierownica, w automobilach montowano rumpel, tyle że nie z tyłu, jak w łodziach, a z przodu.

Jeśli pióra byłyby tak dobrym elementem „tematu” ptasiego tak dobrym, że mają je wszystkie ptaki, nie tylko te latające to dlaczego nie ma ani jednego opierzonego ssaka. Czemu stwórca nie wykorzystał tej świetnej idei — piór właśnie — u nietoperza? Odpowiedź ewolucjonisty na tak postawione pytanie jest jasna: wszystkie ptaki mają pióra, bo odziedziczyły je po swoim wspólnym przodku, od którego nie pochodzi żaden ssak*. To proste jak drut. Podobieństwo zwykle łączy się z pokrewieństwem; drzewo życia aż po najmniejszą ze swoich gałęzi jest drzewem genealogicznym.

Przyroda nie wszędzie jest aż tak „prosta”, ale dzięki temu jest bardziej interesująca. Mamy całe mnóstwo przykładów, gdzie, przynajmniej na pierwszy rzut oka, wydaje się, że jakaś idea została „pożyczona” z jednej gałęzi drzewa życia i szczepiona na innej, tak jak szczepi się drzewa owocowe, weźmy choćby delfina. Ten nieduży (jak na standardy swojego rzędu) waleń wygląda zupełnie jak wielka ryba, a jeden z gatunków ryb (koryfena — *Coryphaena hippuris*) często jest nawet mylony z delfinem. Faktycznie — mają bardzo złożony opływowy kształt, który świetnie przystaje do ich trybu życia. Koryfena i delfin to drapieżniki czatujące na swoje ofiary tuż pod powierzchnią wody. Jednak mimo tak podobnego kształtu zwierzęta te mają zupełnie inny sposób pływania, co łatwo zauważyć, jeśli podejrzemy je w ich naturalnym środowisku. Wtedy przekonamy się, że nie doszło tu do żadnych „pożyczek”, a podobieństwa są powierzchowne. Otóż u obu tych zwierząt głównym elementem napędowym jest ogon, ale koryfena, jak każda ryba, uderza nim w wodę w poziomie, natomiast pływający delfin zdradza swoje ssacze

* Mam nadzieję, że moi czytelnicy znają się na biologii nieco lepiej niż autor „Księgi kapłańskiej” i nie sądzą, że nietoperz jest ptakiem. W rozdziale 11 tejże księgi w wersetych 13-19 znajduje się długa lista ptaków, które Stary Testament uznaje za „nieczyste”. Listę rozpoczyna orzeł, a kończą „wszelkie gatunki czapli, dudek i nietoperz”. A przy okazji, to bardzo ciekawe, dlaczego praktycznie wszystkie religie tworzyły takie wykazy „nieczystych” zwierząt (Redaktorzy polskiej Biblii Tysiąclecia nie byli pewni swoich czytelników i na wszelki wypadek w przypisie zamieścili informację, że nietoperz nie jest ptakiem. Warto też dodać, że wierni chrześcijanie — czytelnicy angielskiej Biblii Króla Jerzego — powinni się wystrzegać innego ptactwa niż wierni chrześcijanie — czytelnicy Biblii Tysiąclecia. Dla Polaków „nieczysty” jest dudek, dla Anglików czajka — przyp. tłum.).

pochodzenie, poruszając ogonem w płaszczyźnie pionowej. To konsekwencja odmiennej budowy kręgosłupa — ryby tak samo jak węże potrafią wyginać kręgosłup na boki, ssakom natomiast znacznie sprawniej idzie zginanie się do przodu i do tyłu. „Boczne” wyginanie odziedziczyły po wspólnych z rybami przodkach, jaszczurki i węże, które niemal tak samo „pływają”, poruszając się po lądzie.

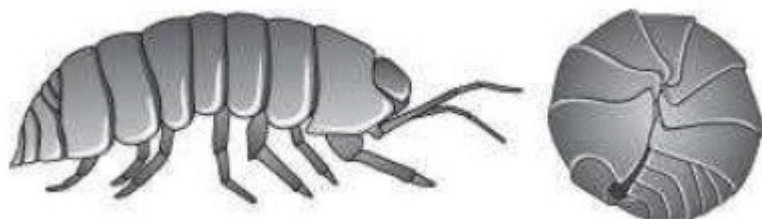
Cóż za kontrast z galopującym koniem albo biegnącym gepardem. U nich też w ruchu pracuje cały kręgosłup, ale wygina się w płaszczyźnie góra -dół, a nie, jak u ryb, lewa-prawa. Bardzo ciekawe, jak u przodków ssaków doszło do tej zmiany. Możliwe, że istniały jakieś stadia pośrednie, w których kręgosłup był sztywny, jak u żab. Z drugiej strony krokodyle na przykład potrafią biegać (i to z przerażającą szybkością), a bardzo sprawnie przemieszczają się też, wyginając ciało jak jaszczurki, ruchem znacznie powszechniejszym wśród gadów. Przodek ssaków w niczym nie przypominał krokodyla, ale może to właśnie te gady pokazują, jak mógł łączyć obydwie sposoby poruszania się. W każdym razie nie ulega wątpliwości, że przodkowie wielorybów i delfinów byli pełnoprawnymi lądowymi ssakami które, galopując, przemierzały prerie, pustynie i tundry, poruszając się przy tym w charakterystyczny dla ssaków sposób. Zachowały te ruchy, gdy wróciły do wody. Dlatego więc równie dobrze możemy mówić, że podczas gdy wąż „pływie” po lądzie, to delfin „galopuje” przez wodę! Znajduje wykaz w anatomii — płetwa (ogon) delfina i płetwa koryfeny na pierwszy rzut oka wyglądają podobnie, ale u delfina koniec jest poziomy, u koryfeny natomiast widlasta płetwa ustawiona jest pionowo. Ssacza przeszłość jest jeszcze na wiele innych sposobów zapisana w ciele delfina; powrócimy do tego w jednym z dalszych rozdziałów.

Przykładów takiego silnego, ale przypadkowego podobieństwa jest wiele; tak wiele, że czasem rzeczywiście trudno odrzucić hipotezę „pożyczek”. Przyjrząwszy się bliżej, wszędzie odkrywamy jednak, że ta hipoteza nic nie wyjaśnia zwierzęta naprawdę do siebie podobne muszą być spokrewnione, a nawet łudzące podobieństwa u gatunków niespokrewnionych tracą znaczenie w zestawieniu ze znacznie licznymi poważnymi różnicami. Na przykład kulanka to powszechnie występujące wielonogie stworzonko, które w sytuacji zagrożenia zwija się w kulkę i wygląda wtedy trochę jak mały pancernik. Stąd zresztą wzięła łacińską nazwę: *Armadillidium*.



Kulanka

Kulanki zaliczamy do skorupiaków (dokładniej stonóg), A vulgaris spokrewniona jest więc dość blisko z krewetkami. chociaż żyje na lądzie, jej wodne pochodzenie zdradza sposób oddychania — ma skrzela, które muszą być utrzymywane w wilgoci. Jest też jeszcze jedno zwierzę zachowujące się identycznie i jeśli zobaczylibyśmy oba te stworki zwinięte koło siebie, trudno byłoby nam je rozróżnić. Tylko że to drugie nie jest skorupiakiem, a krocionogiem.



Krocionóg

Tak więc mamy zmodyfikowaną stonogę i zmodyfikowanego krocionoga, na pierwszy rzut oka niemal nierozróżnialne (w potocznym angielskim nawet nazywa się je tak sanm pili bugs, robaki-pigułki). Wystarczy jednak takie żywe kulki (delikatnie!) rozwinąć i natychmiast ujawni się jedna zasadnicza różnica — krocionóg w każdym segmencie ma dwie pary nóg, stonoga tylko po jednej. Bliższe badanie ujawni, że pod wieloma innymi względami nasz krocionóg przypomina inne krocionogi, a kulanka inne stonogi. Podobieństwo między nimi jest tylko powierzchowne — kolejny przykład ewolucyjnej konwergencji.

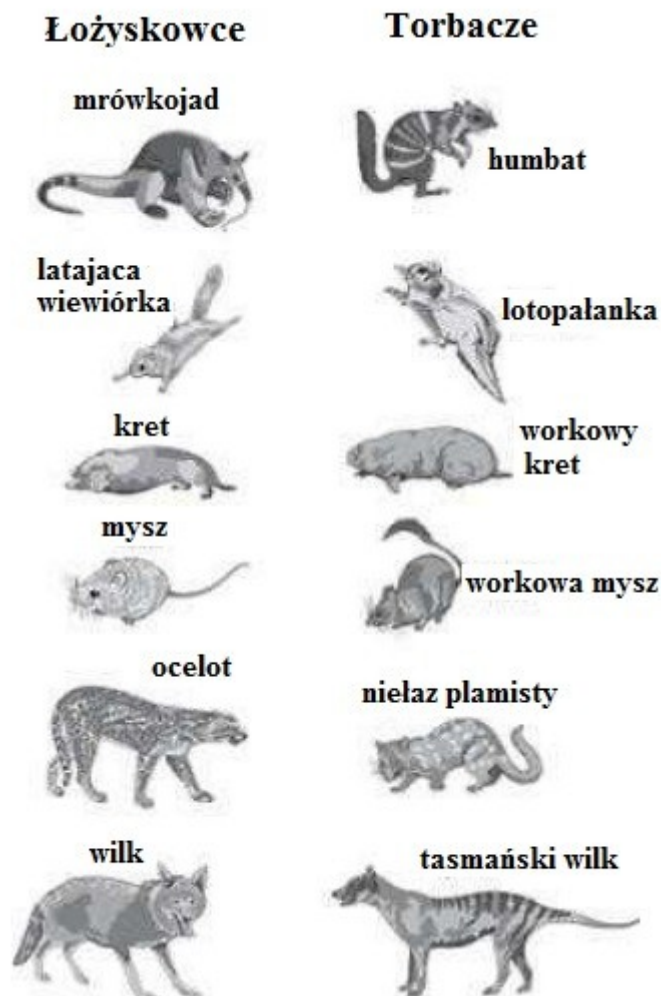
Większość zoologów, o ile nie specjalizują się w kynologii, uzna, że przedstawiona na poniższej ilustracji czaszka należała do psa.



Czaszka Thylacinusa, zwanego też wilkiem tasmańskim

Specjalista jednak odkryje, że nie — wystarczy, że obejrzy czaszkę od spodu i zauważy dwa charakterystyczne otwory w podniebieniu. To typowa cecha anatomiczna torbaczy, grupy (rzędu) ssaków dziś występujących niemal wyłącznie w Australii. Ściśle mówiąc, jest to czaszka Thylacinumi, zwanego też wilkiem tasmańskim. Konwergencja między wilkami tasmańskimi a prawdziwymi psami ze względu na budowę czaszki nie dziwi, gdyż gatunki te — przez pewien czas nawet

konkurujące ze sobą w Australii i na Tasmanii prowadziły bardzo podobny tryb życia (prowadziły, bo ty *Thylacinus* wyginął). W rozdziale poświęconym biogeografii pisałem już o wspaniałych australijskich ssakach-torbaczach. W kontekście zagadnień omawianych w tym rozdziale ważne jest przede wszystkim, że w przypadku tych zwierząt i ich odpowiedników wśród „łożyskowców” (czyli ssaków nie należących do rzędu torbaczy), które dominują na wszystkich pozostałych kontynentach, konwergencja jest częstym zjawiskiem i wilk tasmański nie należy do wyjątków. Jak widzimy na zamieszczonej poniżej ilustracji, podobieństwa między zwierzętami podlegającymi podobnym naciskom środowiskowym są rzeczywiście bardzo wyraźne, ale nie ma mowy o identyczności, znów zatem brak argumentów na rzecz stwórcy „pożyczającego” własne rozwiązania.

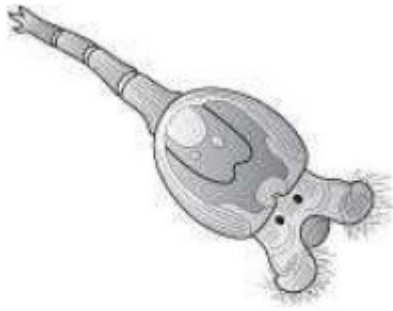


Wymiana genów w puli genetycznej w procesie rozmnażania płciowego może być w pewnym sensie uznana za przykład pożyczania (lub dzielenia się) genetycznymi „pomysłami”, ale taka postać rekombinacji jest możliwa tylko w ramach jednego gatunku, więc w rozdziale poświęconym porównaniom międzygatunkowym (na przykład torbaczy i łożyskowców), możemy ją pominąć. Natomiast nie możemy nie wspomnieć o tym, iż „pożyczanie” DNA jest rozpowszechniane wśród bakterii i to nawet wśród szczepów bardzo luźno spokrewnionych. Niektórzy biolodzy taki proces podbierania DNA przez bakterie uznają nawet za zjawisko prekursorskie wobec rozmnażania płciowego. Dla nas jest on ważny nie tylko z przyczyn czysto poznawczych, ale również dlatego, że w ten

sposób bakterie nabywają różne cenne umiejętności, na przykład odporność na antybiotyki.

Ten proces bywa czasem nazywany „transformacją DNA” — co jest niezręczne i mało pomocne. Wszystko przez to, że kiedy w roku 1928 Frederick Griffith go odkrył, nikt jeszcze nie rozumiał czym jest DNA. W każdym razie Griffith wykazał, że pneumokoki potrafią przejąć zjadliwość od innego szczepu, nawet jeśli należące do niego bakterie zostały już zabite. Dziś wiemy, że szczep wcześniej niezjadliwy potrafi włączyć do swojego nową część DNA szczepu zjadliwego — DNA nie przejmuje się tym, że jest „nieżywy”; to tylko zakodowana informacja. Poświęciłem ten rozdział pożyczkom, możemy być pewni, że w opisanym przypadku niezjadliwy szczep „pożyczy sobie genetyczny „pomysł” od szczepu zjadliwego. I rzeczywiście bakteria pożyczająca sobie geny od innej bakterii to coś zupełnie innego niż Projektant pożyczający z pewnych „tematów” własne pomysły i stosujący je w innych. To jest dość ważny wątek, gdyby bowiem podobne zjawisko występowało u zwierząt, a nie tylko u bakterii, hipotezę „pożyczającego Projektanta” byłoby znacznie trudniej obalić. Pomyślmy — gdyby działało się tak z nietoperzami i ptakami, i gdyby istotnie jakiś fragment ptasiego genomu mógł zostać przeniesiony — przez zakażenie bakteryjne lub infekcję wirusową na przykład — i zaimplementowany w genomie nietoperza? Czy wtedy któryś z gatunków nietoperzy mógłby porosnąć piórami, korzystając z ptasich genów pożyczonych w genetycznym wariacie procedury „kopiuj i wklej”? Otóż coś takiego jest niemożliwe. U zwierząt transfer genetyczny w zasadzie ogranicza się wyłącznie do rozmnażania płciowego i zachodzi wewnątrz gatunku. Właściwie gatunek można wręcz zdefiniować jako grupę zwierząt, pomiędzy którymi zachodzi transfer genów. Kiedy dwie populacje należące do jednego gatunku są od siebie przez wystarczająco długi czas oddzielone, taka seksualna wymiana genów przestaje być możliwa (zwykle przyczyną takiej wstępnej separacji jest bariera geograficzna, jak już wiemy z poprzedniego rozdziału), ale wtedy mówimy o powstaniu nowego gatunku. Wymiana genów między tymi gatunkami nigdy już nie nastąpi, o ile oczywiście pominiemy przypadek ingerencji człowieka poprzez inżynierię genetyczną. Jonathan Hodgkin profesor genetyki z Oksfordu, wskazuje tylko trzy i to szczególnej natury wyjątki od tej reguły — nicienie, muszki owocowe i (na znacznie poważniejszą skalę) bdeloidy pijawczaki.

Te ostatnie są bardzo interesującym przypadkiem, bo wszystko wskazuje, że jest to jedyna większa grupa eukariontów, w której nie występuje podział na płci. Zgodnie z jedną z teorii pijawczaki mogły zrezygnować z seksu, bo zdecydowały się wrócić do wcześniejszej, bakteryjnej drogi wymiany genów. W królestwie roślin natomiast międzygatunkowy transfer genów jest znacznie powszechniejszy. Na przykład pasożytnicza kianianka (*Cuscuta*) przekazuje własne geny roślinom, wokół których się oplata*.



Bdeloid

Mam pewien problem z żywnością modyfikowaną genetycznie (GMO). Z jednej strony doskonale zdają sobie sprawę z potencjalnych korzyści z inżynierii genetycznej, z drugiej jednak sądzę, iż należy zachować ostrożność. Ostatnio zetknąłem się zresztą z nowym argumentem w tej debacie i uważam, że warto go tu przytoczyć. Otóż dziś mamy spore pretensje do naszych przodków, którzy często bez żadnych istotnych powodów zasiedlali różne gatunki zwierząt na zupełnie nowych ziemiach. Na przykład amerykańską szarą wiewiórkę sprowadził dla kaprysu do Wielkiej Brytanii ówczesny książę Bedford. Dziś wiemy, jak krańcowo nieodpowiedzialne było to działanie. Bardzo jestem ciekaw, co z kolei poczynionym przez nasze pokolenie zamieszaniu w genach powiedzą przyszli taksonomowie. Przykładów takich modyfikacji można wskazać wiele. Ostatnio czytałem na przykład, że ktoś wpadł na pomysł, by gen „przeciw zamarzaniu” przenieść z arktycznych ryb do pomidorów, żeby chronić przed wymarzeniem, a gen, dzięki któremu meduza wytwarza specyficzną poświatę, zaimplementować do genomu ziemniaka, co ma sprawić, że roślina zacznie świecić, kiedy potrzebuje wody. Ba, słyszałem nawet o pewnym „artyście”, który korzystając z genów meduzy, zamierza stworzyć „instalację” — świecącego psa. Moim zdaniem to już czyste

*Niektórzy biolodzy uważają, że obecność hemoglobiny w roślinach to potencjalny dowód na „pożyczanie” przez rośliny DNA z królestwa zwierząt. Na przykład niektóre rośliny z rodziny bobowatych (dawniej nazywanych motylkowatymi) mają na korzeniach wyrosła zwane brodawkami korzeniowymi, w których żyją bakterie potrafiące wiązać wolny azot z atmosfery. To dlatego rolnicy w ramach płodozmianu zasiewają pola koniczyną albo wyką — jeśli taka uprawa zostaje później zaorana, do gleby dostaje się dużo cennego azotu. Brodawki korzeniowe mają czerwonawą barwę, ponieważ zawierają białka naturalne pełniące funkcje analogiczne do globin u człowieka, a w naszym organizmie to właśnie cząsteczki hemoglobiny powodują czerwone zabarwienie krwi. Jednak geny odpowiedzialne za produkcję hemoglobiny są częścią roślinnego, a nie bakteryjnego genotypu, hemoglobina jest natomiast ważna dla bakterii, bo potrzebują one tlenu. Można przyjąć że między bakterią a rośliną dochodzi do transakcji: bakteria dostarcza przydatnego azotu, w zamian zaś dostaje od rośliny-gospodarza schronienie i tlen (transportowany dzięki hemoglobinie). Ponieważ hemoglobina w sposób naturalny kojarzy nam się z krwią, kalkulacje, czy gen odpowiedzialny za produkcję tej cząsteczki nie został jakoś „wypożyczony” przez rośliny ze zwierzęcego genomu (mogły go na przykład przetransportować bakterie), są zupełnie zrozumiałe. To byłby świetny pomysł do „pożyczenia”. Niestety — (pomyślmy tylko — „transfuzja krwi” między królestwami!), ale cała koncepcja, okazała się fałszywa. Biologia molekularna jednoznacznie dowodzi, iż takie geny są obecne w roślinnym genomie od bardzo dawna i nie ma mowy o żadnych późniejszych „pożyczkach”.

używanie nauki w imię rzekomej wolności sztuki, pomijam nawet pretensjonalność tego projektu. Czy ten szkodliwy proceder może posunąć się dalej? Czy takie lekkomyślne umysły mogą istotnie zakłócić przyszłe badania nad ewolucyjnym pokrewieństwem gatunków? Wątpię, ale w tak delikatnej materii ostrożność nigdy nie zawadzi. Zasada ostrożności, którą tu proponuję, ma na celu wyłącznie to, by uświadomić wszystkim potencjalne konsekwencje wyborów i działań, które podejmujemy dziś i które w tej chwili wydają się bezpieczne, natomiast przyszłość może pokazać, że jest zupełnie inaczej.

SKORUPIAKI

Rozpocząłem ten rozdział od rozważań o szkielecie kręgowców, wspaniałego przykładu niezmiennego wzorca istniejącego w olbrzymiej liczbie wariantów. Tę samą prawidłowość możemy dostrzec praktycznie we wszystkich dużych grupach zwierząt. Mój ulubiony przykład to dziesięcionogi, rząd skorupiaków z gromady pancierzowców, do którego należą między innymi homary, krewetki, kraby i kraby pustelniki (które zresztą naprawdę w ogóle nie są krabami). Budowa wszystkich dziesięcionogów jest identyczna. Podczas gdy my mamy twarde szkielet okryty miękkimi organami, te skorupiaki mają egzoszkielet składający się ze sztywnych lub skrywających i ochraniających miękkie części ciała tub. Tuby są połączone rodzajem zawiasów, w pewnym sensie dość podobnie do naszych kości. Oczywiście „zawiasy” mają różną wytrzymałość — na przykład w szczypcach homara i kraba są znacznie bardziej masywne niż w odnóżach. Mięśnie znajdują się wewnątrz tworzących egzoszkielet tub (homologiczne do mięśni poruszających szczypce są w ludzkiej mierze mięśnie palca wskazującego i kciuka).

U skorupiaków, podobnie jak u kręgowców, a odmiennie niż u meduz i jeżowców, występuje symetria dwuboczna, a ich ciało ma budowę segmentową. Wszystkie segmenty są dość podobne, choć oczywiście różnią się szczegółami, w skład każdego wchodzi krótka „tuba” połączona sztywno, albo za pomocą „zawiasów” z sąsiednimi segmentami. Podobnie jak u kręgowców, u skorupiaków możemy wykryć pewien powtarzalny wzorzec wspólny dla tylnych i przednich segmentów ciała. Na przykład główny szlak nerwowy, który biegnie przez całe ciało po stronie brzusznej (u kręgowców po stronie grzbietowej), ma w każdym segmencie po dwa zwoje nerwowe (gangliony — to taki jakby niby mózg*), z których wychodzą nerwy „obsługujące” dany segment. Z większości segmentów po obu stronach wyrastają poroża, a każde z nich również składa się z płytek połączonych stawami i niemal wszystkie kończą się rozdwojeniem, w zasadzie można nazwać szczypcami. Głowa również ma budowę segmentową, jakkolwiek — kolejna analogia do budowy kręgowców — wzorzec jest w jej przypadku znacznie bardziej zróżnicowany niż reszty ciała. Od części głowowej wychodzi kilka par odnóży, które jednak nie pełnią funkcji lokomocyjnych, ponieważ uległy daleko idącej modyfikacji, część przekształciła się w czułki, a inne stały się elementem aparatu szczękowego. Z pewnymi zależnymi od gatunku wariantami, zaczynając od przedniego końca ciała, wyróżniamy dwie pary czułek zwanych odpowiednio antenulami mlenkami (albo

prościej czułkami I i II pary), potem żuchwy (znów I i II pary) i następnie skrzela. Posuwając się ku tyłowi ciała, w każdym kolejnym segmencie napotykały pary odnóży. Te w środkowej części ciała zwierzę wykorzystuje zwykle do chodzenia, tylne odnóża odwłokowe częściej służą do czegoś innego, na przykład do pływania.

U homara i krewetki w pierwszym segmencie za częścią odwłokową znajdują się szczypce, a kolejne cztery pary odnóży to nogi. Segmenty, z których wyrastają nogi i szczęki, są połączone i tworzą tułów, reszta ciała zaś to odwłok. Od segmentów tworzących odwłok (bez ostatniego) wychodzą bardzo cienkie i drobne wypustki, wykorzystywane w pływaniu (na przykład przez pełne wdzięku krewetki).

* Mało kto wie, że również dinozaury miały w miednicy zwój nerwowy, (przynajmniej w stosunku do „głównego” mózgu), także w zasadzie można by go należało za drugi mózg. Amerykański poeta Bert Leston Taylor (1866-1921) tę tajemnicę dinozaurzego systemu nerwowego uczynił motywem przeuroczego wierszyka (który przełożył spolszczył profesor Zbigniew Jaworowski na potrzeby książki Andrzeja Trepki "Zwierzęta wychodzą z mózr" (Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1977) — przyp. tłum):

Patrzcie, oto dinozaur,
co prehistoryczny laur
zdobył nie za wzrost wspaniały,
lecz intelekt doskonały.
Jak to widać z jego kości,
miał dwa źródła swej mądrości:
jedno z nich - zwyczajnie w głowie,
drugie, tam gdzie nie wysłowię.
Zatem każde swe marzenie
mógł snuć głową lub siedzeniem
i bez żadnej wątpliwości
abstrakcyjne zawiłości
rozstrzygała głowy strona,
lub też strona od ogona.
Był więc mądry i dostojny
i w dwa swoje mózgi zbrojny.
Gdy mózg przedni był zmęczony
to poprzez rdzeń przedłużony
parę myśli słał tylnemu,
by się włączył do problemu.
Gdy jednemu błąd wytknięto
- gad stał z miną uśmiechniętą
bo mózg-sąsiad z oponentem
walczył nowym argumentem.
Wszystko dwakroć przemyślał,
więc swych zdań nie odwoływał
i mógł myśleć bez zmęczenia
o "aspektach zagadnienia".
Szkoda, że ten mądry gad
zgasł przed milionami lat.



Odwłok samca kraba. Na wąskim, podwiniętym odwłoku widoczne kolejne segmenty

U krabów z kolei głowa i tułów łączą się w jedną strukturę i stąd odchodzi wszystkie dziesięć pierwszych par odnóży. Poza tym odwłok jest znacznie mniejszy i nie widać go z większej odległości, ale jeśli odwrócimy kraba „na plecy” i przyjrzymy się dokładnie, bez kłopotu zobaczymy, że jego odwłok też ma budowę segmentową. Na rysunku na poprzedniej stronie widać wąski odwłok samca kraba. Samice mają szerszy odwłok, który trochę przypomina fartuch — i tak też czasem bywa nazywany. Kraby pustelniki różnią się od swoich najbliższych krewnych głównie tym, że ich odwłok jest asymetryczny, a także niepokryty twardym pancerzem. Nic dziwnego, tym skorupiakom bowiem ochronę zapewniają zasiedlane przez nie porzucone muszle mięczaków; stąd też asymetria odwłoka, niezbędna, żeby się w taką muszlę wpasować.

Aby zrozumieć, w jak cudowny sposób ciała różnych skorupiaków tak bardzo się różnią w podlegających modyfikacjom szczegółach, zachowując niezmienny ogólny plan ciała, wystarczy przyjrzeć się zamieszczonej na następnej stronie ilustracji autorstwa słynnego XIX-wiecznego zoologa Ernesta Haeckela, być może najbardziej oddanego ucznia Darwina w Niemczech tej epoki (co prawda Darwin nie pałał równą sympatią do Haeckela, ale nawet on na pewno nie odmówiłby mu talentu rysownika). Patrząc na te ryciny, możemy zaobserwować dokładnie tu samo, co dostrześliśmy wcześniej, uważnie przyglądając się szkieletom kręgowców — obojętne, u kraba, raka czy langusty w szkielecie wyróżnić można dokładnie te same elementy, różniące się wielkością i kształtem, ale już nie uporządkowaniem. Znowu zatem możemy powiedzieć, że zmieniają się (i to czasem bardzo), części składowe, ale sam egzoszkielet pozostaje niezmienny. I znowu oczywistym — a ja dodałbym jeszcze jedynym rozsądnym — wyjaśnieniem tego faktu jest przyjęcie założenia, że taki plan budowy wszystkie skorupiaki odziedziczyły po wspólnym przodku. Każdy ze spadkobierców nadał swemu dziedzictwu indywidualny kształt, ale zarazem żaden z nich nie naruszył jego zasadniczych zrębów.



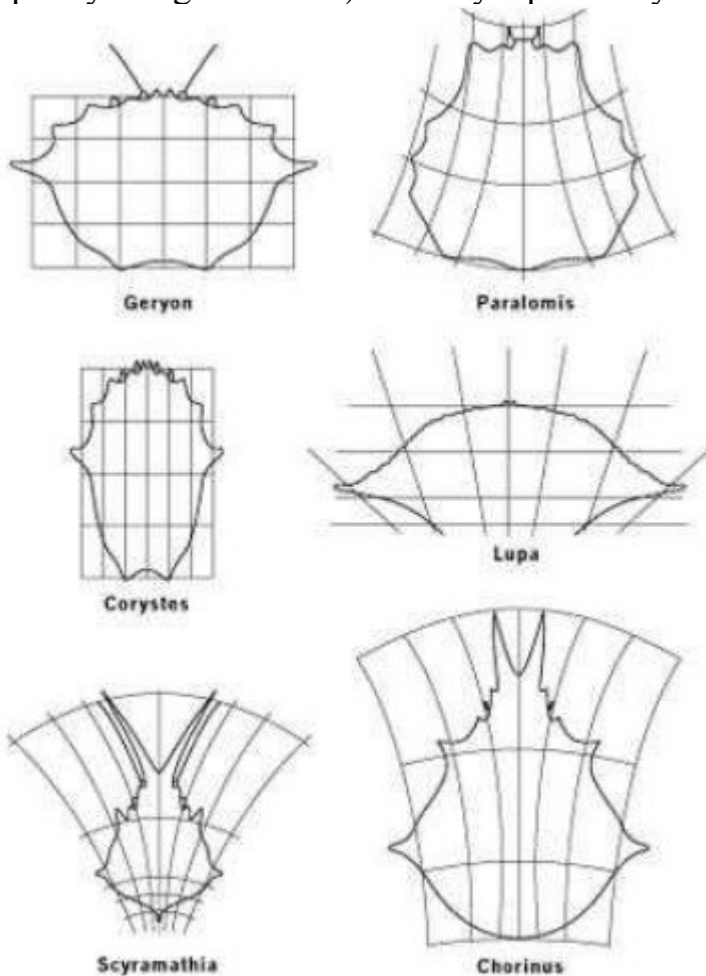
Skorupiaki Heackela. Ernst Heackel był wybitnym niemieckim zoologiem i bez wątpienia również wspaniałym (zoologicznym) artystą.

CZEGO MÓGLBY DOKONAĆ D'ARCY THOMPSON, GDYBY MIAŁ KOMPUTER

W roku 1917 wielki szkocki zoolog D'Arcy Thompson* opublikował książkę "On Growth and Form" ("O wzroście i formie" w której ostatnim rozdziale zaproponował swoją słynną „metodę transformacji”. Metoda ta polegała na tym, że Thompson rysował jakieś zwierzę na papierze milimetrowym, a następnie poddawał rysunek pewnym matematycznym przekształceniom i w rezultacie otrzymywał ilustrację przedstawiającą zwierzę, spokrewnione z pierwotnie przedstawionym na rysunku. Trochę tak, jakby sportretować jakiś gatunek na arkuszu gumy. Matematyczne przekształcenia, o których mówiłem, można w takim momencie traktować jako odpowiednik rozciągania i kurczenia tego arkusza w różnych kierunkach. D'Arcy Thompson wziął na przykład sześć różnych krabów, odwzorował

* D'Arcy Wentworth Thompson był chyba największym erudyta wśród uczonych nie tylko swojej epoki. Nie tylko posługiwał się wspaniałą, patrycjuszowską angielszczyzną, nie tylko publikował prace z zakresu matematyki i studiów klasycznych, będąc jednocześnie profesorem historii naturalnej na najstarszym szkockim uniwersytecie, to jeszcze w swoich dziełach zamieszczał bardzo liczne cytaty (oczywiście, uznając, że nie można tłumaczyć —jakże wiele zmieniło się od tego czasu) w grece, po łacinie, włosku, francusku i nawet w prowansalskim, choć trzeba przyznać, że te ostatnie przełożył na francuski.

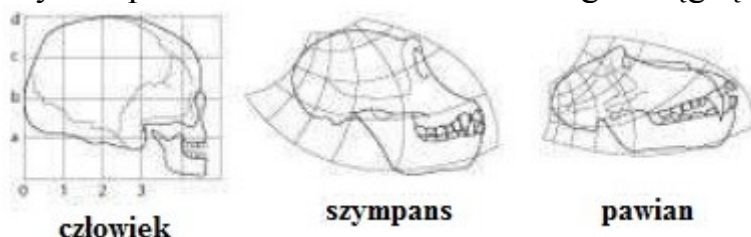
dokładnie sylwetkę jednego z nich na papierze milimetrowym i pokazał, że za pomocą transformacji jest w stanie uzyskać bardzo dokładne wizerunki pięciu innych gatunków (niestety brak tu miejsca, by omówić matematyczny aspekt tych przekształceń, choć jest on niezwykle ciekawy). Autor "On Growth and Form" sam niezbyt interesował się ewolucją, ale łatwo sobie wyobrazić, w jaki sposób do opisywanych przez niego „transformacji” mogły doprowadzić mutacje genetyczne. I nie chodzi tu o to, że Geryon — czy ktokolwiek z tej szóstki skorupiaków — istotnie był przodkiem pozostałych, absolutnie nie. Kluczowym stwierdzeniem jest to, że niezależnie od faktycznego wyglądu owego przodka i typu, transformacje mogłyby łatwo zmienić każdy z tych pięciu gatunków (albo hipotetycznego antenata) w każdy z pozostałych.



Transformacje kraba D'Arcy'ego Thompsona

Oczywiście ewolucja nigdy nie działa w ten sposób. Nie wybiera sobie jednego dorosłego osobnika i nie nakłania do przybrania kształtu kogoś innego. Jak pamiętamy, zwierzę najpierw było zarodkiem i na tym właśnie etapie musiały zacząć działać mutacje, które sprawiły, że względne tempo wzrostu różnych części ciała uległo zmianie. W rozdziale VII wyjaśniałem, w jaki sposób ewolucję ludzkiej czaszki można interpretować właśnie jako serię takich zmian kontrolowanych przez geny aktywne w rozwijającym embrionie. Można by zatem oczekiwać, że jeśli narysujemy ludzką czaszkę na arkuszu „matematycznej gumy” i poddamy rysunek odpowiednim operacjom, uzyskamy obraz przynajmniej wykazujący podobieństwo

do czaszki naszego bliskiego kuzyna szympansa, a jeśli będziemy te transformacje prowadzić dalej, wygenerujemy portret któregoś z bardzo odległych krewnych, na przykład pawiana. I dokładnie coś takiego osiągnął D'Arcy Thompson.



D'Arcy'ego Thompsona transformacja czaszki

Proszę jednak pamiętać, że wyjście od ludzkiej czaszki, by potem przekształcać ją w czaszkę szympansią czy pawianią, było decyzją czysto arbitralną. Równie dobrze autor mógł rozpocząć od szympansa i później, po odpowiednich transformacjach, zaprezentować człowieka albo pawiana. Oczywiście, gdyby to była książka o ewolucji (ale D'Arcy Thompson, jak pisałem, ewolucjonistą nie był), warto byłoby zacząć od czaszki australopiteka i zobaczyć, jakie transformacje są niezbędne, by powstała czaszka współczesnego człowieka. To z pewnością udałoby się autorowi "On Growth and Form" równie dobrze, jak rysunki zamieszczone powyżej, a z ewolucyjnego punktu widzenia byłoby chyba bardziej interesujące.

Na początku tego rozdziału wprowadziłem pojęcie „homologii” wyjaśniając, dlaczego narządami homologicznymi są skrzydło nietoperza i ludzka ręka. Nieco naciągając powyższe użycie słów, stwierdziłem też, że szkielety mogą być identyczne, mimo że składają się z różniących się kości. Kolejna transformacja D'Arcy'ego Thompsona pozwala nieco precyzyjniej wyrazić tę ideę. W tym „transformacyjnym” ujęciu dwa organy — na przykład ręka i skrzydło — są homologiczne wtedy, gdy można narysować jeden z nich na elastycznym arkuszu gumy i rozciągnąć rysunek tak, by uzyskać obraz drugiego. Matematycy w takim kontekście posługują się pojęciem „homeomorfizmu”^{*}.

Zoolodzy czasów przed-darwinowskich znali zjawisko homologii i nawet anty-ewolucjoniści opisaliby ludzką rękę i skrzydło nietoperza jako narządy homologiczne, a gdyby opanowali jeszcze odpowiednią wiedzę matematyczną, z pewnością chętnie posłużyliby się koncepcją homeomorfizacji. Dopiero jednak po Darwinie, kiedy już było wiadomo, że ludzie i nietoperze mają wspólnego przodka, zaczęto analizować zjawisko homologii w kategoriach ewolucyjnych. W tym ujęciu homologiczne podobieństwa to te, które wynikają z pochodzenia od wspólnego przodka, jeśli zaś podobieństwo dotyczy wyłącznie funkcji spełnianych przez dany organ, mówimy o „analogii” — na przykład skrzydło nietoperza i skrzydło owada to narządy analogiczne. Rzecz jasna, jeśli homologia ma służyć w naszej argumentacji jako kolejny dowód na rzecz ewolucji, nie możemy jej definiować za pomocą

^{*} Najprościej mówiąc, dwie figury są homeomorficzne, jeśli jedną można uzyskać z drugiej za pomocą ściskania, rozciągania, wyginania, zgniatania etc. Nie wolno tylko rozrywać, sklejać ani robić dziur.

ewolucji. Świetnie natomiast nadaje się do tego przed-ewolucyjna definicja homologii. Skrzydło nietoperza i ludzka ręka są homeomorficzne, ponieważ dają się przekształcić w opisany wyżej sposób, analogicznej operacji nie da się natomiast przeprowadzić z rysunkiem przedstawiającym skrzydło nietoperza i owada, ponieważ nie występują w nich odpowiadające sobie elementy. Powszechność takich zoologicznych homeomorfizmów — definiowanych w kategoriach niezwiązanych z procesem ewolucji — może być już uznana za kolejne świadectwo tejże, w narządach homologicznych bowiem bardzo wyraźnie widać, w jaki sposób mogła przebiegać ewolucja: wystarczy, że w fazie rozwoju płodowego zmianie uległo relatywne tempo wzrostu poszczególnych elementów tworzących dany narząd i w ten sposób przednia kończyna dowolnego kręgowca może przybrać kształt nietoperzowego skrzydła.

Od chwili, kiedy sam zacząłem pracować z komputerem (pod koniec studiów, w latach 60.), nurtowało mnie, co mógłby, dysponując takim narzędziem, działać D'Arcy Thompson. W latach 80., kiedy monitory zastąpiły stosowane wcześniej papierowe taśmy i wydruki, pytanie to przestało być czysto teoretyczne. Narysować coś na elastycznym, rozciągliwym arkuszu i później zastosować do tego matematyczne przekształcenia — to wymarzone zadanie dla komputera. Zaproponowałem wtedy, żeby Uniwersytet Oksfordzki ufundował grant dla programisty, który będzie potrafił przenieść transformacje D'Arcy'ego Thompsona na komputerowy monitor tak, żeby poradził sobie z nimi również komputerowy laik. Dostaliśmy pieniądze i zatrudniliśmy Willa Atkinsona, świetnego programistę i przy okazji biologa, z którym szybko się zaprzyjaźniłem i który później doradzał mi przy moich własnych projektach. Kiedy już Atkinson rozwiązał trudny problem stworzenia programu operującego całą gamą możliwych przekształceń, kolejny etap, czyli włączenie tej złożonej matematyki do „biomorficznego” programu sztucznego doboru był już znacznie prostszy, a sam produkt końcowy okazał się dość podobny do mojego programu biomorfów opisanego w Rozdziale II. Tak jak i tam użytkownik („gracz”) zasiadał przed ekranem pełnym różnych zwierzęcych kształtów i mógł wybierać, który z nich chce „hodować” przez kolejne generacje, i również w tym przypadku pewne „geny” były przekazywane z pokolenia na pokolenie, tyle że tym razem ich wpływ polegał na odpowiednim ściąganiu, rozciąganiu i zakrzywianiu pierwotnej postaci zwierzęcia. Teoretycznie rzecz biorąc, za pomocą tego programu powinno być możliwe prześledzenie też naszej ewolucji — należałoby zacząć na przykład od czaszki australopiteka i „hodować” ją w celu powiększenia objętości puszeki mózgowej oraz bardziej płaskiej twarzy — takiej jak nasza. W rzeczywistości jednak ten projekt okazał się bardzo trudny w realizacji i warto się zastanowić, dlaczego.

Otóż jednym przynajmniej z powodów jest to, że transformacje D'Arcy'ego Thompsona zmieniają jednego dorosłego osobnika w drugiego, natomiast, jak już wyjaśniliśmy sobie w Rozdziale VIII, geny nie działają w ten sposób. Każde zwierzę ma własną historię rozwojową, którą rozpoczyna jako zarodek, i z tego stadium dopiero, poprzez gatunkowo zróżnicowany wzrost różnych części ciała i narządów, wykształca się forma dorosła. Ewolucja, inaczej mówiąc, nie jest to kontrolowane

przez geny przekształcenie jednego dorosłego osobnika w dorosłego osobnika innego gatunku, tylko genetycznie kontrolowany program rozwoju. Ten problem dostrzegł zresztą wkrótce po publikacji "On Growth and Form" Julian Huxley (wnuk T.H. Huxleya i brat Aldousa Huxleya*) i zmodyfikował oryginalną metodę transformacji tak, że nadawała się również do analizy kolejnych etapów rozwoju płodowego. Na tym może skończyć wątek transformacji D'Arcy'ego Thompsona, choć wrócimy do nich jeszcze w ostatnim rozdziale.

Świadczące na rzecz ewolucji dowody dostarczane przez badania porównawcze różnych gatunków są nawet mocniejsze niż te, które pochodzą z zapisu kopalnego. Również sam Darwin był tego zdania i dał temu wyraz w zakończeniu rozdziału: Podobieństwo wzajemne istot organicznych: morfologia, embriologia, organy szczątkowe swego epokowego dzieła "O powstawaniu gatunków":

Wreszcie zdaje mi się, że różne grupy faktów, jakie rozpatrzyliśmy w tym rozdziale, tak wyraźnie przemawiają zatem, iż liczne gatunki, rodzaje i rodziny istot organicznych, zamieszkujących ten świat, wszystkie razem w ogóle, a każda we własnej swej klasie lub grupie w szczególności, pochodzą od wspólnych rodziców i uległy modyfikacji w ciągu rozwoju rodowego — że bez namysłu zgodziłbym się na taki pogląd wtedy nawet, gdy nie popierały go żadne inne jakiegokolwiek bądź fakty i dowody.

PORÓWNANIA MOLEKULARNE

Darwin nie wiedział — bo nie mógł wiedzieć — że kiedy do anatomicznych analiz porównawczych, które sam przeprowadzał, włączymy dodatkowo genetykę molekularną, dowody, o których mówił, staną się jeszcze bardziej przekonujące. Tak samo bowiem jak ogólny plan budowy szkieletu jest identyczny u wszystkich kręgowców (choć poszczególne kości bardzo się różnią), a wszystkie skorupiaki, mimo odmienności kształtu poszczególnych płytek, mają bardzo podobnie zbudowany egzoszkielet, tak wszystkie żyjące na naszej planecie organizmy łączy kod DNA, choć różne organizmy mają różne geny. W tym momencie chodzi nie tylko o uniwersalność samego kodu genetycznego, ale i o wszechobecność systemu geny-białka i jego znaczenie dla życia. Jak pisałem w Rozdziale VIII, ta zasada obejmuje dosłownie wszystkie organizmy: zwierzęta, rośliny, grzyby, bakterie i wirusy. Zmienia się to, co jest zapisane w kodzie, ale nie sam kod. A kiedy przyjrzymy się dokładnie zapisowi — sekwencji kodu właściwej dla różnych gatunków — odnajdziemy tam to samo hierarchiczne drzewo podobieństwa (drzewo rodowe, przy tym o wiele bardziej precyzyjne i przekonujące), jakie wcześniej mogliśmy śledzić na przykładzie szkieletów kręgowców i skorupiaków, czy, szerzej, na przykładzie wszelkich anatomicznych podobieństw tak powszechnych w królestwach życia.

* T.H. i Julian Huxleyowie byli wybitnymi biologami, brat Juliana, Aldous, znany był głównie jako pisarz i eseista. Rodzina Darwina i Huxleyów były spokrewnione (przyp. tłum.)

Jeśli chcemy sprawdzić, jak blisko spokrewnione są ze sobą jakieś dwa gatunki, na przykład jeź i małpa, najlepiej byłoby znak po znaku porównać cały molekularny zapis każdego z genów, litera po literze, tak jak badacze Pisma porównują dwa zwoje proroctwa Izajasza. To jednak procedura bardzo czasochłonna i kosztowna. Prace nad Projektem Badania genomu Ludzkiego (Human Genome Project) zajęły około dziesięciu lat i pochłonęły tysiące roboczogodzin (raczej nawet roboczo-stuleci). W naszym przypadku dałoby się może osiągnąć cel w krótszym czasie, ale wciąż taki Projekt Badaniu Genomu Jeża byłby olbrzymim i drogim przedsięwzięciem. Obok programu Apollo i uruchomionego właśnie w Genewie Wielkiego Zderzacza Hadronów (LHC — Large Hadron Collider; byłem tam niedawno i jego gigantyczna skala wywarła na mnie naprawdę wielkie wrażenie), odszyfrowanie ludzkiego genomu jest jednym z tych ludzkich osiągnięć, które sprawiają, że czuję dumę z tego, że jestem człowiekiem. Cieszę się też, że właśnie zakończono prace nad odszyfrowywaniem genomu szympansa i nad genomami kilku innych gatunków. Jeśli tempo postępu technicznego nie osłabnie (poniżej będę jeszcze pisał o „prawie Hodgkina”), wkrótce już sekwencjonowanie genomów dowolnej pary gatunków, której stopień pokrewieństwa chcielibyśmy poznać, stanie się również w kategoriach ekonomicznych przedsięwzięciem w pełni wykonalnym.

Na razie jednak musimy ograniczyć się do badania wybranych części genomów, ale i ta metoda sprawdza się całkiem nieźle. Można wybrać losowo kilka genów (albo białek, których i struktura jest jednoznacznie determinowana przez translację sekwencji genów) i porównać je u kilku gatunków. Tę strategię omówię za chwilę. Są też inne, co prawda dość prymitywne, metody automatycznego próbkowania i te trwają stosowano znacznie dłużej. Jedną z wcześniejszych technologii, zaskakująco skuteczna, polegała na wykorzystaniu systemu immunologicznego królika (można posłużyć się w tym celu dowolnym zwierzęciem, ale króliki świetnie sprawdziły się w tej roli). Jako element systemu stanowiącego naturalną obronę organizmu przed patogenami układ odpornościowy królika (i każdego innego zwierzęcia) wytwarza przeciwciała do wszystkich obcych białek, które dostaną się do krwiobiegu. Gdyby ktoś zbadał przeciwciała obecne w mojej krwi, dowiedziałby się, że kiedyś przeszedłem odrę, i na tej samej zasadzie odpowiedź systemu immunologicznego królika pozwala stwierdzić, z czym musiało się zmierzyć zwierzę. Zupełnie jakby przeciwciała opowiadały historię zagrożeń, z jakimi organizm zetknął się w przeszłości. Przypuśćmy, że wstrzykniemy królikowi nieco białka pobranego od szympansa. W reakcji zostaną wyprodukowane przeciwciała, które to białko zaatakują, zachowują się one identycznie po kolejnej iniekcji tego samego białka. Co się jednak stanie, gdy w drugiej strzykawce znajdzie się odpowiednie białko nie szympana, a na przykład goryle? Wcześniejszy kontakt z szympansem białkiem częściowo uodpornił królika na ten rodzaj białka; reakcja nastąpi, ale będzie słabsza. Królik będzie również w pewnym stopniu uodporniony na kangurę wersję tego samego białka, ale w tym wypadku reakcja powinna być jeszcze słabsza, bo pokrewieństwo kangura z szympansem, którego białko uruchomiło pierwotną reakcją odpornościową, jest jeszcze dalsze. Właśnie za pomocą tej metody Vincent Sarich i Allan Wilson z University of California w

Berkeley udowodnili w latach 60., że szympansy i ludzie są znacznie bliżej spokrewnieni, niż ktokolwiek mógł się wcześniej spodziewać.

Stosuje się też metody, w których porównywane są bezpośrednio geny różnych gatunków, a nie kodowane przez nie białka. Najstarszą i wciąż najskuteczniejszą z nich jest tak zwana hybrydyzacja DNA. Ta technika stoi zwykle za badaniami, o których później dowiadujemy się z pierwszych stron gazet, triumfalnie obwieszczających, że „ludzie i szympansy mają 98 procent wspólnych genów”. Zatrzymajmy się chwilą przy tym sformułowaniu, warto bowiem zwrócić uwagę, dlaczego jest ono mylące. Podstawowy problem tkwi w tym, że 98 procent czego jest identyczne, dokładna miara zależy bowiem zawsze od wielkości badanego fragmentu. Prosta analogia czyni to jasne, i czyni to w interesujący sposób, że różnice między pytaniem, które stawiamy, a naszą analogią, będą równie istotne, jak podobieństwa. Otóż przyjmijmy, że porównujemy ze sobą dwie wersje jakiegoś tekstu. Niech to będzie biblijna Księga Daniela, a my chcemy sprawdzić, na ile kanoniczna wersja różni się od tekstu zapisanego w zwojach właśnie odnalezionych w jaskini nad Morzem Martwym. Jeśli zadamy pytanie, ile rozdziałów w obu wersjach Księgi jest identycznych, niemal na pewno okaże się, że żaden — wszak wystarczy jakakolwiek, nawet najdrobniejsza rozbieżność, by trzeba było uznać, że identyczne nie są. Zadajmy teraz kolejne pytanie, ile jest identycznych zdań. W tym momencie proporcja będzie najprawdopodobniej wyższa. Jeszcze wyższy „współczynnik identyczności” osiągniemy, analizując poszczególne słowa — w słowie jest mniej liter niż w zdaniu, więc znacznie mniejsza szansa na wystąpienie różnic. Niemniej i na poziomie porównywania słów wystarczy jedna różniąca się litera, by dwa słowa nie były identyczne. Nieco inaczej wygląda sytuacja, gdy porównujemy ze sobą tekst litera po literze, może się bowiem wówczas okazać, że proporcja współwystępujących liter jest nawet wyższa niż identycznych słów. Tak więc widać, że przy analizie tekstu określenie „identyczne w 98 procentach” właściwie nic nie znaczy, dopóki nie sprecyzujemy, na jakim poziomie dokonujemy porównań — rozdziałów, słów, liter, a może jeszcze jakoś inaczej. Taka sama idea obowiązuje przy porównywaniu genomu dwóch gatunków. Jeśli porównujemy dwa chromosomy, procent jednakowych chromosomów równy będzie zeru, bo przecież wystarczy jedna minimalna różnica, w jednej „literze”, by trzeba było stwierdzić, że analizowane chromosomy się różnią.

Często podawana informacja, że genomy człowieka i szympansa są w 98 procentach identyczne, nie odnosi się to do chromosomów, ani do poszczególnych genów, ale do „liter” DNA (czyli par zasad, jeśli chcemy posługiwać się naukową terminologią), które pasują do siebie w obu porównywanych genomach. W tej procedurze kryje się jednak pewna pułapka. Jeśli analiza przeprowadzona zostanie czysto mechanicznie, to wystarczy jedna brakująca litera (bądź jedna dodana) bo — inaczej niż w przypadku, gdy jakaś litera została zmieniona — cały zapis przestanie od tej chwili do siebie pasować, gdyż wszystkie kolejne litery przesuną się o jedną pozycję. Każdy przyzna jednak, że nie można dopuścić, by za sprawą jednej literówki zaginęło całe podobieństwo. Badacz Pisma, porównując dwa zwoje z tekstem Księgi

Daniela automatycznie pominąłby tego typu błąd i czytał dalej. Kłopot w tym, że podstawy takiej decyzji bardzo trudno sformalizować. A jak sobie z czymś takim poradzić w przypadku DNA? Cóż — pora porzucić naszą biblijną analogię i przejść do biologicznej rzeczywistości, bo tym razem łatwiej będzie wszystko wyjaśnić na przykładzie realnego DNA.

Jeśli zaczniemy stopniowo podgrzewać DNA, to przy pewnej temperaturze — mniej więcej 85°C — wiązania między dwiema niciami ulegną zerwaniu i podwójna helisa się rozplące. Trochę tak, jakby dla DNA te 85°C było odpowiednikiem „temperatury topnienia”. Jeżeli potem zaczniemy stopniowo obniżać temperaturę, każda pojedyncza nić zaczyna spontanicznie łączyć się z inną nicią (lub jej odcinkiem), jeśli tylko pozwala na to układ par zasad. Wydawać by się mogło, że w takiej sytuacji nastąpi po prostu odtworzenie podwójnej helisy, która właśnie się rozdzieliła, choćby z tego powodu, że jej nici na pewno do siebie pasują. Rzeczywiście mogłoby tak być, ale zwykle sprawy nie toczą się tak prosto, odcinki DNA bowiem odnajdują sobie raczej innych pasujących „partnerów”, z reguły nieoryginalnych. Co więcej, jeśli wprowadzimy oddzielone nici DNA należące do innego gatunku, to może dojść do międzygatunkowego połączenia! A dlaczego nie? Cóż — to jeden z ważnych wniosków rewolucyjnego odkrycia Cricka i Watsona, że DNA to po prostu DNA i w najmniejszym stopniu „nie dba” o to, czy jest DNA ludzkim, szympansim, czy może stanowi fragment genomu jabłka. Odcinek nici DNA po prostu będzie łączył się z każdym komplementarnym odcinkiem, jaki znajdzie się w pobliżu, tyle że siła takiego wiązania może być różna. Im mniejsze dopasowanie poszczególnych nici, tym wiązanie jest słabsze, bo tym więcej „liter” DNA (czyli zasad, co wykryli Watson i Crick) nie znajdzie dla siebie odpowiedniego partnera — jakbyśmy próbowali zapinać zamek błyskawiczny, w którym brakuje części ząbków.

Jak jednak zmierzyć siłę takiego wiązania w przypadku, gdy podwójną helisę utworzyły nici DNA należące do dwóch różnych gatunków? Rozwiązanie okazało się banalnie proste — wystarczy sprawdzić, jaka jest „temperatura topnienia”. Temperatura ta wynosi około 85°C dla „normalnej” podwójnej helisy DNA albo dla helisy złożonej z dwóch komplementarnych nici ludzkiego DNA. Gdy jednak wiązanie jest słabsze (na przykład kiedy podwójna helisa składa się z ludzkiego i szympaniego DNA), by się rozplatała, wystarczy niższa temperatura. A jeśli ludzki DNA zwiąże się z DNA odleglejszego kuzyna, na przykład ryby lub ropuchy, nici odłączą się od siebie w jeszcze niższej temperaturze. Ta różnica między „temperaturą topnienia” zwykłej podwójnej helisy DNA danego gatunku a temperaturą, przy jakiej dochodzi do rozłączenia nici DNA należących do dwóch różnych gatunków — uznawana jest zwykle za miarę ich genetycznego podobieństwa. Przyjmuje się (choć to czysta konwencja), jeden stopień Celsjusza różnicy temperatur odpowiada przybliżeniu jednocentowej różnicy w pasujących literach DNA.

Z tą metodą wiążą się pewne komplikacje, jednak nie będę tu ich szczegółowo omawiał. Poza tym znamy już bardzo pomysłowe rozwiązania tego problemu. Na

przykład, jeśli zmienny ludzki i szympansi DNA, większość nici utworzy później wiązania z niemi DNA tego samego gatunku. Jak później rozdzielić hybrydyzowany DNA, którego „temperaturę topnienia” chcemy zmierzyć, od „normalnego”? W tym przypadku sprytna sztuczka polega na wcześniejszym znakowaniu topami radioaktywnymi, znów jednak jej szczegółowe umówienie zbyt daleko odwiodłoby nas od głównego wątku. Najważniejsze, że to właśnie technika hybrydyzacji DNA pozwoliła naukowcom ustalić, że genomy człowieka i szympansa są identyczne w 98 procentach, jak również to, że proporcja ta jest tym niższa, o im odległej spokrewnionych gatunkach mówimy.

Najświeższej daty metoda pomiaru stopnia podobieństwa między analogicznymi genami innych gatunków jest bardziej bezpośrednia, ale przy okazji również i najdroższa polega ona na odczytaniu całej sekwencji za pomocą tak zwanych metod, jakie były wykorzystywane przy Projekcie Zbadania Ludzkiego Genomu. Ze względu na wciąż wysokie koszty porównywania całych genomów, metodę porównania małej próbki genów uznaje się obecnie za zupełnie wystarczającą i wykonuje się nią ostatnio coraz więcej badań.

Niezależnie od tego, za pomocą jakiego narzędzia zbadane zostało międzygatunkowe podobieństwo — czy przy użyciu przeciwciał, czy hybrydyzacji, czy wreszcie sekwencjonowania — kolejny etap jest zwykle taki sam. Jeśli już znamy jakąś konkretną liczbę, która odzwierciedla podobieństwo dwóch gatunków, umieszczamy ją w tabeli. Jakiej tabeli? Bardzo prostej — tak w rzędach, jak i w kolumnach dane tworzą nazwy gatunkowe umieszczone w identycznej kolejności, a dane liczbowe umieszczamy na przecięciu odpowiedniego rzędu i kolumny. W zasadzie wystarczy tabela w kształcie trójkąta prostokątnego, bo podobieństwo genetyczne między, dajmy na to, psem a człowiekiem jest takie samo jak między człowiekiem a psem, więc „górna” połówka kwadratu (licząc od przekątnej) stanowić będzie symetryczne odbicie „dolnej”.

Czego możemy się spodziewać po takiej tabeli? Model ewolucyjny pozwala na dość precyzyjne przewidywania, więc w komórce łączącej człowieka z szympansem powinien znaleźć się dość wysoki wynik, wyższy niż na przykład w komórce znajdującej się na przecięciu kolumny/wierszu człowiek/pies. Z kolei wartość liczbową umieszczoną w tej komórce powinna być, teoretycznie przynajmniej, identyczna jak wartość komórki szympansa/pies, bo stopień pokrewieństwa nasz i szympanców z psem jest identyczny. Ta sama liczba powinna znaleźć się również w komórkach pawian/pies czy lemur/pies, albowiem szympansy, pawiany, lemury, spokrewnieni są z psem przez tego samego wspólnego przodka, wczesnego prymata (który zapewne był trochę podobny do lemura). Identyczną wartość powinny mieć też nitki człowiek/kot, szympansa/kot, pawian/kot i lemur/kot. Koty i psy spokrewnione są ze wszystkimi naczelnymi przez wspólnego przodka wszystkich ssaków mięsożernych. Niższa liczba — ale znów identyczna — powinna się znaleźć w kolumnie/wierszu łączącym ssaki z kałamarnicą; nie ważne jakiego ssaka weźmiemy pod uwagę, wszystkie dzieli od kałamarnicy identyczny ewolucyjny

dystans.

To mocne teoretyczne przewidywania, ale w zasadzie nie ma powodu, by nie można ich było obalić, a gdyby tak się stało to byłby to poważny dowód podważający teorię ewolucji. Na razie, kiedy zaczynamy wypełniać tabelę konkretnymi danymi, okazuje się (z pewnym statystycznym marginesem błędu), że te wartości są dokładnie takie, jakich należy oczekiwać, przyjmując założenie, że ewolucja rzeczywiście nastąpiła. Inaczej mówiąc, genetyczny dystans dowolnymi dwoma gatunkami dość precyzyjnie wskazuje na ich umiejscowienie na ewolucyjnym drzewie, piszę „dość precyzyjnie”, w biologii bowiem wskazania dotyczące konkretnych wartości liczbowych bardzo rzadko spełniają się z pełną dokładnością.

Dowody z porównania DNA (albo białek) mogą zostać wykorzystane — oczywiście zgodnie ze stanowiskiem ewolucjonistów do rozstrzygnięcia, które gatunki są ze sobą bliżej spokrewnione. Tym jednak, co czyni je naprawdę najpotężniejszym świadectwem prawdziwości ewolucji, jest fakt, że odtworzyć genetyczne drzewo rodowe dla każdego osobna, i że taka procedura prowadzi do uzyskania podobnych rezultatów dla różnych genów. Co więcej, takie drzewa rodowe z bardzo dużą dokładnością pokrywają się z autentycznym drzewem rodowym gatunków. Za każdym razem otrzymujemy obraz dokładnie taki, jak przewiduje teoria ewolucji, nie zaś coś, czego można by się spodziewać, gdyby postulowany przez kreacjonistów Projektant wybierał sobie z całego królestwa zwierząt „pożyczał” lepsze geny, żeby powkładać je do innych organizmów.

Pierwszy duży projekt tego nurtu badawczego został zrealizowany przez grupę genetyków z Nowej Zelandii. Kierujący zespołem profesor David Penny wybrał pięć genów które, jakkolwiek nie są identyczne u wszystkich ssaków, ale wystarczająco podobne, by genetycy nadali im tę samą, ten szczegół nie ma dla nas wielkiego znaczenia, ale dla porządku podam, że były to geny hemoglobiny A, hemoglobiny B (hemoglobina nadaje krwi czerwony kolor), geny fibrynopeptydu A i B (fibrynopeptydy uczestniczą w procesie krzepnięcia krwi) oraz gen cytochromu C (to ważny element chemii komórki). Penny i jego zespół zdecydowali się porównać te geny u jedenastu gatunków ssaków: rezusa, owcy, konia, kangura, szura, królika, psa, świni, człowieka, krowy i szympansa.

Nowozelandzcy badacze podeszli do problemu od strony statystyki, postanowili bowiem najpierw policzyć, jakie jest prawdopodobieństwo, że w przypadku analizy cząsteczek otrzyma się identyczne drzewa rodowe, jeśli teoria ewolucji jest fałszywa. W tym celu trzeba obliczyć jak wiele w ogóle istnieje takich potencjalnych drzew dla jedenastu „potomków”. Łatwo się domyślić, że wchodzi w bardzo duże liczby. Nawet jeśli ograniczymy się tylko do drzew z najprostszymi rozwidleniami, kiedy gałąź dzieli się tylko na dwie, a nie na trzy lub więcej, liczba możliwych kombinacji przekracza 34 miliony. Czy w tej sytuacji naukowcy musieli cierpliwie przeanalizować każde z możliwych drzew i porównać je z pozostałymi 33 999 999? Oczywiście, że nie, z tym zadaniem nie uporałby się szybko nawet

bardzo szybki komputer. Znacznie lepszym rozwiązaniem jest w takiej sytuacji zastosowanie sprytniej metody przybliżeń statystycznych, dającej równoważne wyniki, ale pozwalającej pominąć tak szalone obliczenia. Jak? Otóż badacze wzięli pierwszych pięć genów, na przykład hemoglobiny A i spośród milionów potencjalnych drzew zaczęli szukać te najbardziej „oszczędne”. „Oszczędność” w tym kontekście oznacza, że wybierane są warianty, które wymagają mniejszej liczby ewolucyjnych zmian. Na przykład z wszystkich potencjalnych drzew, z których wynika, że najbliższym kuzynem człowieka jest kangur, a nasze pokrewieństwo z szympansem jest znacznie odleglejsze, to rozwiązania nieoszczędne, w tym bowiem wariacie należałoby przyjąć, że wspólny przodek człowieka i kangura żył stosunkowo nie dawno, a to oznaczałoby bardzo duże ewolucyjne mutacje w relatywnie krótkim czasie. Ostateczna ocena rozwiązania dla hemoglobiny A mogłaby brzmieć następująco:

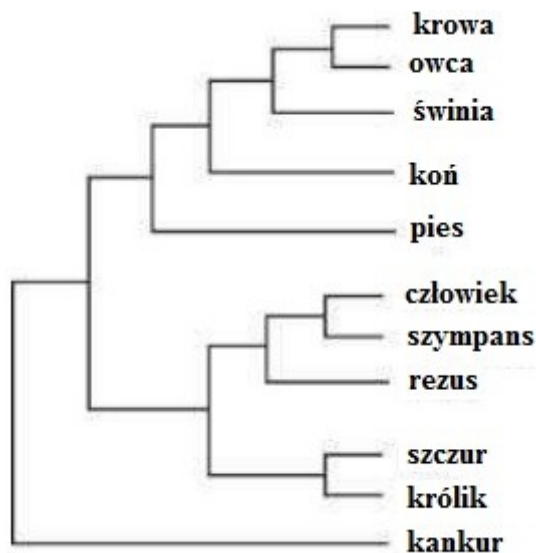
To jest strasznie nieoszczędne drzewo. Nie tylko wymagałoby ono pracy by zaszło bardzo dużo mutacji, bo jedynie to tłumaczyłoby takie różnice między człowiekiem a kangurem, występujące mimo bliskiego pokrewieństwa, jakie wynika z takiego kształtu drzewa, to niezbędne byłyby równie liczne mutacje w drugą stronę, które umożliwiłyby, że mimo bardzo odległego pokrewieństwa (które implikuje taki wariant drzewa) gen hemoglobiny A jest tak podobny u ludzi i szympanów. Z tych powodów ten wariant dla hemoglobiny A należy odrzucić. Logiczna analiza przeprowadzona dla wszystkich możliwych drzew (trzydziestu paru milionów, jak przypominam) każe wybrać co najwyżej kilkadziesiąt wariantów, które nazwać można następująco:

Na tym drzewie ludzie i szympansy są blisko spokrewnieni, podobne pokrewieństwo występuje między owcami i krowami, natomiast kangur łąduje na zupełnie odrębnej gałęzi. W tym przypadku, by wyjaśnić ewolucyjne zmiany, nie trzeba zakładać istnienia bardzo wielu mutacji. To oszczędne drzewo i ten wariant dla hemoglobiny A jest do przyjęcia. Wspaniale by było, gdyby dla hemoglobiny A i każdego z uwzględnionych w analizie genów udało się znaleźć pojedyncze, najbardziej oszczędne drzewo, ale takie rzeczy raczej się nie zdarzają w nauce. Wśród milionów możliwości znajdzie się pewnie sporo niewiele się różniących drzew, spełniających kryterium oszczędności.

A co z hemoglobina B? Cytochromem C? W przypadku każdego z tych pięciu białek powinniśmy również otrzymać po przeprowadzeniu właściwej analizy jakąś grupę szych (czyli najoszczędniejszych) drzew, wybranych z 34 milionów potencjalnych kandydatów. I teoretycznie i winno być możliwe, że werdykt w przypadku cytochromu C będzie zupełnie inny niż dla hemoglobiny A, na przykład mogłoby się okazać, że ludzki cytochrom C jest bardzo podobny do kangurzego, a zdecydowanie różni się od szympaniego. Cytochrom C mógłby też w ogóle nie przejąć się pokrewieństwem owcy i krowy, na które wskazuje atut genu hemoglobiny A, i dowiedzielibyśmy się, że prawie nie musiałby zmutować, żeby połączyć więzami pokrewieństwa owcę i pawiana albo krowę i królika. Zgodnie z

kreacjonistycznym stanowiskiem nic się temu nie sprzeciwia. Penny jego współpracownicy uzyskali jednak wynik zupełnie inny — zgodność między wariantami dla pięciu białek była zadziwiająco wysoka i we wszystkich przypadkach najoszczędniejszy okazał się ten sam zestaw drzew. Jak wykazały przeprowadzone później dodatkowe analizy statystyczne, możliwość uzyskania takiego wyniku przypadkowo była znikoma. Dokładnie czegoś takiego powinniśmy się spodziewać, przyjmując założenie, że rzeczywiście istnieje jedno drzewo genealogiczne obejmujące wszystkie jedenaste gatunków wybranych przez nowozelandzkich badaczy — to drzewo rodzinne, drzewo ewolucyjnego pokrewieństwa. A co więcej, rezultaty badań zespołu Penny'ego doskonale pokrywały się z tym, co proponują zoolodzy na podstawie analiz anatomicznych i paleontologicznych, a nie molekularnych.

Wyniki badań Penny'ego opublikowane zostały w roku 1982, więc już ładnych parę lat temu. W kolejnych latach przeprowadzono całe mnóstwo świetnych, bardzo szczegółowych badań nad sekwencjami różnych genów u bardzo wielu gatunków zwierząt i roślin. Zgoda co do najbardziej oszczędnego wariantu wykracza dziś daleko poza jedenaste gatunków i pięć genów, którymi zajmował się Penny. Te badania, mimo wielkiej siły dowodów, są w tym kontekście tylko interesującym przykładem. Molekularny materiał dowodowy, jakim dysponujemy dzisiaj, odsyła w niebyt wszelkie wątpliwości. Informacje, jakich dostarcza nam badanie różnych genów, są jednoznaczne, przekonujące i niepodważalne. To świadectwo ewolucji dobitniejsze nawet niż tak bardzo przekonujący — zapis kopalny: wiemy, jak wygląda drzewo życia! Oto ono w wersji dla jedenastu gatunków które były przedmiotem analizy zespołu Penny'ego.

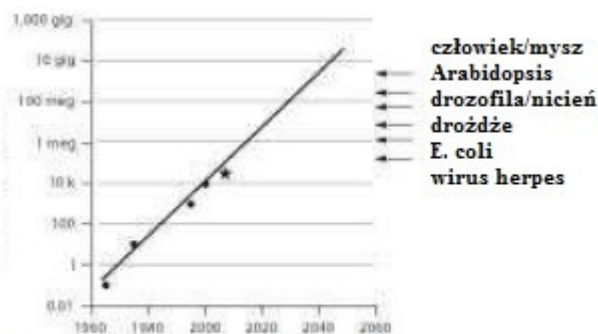


Drzewo życia jedenastu gatunków wybranych przez Penny'ego

Jakość danych, jakich dostarczają nam różne geny, daje pewność, że powyższa ilustracja nie odzwierciedla chwilowego konsensu, jaki osiągnęły nauki biologiczne, ale rzeczywisty przyrodniczy fakt — ewolucję. Jeśli postęp technologiczny w genetyce molekularnej będzie nadal zachodził w równie szybkim, wykładniczym

tempie, jeszcze przed rokiem 2050 sporządzenie pełnej mapy genomu dowolnego zwierzęcia stanie się równie tanie, powszechne i szybkie, jak dziś pomiar ciśnienia krwi. Dlaczego mówię o postępie wykładniczym w technologiach genetycznych, jak to zmierzyć? Możemy skorzystać z dotyczącego technologii komputerowej prawa Moore'a. Gordon Moore, który jest autorem, był jednym z założycieli Intelu, a samo prawo jest w kilku wariantach, choćby z tego względu, że moc komputera można mierzyć na kilka powiązanych ze sobą sposobów. Jedna z wersji mówi, że liczba elementów, które można upakować w jednym układzie scalonym, podwaja się co osiemnaście miesięcy (do dwóch lat). Jest to reguła ściśle empiryczna — można to zmierzyć i rzeczywiście tak się dzieje! przynajmniej od pięciu dekad, a wielu ekspertów przewiduje, że reguła Moore'a będzie się sprawdzać jeszcze przez kilka następnych dziesięcioleci. Inne trendy wykładnicze, które można uznać za wariant prawa Moore'a, to podwajanie w analogicznym tempie zdolności obliczeniowej a rozmiar (w tym przypadku oczywiście mowa o wykładniczym spadku) pamięci. Jakie efekty może przynieść proces zachodzący w tempie wykładniczym, pokazał już Darwin z pomocą swego syna George'a, matematyka. Darwin wziął za przykład słońia, gatunek bardzo wolno się rozmnażający, i wykazał, że wystarczy kilka stuleci nieograniczonego rozmnażania się jednej pary tego gatunku, by słonie dosłownie pokryły całą Ziemię. Nie trzeba dodawać, że w rzeczywistości populacja słoni rośnie w tempie wykładniczym, bo jej wielkość ogranicza konkurencja o pożywienie i terytorium, choroby i całe mnóstwo innych czynników. I o to chodziło Darwinowi, bo właśnie w takiej sytuacji wkracza dobór naturalny.

Tymczasem w odróżnieniu od populacji zwierząt, gdzie wielkość może wykładniczo rosnać tylko w teorii, prawo Moore'a działa naprawdę już dobre pół wieku i co kilkoma miesiącami moc komputerów rzeczywiście się podwaja, i nikt naprawdę nie potrafi powiedzieć, dlaczego tak się dzieje. W pewnym momencie zacząłem się zastanawiać, czy ten wykładniczy trend nie występuje również w technologii genetycznej i w sekwencjonowaniu DNA. Zgłosiłem się do do Johna Hodgkina, profesora genetyki z Oksfordu (kiedyś mojego ucznia) i bardzo się ucieszyłem, kiedy się dowiedziałem, że John nie tylko sam wpadł wcześniej na ten pomysł, ale jeszcze, przygotowując się do wykładów w poprzedniej pracy, zebrał odpowiednie dane. Hodgkin sprawdził jak zmieniał się koszt zsekwencjonowania standardowego odcinka DNA. Wybrał cztery lata: 1965, 1975, 1995 oraz 2000. Wykorzystałem te informacje odwracając problem, zadałem pytanie „Ile DNA można zsekwencjonować za 1000 lat?”, a następnie uzyskane wielkości umieściłem na skali logarytmicznej, ponieważ, jeśli rzeczywiście mamy w tym przypadku do czynienia z trendem wykładniczym, zapis wykresu da się połączyć linią prostą. Jak widać cztery przykłady Hodgkina istotnie pozwalają wyznaczyć taką prostą za pomocą nieskomplikowanej regresji liniowej.



**Regresja liniowa dla czterech punktów
(trend ekstrapolowany na rok 2050)**

"Przykłady Hodgkina"

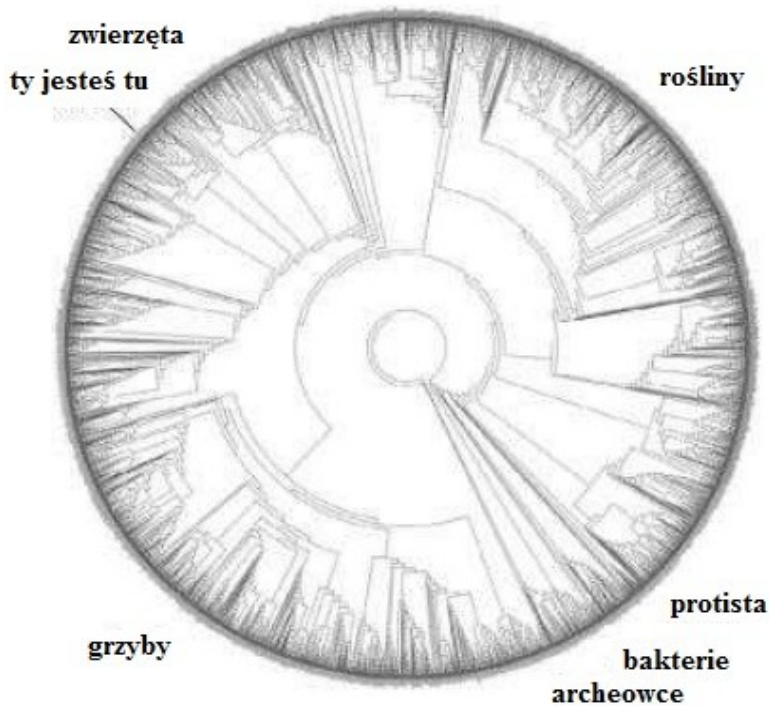
Co więcej, technika ta pozwala ekstrapolować również przyszłość. Stosunkowo niedawno, kiedy moja książka trafiła do druku, pokazałem mój wykres profesorowi Hodgkinowi, on podzielił się ze mną najświeższymi informacjami w roku 2008 zakończono prace nad zsekwencjonowaniem genomu dziobaka (z ewolucyjnego punktu widzenia to istotny gatunek, zajmujący strategiczną pozycję na drzewie życia — wspólny przodek nasz i dziobaka żył mniej więcej 180 milionów lat temu, czyli niemal trzy razy dawniej, niż wyginęły dinozaury). Umieściłem te dane na swoim wykresie (gwiazdka) i, jak widzicie, pasują całkiem dobrze.

Prawo Hodgkina (jak pozwoliłem sobie je nazwać bez zgody głównego zainteresowanego) można przedstawić w postaci prostej o nieco mniejszym nachyleniu niż w przypadku prawa Moore'a, bo w tym przypadku podwojenie w okresie trochę dłuższym niż dwa lata (oryginalne prawo Moore'a, jak pamiętamy, mówiło o przedziałach ośmiomiesięcznych). Wiele wskazuje, że zbieżność nie jest przypadkowa, bo przecież technologie stosowane w badaniu DNA opierają się w znacznym stopniu na komputerach. Przejdźmy jednak do naszego wykresu — strzałki po prawej stronie wskazują wielkość genomu różnych organizmów, jeśli pociągniemy strzałki w lewo i doprowadzimy je do przecięcia z „linią Hodgkina”, dowiemy się, kiedy genom wielkości będzie można zsekwencjonować za 1000 funtów (w dzisiejszych pieniądzach). Jak widać, żeby suma wystarczyła na zmapowanie genomu wielkości genomu drożdży starczy poczekać do roku 2020. Na kompletny genom (na użytek naszych rozważań można chwilowo przyjąć, że genomy są zbliżonej wielkości) za te same pieniądze będzie trzeba poczekać do roku 2040. Cóż to jednak za wspaniała perspektywa — pełna baza danych obejmująca kompletną sekwencje DNA z wszystkich zakątków królestw roślin i zwierząt i to za śmieszne w sumie pieniądze. Staną się za jakiś czas możliwe najbardziej szczegółowe porównania i wszystkie luki w naszej wiedzy o genetycznym potomstwie najodleglejszych nawet gatunków. Odtworzymy z absolutną pewnością — pełne drzewo rodowe wszystkich żywych stworzeń*. Diabli wiedzą, jak je narysujemy, trudno mi sobie wyobrazić arkusz tej wielkości.

Pierwsze na większą skalę starania w tym kierunku podjął jeden z naukowców

związanych z Davidem Hillisem, brat Dannego Hillisa, jednego z pionierów prac nad superkomputerami. Na wykresie Hillisa drzewo jest nieco bardziej zwarte, bo autorzy zdecydowali się przedstawić je otoczonego kulą. Nie widać też, gdzie dwa krańce prawie się stykają przerwa powinna się znaleźć między „bakteriami” a „arami”. Łatwiej będzie objaśnić ten kołowy wykres na jego uproszczonej wersji, takiej, jaką kazała wytatuować sobie na plecach dr Clare D'Alberto z University of Melbourne. Clare, jak widać, oddana jest zoologii nie tylko duszą, ale i ciałem, i pewnie dlatego — to bardzo miłe z jej strony — zgodziła się, bym zamieścił zdjęcie jej tatuażu w książce (wkładka — strona 25). Sam tatuaż obejmuje skromną próbkę 86 gatunków, tyle gałęzi dociera do szczytu i widać też wyraźniej, gdzie krąg się otwiera. Osiem rysunków otaczających jego krawędzie zostało starannie dobranych, małe tatuaże mają przedstawiać bakterie, pierwotniaki, rośliny grzyby i cztery typy zwierząt. Reprezentantem kręgowca jest konik morski (zwany też smokiem morskim), to śliczna istota której ochronę przed drapieżnikami zapewnia podobieństwo do porastających morskie dno wodorostów. Skoro ktoś przyjrzy się tatuażowi Clare, to bez problemów rozpozna, że układ kołowy Hillisa skonstruowany jest na identycznej zasadzie, i że zamiast 86, obejmuje trzy tysiące gatunków. To oczywiście, tak bardzo wyselekcjonowana próbka, wymagała iż ostra selekcja była niezbędną, żeby na wykresie mogły mieścić się wszystkie gałęzie o porównywalnej długości, skale ilustruje zaś to, że tu najbliższymi kuzynami ludzi są szczury i myszy. Nie tylko liczbę ssaków trzeba było tak odpowiednio zredukować, by zrobić miejsce dla innych gałęzi. Wyobraźmy sobie teraz analogiczne drzewo obejmujące nie tysiące, a dziesięć milionów gatunków (to jest bardzo ekstrawaganckie oszacowanie liczby żyjących gatunków, można spotkać też wyższe liczby). W każdym razie warto ściągnąć sobie cały wykres ze strony Hillisa (adres podaję w przypisach bibliograficznych) i wydrukować na arkuszu papieru. Autorzy zalecają papier o szerokości minimum stu dwudziestu centymetrów, ale lepiej większy.

* Do sformułowania „wszystkich żywych stworzeń” należy, oczywiście podchodzić z pewną ostrożnością. Jak już wyjaśniałem wcześniej w tym rozdziale, zasada "bez pożyczek" odnosi się praktycznie bezwyjątkowo do zwierząt i roślin, natomiast świat bakterii rządzi się nieco innymi prawami. Wśród bakterii (i archeowców, które przez powierzchowne podobieństwo zaliczono do bakterii, ale dziś raczej utrzymuje się, że to dwie różne domeny) przypadki dzielenia się genami są bardzo liczne. U zwierząt wymiana DNA następuje wewnątrz gatunku za pośrednictwem rozmnażania płciowego, bakterie natomiast stosują własną technikę „kopiowania i wklejania”, która może przekazywać własny DNA nawet bardzo odległym gatunkom. Tak więc, jeśli chcemy mówić o jednym, prawdziwym drzewie rodowym roślin i zwierząt, sprawa robi się bardziej skomplikowana, kiedy przechodzimy do mikroorganizmów. Jak mówi mój kolega filozof Daniel Dennett, podczas gdy drzewo życia roślin przypomina kształtem majestatyczny, rozłożysty dąb, dla bakterii będzie to mur bengalski. W ich przypadku powinniśmy raczej mówić o odrębnych drzewach dla każdego genu z osobna, niezależnie od tego, która bakteria jest jego nosicielem. Jakąż to fascynująca wizja — Darwin byłby zachwycony!



„Drzewo ewolucji" Hillisa

ZEGAR MOLEKULARNY

Skoro mówimy tyle o biologii molekularnej, warto wrócić do tematu, którego jeszcze nie zamknęliśmy, a mianowicie kwestii ewolucyjnych zegarów. Wcześniej wspominałem o dendrochronologii i o różnych zegarach radioaktywnych natomiast temat tak zwanego zegara molekularnego zostawiliśmy do chwili, gdy będziemy wiedzieli więcej o genetyce molekularnej. Teraz nadszedł ten moment, a nazwa książki jest w zasadzie uzupełnieniem rozdziału poświęconego zegarom.

Koncepcja zegara molekularnego opiera się na założeniu, że ewolucja istnieje i przebiega w tempie wystarczająco stałym (w czasie geologicznym), by można było wykorzystać ją w charakterze zegara, oczywiście wcześniej skalibrowanego na polu skamieniałości, które z kolei kalibrowane są przy użyciu zegarów radioaktywnych. Zegarów świecowych można było używać dzięki założeniu, że świeca pali się w określonym i stałym tempie. Zegar wodny działa na analogicznej zasadzie, gdy ustalić, w jakim tempie woda kapie z naczynia, działania zegara szafkowego z wahadłem jest, ogólnie rzecz biorąc identyczna. I podobnie działa zegar molekularny że w jego przypadku zakładamy stałe tempo przebiegu procesów ewolucyjnych, a dodatkowo przyjmujemy, że to można zmierzyć, wykorzystując te procesy ewolucyjne które już udało nam się szczegółowo datować za pomocą nowych metod (datowanie radioaktywne). A kiedy już taki molekularny zegar uda się wykalibrować, można go wykorzystać jako narzędzie do pomiaru czasu trwania tych procesów, które nie zostawiły po sobie kopalnych śladów, jak ewolucja zwierząt, które nie mają szkieletów ulegających fosylizacji.

Idea świetna, ale skąd pomysł, że uda się znaleźć jakikolwiek proces

ewolucyjny zachodzący w stałym, równym tempie zwłaszcza, że mamy wiele wskazówek, iż tempo zmian ewolucyjnych jest bardzo zróżnicowane. Na długo przed nastaniem ery biologii molekularnej J.B.S. Haldane zaproponował miarodajną jednostkę pomiaru tego tempa — nazwał ją Darwin. Przypuśćmy, że jakiś narząd u określonego gatunku ewoluuje w stałym tempie, założmy na przykład, że średnia masa nóg rośnie przez milion lat o czynnik e (2,718..., podstawa logarytmu naturalnego, to wielkość wybrana z czysto matematycznych powodów, których wyjaśnianie mogą sobie darować). W takiej sytuacji mówimy, że ewolucja zachodzi w tempie jednego darwina. Sam Haldane uważał, że tempo ewolucji konia wynosi 40 milidarwinów, podczas gdy tempo ewolucji zwierząt udomowionych, poddanych sztucznej hodowli mierzyć już należy w kilodarwinach. Gupiki przeniesione do strumienia, w którym nie było zagrażających im drapieżników (opis tego eksperymentu przedstawiam w Rozdziale V), ewoluowały w tempie 45 kilodarwinów, podczas gdy ewolucję różnych „żywych skamieniałości”, takich jak *Lingula* (por. s. 180) mierzyć można w mikrodarwinach. W każdym razie, jak widać, tempo ewolucji różnych stworzeń które łatwo zobaczyć i zmierzyć, jest bardzo różne.

A zatem, to jak w ogóle można myśleć o wykorzystaniu zmian ewolucyjnych jako zegara. W tym właśnie momencie przychodzi nam z pomocą genetyka molekularna, choć rozwiązanie problemu nie jest oczywiste. Przecież, jeśli obserwujemy jakąś wymierną ewolucyjną zmianę (na przykład wydłużenie nóg), tak naprawdę przyglądamy się zewnętrznej modyfikacji zmian zachodzących w genomie. Dlaczego mielibyśmy przyjąć, że wewnętrzne — zachodzące na poziomie molekularnym — zmiany mają jakiś stały rytm i można posłużyć się nimi jak zegarem, skoro, jak doskonale wiemy, że nogi i skrzydła ewoluują w bardzo różnym tempie? Jak to się dzieje, że zegar na poziomie molekularnym działa, podczas gdy na zewnątrz wygląda to zupełnie inaczej? Jeśli nogi czy skrzydła zmieniają się w tempie od mikro- do kilodarwinów, to dlaczego mielibyśmy polegać na zegarze molekularnym? Otóż dlatego, że to, co widzimy, czyli zewnętrzne przejawy procesów ewolucyjnych (w postaci na przykład dłuższych nóg czy większych skrzydeł), to tylko wierzchołek góry lodowej, więcej, to wierzchołek, który uformował dopiero dobór naturalny. Tymczasem większość zmian molekularnych na poziomie genetycznym ma charakter neutralny, zatem możemy się spodziewać, że zachodzą w tempie niezależnym od ich ewentualnej przydatności dla organizmu, a także, że dla każdego genu tempo to może być stałe. Zmiana neutralna — z definicji nie ma żadnego wpływu na przetrwanie zwierzęcia, a to zwiększa wiarygodność potencjalnego zegara. Z genami, które mają wpływ na dostosowanie organizmu nosiciela, w tym przypadku tempo ewolucji musi być zmienne.

Kiedy japoński genetyk Motoo Kimura (i kilku innych genetyków) po raz pierwszy sformułował neutralną teorię ewolucji, znaną też jako hipoteza mutacji neutralnych, reakcje środowiska naukowego były mieszane. W pewnej wersji (pozwolę sobie nie wchodzić w szczegóły) teoria jest dziś powszechnie akceptowana i również ja powołam się na nią w tej książce (a ponieważ powszechnie mam opinię arcy-adapcjonisty, dlatego że rzekomo twierdzą, iż dobór naturalny jest główną,

albo jedyną siłą napędową ewolucji, to możecie wiedzieć, że skoro ja akceptuję neutralną teorię Kimury, to inni tym bardziej ją uznają)*.

W każdym razie mutacja neutralna, aczkolwiek łatwo mierzalna na poziomie molekularnym, nie jest wzmacniana ani eliminowana przez dobór naturalny. „Pseudogeny” można uznać za neutralne z jednego podstawowego powodu — to geny które kiedyś pełniły jakąś ważną funkcję, ale ten czas minął, obecnie nie ulegają one ani transkrypcji, ani translacji. Z punktu widzenia zwierzęcia, w skład genomu którego wchodzi, równie dobrze mogłoby wcale ich nie być. Dla genetyka molekularnego jednak ich istnienie jest bardzo ważne, na nich bowiem można stworzyć ewolucyjny zegar. Pseudogeny to tylko jedna grupa (klasa) genów, które nigdy nie ulegną translacji w rozwoju płodowym, są też inne narzędzia i naukowcy nawet wolą czasem posługiwać się właśnie nimi jako przykładami zegara molekularnego, ale brak tu miejsca na bardzo szczegółowe analizy. Pseudogeny świetnie przydają się też do wprawiania w zakłopotanie kreacjonistów, bo przy ich wybitnej pomysłowości niełatwo wymyślić, czemu inteligentny projektant miałby tworzyć geny, które nie robią absolutnie nic, ale wyglądają zupełnie, jakby kiedyś spełniały jakieś funkcje, a potem zostały wysłane na emeryturę. Oczywiście pozostaje możliwość, że Projektant świadomie chce zrobić z nas głupców.

Warto zauważyć, że nawet jeśli pominiemy pseudogeny to i tak zdecydowana większość genomu (w przypadku człowieka ok. 95 procent) jest właściwie zupełnie niepotrzebna w tym sensie, że najprawdopodobniej nic by się nie stało gdyby nie istniała. Teoria mutacji neutralnych odnosi się także do wielu genów spośród tych pozostałych pięciu procent, czyli do genów, które są czynne, dotyczy też genów o znaczeniu kluczowym dla naszego przetrwania. Chciałbym w tym momencie być dobrze zrozumiany chodzi o to, że teoria neutralna ma zastosowanie wyłącznie do genów, które nie mają żadnego wpływu na organizmy, inaczej — mówimy tu o genach, które, zmutowane ale działają w identyczny sposób i w tym jedynie sensie obie wersje są identyczne. Neutralny jest więc nie sam gen, ten bowiem może być nawet bardzo istotny, ale mutacja, jako że nie ma wpływu na jego funkcjonowanie.

Mutacje mogą być neutralne z różnych powodów. Po pierwsze, kod DNA jest kodem zdegenerowanym — „degeneracja” to termin fachowy, oznaczający, że pewne „znaki kodu są synonimami”, co oznacza, że jeśli w wyniku mutacji określone

*Zostałem nawet kiedyś nazwany nie tylko arcy-, ale i „ultradarwinistą”, ale proszę mi wierzyć, że zdecydowanie nie poczułem się obrażony.

** „Degeneracja” i „redundancja” w teorii informacji oznaczają coś całkiem innego choć rzeczywiście czasem określenia te bywają mylone. Z redundancją mamy do czynienia, gdy ta sama informacja przekazana jest wielokrotnie. Np. zdanie „Ona jest kobietą rodzaju żeńskiego” trzykrotnie powiela tę samą informację. Redundancja bardzo często jest wykorzystywana jako zabezpieczenie przed utratą informacji. Z kolei kod „zdegenerowany” to kod, w którym tę samą informację można zakodować na kilka różnych sposobów. Na przykład w kodzie genetycznym „słowa” kodują ten sam związek, leucynę, i dlatego mutacja CUC w CUG i w drugą stronę to bez żadnego biologicznego znaczenia. Na tym właśnie polega degeneracja kodu genetycznego.

słowo zostanie zastąpione przez swój synonim to z punktu widzenia działania organizmu mutacja ta nie ma żadnego znaczenia. Nie ma też znaczenia z punktu widzenia doboru naturalnego. Dobrą analogią jest zmiana kroju czcionki w drukowanym tekście. Obojętne, czy na stronie znajduje się słowo kangur, czy kangur, to nadal można je przeczytać i oznacza tego samego australijskiego, skaczącego torbacza. Zmiana czcionki z Century Schoolbook na Arial jest widoczna, ale nie ma żadnego wpływu na znaczenia słowa.

Nie wszystkie mutacje mają neutralny charakter, mogą mieć jednak również te mutacje, których translacja genu prowadzi do powstania białka. Wystarczy, że „aktywna część” nowego białka w kształcie „wgnębienia”, (o których mówiliśmy w Rozdziale VIII) pozostanie niezmienną, a taka zmiana w niczym nie zakłóca rozwoju płodowego — jeśli analizujemy organizm, oba białka, zmutowane i niezmutowane, można traktować jak „synonimy”. Nie jest też wykluczone, choć osobiście jestem przeciwnikiem tej hipotezy — mutacje mają wpływ na budowę i funkcjonowanie, ale w niczym nie zwiększają ani nie zmniejszają szans na przetrwanie.

Reasumując — teoria neutralna nie wykazała, że mutacja ma charakter neutralny tylko w przypadku genów niemających dla zwierzęcia istotnego znaczenia organizm jest inny i warunkiem neutralności w rozumieniu tej teorii jest, by efekt działania genu był identyczny dokładnie od tego, czy translacji ulega jego zmutowana, czy niezmutowana wersja. Sam gen może pełnić bardzo ważne funkcje. W tym ujęciu rzeczywiście można przyjąć, że większość mutacji może być neutralna. To jednak, że nie dostrzegamy mutacji w doborze naturalnym, nie znaczy, że nie potrafią ich wykryć genetycy molekularni. Potrafią i dlatego takie mutacje stanowią wręcz idealną podstawę zegara molekularnego. Użyłem się wcześniej metaforą góry lodowej, w której wierzchołek tworzą mutacje, które nie są dla organizmu neutralne. I mimo że stanowią tylko niewielką część, to mają kluczowe znaczenie i one są przedmiotem badań, oraz decydują o ewolucyjnej klęsce lub sukcesie. Nie my widzimy efekty ich działania, „widzi” je również dobór naturalny i, „dobierając” spośród nich, stwarza przemożne złudzenie projektu, któremu tak wielu dało się oszukać. My tymczasem wróćmy do neutralnych mutacji, skoro już wiemy, że zdarzają się znacznie częściej, jak i sprawdzają się jako zegar molekularny.

W miarę upływu czasu (oczywiście mówimy tu w wymiarze geologicznym) mutacje dosłownie przeorują genom. Na szczęście wśród genów mających znaczenie przetrwania porządek utrzymuje dobór naturalny. I szybko pozbywa się mutacji szkodliwych, a faworyzuje te które są korzystne. Natomiast neutralne mutacje powoli się gromadzą i nawarstwiają i praktycznie nikt — poza genetykami molekularnymi — nie zwraca na nie uwagi. Tu muszę wprowadzić kolejny termin fachowy: utrwalenie mutacji. Na czym to polega? Jeśli mutacja rzeczywiście jest nowa, częstość jej występowania w puli genetycznej będzie bardzo mała. Możliwe jednak, że gdy tę samą pulę genetyczną przeanalizujemy za jakiś czas, na przykład 100 dni później, okaże się, że ta mutacja występuje, powiedzmy, trzykrotnie częściej. W

takiej sytuacji mówimy, że mutacja się utrwaliła. W zasadzie nie jest już mutacją, a stała się częścią genomu. Oczywiście sprawcą utrwalenia się mutacji może być dobór naturalny, ale możliwe są też inne mechanizmy, może czasem dojść do przypadkowego utrwalenia. Czasem takie rzeczy się po prostu dzieją, tak samo jak wśród ludzi nawet najślawniejsze nazwiska mogą zniknąć, bo ród nie doczekał męskiego potomka. I podobnie jak z nazwiskami, jakaś mutacja w puli genetycznej może zacząć występować wyjątkowo często w zasadzie bez racjonalnego uzasadnienia, tak jak w takim samym stopniu za sprawą czystego przypadku „Smith” jest najpopularniejszym angielskim nazwiskiem. Oczywiście znacznie ciekawsze, gdy utrwalenie mutacji następuje ewolucyjnych powodów (dobór naturalny!), ale, jak już wyjaśniłem, jeśli tylko jest dość czasu (czyli pokoleń), dzieje się tak również na mocy przypadku. A ponieważ w geologii mówimy o bardzo długich odcinkach czasu, możemy przyjąć, że neutralne mutacje zachodzą w przewidywalnym tempie dla różnych genów, ale stałym w przypadku genów danego rodzaju.

To właśnie to, czego nam trzeba do stworzenia zegara molekularnego. Głównym zdarzeniem w tym kontekście jest utrwalenie mutacji, właśnie bowiem takie przypadki „utrwalonych” genów widzimy, kiedy przyglądamy się dwóm współczesnym szympansom i chcemy wiedzieć, kiedy rozeszły się drogi ewolucyjne i ich przodków. W wyniku utrwalenia mutacji powstają charakterystyczne dla określonego gatunku i dzięki porównaniu utrwalonych genów u interesujących nas gatunków możemy uzyskać taką właśnie informację. Z takim zachowaniem zegara molekularnego wiążą się pewne dodatkowe komplikacje, ale nie będę może rozwijał tego wątku, bo Wong i ja dość szczegółowo przedyskutowaliśmy go w "The Epilogue to the Velvet Worm's Tale". Na użytek naszych rozważań przyjmijmy po prostu, że zegar molekularny działa trzeba, ale pamiętać o pewnych ograniczeniach tej metody.

Podobnie jak przy radiodatowaniu, gdzie czas półrozpadu różnych izotopów zmienia się od ułamków sekund do milionów lat, tak samo różne geny dostarczają nam zegarów, które mierzą ewolucyjne zmiany zachodzące w odstępach od milionów do miliardów lat (i pośrednich). I podobnie jak każdy izotop ma stały okres połowicznego rozpadu, tak różne zegary mają własne, charakterystyczne tempo zmiany, czyli kiedy przypadkowa mutacja ulega utrwaleniu. W genach histonów, na przykład, taka mutacja zachodzi średnio co miliard lat, geny fibrynopeptydów są zaś pod tym względem tysiąckrotnie szybsze i nowe mutacje utrwalają się już co milion lat. Cytochrom C i cała grupa genów hemoglobiny mieszczą się gdzieś pośrodku, z czasem utrwalania mutacji od milionów do dziesiątków milionów lat.

Nie trzeba chyba dodawać, że ani zegary radioaktywne, ani molekularne nie „tykają” w równym, stałym tempie, jak wahadłowy lub zwykły zegarek. Gdyby molekularny zegar można było wyregulować, brzmiałby pewnie trochę jak licznik Geigera. Pozwala on usłyszeć „tykanie” radioaktywnych zegarów i ma charakterystyczne, nierównomierne brzmienie, od pojedynczych pisków, po przejmujący, głośny terkot. To jak mogłyby brzmieć mutacje, gdyby można było

odsluchać upływ geologicznego czasu. Z naszego punktu widzenia pomiaru czasu — najistotniejsze jest jednak, że znane jest średnie tempo. To wystarczy, żeby zegar molekularny sprawdzał się w swojej roli.

Kiedy zaczynałem wyjaśnienie funkcjonowania molekularnego zegara, zaznaczyłem, że sama idea zegara molekularnego opiera się na założeniu, iż ewolucja następuje. Uzyskanych w ten sposób informacji nie można więc w zasadzie uznać za jej dowód. W sumie jednak nie do końca miałem racje. Przecież sam fakt istnienia pseudogenów — bezużytecznych, trankskrybowalnych genów, wyraźnie jednak podobnych do swoich przydatnych „braci” — to najlepszy dowód na to, że wszystkie zwierzęta i rośliny noszą swoją historię zapisaną we własnych ciałach. Ale to już temat następnego rozdziału.

ROZDZIAŁ XI
HISTORIA ZAPISANA W
NAS

Na wstępie do tej książki pisałem o nauczycielu łaciny zmuszonym do marnowania czasu i energii na dowodzenie, że Imperium Rzymskie i język, którego uczy, w ogóle istniały. Pomyślmy jednak chwilę, jakie rzeczywiście mamy dowody na istnienie Rzymu i łaciny. Mieszkam w Wielkiej Brytanii, a tu — podobnie jak w niemal całej Europie — i dosłownie i wprost wpisał Rzym swoje istnienie w mapy i krajobraz, łacina wplotła się w nasz język, a historia Rzymu literaturę. Jeśli trafisz na Wyspy, przejdź się wzdłuż Hadriana, który lokalni mieszkańcy nadal nazywają "Rzymskim murem", albo też — jak ja czynię co sobota — przespaceruj się z nowego (względnie!) Salisbury, tu mieściła się szkoła z internatem, do starych, kamiennych rzymskich Tortów w Old Sarum. Trasa jest trochę zatłoczona, ale, krąży tu duch nieśmiertelnych legionów. Ba, wystarczy wziąć do ręki którąś z oficjalnych map i jeśli znajdziemy długą, ciągnącą się wśród pól i lasów, idealnie prostą i drogę, na pewno podpisana będzie rzymską nazwą. My Brytyjczycy, nieustannie napotykamy wokół siebie ślady imperium Rzymskiego.

Tak samo przeszłość zapisała się we wszystkich żywych organizmach. W naszych ciałach tkwi odpowiednik rzymskich traktów, murów, pomników i antycznych inskrypcji; zapisany w żywym DNA czeka, by jakiś naukowiec zechciał go odczytać.

Jesteśmy obciążeni okruchami przeszłości. Obciążeni? Dosłownie! Kiedy jest nam zimno albo kiedy coś nas bardzo przerazi — albo poruszy — nasze ciało pokrywa się „gęsią skórą”. Dlaczego? Ponieważ przodkowie człowieka byli typowymi ssakami. Typowymi, czyli porośnięci sierścią, a włosy działają jak bardzo wrażliwy termometr kiedy jest zimno, unoszą się, tworząc warstwę izolacyjną kiedy jest ciepło, kładą się, żeby łatwiej było obniżyć temperaturę ciała. W ewolucji naszego gatunku mechanizm ten został zawłaszczony do celów komunikacji społecznej, jest elementem systemu wyrażania emocji, co jako jeden z pierwszych dostrzegł Karol Darwin i opisał w pracy "O wyrażaniu uczuć u człowieka i zwierzęcia". Nie mogę się oprzeć Darwinowi i nie zacytować w tym miejscu jego spostrzeżeń:

Mr. Sutton, inteligentny dozorca w zoologicznym ogrodzie, sporządza dla mnie staranne postrzeżenia nad szympansem i orangiem; stwierdza, że gdy małpy te nagle się przestraszą, jak np. błyskawicy, lub w gniew wprowadzone zostaną, np. drażnieniem ich, włos im się jeży. Widziałem szympansa, który przestraszył się zbliżeniem kominiarza; wtedy włos małpy na całym ciele nastroszył się. Kilkakrotnie przy tym występowała ona wtedy ku przodowi, jak gdyby chciała napaść na człowieka, nie mając jednak istotnego zamiaru ataku. Będzie, jak zauważył dozorca, że kominiarz się złęknie. Gdy w stanie wściekłości podrażnionym zostanie, wtedy występuje histeryczny krzyk, zapewne, aby „przeciwnika przestraszyć”. Widziałem, jak u pawiana anubisa, w przystępie gniewu, włos jeży się wzdłuż grzbietu od karku do łędźwi, lecz ani na tułowiu, ani w innych miejscach ciała. [...] Przyniosłem wypchanego węża do małpiej chaty, i natychmiast u wielu gatunków włos nastroszył się, zwłaszcza na ogonie, jak to szczególnie zauważyłem u

Cereophu. Brehm podaje, że *Miclas oedipus* w gniewie stroszy grzywę, po to by pokazać się jak najbardziej straszną.

Tak więc w gniewie zwierzęta stroszą sierść i tak samo reagują, gdy się boją. Przez to mają się wydawać większe, aby odstraszać potencjalnych rywali lub wrogów. U nas, nagich małp, ta ewolucyjna maszyna nadal działa, choć nie mamy już (bądź prawie nie mamy) włosów, które można by stroszyć, więc pokrywamy się gęsią skórą. To pozostałość, niefunkcjonalny relikwiczegogoś, co było użyteczne dla naszych już nieżyjących przodków. Reliktowe owłosienie to jeden z wielu przykładów zapisanej w naszych ciałach historii. To kolejne przekonywujące świadectwo ewolucji, zaczerpnięte ze współczesnych, jak najbardziej żywych organizmów, a nie ze skamieniałości.

Jak pamiętamy z poprzedniego rozdziału, wystarczyło tylko porównać delfina z koryfeną, by odkryć jego lądowy rodowód. Nie zwiodły nas opływowe rybie kształty ani wodny tryb życia, ani nawet to, że wyciągnięty na ląd szybko umiera — ssacza i lądowa przeszłość jest wpisana istotę tego zwierzęcia. W odróżnieniu od koryfeny, choć tak do niej podobny, delfin ma płuca, nie skrzela, jeśli nie pozwolimy mu odetchnąć powietrzem, utonie, choć potrafi wstrzymać oddech o wiele dłużej niż jakikolwiek lądowy ssak, jego układ oddechowy bowiem ewoluował by jak najlepiej dostosować się do wodnego świata. Inaczej niż lądowe ssaki delfin nie ma dwudzielnych nozdrzy na nosie, lecz pojedyncze nozdrze na czubku głowy, co ułatwia mu oddychanie, kiedy płynie tuż pod powierzchnią wody. To nozdrze zaopatrzone jest w szczelnie zamykaną przegrodę, która nie pozwala wodzie dostać się do środka, oraz bardzo dużą komorę, co skraca czas potrzebny na oddychanie. W roku 1845 Francis Sibson Esq.* w komunikacie przeznaczonym dla Royal Society (całkiem możliwe, że Darwin, jako członek Towarzystwa, czytał ów komunikat)

Pisał co następuje: „Aparat mięśniowy, który zamyka nozdrza delfina i kontroluje ich otwory to jedna z najlepiej dostrojonych maszyn, jakie spotkać można w naturze czy nawet w sztuce”. Rzeczywiście nozdrze delfinów musi sięgać bardzo daleko w głąb ciała, a wszystko po to by zaradzić problemom, które nigdy by się nie pojawiły, gdyby miał skrzela jak ryby, wówczas bowiem otwór umożliwiłby zwierzęciu pobieranie powietrza nie musiałby wtedy zasysać powietrza z czubka nosa na wierzchołku głowy. Prawdziwy projektant gdyby miał wymyślić rozwiązanie — o ile nie zdecydowałby się po prostu na skrzela — od razu zaplanowałby otwory tam, gdzie powinny się znaleźć. W tym rozdziale zetkniemy się jeszcze z wieloma

* Nie Brytyjskim czytelnikom muszę wyjaśnić, że na Wyspach Esq. to skrót od dżentelmena, ostatnio zresztą używany coraz rzadziej. Natomiast niedawno odkryłem, że w USA skrót ten oznacza prawnika, spotkałem nawet pewną prawniczkę, która te literki dodała do swojego nazwiska. Muszę przyznać, że dla Brytyjczyka brzmi dziwnie, jak dla Amerykanów oficjalny tytuł pierwszej kobiety, która została członkiem brytyjskiego sądu najwyższego — Lord Justice Elizabeth Butler-Sloss. Angielskie wykorzystanie "Esq" budzi zresztą pewne problemy na całym świecie. Ktoś mi ostatnio powiedział, że hotelach przegródki z literą E pełne są niedoręczonych korespondencji do Pana Esq.

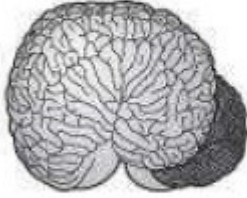
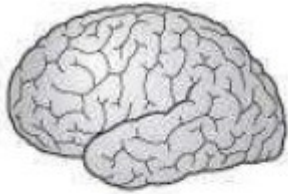
przykładami, jak to ewolucja powoli koryguje pierwotne „pomyłki” i uzdatnia historyczne relikty tu i ówdzie coś dodając lub ujmując, zamiast stworzyć gotowy plan, jak czynią prawdziwi projektanci.

Skomplikowany układ oddechowy delfina to tylko jedna z ilustracji dawnej w przypadku tego ssaka lądowej — przeszłości wpisanej w organizm. Zresztą i delfiny, i wieloryby noszą w sobie, i wiele takich zapisów, równie czytelnie poświadczają ich dziedzictwo, jak szlaki dawnych pieszych traktów i ścieżek na mapie Anglii poświadczają rzymską obecność w Brytanii. Wieloryby na przykład nie mają nóg, mają skryte wewnątrz ciała niewielkie kości będące pozostałością pasa miednicznego tylnych kończyn, na których poruszali się ich dawni przodkowie. Podobne struktury kostne występują u syren* (już kilka razy wspominałem o tym rodzaju morskich ssaków, do którego należą diugonie i manaty również do syren zaliczamy prawie dziewięciometrowej długości krowy morskie, wytępione w XVIII wieku przez wielorybników). Syreny bardzo różnią się od wielorybów i delfinów, ale są oprócz nich jedynymi ssakami, które nigdy nie wychodzą na ląd. Delfiny to szybcy i inteligentni myśliwi podczas gdy manaty i diugonie to powolni i ospali roślinożercy. Chyba raz w życiu zdarzyło mi się, że nie miałem nic przeciw muzyce płynącej z głośników w miejscu publicznym, w wielkim oceanarium dla manatów w zachodniej części Florydy — cicha, spokojna melodia tak idealnie pasowała do wielkich stworzeń, że po prostu nie można było mieć pretensji. Przy jej dźwiękach manaty i diugonie majestatycznie i bez wysiłku unosiły się w wodzie w hydrostatycznej równowadze, nie dzięki pęcherzowi pławnemu, jak ryby, (ale o tym za chwilę), ale dzięki ciężkim kościom równoważącym wyporności pokrywającej je warstwy tłuszczu. Ciężar i wyporność zwierzęcia jest zbliżony do wody, a precyzyjna kontrola umożliwia pobieranie i wypuszczanie powietrza, umożliwia to szczególna budowa płuc, rozdzielonych i wyposażonych w dwie niezależne przepony.

Wszystkie ssaki, delfiny, wieloryby, diugonie i manaty wodne wydają na świat gotowe do życia potomstwo. (Zresztą nie tylko ssaki rozmnażają się w ten sposób, jest wiele żyworodnych ryb, które niezależnie wyewoluowały rozmaite sposoby rodzenia potomstwa). Obecność łożyska rozwiewa jakiegokolwiek wątpliwości (gdyby jeszcze je żywił) co do przynależności delfinów do ssaków, podobnie jak czynność karmienia młodych matczynym mlekiem. Delfin ma też charakterystyczny ssaczy mózg, i co więcej, mózg rozwinięty. Kora mózgowa to warstwa pokrywająca powierzchnie mózgu. Z ewolucyjnego punktu widzenia,

(BRAK TEKSTU)

* Zgodnie z pewną hipotezą skojarzenie z mitycznymi syrenami wynika z tego, że zwierzęta te — podobnie zresztą jak i ich najbliżsi (lądowi) krewni, czyli samice słonic karmią młode piersią. Może seksualnie wygłodniałym po miesiącach rejsu marynarzu oglądany z daleka widok karmiącej matki mógł się kojarzyć z kobietą.



Mózg człowieka (na górze), delfina (w środku) i pstrąga (na dole). Skala nie jest zachowana

Można sobie załatwić, zwiększoną objętość mózgu, ale tu ograniczenie stanowi wielkość czaszki, a im większa czaszka, tym trudniejszy i bardziej niebezpieczny poród, ssaki znalazły inne rozwiązanie i zdołały powiększyć korę mózgową „ugniatając” ją w czaszce, tak że jest pofałdowana i pokryta zmarszczkami. To dlatego nasz mózg wygląda trochę orzech włoski. Jeśli zaś mówimy o pofałdowaniu kory, to delfiny i wieloryby są jedynymi zwierzętami, które w tej kwestii mogą z nami rywalizować. W rybach mózgach fałdy w ogóle nie występują, zresztą ryby nie mają kory mózgowej. Dodatkowo w porównaniu z człowiekiem (i delfinem) ryby mają bardzo małe mózgi, a pofałdowana powierzchnia mózgu delfina to kolejna obok łożyska, mleka, czterokomorowego serca i pojedynczych kości żuchwy — fragment organizmu tego zwierzęcia, w którym zapisana jest jego ssacza przeszłość. A przecież jest jeszcze stałocieplność.

Do zwierząt ciepłokrwistych należą ssaki i ptaki. Ta cecha nazywana też bywa stałocieplnością, bo polega na tym zwierzę utrzymuje stałą ciepłotę ciała niezależnie od temperatury na zewnątrz. To bardzo dobry pomysł, z tego powodu, że reakcje chemiczne w komórce przebiegają efektywniej w stałej, optymalnej temperaturze. Zresztą zwierzęta „zimnokrwiste” wcale nie muszą mieć niższej temperatury ciała. Jeśli na przykład jakiś ssak i jaszczurka zamieszkują razem na Saharze w promieniach południowego słońca, to temperatura krwi jaszczurki będzie wyższa, ale z kolei to ssak będzie miał cieplejszą krew. Ssaki po prostu utrzymują względnie stałą temperaturę ciała, choć wymaga to od organizmu ciężkiej pracy i skomplikowanych wewnętrznych mechanizmów. Jaszczurki do regulacji ciepłoty wykorzystują środowisko — wychodzą na słońce, by się ogrzać, lub idą w cień, jeśli potrzebują chłodu. Ssaki potrafią regulować temperaturę własnego ciała znacznie bardziej precyzyjnie. Delfiny nie są wyjątkiem, chociaż zdecydowały się wrócić do wodnego środowiska, a większość żyjących tam stworzeń nie dysponuje umiejętnością

utrzymania stałej temperatury. Zatem znów mamy fragment dawnej ewolucyjnej historii trwale wpisany w organizm.

NIEGDYŚ WSPANIAŁE SKRZYDŁA

W organizmach wielorybów i syren pełno jest reliktywów ewolucji historii tych zwierząt i łatwo je wskazać, jako że żyją w zupełnie innym środowisku niż ich przodkowie. Podobnie w przypadku ptaków, które zrezygnowały z latania i częściowo nawet pozbyły się niezbędnego do tego celu lotniczego wyposażenia. Niemniej, choć nie wszystkie potrafią latać, wszystkie nadal zachowały, przynajmniej w wersji reliktywowej, struktury umożliwiające latanie. Strusie i emu to wytrawni biegacze, którzy nigdy nie wznoszą się w powietrze. Jedne i drugie mają jednak szczątkowe skrzydła, a nawet robią z nich użytek, bo te reliktywowe organy, służące do latania, dobrze sprawdzają się przy utrzymywaniu równowagi i kierunku w czasie biegu, odgrywają też pewną rolę w zachowaniach społecznych i seksualnych. Skrzydła kiwi są w trakcie takiej redukcji, że w ogóle ich nie widać spod okrywających zwierzę piór, ale tam „pod spodem” nadal tkwią wszelkie kości normalnie tworzące skrzydła. Moa zupełnie straciły skrzydła. Ptaki z tej wymarłej (a raczej wybitej) rodziny zamieszkiwały Nową Zelandię, gdzie, co warto zauważyć, nietoty w ogóle reprezentowane są wyjątkowo licznie, zapewne dlatego, że pod nieobecność ssaków istniały tu liczne nisze biologiczne, które mogło zasiedlić każde zwierzę, jakiemu udało się tu dotrzeć (czyli dolecieć). Później ci latający pionierzy osiedlili się na ziemi, wchodząc w role, które w innych miejscach pełnią ssaki, z czasem utracili zdolność latania. Z moa było chyba inaczej, bo wiele wskazuje, że ich przodkowie byli nietotami, jeszcze zanim wielki kontynent linowej Gondwany rozpadł się na części (Nowa Zelandia jest jedną z nich), które uniosły ze sobą gondwańską faunę. Natomiast na pewno całkiem niedawno zdolność lotu utraciły nowozelandzkie kakapo. Przodkowie tych papug musieli latać jeszcze tak niedawno, że biedne kakapo nadal próbują wznosić się w powietrze, choć nie mają już do tego oprzyrządowania. Oto zresztą jak opisał je nieśmiertelny Douglas Adams w książce "Ostatnia okazja, by ujrzeć":

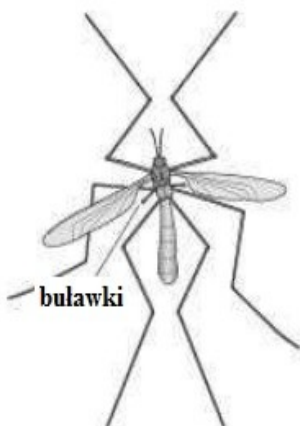
To wyjątkowo gruby ptak. Dorosły osobnik może ważyć nawet ponad trzy i pół kilograma, ale jego skrzydełka nadają się najwyżej do tego, by trochę nimi pomachać, kręcąc się w miejscu. O żadnym lataniu nie ma mowy. Najsmutniejsze, że, jak się wydaje, biedny kakapo myśli, że tylko zapomniał jak się lata, ale zapomniał również o tym, że zapomniał. Czasem można zobaczyć, jak taki bardzo wyraźnie przygnębiony kakapo wbiega na drzewo i skacze. Niestety, leci w dół jak cegła, i mniej więcej z wdziękiem cegłówki wali w ziemię.

Podczas gdy strusie, emu i nandu to świetni biegacze, pingwiny i kormorany nietoty z Galapagos to doskonali pływacy. Na wyspie Isabela miałem przyjemność pływać z tymi kormoranami w wielkim skalnym basenie. Byłem oczarowany szybkością i precyzją, z jaką przeczesują podwodne zakamarki, wytrzymując pod wodą niewiele krócej niż ja (ale ja miałem aparat do nurkowania). W odróżnieniu od

pingwinów, które używają swoich krótkich skrzydełek, by poruszać się („latać”) po wodą, kormorany wykorzystują do tego potężne mięśnie nóg i wielkie stopy z błoną pławną, a skrzydła służą im wyłącznie jako stabilizatory. Jednak u żadnego z nietotów — od strusi, które utraciły skrzydła bardzo dawno temu, po kakapo — fakt posiadania latających, skrzydlatych przodków nie budzi najmniejszych wątpliwości. Tego dziedzictwu nie może zakwestionować żaden logicznie rozumujący obserwator, a zatem również istnienie i anatomię ptaków-nietotów możemy uznać za dowód ewolucji.

Nie tylko ptaki traciły w toku ewolucji skrzydła, podobna rzecz przytrafiła się też wielu grupom owadów, w wariantach od bardzo silnej redukcji do pełnej utraty. Trzeba w tym kontekście odróżniać prymitywne bezskrzydłe owady takie jak rybik, od pcheł czy wszy, których przodkowie mieli skrzydła. Samice brudnicy nieparki mają bardzo słabo rozwinięte mięśnie skrzydeł i nie mogą latać, a zresztą nie muszą, bo samce — zwabione wydzielaną przez nie chemiczną przynętą, którą potrafią wyczuć w śladowych stężeniach — same do nich przylatują. Całkiem możliwe, że gdyby samice tego gatunku potrafiły latać, taki system rozmnażania się nie byłby możliwy, bo podążające za chemicznym sygnałem samce mogłyby nie odnaleźć ruchliwych samic.

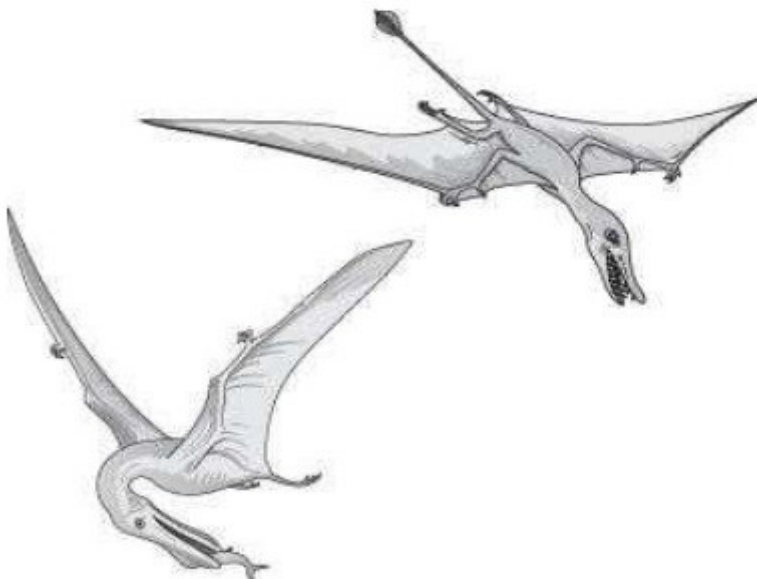
Większość owadów ma po dwie pary skrzydeł, natomiast muchy mają tylko jedną (stąd ich łacińska nazwa — Diptera) druga bowiem uległa modyfikacji i redukcji do przezmianek, które przypominają kształt huśtawek osadzonych na cienkich trzonkach bek (ze względu na kształt niekiedy nazywane są buławkami), które poruszając się spełniają funkcję pewnego rodzaju żyroskopu. Skąd wiemy, że przezmianki były niegdyś skrzydłami? Wskazówek jest kilka. Po pierwsze wyrastają dokładnie w tym miejscu, co skrzydła, chociaż na trzecim segmencie tułowia, a nie na drugim (wiele owadów ma skrzydła również i w trzecim segmencie). Poruszają się w identyczny („ósemkowy”) sposób jak skrzydła, rozwój embriologiczny jest identyczny (tyle że przesunięty o jeden segment) i jakkolwiek są znacznie mniejsze, to jeśli przyjrzymy im się dokładnie zwłaszcza kiedy jeszcze rosną, to bez kłopotu zidentyfikujemy je właśnie jako zdeformowane, a raczej zmodyfikowane ancestralne skrzydła (oczywiście ten argument nie przekona ewolucyjnych negacjonistów).



Buławki u komarnicy

Kolejnym dowodem skrzydlatej przeszłości przemianek jest mutacja występująca u drozofili. U tych dotkniętych tą mutacją osobników (tzw. mutanty homeotyczne) w wyniku zaburzeń w rozwoju płodowym zamiast buławek wyrasta druga para skrzydeł, tak samo jak u os, pszczoł albo innych owadów. Pojawia się interesujące pytanie, jak mógłby wyglądać stan pośredni między skrzydłami i przemiankami i dlaczego dobór naturalny miałby faworyzować to pośrednie stadium. Inaczej mówiąc, jaki jest pożytek z połowy przemianki. Badacz który najbardziej przyczynił się do wyjaśnienia, jak funkcjonują przemianki u muchówek, był mój dawny wykładowca profesor z Oksfordu J.W.S. Pringle (za sprawą wyjątkowo ponurego oblicza i sztywnej postawy zwany przez studentów „śmiejącym się Johnem”). Pringle stwierdził, że wszystkie owady mają u podstawy skrzydeł niewielkie organy zmysłowe, które reagują na ruch i działanie innych sił. U podstawy przemianek występują bardzo podobne organy, co stanowi kolejny dowód, że to po prostu zmodyfikowane skrzydła. W każdym razie na długo zanim przemianki wyewoluowały, informacja docierająca do systemu nerwowego owada z tych nie wielkich organów zmysłowych wystarczyła, by szybko poruszające się skrzydełka działały jak prymitywny żyroskop. A ponieważ każda latająca maszyna jest w sposób naturalny niestabilna, przydaje się każde urządzenie, które pozwala tą stabilność zwiększyć.

Kwestia stabilności lotu to bardzo ciekawy ewolucyjny problem. Spójrzmy na dwa pterozaurowy, wymarłe latające gady, żyjące w erze dinozaurów. Każdy znający się na aerodynamice inżynier stwierdzi od razu, że Rhamphorhynchus (gatunek znacznie starszy) mógł poruszać się w powietrzu dość stabilnym ruchem dzięki długiemu ogonowi zakończonemu wyrostkiem w kształcie rakiетки do ping-ponga. Ponieważ ogon nadawał mu stabilności, Rhamphorhynchus nie potrzebował wyrafinowanej żyroskopowej maszynery zmysłowej (jaką u muchówek są buławki). Z drugiej jednak strony — co również natychmiast zauważy każdy fachowiec — takie rozwiązanie ma istotne wady, bardzo utrudnia jakiegokolwiek manewry. Przy lataniu zawsze mamy do czynienia z dylematem — zwrotność czy stabilność.



Rhamphorhynchus (na górze) Anhanguera (obok)

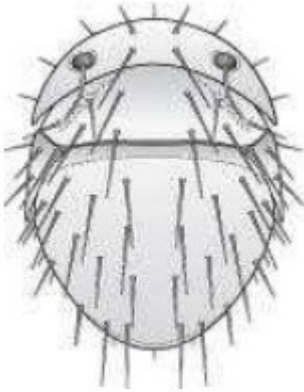
Wielki John Maynard Smith, który zajmował się projektowaniem samolotów, zanim zdecydował się wrócić na uczelnię studiować biologię (uznawszy, że samoloty są zbyt hałaśliwe i staroświeckie), stwierdził kiedyś, że na przestrzeni ewolucyjnego czasu latające zwierzęta mogły nieustannie przemieszczać się wzdłuż tego „konstrukcyjnego” continuum, czasem decydując się zrezygnować ze stabilności na rzecz łatwiejszego manewrowania, choć takie rozwiązanie pociągało za sobą dodatkowe koszty związane z koniecznością stworzenia lepszego instrumentarium i wyposażenia go w odpowiednią moc obliczeniową; mowa o mózgu. W dolnej części zamieszczonej wyżej ilustracji przedstawiony został Anhanguera, który żył w kredzie, mniej więcej sześćdziesiąt milionów lat temu w jurajskim ramforynchu. Jak widać, Anhanguera praktycznie w ogóle nie miał ogona, jak współczesne nietoperze, i zapewne tak jak one musiał nieustannie kontrolować i korygować kierunek ruchu oraz ułożenie skrzydeł, co wymagało posiadania odpowiednich narządów zmysłu, i wystarczającej „mocy obliczeniowej”. Oczywiście gad nie miał przemianek, wykorzystywał raczej do tego samego celu inne organy zmysłowe, prawdopodobnie półkoliste kanaliki w uchu wewnętrznym. U tych okazów, u których udało się to sprawdzić były one bardzo duże, ale — co nie do końca zgadzało się z hipotezą Maynarda Smitha, pod tym akurat względem Rhamphorhynchus i Anhanguera nie różniły się zbytnio.

Wróćmy jednak do muchówek. Jak twierdzi Pringle czteroskrzydli przodkowie mieli prawdopodobnie znacznie dłuższy odwłok, co pomagało zachować stabilność podczas lotu, zwłaszcza że funkcję prymitywnego żyroskopu pełniło każde ze skrzydełek. Później dopiero owady te zaczęły przemieszczać się wzdłuż awiacyjnego continuum, zyskując na zwrotności, a tracąc na stabilności, w miarę, jak ich odwłok ulegał skróceniu. Wtedy tylna para skrzydeł zaczęła zmieniać się w narząd zmysłów (funkcję żyroskopu w jakimś stopniu pełniły już wcześniej), a ten ewolucyjny trend oznaczał mniejsze rozmiary i bardziej masywną budowę, podczas gdy przednie skrzydła rosły, by móc samodzielnie utrzymać owada w powietrzu. I tak właśnie wyglądał ciąg stopniowych przemian, które ostatecznie doprowadziły do tego, że u muchówek przednia para skrzydełek odpowiada za latanie, a tylna na natomiast za awionikę.

Mrówki-robotnice straciły skrzydła, ale nie utraciły potencjalnej możliwości ich wykształcenia. W pewnym sensie nadal te skrzydła w sobie noszą, gdyż królowe (a także samce) mają skrzydła, a przecież każda z robotnic mogłaby zostać królową, a jeśli tak się nie stało, to zadecydowały o tym czynniki środowiskowe, nie genetyczne*. Robotnice w toku ewolucji pozbyły się skrzydeł zapewne z tego powodu, że utrudniają one poruszanie się pod ziemią. Dość przejmująco potwierdza to los królowych, które posługują się swoimi skrzydłami tylko raz, kiedy muszą

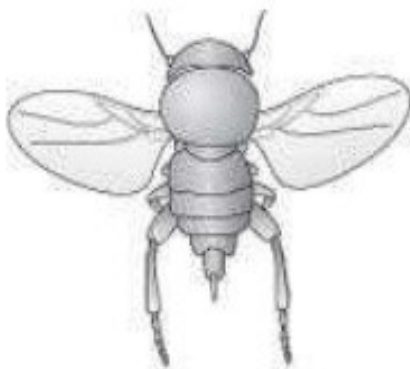
* Larwy przyszłych królowych karmione są specjalnym eliksirem, wydzieliną z gruczołów mieszczących się na głowie mrówek-mamek. Ta środowiskowa, a nie genetyczna determinanta różnic między królową a robotnicami ma bardzo poważne konsekwencje o czym pisałem szerzej między innymi w Samolubnym genie.

opuścić rodzinne mrowisko i odlecieć, by znaleźć partnera i założyć nowe. Kiedy ma już się zrealizować ten cel, stworzyć nowe mrowisko, pierwszą rzeczą, jaką robią, jest pozbycie się skrzydeł. U tych gatunków to „pozbycie się” przybiera — dosłownie formę odgryzienia. To dość bolesny (a może nie, kto to wie) sposób potwierdzenia, że skrzydła pod ziemią nie zdają się na nic. W tej sytuacji trudno się dziwić robotnicom, że nie hodują ich sobie wcale.



Pasożytnicza mucha z rodziny Phoridae

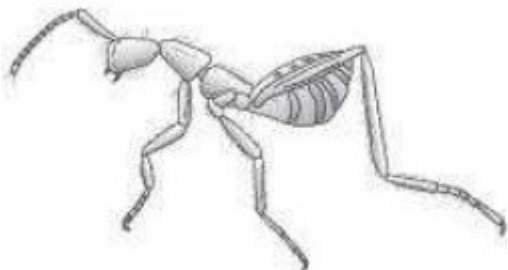
Nie tylko zresztą one. W mrowiskach i termitierach zwykle pełno jest najrozmaitszych bezskrzydłych stworzeń, które podkradają jedzenie i nieustannie krzątają się między donoszącymi zapasy robotnicami. Dla większości istot skrzydła okazują się przeszkodą taką samą jak dla samych robotnic. No bo jak można uwierzyć choćby w to, że paskudztwo przedstawione na rysunku obok jest muchą! A tymczasem dzięki drobiazgowym badaniom przekonaliśmy się, że ten pasożytujący w termitierach owad należy do rodziny Phoridae. Na sąsiednim rysunku widzimy normalnego przedstawiciela rodziny, który zapewne nieco przypomina skrzydlatego przodka tego dziwnego, bezskrzydłego stworzenia, jakie spotkać można wśród termitów. Warto dodać, iż ten „normalny przedstawiciel” pasożytuje na odmianę na innych owadach społecznych — pszczołach. Niemniej nadal widać między nimi pewne podobieństwo, choćby charakterystyczny, sierpowaty kształt głowy. Ma symetrycznie ułożone trójkąty na drugim segmencie, to ewidentnie zdeformowane, skarłowaciałe skrzydełka.



Inny przedstawiciel rodziny Phorida

Cała hałastrza mniej i bardziej dzikich lokatorów zamieszkujących mrowiska i termitiery ma jeszcze jeden powód do pozbycia się skrzydeł. Otóż wiele z tych owadów (choć głównie muchówki z rodziny Phoridae) jako ewolucyjną drogę obrało upodobnienie się do mrówek, albo po to, by łatwiej je oszukać (i zdobyć jedzenie), albo by zmylić potencjalne drapieżniki, które inaczej mogłyby wybierać je do menu w miejsce mniej smacznych i dysponujących lepszą ochroną mrówek (oba te względy mogły działać równocześnie). Na pierwszy rzut oka trudno zauważyć, że obraz przedstawiony na sąsiednim rysunku nie jest mrówki, jest żukiem.

Jeszcze raz, skąd to wiemy? Znow dzięki bardziej szczegółowym oględzinom, które pozwalają dostrzec, że głębokie podobieństwa do innych żuków znacznie przewyższają powierzchowne podobieństwo do mrówek. To trochę tak jak z delfinem, którego przynależność do ssaków nie budzi żadnych wątpliwości, mimo — wyraźnie rybiej „aparycji”. I podobnie jak delfin ma ssaczą przeszłość, tak ten owad swoje żuczce pochodzenie ma wpisane głęboko w cały organizm. Brak skrzydeł i mrówczy pokrój ciała to tylko zewnętrzny pozór.



Żuk przebrany za mrówkę

UTRACONE OCZY

Mrówki, jak wiele innych owadów żyjących pod ziemią, tracą parę skrzydeł, a z kolei różne gatunki zwierząt zamieszkujących głębokie jaskinie, do których nigdy nie dociera światło, mocno zredukowały lub zupełnie utraciły oczy i są — dostrzegł już Darwin — prawie całkiem lub całkiem ślepe. Nawet w biologii jest specjalne słowo „troglobionty” dotyczące gatunków, które przystosowały się do życia w najciemniejszych częściach jaskiń i wyspecjalizowały tak, że praktycznie nie mogą funkcjonować w jakimkolwiek innym środowisku. Do troglobiontów zaliczamy między innymi różne gatunki salamander, ryb, krewetek, raków, krocionogów, pajaków i świerszczy. Te zwierzęta najczęściej są białe (z powodu utraty pigmentu) i ślepe. Większość jednak zachowała szczątkowe pozostałości oczu. Znow nasuwa się pytanie do kreacjonistów — skoro jaskiniowej salamandrze, która żyje w całkowitych ciemnościach, oczy są w ogóle nieprzydatne, po co boski stwórca wyposażył ją w niewidzące oczy, jednocześnie wskazujące na swe pochodzenie od „normalnych”, tyle że kompletnie нефunkcjonalne. Czyż nie jest to dowód ewolucji?

Oczywiście ewolucjoniści ze swojej strony powinni wyjaśnić powód utraty wzroku, kiedy przestaje on być potrzebny, dlaczego zwierzę nie miałoby zostawić sobie oczu, nawet jeśli nie używa? A nuż przydadzą się kiedyś w przyszłości? Po co

zadawać sobie trud z pozbywaniem się ich? Przy okazji —nie należy mylić troglobionta z troglodytą. Proszę zwrócić uwagę, jak trzeba uważać, żeby rozmawiając o ewolucji, nie odwoływać się do kategorii intencji i celu trudno uniknąć personifikacji. Przecież nie powinien mówić, że zwierzę „coś sobie zostawia”. Gdybym chciał być naprawdę precyzyjny, powinienem pytanie sformułować tak: „Jakie korzyści odnosi pojedynczy osobnik (salamandra jaskiniowa) z braku oczu, czyli jak ta cecha wpływa na zwiększenie jego możliwości przetrwania i szans reprodukcyjnych w porównaniu z rywalem, który zachował sprawne oczy, tyle że się nimi nie posługuje?”.

No cóż — przede wszystkim oczy kosztują. Pomińmy już nawet koszty, pewnie niezbyt wysokie, „zrobienia”, pomyślmy choćby o tym, że wilgotny, otwarty na zewnątrz oczodół, w którym obraca się gałka oczna, jest w naturalny sposób podatny na infekcje. Zatem salamandra, która otwór zamknie twardą skórą pokrywą, ma oczywistą przewagę nad swoim konkurentem, który jest bardziej narażony na zakażenie.

Na takie pytania można też jednak odpowiedzieć w inny sposób, nie odwołując się do pojęcia ewolucyjnej przewagi tym bardziej nie personifikując żadnych procesów. Kiedy mówimy o doborze naturalnym, myślimy o tych korzystnych mutacjach, które po pierwsze zadziałały, po drugie są faworyzowane przez dobór. Jednak większość mutacji ma niekorzystne skutki, choćby z powodu losowych, jest znacznie więcej sposobów, by coś zepsuć, niż by poprawić tego działanie*. Dobór naturalny błyskawicznie radzi sobie ze szkodliwymi mutacjami, bo ich nosiciele szybciej umierają, i mają mniejszą szansę na rozmnożenie się, a to automatycznie i skutecznie eliminuje zmutowany gen z puli genetycznej — obojętne, zwierzęcy czy roślinny — jest nieustannie atakowany przez szkodliwe mutacje by bez przerwy znajdował się pod ostrzałem, zupełnie jak powierzchnia Księżyca, stale bombardowana przez meteoryty i pokrywająca się coraz gęstsza siecią kraterów. I za każdym razem, kiedy gen zawiadujący rozwojem oka zostaje „trafiony” przez grasującą po genomie mutację, widzenie się pogarsza, oko zaczyna działać gorzej i coraz mniej zasługuje na nazwę oka. Oczywiście u zwierząt, które wychodzą na światło dzienne (lub nocne) i posługują się zmysłem wzroku wszelkie szkodliwe mutacje (czyli, jak powtarzam, większość) są prawie natychmiast eliminowane z puli genetycznej przez dobór naturalny.

Jednak w głębokich ciemnościach zwierzęta upośledzające wzrok nie są przez dobór „karane”, bo i tak na nic się nie przydają. W tym sensie rzeczywiście oko

* Ta zasada dotyczy zwłaszcza „dużych” mutacji. Pomyślmy zresztą o jakimś skomplikowanym urządzeniu, jak radio albo komputer. Duża mutacja to jak kopnąć je podkutym butem albo odłączyć jakiś przewód i przyłączyć go w innego sprzętu. Teoretycznie możliwe, że urządzenie zacznie od tego działać lepiej, ale raczej mało prawdopodobne. Natomiast drobną mutację możemy porównać na przykład do delikatnego dostrojenia jednego z oporników albo poruszenia pokręteł. Inaczej mówiąc mniejsza mutacja, tym większe prawdopodobieństwo, że przyniesie ona korzystne następstwa, zbliża się do 50 procent.

salamandry jaskiniowej można porównać do powierzchni księżyca, z którego mutacyjne kraterzy nigdy nie znikają, podczas gdy oczy salamandry żyjącej w świetle dziennym będą przypominały powierzchnię planety, mutacyjne-meteority trafiają w nie równie często, ale działa erozja (dobór naturalny) i po kraterach wkrótce nie ma śladu.

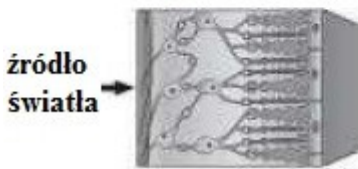
Oczywiście cała ta księżycowo-genetyczna opowieść o oczach mieszkańców jaskiń obejmuje tylko wątek niekorzystnych mutacji, pozytywna selekcja też musiała w ich przypadku działać, faworyzując rozwój okrywy skórnej osłaniającej wrażliwe i niepotrzebne już oczodoły. Jeśli mówimy o historycznych reliktach ewolucji, to bez wątplenia najciekawsze są nie organy szczątkowe, czyli te które zostają, mimo że nie pełnią już żadnych funkcji, ale różne nieudolnie wykorzystywane cechy i narządy, które jednak są źle zaprojektowane do realizacji swoich celów. Na przykład oko kręgowca — człowieka albo jastrzębia — to znakomity instrument, o precyzji porównywalnej z najlepszymi obiektywami firm Zeiss czy Nikon (gdyby tak nie było, firmy wkładałyby tak wielkiego wysiłku w produkcję aparatów i soczewek o coraz wyższej rozdzielczości, bo byśmy różnic nie dostrzegali).

Z drugiej jednak strony wielki niemiecki uczony Hermann von Helmholtz (można uważać go za fizyka, ale jego wkład w biologię i psychologię był większy) już w XIX wieku stwierdził, mając na myśli oko właśnie, że „gdyby jakikolwiek optyk chciał sprzedać mi instrument obciążony tak poważnymi wadami, miałbym pełne prawa jak najostrzej wypomnieć jego niedbałość oraz zwrócić nabyte urządzenie”. Jedną z przyczyn, dla których oko działa jednak nieco lepiej, niż wynika z oceny Helmholtza, jest gigantyczna praca, jaką wykonuje mózg, by wyczyścić i poprawić jakość docierających do niego obrazów, zupełnie jak super-sprawny i w pełni zautomatyzowany Photoshop.

Jeżeli bowiem analizujemy problem widzenia z perspektywy optyki, to przyzwoitą, porównywalną z parametrami Zeiss/Nikon, jakością ludzkie oko osiąga wyłącznie w dołku w środkowego siatkówki (tym miejscem właśnie czytamy). Kiedy przyglądamy się czemukolwiek, przesuwamy wzrok i dopiero wtedy obraz dociera do dołka środkowego siatkówki, i dostrzegamy całe bogactwo szczegółów. To, że wydaje się nam, że od początku całą scenę widzimy równie dokładnie, jest już pracą mózgowego Photoshopa. Natomiast w najwyższej jakości obiektywach aparatów fotograficznych cały obraz jest równie ostry. Tak więc optyczne defekty oka mózg nadrabia wyrafinowanym oprogramowaniem graficznym. Ale kwesta ostrości i widzenia to tylko jeden problem, wskazać bowiem można jeszcze jedną, nawet bardziej uderzającą ilustrację konstrukcyjnych (optycznych) niedoskonałości naszego narządu wzroku — otóż siatkówka jest ustawiona tyłem do przodu!



Ludzkie oko



Szczegółowa budowa „fotokomórki” (pręciki i czopki)

Wyobraźmy sobie współczesnego Helmholtza, któremu inżynier przedstawia projekt dużej matrycy zbudowanej z niewielkich fotokomórek, ustawionych tak, by rejestrowały obraz padający bezpośrednio na powierzchnię matrycy nazwijmy jeszcze tę matrycę „siatkówką”. Na razie ma to sens, oczywiście jeśli jeszcze każdą komórkę połączy się odpowiednim przewodem z urządzeniem, w którym są gromadzone zarejestrowane obrazy. Nasz Helmholtz nie miałby powodów, by tak zaprojektowane urządzenie zwrócić.

Ale co się stanie, jeśli wyjaśnię, że fotokomórki skierowane są w przeciwną stronę, tyłem do obrazu, który mają rejestrować, przewody łączące je z mózgiem przechodzą przez siatkówkę, a promień światła, zanim trafi do fotokomórki, musi przebiec się przez płataninę kabli. Już to nie ma sensu, potem zaś jeszcze gorzej. Jedną z konsekwencji „odwrotnego” ustawienia fotokomórek jest to, że przewody przekazujące obraz do obróbki muszą zostać jakoś przeprowadzone z powrotem przez siatkówkę do mózgu. Przynajmniej u kręgowców zostało to rozwiązane w ten sposób, że wszystkie tworzą wiązkę i przedostają się przez otwór w siatkówce. Ta wypełniona nerwami dziura zwana jest ślepą plamką. Rzeczywiście jest ślepa, ale ze względu na wielkość należało by raczej mówić „ślepa plama”, a nie „plamka”. Na szczęście nasz automatyczny mózgowy Photoshop z tym też sobie radzi, niemniej trudno byłoby obronić tezę, że to tylko marny produkt. Takie coś zaprojektować mógłby tylko kompletny idiota.

Czy naprawdę oczy są tak durnym urządzeniem? Przecież gdyby tak było, widzielibyśmy fatalnie, a na pewno tak nie jest, widzimy świetnie. Otóż nasze oczy działają dobrze dzięki doborowi naturalnemu, który niczym nieskończenie cierpliwy mechanik, sprawdzający najdrobniejsze detale, musi jakoś poradzić sobie z wielkim podstawowym błędem konstrukcyjnym, jakim jest odwrotne ułożenie siatkówki, mimo wszystko potrafi stworzyć precyzyjny, doskonale działający instrument. To w jakiejś mierze przypomina historię Teleskopu Kosmicznego Hubble'a. Jak pewnie wszyscy pamiętają, że kiedy Hubble'a umieszczono na orbicie w roku 1990, okazało się, że na skutek błędnego działania aparatury wykrytej jeszcze na Ziemi zwierciadło teleskopu ma nieprawidłowy kształt. Błąd był niewielki, ale bardzo ważący, i udało

się go usunąć dopiero na orbicie. NASA zdecydowała się wtedy śmiały krok i wysłała misję, której uczestnicy zdołali skorygować parametry teleskopu tak, że uzyskiwane dzięki niemu zdjęcia zaczęły mieć pierwotnie zakładaną jakość. Od tego czasu teleskop działał dobrze, a trzy kolejne misje serwisowe wprowadziły dalsze udoskonalenia. Jak widać, nawet bardzo poważny błąd projektu można naprawić, wprowadzając niewielkie (w skali całego przedsięwzięcia) korekty i modyfikacje, dzięki którym negatywne konsekwencje i pierwotne pomyłki zostają praktycznie wyeliminowane. W ewolucji dzieje się podobnie. Tu również wszelkie istotne mutacje, nawet które są korzystne dla organizmu, wymagają później drobnych korekt i poprawek. Takie ewolucyjne majsterki to nie efekt szeregu drobnych mutacji, które są faworyzowane przez dobór naturalny, naprawiają bowiem błędy jakie pozostawiła po sobie pierwsza, duża mutacja. Na koniec oddajmy znów głos Helmholtzowi:

W oku wskazać można wszelkie defekty, jakie występują w mankamentach optycznych, a nawet kilka takich, które znajdują się łącznie w nim. Niemniej wszystkie one zostają zneutralizowane, że niedokładność obrazu wynikająca z ich obecności w sumie ma wielkie znaczenie, zwłaszcza przy normalnym świetle, kiedy wielość i rozmiar czopków odgrywają decydującą rolę. Kiedy jednak dokonujemy obserwacji w odmiennych warunkach, rychło stajemy się świadomi aberracji chromatycznej, astygmatyzmu, ślepej plamki, problemów związanych z ciśnieniem tętnicznym i wszelakich innych defektów, o których tu mówiłem.

NIEINTELIGENTNY PROJEKT

Taki wzorzec — duża zmiana, a potem drobne naprawy, niezbędne, by coś w ogóle działało — to coś, czego zdecydowanie powinniśmy oczekiwać, gdyby światem rzeczywiście władał (inteligentny) projektant. Wtedy bowiem mogłyby zdarzyć się nawet poważne błędy, jak choćby aberracja sferyczna zwierciadła Hubble'a, ale nie kompletne inżynierskie pomyłki, jak siatkówka umocowana tyłem do przodu. Takie "pomyłki" to nie wynik błędów projektowania — to historyczne zaszłości.

Mój ulubiony przykład takiej zaszłości (od czasu, gdy jeszcze na początku studiów wskazał mi go profesor J.D. Curry) to nerw krtaniowy wsteczny*. To odgałęzienie jednego z nerwów czaszkowych, czyli tych, które prowadzą bezpośrednio do mózgu, a nie do rdzenia kręgowego. Jednym z nerwów czaszkowych jest nerw błędny (bardzo trafna nazwa, trzeba przyznać), który ma kilka odgałęzień, w tym dwa prowadzące do serca i jeszcze po dwa po obu stronach krtani. Jedna z tych par biegnie po obu stronach szyi bezpośrednio do krtani tak jak zaleciłby każdy rozsądny projektant, druga natomiast ma trasę dość zaskakującą, albowiem każdy z nerwów dochodzi do klatki piersiowej, tu owija się wokół jednej z arterii

*To też ulubiony przykład mojego drogiego przyjaciela Jerry'ego Coyne'a. W świetnej książce "Ewolucja jest faktem" można znaleźć jego bardzo dobre omówienie, a tak czy inaczej trzeba przeczytać ją w całości.

odchodzących od serca tętnic (różnych po lewej i prawej stronie, ale okrążają je tak samo), po czym wraca z powrotem do szyi, czyli na swoje miejsce.

Jeśli przeanalizujemy ten fragment anatomii w kategoriach projektowych, to już nie jest błąd. To wstyd i kompromitacja po prostu. Coś takiego Helmholtz oddałby rzemieślnikowi bez wahania. Jeżeli jednak porzucimy myślenie inżynieryjne i spojrzymy na rzecz całą z perspektywy historycznej, rozwiązanie nabiera sensu. Trzeba tylko cofnąć się do czasów, gdy nasi przodkowie byli rybami. W odróżnieniu od nich ryby mają dwu-, a nie czterokomorowe serce. Krew wypływa z niego przez dużą, centralną arterię zwaną aortą brzuszną, ta ma (maksimum) sześć par odgałęzień, prowadzących do sześciu skrzelii po każdej stronie ciała. Następnie krew przepływa przez skrzelia, gdzie wzbogacona jest w tlen, skąd poprzez sześć par naczyń krwionośnych płynie do aorty grzbietowej, zaopatrującej resztę organizmu. Te sześć par tętnic skrzelowych to jeden z dowodów segmentowej budowy ciała kręgowców, znacznie wyraźniej widoczny u ryb niż u nas. Taki plan budowy, co jest zresztą niezwykle interesujące, wyraźnie widać u ludzkich embrionów — szczególnie łuków gardłowych, z których rozwija się większa część szkieletu twarzy, to ewolucyjne „potomstwo” dawnych skrzelii.



Łuki gardłowe u ludzkiego embriona

Oczywiście nie pełnią one funkcji skrzelii, ale w pewnym sensie pięcioletni ludzki płód rzeczywiście przypomina małą, różową rybkę (ze skrzelami). Wciąż zresztą się zastawiam się, dlaczego wieloryby, delfiny, dugonie i manaty nie „wyewoluowały” sobie sprawnych skrzelii. Jak u wszystkich ssaków, u nich też w fazie rozwoju płodowego wykształcają się łuki gardłowe, a zatem wytworzenie skrzelii nie powinno być zbyt trudne. Nie wiem, czemu tego nie zrobiły, ale jestem pewien, że jest jakiś powód i ktoś albo już go zna, albo wkrótce udzieli odpowiedzi na to pytanie.

Segmentowa budowa ciała występuje u wszystkich kręgowców, ale u dorosłych osobników — inaczej niż u embrionów — jest to wyraźnie widoczne tylko w bezpośrednich okolicach rdzenia kręgowego, gdzie kręgi, żebra, naczynia krwionośne, miotomy (metameryczne zawiązki mięśni) i nerwy występują w powtarzających się modułach. Po obu stronach każdego segmentu kręgosłupa od rdzenia kręgowego odchodzą dwa nerwy, zwane korzeniem brzuszным i korzeniem

grzbietowym; większość z nich realizuje zadania w pobliżu kręgu, od którego odchodzi, niektóre jednak sięgają dalej, odpowiednio do przednich lub tylnych kończyn, czyli rąk i nóg w naszym przypadku.

Głowa u kręgowców powieliła ten sam segmentowy plan budowy, tyle że w tym przypadku znacznie trudniej go wykryć, nawet u ryb, bo segmenty nie są tu tak zgrabnie ułożone wzdłuż osi ciała, jak w kręgosłupie, lecz w trakcie ewolucji pięknie się wymieszały. Odkrycie śladów dawnych segmentów w budowie czaszki było jednym z największych osiągnięć embriologii i anatomii porównawczej dziewiętnastego i początków dwudziestego wieku. Na przykład pierwszy łuk skrzelowy u bezszczękowych ryb takich jak minóg Morski (oraz u embrionów wyposażonych już w szczękę kręgowców) to anatomiczny odpowiednik szczęki u kręgowców, poza minogami i śluzicami wszystkie współczesne kręgowce mają wykształconą tę strukturę).

Również owady i inne stawonogi, jak skorupiaki, mają segmentową budowę ciała, o czym pisałem w poprzednim rozdziale. Kolejnym wielkim sukcesem nauki było wykazanie, że w głowie owadów też można wyróżnić pierwsze sześć segmentów, które tworzyły ciało ich odległych przodków. Także tu ewolucja wymieszała dawny porządek. Prawdziwym triumfem embriologii i genetyki końca dwudziestego wieku było wykazanie, że taki plan budowy ciała nie wyewoluował u kręgowców i owadów niezależnie, jak długo sądzono, albowiem decydują o nim paralelne zestawy genów, tak zwane geny Hox, które kontrolują strukturę rosnącego ciała. Co więcej, niemal takie same geny udało się odnaleźć u wszystkich kręgowców, u owadów i u wielu innych zwierząt jak się okazało, występują one nawet w tej samej kolejności w chromosomach. Kiedy byłem jeszcze na studiach, o segmentacji ciała owadów i kręgowców uczyliśmy się zupełnie osobno i na pewno żaden z moich wykładowców nie myślał nawet, że kiedyś uda się wykryć, że decydują o niej takie same procesy. Dziś mamy dowody, że zwierzęta należące do zupełnie różnych typów (jak kręgowce i owady) łączy znacznie więcej, niż do niedawna sądziliśmy. Wynika to ze wspomnianego pochodzenia — geny homeotyczne (Hox) to dziedzictwo po najdawniejszym wspólnym przodku wszystkich zwierząt charakteryzujących się dwuboczną symetrią ciała. Jak się okazuje, jesteśmy w obrębie całego królestwa zwierząt które są znacznie bliższymi kuzynami, niż mogliśmy przypuszczać.

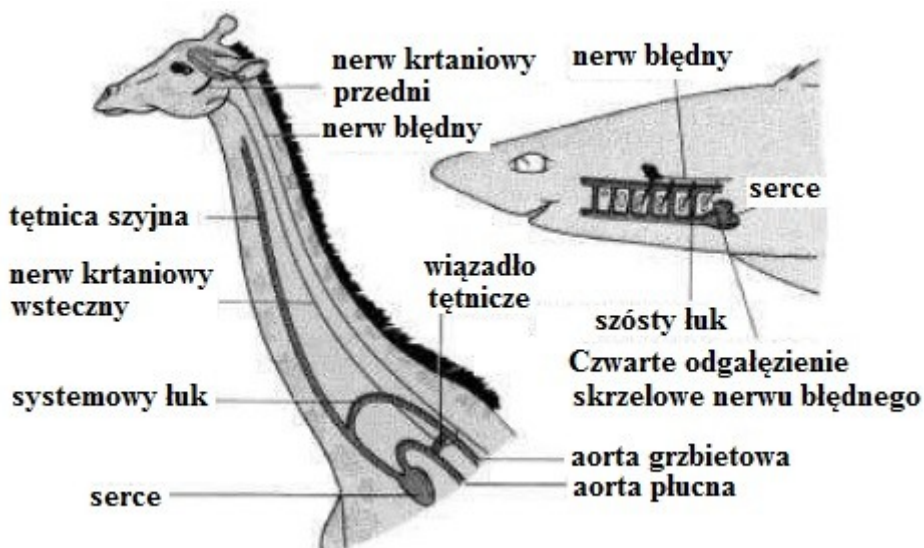
Wróćmy do budowy głowy kręgowców. Dziś uważamy nerwy czaszkowe, że to bardzo „poplątani” potomkowie tych nerwów, które u naszych prymitywnych przodków tworzyły w przedniej części ciała korzenie brzuszne i grzbietowe struktury nerwowe, które u nas nadal odchodzą od kręgosłupa. Z kolei największe naczynia krwionośne klatki piersiowej to relikty i poprzestawiane pozostałości niegdyś ściśle zagmatwanego układu krwionośnego obsługującego skrzela. Na przykładzie klatki piersiowej ssaków możemy obserwować pomieszany porządek segmentowy przejęty ze skrzeli naszych rybich antenatów, u ryb zaś analogicznej komplikacji uległa kolejność segmentów odziedziczona po ich z kolei jeszcze dawniejszych przodkach.

U ludzkiego płodu również występują naczynia krwionośne zaopatrujące „skrzela” (zresztą bardzo podobne do rybich). Mamy zatem dwie tętnice brzuszne po obu stronach ciała i łuki tętnicze o wyraźnie segmentowej budowie, od których odchodzą tętnice grzbietowe. Większość z tych segmentowych naczyń krwionośnych zanika jeszcze w fazie rozwoju płodowego, ale związki między planem budowy płodu i dorosłego (i naszych ewolucyjnych przodków) są bardzo czytelne. Jeśli przyjrzymy się układowi krwionośnemu dwudziestosześciodniowego płodu, bez problemu dostrzeżemy podobieństwo między układem naczyń krwionośnych zaopatrujących „skrzela” embriona a strukturą o wyraźnie segmentowej budowie, zaopatrującą w krew skrzela ryby. W kolejnych tygodniach ciąży ta symetria zanika i u noworodka układ krwionośny jest już wyraźnie „lewoskrętny”.

Ewolucyjne przejście od sześciu tętnic dochodzących do skrzeli do naszych dużych tętnic płucnych jest dość złożone nie będę tu omawiał go w szczegółach. Zresztą, żeby zrozumieć przypadek naszego nerwu krtaniowego wstecznego wiedzieć, że u ryby nerw błędny ma odgałęzienia odchodzące do trzech tylnych skrzeli, które, co zupełnie oczywiste, muszą jakoś „mijać się” z odpowiednimi tętnicami w przypadku ryb podążając one najprostszą, bezpośrednią drogą. Tymczasem ssaki po pierwsze wyewoluowały szyje (której ryby nie mają), a po drugie ich skrzela częściowo zanikły, a częściowo przekształciły się w różne, bardzo przydatne organy, jak tarczycyca i gruczoł przytarczyczny, a także rozmaite inne fragmenty i tkanki tworzące krtani. Do tych narządów składowych ciała, w tym również do krtani, dołączają naczynia krwionośne i nerwy będące ewolucyjnymi następcami naczyń krwionośnych i nerwów niegdyś dochodzących do skrzeli.

Problem w tym, że podczas gdy skrzela posiadały bardzo uporządkowaną, elegancką kolejność, to w miarę jak przodkowie ssaków ewolucyjnie coraz bardziej oddaliły się od ryb, porządek ten — czyli relacje przestrzenne — popadł coraz większemu zaburzeniu i splątaniu. Nerw krtaniowy wsteczny jest zaś jedną z najlepiej widocznych ofiar tego anatomicznego zamieszania.

Przyjrzyjmy się, jak to wygląda. (Zamieszczona na następnej stronie ilustracja pochodzi z podręcznika Berry'ego i Hallama z 1986 roku). Widzimy zatem przebieg nerwu krtaniowego u rekina i tu żadne nawroty nie są konieczne. Natomiast żeby zilustrować jego nader okrężną drogę u ssaków, Berry i Hallam postanowili posłużyć się przykładem najbardziej uderzającym, a mianowicie żyrafą. U człowieka nerw ten „nadkłada” zaledwie kilkadziesiąt centymetrów, by dotrzeć do celu, tymczasem u dorosłej żyrafy jest on — naprawdę nie przesadzam — o prawie pięć metrów dłuższy, niż gdyby przebiegał najprostszą drogą!



Nerw krtaniowy u żyrafy i u rekina

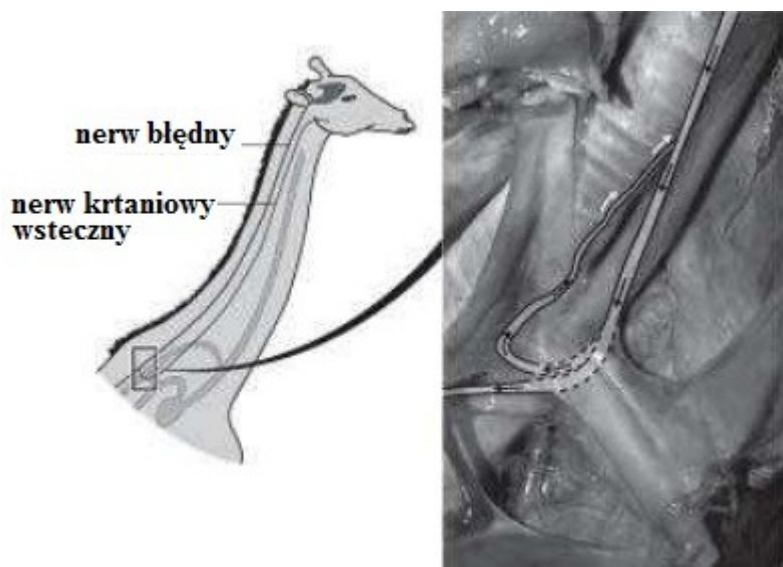
Dokładnie następnego dnia po dwusetnej rocznicy urodzin Darwina, czyli 13 lutego 2009 roku, miałem wyjątkową okazję asystować przy sekcji zwłok młodej żyrafy, która właśnie nie zmarła w ogrodzie zoologicznym, przeprowadzanej przez zespół anatomów porównawczych i weterynarzy patologów i z Royal Veterinary College pod Londynem. Świetnie pamiętam ten dzień, bo było to dla mnie niezapomniane, niemal surrealistyczne przeżycie. Sama sala operacyjna wyglądała jak teatralna scena, otoczona rzędami krzeseł, na których zasiadali studenci weterynarii (oddzielała nas od nich przezroczysta, szklana ściana). Zabieg trwał cały dzień i przez wiele godzin (zapewne nie były to typowe zajęcia) studenci przysłuchiwali się komentarzom wygłaszanym przez przeprowadzających sekcję anatomów, z których każdy wyposażony był w niewielki mikrofon.

My — towarzyszyła mi ekipa filmowa — nagrywaliśmy wszystko z myślą o planowanym dla Chanel Four filmie dokumentalnym. Na wielkim stole sekcyjnym laboranci ułożyli martwą żyrafę, nieco na boku i z jedną nogą wyciągniętą wysoko w górę, gdzie utrzymywały ją specjalne bloczki, by ułatwić dostęp do długiej szyi zwierzęcia, wyraźnie teraz widocznej w świetle jasnych lamp. Wszyscy obecni na sali obowiązkowo musieli założyć pomarańczowe fartuchy i białe buty, co jeszcze nasilało surrealizm całej sceny.

Aby dodatkowo podkreślić, jak długą okrężną drogą biegnie nerw krtaniowy wsteczny u żyrafy, nad jego ekstrakcją pracowało jednocześnie kilku członków zespołu anatomów, nacinając tkanki przy krtani, w okolicach serca, gdzie nerw zawraca, i pośrodku. Nie przeszkadzając sobie i nawet rzadko wymieniając komentarze, anatomowie cierpliwie oddzielali interesujący ich nerw od reszty tkanek. Do tej pory coś takiego udało się tylko raz — wielkiemu wiktoriańskiemu anatomowi Richardowi Owenowi w roku 1837. To rzeczywiście wyjątkowo trudne i wymagające wielkiej precyzji zadanie, bo nerw jest bardzo cienki, zwłaszcza w okolicach nawrotu (w zasadzie powinienem to wiedzieć, ale nawet mnie zaskoczyło, jak bardzo), ponadto łatwo go stracić z oczu w plątaninie błon i mięśni otaczających tchawicę. Po drodze w dół nerw mija dosłownie o parę centymetrów tchawicę, która

jest jego ostatecznym celem (w tym miejscu jest jeszcze połączony z większym nerwem błędnym), ale przechodzi dalej przez szyję, zawraca i odbywa tę samą drogę w górę. Byłem naprawdę pod wrażeniem umiejętności profesorów Grahama Mithella i Joy Reidenberg oraz reszty zespołu przeprowadzającego sekcję, a mój szacunek dla Richarda Owena (skądinąd zażartego wroga Darwina) bardzo wzrósł. Niestety Owen był kreacjonistą i nie wyciągnął ze swego odkrycia oczywistego wniosku — każdy inteligentny projektant uciąłby nerw krtaniowy i poprowadził prostą drogą i zamiast kilku metrów byłoby go parę centymetrów.

Całkiem niezależnie od kwestii zmarnowanych zasobów, niezbędnych do wytworzenia tak długiego nerwu, bardzo chciałbym wiedzieć, czy z racji jego długości wokalizacja żyrafy są opóźnione (jak przy połączeniach przez łącze satelitarne). Coś chyba jest na rzeczy, bo jak przeczytałem u jednego z ekspertów, „mimo dobrze rozwiniętej krtani i stadnej natury żyrafa zdolna jest wydać z siebie tylko pomruki i moczenie”. Cóż —jąkająca się żyrafa to bardzo zabawna wiadomość, ale może nie będę tego przeciągał, bo cała opowieść o skomplikowanym przebiegu nerwu krtaniowego wstecznego miała ilustrować daleką od „dobrze zaprojektowanej” konstrukcję różnych żywych stworzeń.



Nawrót nerwu krtaniowego wstecznego u żyrafy

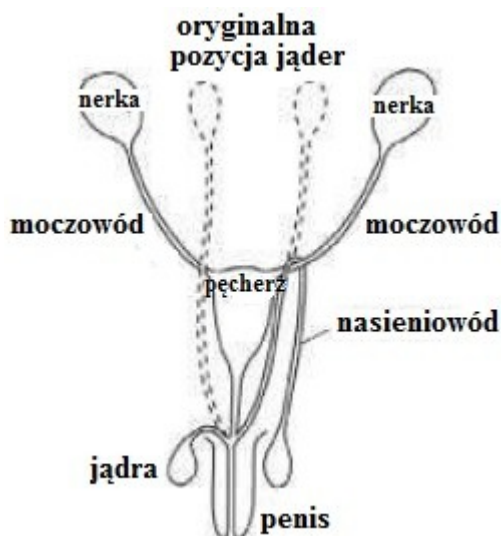
Pytanie, które w takim momencie powinien zadać ewolucjonista, brzmi — dlaczego dobór naturalny nie zrobił tego co zrobiłby każdy inżynier, który wróciłby do deski kreślarskiej i poskładał wszystko od nowa, z większym sensem. To pytanie zadajemy od początku rozdziału i podałem kilka odpowiedzi, ale przypadek nerwu krtaniowego wstecznego pozwala na sformułowanie kolejnej, tym razem uwzględniającej ekonomię.

Otóż w ekonomii istnieje pojęcie „kosztu krańcowego”, które świetnie pasuje do naszych rozważań. Tak więc, kiedy szyja ewoluującej żyrafy stopniowo się wydłużała, koszt owego „nawrotu” — zarówno w sferze biologicznej ekonomii, jak i „jąkania się” — również stopniowo rósł, tylko że szczególnego znaczenia nabiera w

tym kontekście określenie „stopniowo”. Koszt krańcowy każdego dodatkowego milimetra był w praktyce znikomy. Niewykluczone, kiedy już szyja żyrafy osiągnęła dzisiejszą, imponującą długość, całkowity koszt takiej konstrukcji nerwu krtaniowego osiągnął poziom, przy którym, hipotetycznie rzecz biorąc, zmutowany osobnik, u którego włókna tego nerwu zdołałyby się jakoś odłączyć od nerwu błędnego i podążać prostą drogą w stronę gardła, lepiej by sobie radził od „normalnych” żyraf, ale niezbędna do tego mutacja oznaczałaby zdecydowaną zmianę — w zasadzie przełom — w rozwoju płodowym, czyniąc ją co najmniej bardzo mało prawdopodobną. Przyjmując nawet, że mogłoby się to zdarzyć, trzeba pamiętać, że tak głęboka ingerencja w proces równie wrażliwy i delikatny, jak rozwój embriona, może przynieść też szkody i nawet jeśli w ostatecznym rachunku korzyści (o kilka metrów krótsze połączenie nerwowe) będą większe, koszt krańcowy tego przybywającego milimetra w porównaniu z kosztem krótszego nerwu jest minimalny.

Tak więc, choć „powrót na deskę kreślarską” wydaje się sensownym rozwiązaniem, gdyby udało się je zrealizować, alternatywą było tylko minimalne wydłużenie istniejącego „zakrętu”, czyli zdarzenie o znikomym koszcie krańcowym, a w każdym razie, tak przynajmniej się domyślam, o koszcie zdecydowanie niższym niż ów „przełom” niezbędny dla osiągnięcia bardziej eleganckiego rozwiązania.

To tylko wątek uboczny, z naszej perspektywy bowiem — czyli w kontekście poszukiwania dowodów ewolucji — ważniejsze jest, że przebieg nerwu krtaniowego wstecznego u ssaków to dobry przykład braku jakiegokolwiek projektu w biologii, a jeśli już rozważamy konkretny przypadek żyrafy, to przykład ten należy uznać za więcej niż jaskrawy. Idiotycznie długa droga, jaką niepotrzebnie podąża ten nerw, to coś, czego możemy oczekiwać, przyjmując że mechanizmem ewolucji jest dobór naturalny, a zarazem anatomiczny szczególnie zupełnie nieprawdopodobny w sytuacji działania jakiegokolwiek inteligentnego projektanta.



Nasieniowód łączący jądra z członkiem

George C. Williamu jest jednym z najbardziej szanowanych amerykańskich biologów ewolucyjnych (i znany charakterystycznych rysów twarzy, dzięki swej wielkiej mądrości, bardzo przypomina jednego z najwybitniejszych amerykańskich prezydentów, który urodził się dokładnie tego dnia, co Karol Darwin, a powszechnie ceniony był również za mądrość i skromność). I to Williams zwrócił uwagę na drugi, analogiczny anatomiczny powrót, występujący niejako na przeciwnym końcu ciała. Nasieniowód to „przewód”, który transportuje spermę z jąder do penisa. Narząd ten przedstawia sąsiednia ilustracja. Jak widać, nasieniowód jest absurdalnie okręcony wokół moczowodu, czyli naczynia, którym mocz dociera z nerek do pęcherza. Jeśli taki układ miałby być zaprojektowany, to nikt rozsądnie myślący nie mógłby zaprzeczyć, że projektant zrobił błąd. Znow jednak, jeżeli — jak w przypadku nerwu krtaniowego wstecznego — przyjrzymy się ewolucyjnej historii tych organów, wszystko staje się zrozumiałe. Prawdopodobna oryginalna pozycja jąder została na rysunku zaznaczona za pomocą linii przerywanej. W toku ewolucji ssaków jądra przemieściły się i znalazły — z powodów, które nadal nie do końca rozumiemy, niewykluczone, że związanych z temperaturą ciała — tam, gdzie dziś, czyli w mosznie, a nasieniowód pechowo znalazł po niewłaściwej stronie moczowodu. Inżynier w tym momencie rozłączyłby przewody i poprowadził je najkrótszą drogą, ewolucja jednak wybrała inną metodę, stopniowo wydłużała nasieniowód. W tym przypadku znowu koszt krańcowy minimalnego wydłużenia okazał się niniejszy niż większa zmiana, a my dzięki temu otrzymaliśmy kolejny anatomiczny przykład, gdy początkowy błąd nie został naprawiony, a jedynie skompensowany za pomocą różnych powstających post factum dopasowań.

Takie przykłady stanowią bardzo mocny argument w sporze ze zwolennikami projektu i obrońcami roli projektanta w przyrodzie. W ludzkim ciele jest pełno rozmaitych „historycznych zaszłości”. I możemy uznawać je za ilustrację naszej niedoskonałości, z drugiej jednak strony można spojrzeć na nie jak na rezultat nieuchronnych kompromisów, które były niezbędne z racji długiej ewolucyjnej historii i wynikały ze spuścizny po bardzo różnych gatunkach. Idealne rozwiązania po prostu nie mają prawa istnieć, a niedoskonałości są nieuniknione, kolejny „powrót na deskę kreślarską” nie wchodzi w grę, a modyfikacje można wprowadzać wyłącznie, ad hoc usprawniając coś, co już istnieje. Proszę sobie wyobrazić, jak mogłoby wyglądać silnik odrzutowy, gdyby Sir Frank Whittle i Dr Hans von Ohain, jego dwaj niezależni wynalazcy, musieli działać zgodnie z następującą regułą: „Nie wolno ci zaczynać projektu od zera. Musisz zacząć od silnika, jaki dziś napędza śmigło, i zmieniać tylko po jednym elemencie naraz, śrubka po śrubce i nitka po nitce, aż uda się przejść od „ancestralnego” liniowca do „potomnego” odrzutowca”. A żeby zadanie było jeszcze trudniejsze, każda „forma pośrednia” musi być zdolna do lotu i każdy kolejny „potomek” musi być przynajmniej minimalnie lepszy od swojego przodka. Jak łatwo się domyślić, projekt, który by powstawał w taki sposób, roiłby się od najrozmaitszych historycznych zaszłości, inżynierskich anomalii i mniejszych oraz większych wad. To nieuchronne, gdy bowiem nie da się zacząć od początku, a tego warunku pechowo nam zabroniono, taka nieszczęsna partanina i latanina to jedyne, co pozostaje.

Żeby zaś było jeszcze trudniej, trzeba dodać, że w naszej ewolucyjnej opowieści trzeba często posługiwać się inną niż „silnikowa” metaforą, jako że nierzadko ważna innowacja tworzy się nie na planie organu, który wcześniej wykonywał podobne zadanie (silnik/silnik odrzutowy, jak w powyższej analogii), ale w oparciu o narząd, który służył do czegoś zupełnie innego. Tak było, gdy nasi bardzo dawni rybi przodkowie zaczęli oddychać powietrzem. U nich modyfikacji i przekształceniu w płuca nie uległy skrzela (choć zdarzyło się to u niektórych współczesnych, oddychających powietrzem ryb, jak na przykład łaziec indyjski, który świetnie radzi sobie również z poruszaniem się po lądzie), ale zupełnie inny narząd. Później ryby kostne (kostnoszkieletowe — do tej nad-gromady należą w zasadzie wszystkie powszechnie występujące ryby poza rekinami i ich najbliższymi kuzynami) zmodyfikowały płuca, które wcześniej wyewoluowały u ich przodków okazjonalnie oddychających powietrzem, i powstał z nich narząd o znaczeniu kluczowym dla ryb, ale niemający nic wspólnego z oddychaniem: pęcherz pławny.

Warto na chwilę zatrzymać się przy tym narzędziu, bo być może właśnie on zdecydował o ewolucyjnym sukcesie ryb kostnoszkieletowych. To umieszczony wewnątrz jamy ciała wypełniony gazem pęcherz, pełniący zwykle funkcję narządu hydrostatycznego — dzięki niemu ryba może utrzymywać się na określonej głębokości. Kiedy byłem dzieckiem, popularna była zabawka znana jako „kartezjański nurek”. Nie było to skomplikowane urządzenie — wystarczyła zakorkowana butelka wypełniona wodą z pływającym w środku odwróconym do góry dnem pojemnikiem, w którym pozostało nieco powietrza. Ten pęcherzyk powietrza miał stałą wielkość, zawierał zatem też i stałą liczbę cząsteczek, ale można było, wciskając lub wysuwając za tyczkę butelki, zmieniać objętość, czyli odpowiednio zwiększać albo zmniejszać ciśnienie, a wtedy „nurek” zanurzał się lub wypływał, aż osiągnął nowy punkt równowagi. „Kartezjański nurek” to wykonana domowym sposobem ilustracja prawa Boyle'a*. U ryby działa podobny, acz subtelniejszy mechanizm — pęcherz pławny funkcjonuje jak ów kartezjański nurek z dziecięcej zabawki, a raczej jak pęcherzyk powietrza w pływającym w butelce naczynku, tylko że jego wielkość jest stała. Kiedy ryba chce podplynąć trochę bliżej powierzchni wody, cząsteczki gazu z krwi przechodzą do pęcherzu pławnego i zwiększa się jego objętość, a kiedy trzeba się zanurzyć, gaz wchłaniany jest z

* Zgodnie z prawem Boyle'a w stałej temperaturze objętość określonej ilości gazu jest odwrotnie proporcjonalna do jego ciśnienia. To jedno z praw, które doskonale — pamiętam już od szkoły podstawowej. Wszystko dlatego, że na lekcję, kiedy mieliśmy je przerabiać, zamiast nauczyciela, który zwykle prowadził zajęcia, przyszedł na zastępstwo inny, pan Bufty. Ponieważ był on (jak wówczas się nam wydawało strasznie już stary, a poza tym również i krótkowzroczny (zawsze trzymał książkę tuż nosem), moja klasa — 4B1 — uznała, że można się nim w ogóle nie przejmować, mówiąc w skrócie, każdy zajął się swoimi sprawami. Bardzo się pomyliliśmy. W odpowiedzi na nasze zachowanie pan Bufty kazał nam zostać dodatkową godzinę po lekcjach, przeznaczył ją również na zajęcia z fizyki, a jako temat zajęć kazał wpisać w zeszytach "prawo Boyle'a i nauka dobrych manier". (Prawo Boyle'a w krajach anglojęzycznych, znane jest jako prawo Boyle'a-Mariotte'a, we Francji zaś jako prawo Mariotte'a. Łatwo się domyślić, miało dwóch niezależnych odkrywców — irlandzkiego uczonego Roberta Boyle'a (w 1662) i Francuza Edme Mariotte'a (w 1676) — przyp. tłum.).

powrotem do krwi i objętość pęcherza się zmniejsza. Dzięki temu wyposażone w pęcherz pławny ryby kostnoszkieletowe oszczędzają sobie olbrzymiej pracy, do jakiej zmuszony jest rekin, jeśli chce pozostać na określonej głębokości. U ryb kostnych za to zadanie — utrzymania hydrostatycznej równowagi — odpowiada pęcherz pławny, natomiast mięśnie mogą służyć rybie do pływania, dokąd chce. Rekin musi pływać (czyli jego mięśnie muszą pracować) dosłownie bez chwili przerwy, inaczej zaczyna tonąć, co prawda wolniej niż na przykład człowiek, ponieważ jego tkanki zawierają specjalną substancję o szczególnie małej gęstości, która w ograniczonym zakresie temu zapobiega. Nie wdawajmy się może jednak w szczegółową anatomię poznawcza ryb, wystarczy nam bowiem w tym momencie wiedza, że pęcherz pławny to odpowiednio przystosowane płuca, które z kolei ewolucyjnie nie mają nic wspólnego z komorą skrzeli ani łukami skrzelowymi, czego można by oczekiwać, lecz powstały poprzez wpuklenie jelita. Warto dodać, że u niektórych ryb pęcherz pławny ewoluował dalej, aż stał się elementem układu słuchowego, czymś na kształt naszego bębenka. Jak mówiłem, organizmy wszystkich zwierząt są zapisem ich historii, ale zwykle nie jest to pojedynczy zapis, lecz palimpsest.

Jesteśmy zwierzętami lądowymi od jakichś czterystu milionów lat, ale zaledwie jeden procent tego czasu przyszło nam przemierzyć na dwóch nogach. Przez pozostałe 99 procent chodziliśmy na czterech nogach z kręgosłupem ustawionym z grubsza poziomo. Nadal nie potrafimy do końca wyjaśnić, jakie ewolucyjne korzyści osiągnęły te jednostki, które pierwsze przyjęły postawę dwunożną, ale nie tym tematem chciałbym się teraz zająć, zresztą Jonathan Kingdon poświęcił mu całą książkę (*Lowly Origin*), a i ja omówiłem go w miarę szczegółowo w *The Ancestor's Tale*. Poza tym z początku przynajmniej nie musiała to być aż tak wielka zmiana, jako że dzisiaj nie tylko szympansy, ale i inne prymaty (na przykład przeurocza małpiatka sifaka biała) od czasu do czasu poruszają się w tej pozycji. Jeśli jednak taka postawa z okazjonalnej staje się zwyczajną, ma to poważne i dalekosiężne konsekwencje dla całego organizmu. Można powiedzieć, że mniejszej lub większej zmianie ulec musi każda, najdrobniejsza nawet kość i każdy, najluźniej nawet ze sposobem poruszania się powiązany mięsień. Zresztą wszystkie wielkie zmiany stylu życia zwierzęcia — przejście z wody na ląd, z lądu z powrotem do wody, z ziemi w powietrze lub pod ziemię — miały równie rozległe konsekwencje. Przy tym zmian w budowie ciała nie wolno traktować w izolacji od siebie i nie wolno też jednoznacznie przyporządkowywać ich temu akurat konkretnemu ewolucyjnemu przejściu. To byłoby zdecydowanie nadmierne uproszczenie. W ewolucji mamy do czynienia z łańcuchami (kaskadami raczej) konsekwencji obejmującymi tysiące kolejnych etapów i procesów. Dobór naturalny nieustannie majsterkuje w świecie ożywionym, tu coś przycina, tam skręca albo sztukuje — nic dziwnego, że wielki francuski biolog Francois Jacob, opisując działanie doboru naturalnego, posłużył się metaforą druciarza.

A oto jeszcze jedna ilustracja, jak można patrzeć na działanie doboru naturalnego. Przy każdej poważnej zmianie klimatu — powiedzmy, zlodowaceniu —

oczekujemy, że ewolucja zadba, by zwierzęta dostosowały się do nowych warunków, na przykład odpowiadając na obniżenie temperatury dłuższym i gęstszym futrem. Ale zewnętrzny klimat to nie wszystko, co musimy brać pod uwagę, bo nawet jeśli średnia temperatura nie zmienia się nawet o ułamek stopnia, to każdą nową mutację, która się pojawi i zacznie być faworyzowana przez dobór naturalny, można traktować jako odpowiednik zmiany wewnętrznego, „genetycznego” klimatu, tak bowiem odbiorą ją wszystkie pozostałe geny konstruuujące genom danego organizmu. To zmiana, do której muszą się zaadaptować dokładnie tak samo, jak do zmian pogodowej. W zasadzie nie ma w tym momencie różnicy — przejście z czworo- do dwunożności było pewnie pierwotnie wywołane raczej taką wewnętrzną zmianą, a nie jakąś istotną „zewnętrzną” modyfikacją środowiska, ale i tak pociągnęło za sobą złożoną kaskadę następstw, której każdy element był niezbędnym dopasowaniem do zmian, jakie zaszły wcześniej.

W zasadzie świetnym tytułem dla całego tego rozdziału byłoby sformułowanie „Nieinteligentny projekt”, choć może nawet bardziej nadaje się ono na tytuł (albo przynajmniej hasło reklamowe) całej książki poświęconej niedoskonałościom i wadom żywych organizmów. Nie jestem pierwszym, który wpadł na taki pomysł, a spośród tych, którzy mnie wyprzedzili, przywołam może Robyna Williamsa, nestora dziennikarzy naukowych z Sydney. Australijska angielszczyzna i jej pretensjonalność oraz rubaszność („cały ten Inteligentny Projekt sensu ma tyle, co czyrak na tyłku”) zawsze budziły moją szczerą sympatię, a Williams jest naprawdę bezkonkurencyjny. Opisałwszy katusze bólu pleców, jakie przeżywa (słowami, na które nie zdobyłby się rozlaży Angol —nie omieszkać dodać, że doskonale go rozumiem), Williams dochodzi do wniosku, że „gdyby istniała w tym fachu jakakolwiek gwarancja czy rękojmia, reklamacji pleców nikt by nie mógł odrzucić. Jeśli Pan Bóg istotnie jest odpowiedzialny za projekt tej części ciała, to albo to nie był jego dobry dzień, albo musiał się bardzo spieszyć, żeby skończyć robotę w terminie i wreszcie odpocząć”.

Problem w tym, że nasi przodkowie przez setki milionów lat poruszali się z kręgosłupem ustawionym poziomo i przez głupie parę milionów lat nie zdążył się on jeszcze przestawić na pozycję pionową. Po prostu miał za mało czasu. Czyli znów mamy ten sam kłopot gdyby za konstruowanie dwunoga zabrał się jakiś projektant z prawdziwego zdarzenia, wykonałby tę pracę przyzwoicie zamiast brać na warsztat czworonoga i spartaczyć sprawę czego konsekwencje cierpimy do dzisiaj.

Następnie Williams zajmuje się koalą — to w końcu ikona Australii. Otóż u koali torba łęgowa otwiera się ku dołowi, co przyznać trzeba, nie jest najlepszym pomysłem w przypadku zwierzęcia spędzającego większość czasu na drzewie. Byłoby lepiej gdyby, jak u kangurów, otwór znajdował się u góry. Tu jednak znowu mamy do czynienia z ewolucyjnym dziedzictwem. Przodek koali bardzo przypominał wombata, a wombaty to świetni kopacze, którzy:

Za pomocą wielkich łap kopią tunele jak wysokowydajne koparki. Gdyby u tych przodków koali otwór torby łęgowej skierowany był ku przodowi, pyszczki i

oczy malców nieustannie zasypywałyby się ziemią. Tak więc otwierała się ona ku tyłowi, a kiedy pewnego dnia te wreszcie zdecydowały się wspiąć na drzewa, zapewne w poszukiwaniu nowych źródeł pożywienia, zabrały ten plan budowy ze sobą, bo zmiana byłaby przedsięwzięciem zbyt skomplikowanym.

Podobnie jak w przypadku nerwu krtaniowego wstecznemu tak i u koali przynajmniej teoretycznie możliwe są zmiany w rozwoju płodowym, prowadzące do odwrócenia ułożenia torby lęgowej. Podejrzewam jednak, że tak rewolucyjna zmiana budowy ciała mogłaby sprawić, że biedne koale stanowiące formę pośrednią radziłyby sobie znacznie gorzej niż ich kuzyni, u których nadal otwierałaby się ona ku dołowi.

Kolejną konsekwencją przejścia do dwunożności są powszechne problemy z zatokami (nieobce i mnie, nawet w tej chwili). Kłopoty biorą się stąd, że ujście zatok znajduje się, dosłownie w ostatnim miejscu, jakie mógłby wybrać projektant z minimalnym pojęciem o fachu. Williams, opisując ten przypadek, przytacza opinię swojego australijskiego kolegi profesora Dereka Dentona*: „Główne zatoki szczękowe mieszczą się pod policzkami po obu stronach twarzy, a ujście z obu mieści się u góry, co zdecydowanie nie jest najlepszym pomysłem, o to grawitacja ma zapewniać oczyszczanie zatok z zaległych tam płynów". U czworonogów jednak to, co my nazywamy „na górze", jest po prostu z przodu. Znowu cierpimy z racji wpisanego w nasze ciała historycznego dziedzictwa.

W kolejnych akapitach autor "Unintelligent Design" cytuje jeszcze jednego swego kolegę, który również ma tę uroczą australijską skłonność do nazywania rzeczy po imieniu. Tym razem bohaterem cytatu są pasożytnicze gąsieniczniki (Ichneumonidy), których stwórca, jak czytamy, Jeśli był taki, "to musiał być naprawdę sadystycznym bydlakiem". Darwin, za młodu odwiedził Australię, wyraził podobną opinię, w znacznie bardziej zniuansowanej (cywilizowanej?) formie „Nie mogę uwierzyć, by dobry i wszechpotężny Bóg mógł istotnie stworzyć Ichneumonidae z oczywistą intencją, by jadały ciała żywych gąsienic". Do kwestii legendarnego okrucieństwa tych owadów (i spokrewnionych z nimi *Sphex ceylanicus* oraz nastecznikowatych (Pompilidae)) powrócę jeszcze w dwóch ostatnich rozdziałach tej książki.

Trudno mi precyzyjnie wyrazić swoją myśl, ale zastanawiam się nad tym od jakiegoś czasu, a dokładnie od pamiętnego dnia sekcji żyrafy. Otóż jest tak, że gdy przyglądamy się zwierzętom z zewnątrz, jesteśmy pod wrażeniem iluzorycznego projektu. Rozglądająca się po sawannie żyrafa, polujący albatros, nurkujący jerzyk, pikujący jastrząb, niewidoczny wśród glonów smok morski, mknący gepard,

*Dereka Dentona nie należy mylić z innym australijskim autorem o tym samym nazwisku, Michaelem Dentonem, jednym z faworytów środowisk kreacjonistycznych. Jednak z upodobaniem kreacjoniści konsekwentnie przemilczają jednak fakt, iż w drugiej książce "Nature's Destiny", Denton wyraźnie wycofał się z wcześniejszych, anty-ewolucjonistycznych poglądów, choć nadal pozostał teistą.

skacząca gazela... Gdy patrzymy na wszystkie te zwierzęta, iluzja projektu jest rzeczywiście nieodparta, dlatego właśnie warto włączyć krytyczne myślenie, choćby po to, by nie dać się uwieść tak naiwnym intuicją. Może są tak uwodzicielskie, bo przyglądamy się zwierzęciu z zewnątrz? Rzeczywiście — gdy zmienimy optykę, czar pryska. Uproszczone diagramy, jakich pełno w podręcznikach do biologii, pięknie rozrysowane i odpowiednio pokolorowane często jedynie utwierdzają nas w złudzeniu projektu, bo rzeczywiście wyglądają trochę jak przemyślnie, inżynierskie plany. Jednak rzeczywistość, z jaką stykamy się na sekcyjnym stole, jest zupełnie inna. Myślę zresztą, że mogłoby to być bardzo pouczające doświadczenie, poprosić jakiegoś inżyniera, by zaprojektował na przykład ulepszoną wersję naczyń krwionośnych prowadzących do serca. Mam nieodparte wrażenie, że otrzymalibyśmy wtedy coś na kształt kolektora wydechowego — elegancki układ uporządkowanych rurek i przewodów — a nie bezładną płataninę, jaką widzimy, gdy otworzymy klatkę piersiową zwierzęcia.

Kiedy postanowiłem spędzić cały dzień, asystując przy sekcji żyrafy, chciałem po prostu przyjrzeć się „na żywo” ewidentnemu przykładowi ewolucyjnych wad. Bardzo szybko uświadomiłem sobie jednak, że w świecie ewolucyjnych niedoskonałości casus nerwu krtaniowego wstecznego u ssaków to tylko jeden z nieprzeliczonych przykładów działania szczególnej siły, która nasunęła Helmholtzowi pomysł złożenia stwórcy reklamacji. Jeśli przyjrzymy się szczegółowo wnętrznościom jakiegokolwiek dużego zwierzęcia, pierwsze wrażenie da się streścić krótkim i dosadnym: „Co za bałagan!” Gdyby w tym wszystkim maczał palce jakikolwiek projektant, to nie tylko nie popełniłby tak podstawowego błędu, jak zapętlenie nerwu krtaniowego. Fachowiec potrafiłby uniknąć bezładnej płataniny żył, tętnic, naczyń, nerwów, jelit, fałdów tłuszczu, kretek i wszystkiego, co naprawdę wypełnia nasze wnętrza. Jak pisał amerykański biolog Colin Pittendrigh, „to wygląda jak patchwork, chaotyczna zbieranina elementów dobieranych z tego, co akurat było pod ręką, kiedy trafiła się okazja. Dopiero potem, zdecydowanie z dołu, a nie góry, całość przyklepywał dobór naturalny”.

ROZDZIAŁ XII
WYŚCIG ZBROJEŃ I
„EWOLUCYJNA
TEODYCEA”

Nasze oczy, nerwy, nasieniowody, zatoki i plecy można uznać za źle zaprojektowane, jeśli ktoś przygląda się im z jednostkowego punktu widzenia, ale z perspektywy ewolucji wszystkie ich wady i niedoskonałości mają mnóstwo sensu. Ta sama reguła obowiązuje, kiedy analizujemy cały świat ożywiony — ekonomię natury. W końcu od inteligentnego stwórcy można by oczekiwać, że zaprojektuje nie tylko pojedyncze organizmy, roślinne i zwierzęce, ale również gatunki i całe ekosystemy. W tym ujęciu na przyrodę próbujemy spojrzeć jak na gospodarkę planową, system świadomie zaprojektowany tak, by unikać wszelkiego marnotrawstwa i zbędnych ekstrawagancji. Tak jednak nie jest i o tym właśnie mówi poniższy rozdział.

EKONOMIA SOLARNA

Przyrodę zasila Słońce. Fotony tej gwiazdy nieustannie, od świtu do zmierzchu, docierają do powierzchni naszej planety. Część z nich, i to bardzo duża, nie robi nic pożyteczniejszego niż podgrzewanie skał czy piasku na plaży. Znacznie mniej trafia do czyjegoś oka — mojego, twojego, oka złożonego krewetki lub choćby narządu wzroku przegrzebka, o kształcie parabolicznego reflektora. Niektórym fotonom udaje się nawet trafić w panel słoneczny — sztuczny (taki, jaki właśnie, podążając za powszechną ekologiczną modą, zamontowałem na dachu, żeby podgrzewał wodę do kąpieli), albo naturalny, bo przecież każdy zielony liść w pewnym sensie jest małą elektrownią. Rośliny wykorzystują energię słoneczną jako źródło „od dolnej” energii w reakcjach syntezy chemicznej i produkują dzięki temu paliwa organiczne, głównie cukry. „Oddolny” oznacza w tym kontekście, że energia ta jest niezbędna, bez niej synteza cukrów nie byłaby możliwa. Na tej samej zasadzie możemy powiedzieć, że cukier jest później „spalany” w „odgórnym” reakcjach, które pozwalają wykorzystać jego energię (a raczej drobną jej część) do pożytecznej pracy, na przykład w mięśniach, albo do zbudowania pnia wielkiego drzewa. Ta odgórno-oddolna analogia oczywiście ma kojarzyć się z energią wodną. Energia powstaje, gdy woda spływa ze zbiornika i napędza koło wodne. Zbiornik jednak trzeba napełnić, po to, by później można było wykorzystać zgromadzoną w nim — co również wymaga pewnej energii — wody. Na każdym etapie tej gospodarki dochodzi do utraty pewnej części energii, bo gdy mamy do czynienia z energią, nie ma mowy o idealnej wydajności. Właśnie dlatego pracownicy urzędów patentowych nie muszą nawet przeglądać trafiających do nich kolejnych wniosków od „wynalazców” perpetuum mobile. Zbudowanie takiego urządzenia jest po prostu niemożliwe. Nie da się zastosować energii uzyskanej z koła wodnego do napełnienia z powrotem zbiornika, tak by uwolniona z niego woda dalej napędzała cały mechanizm. Musi być jakieś zewnętrzne źródło energii, które pozwoli zrekompensować nieuchronne straty. W przyrodzie tę funkcję pełni Słońce (wrócimy jeszcze do tego ważnego tematu w Rozdziale XIII).

Znaczna część powierzchni Ziemi osnuwa okrywa z zielonych liści, która tworzy wielowarstwowy zbiornik na energię. Jeśli foton nie trafi w liść górnej warstwy, zawsze jest spora szansa, że nie uda mu się ominąć liści położonych niżej.

W starym lesie do ściółki dociera bardzo niewiele fotonów, dlatego zwykle jest tam tak ciemno. Większość docierających do Ziemi promieni słonecznych trafia w wodę, ale na powierzchni wszystkich mórz również roi się od jednokomórkowych zielonych organizmów, które je wyłapują. Niezależnie od tego, czy dzieje się to na ziemi, czy w wodzie, chemiczny proces który polega na wychwytywaniu fotonów i wykorzystywaniu ich do napędzania „odgórnych”, energochłonnych reakcji chemicznych, których produktem są różne przechowujące i takie molekuly, jak cukry czy skrobia, jest jeden i ten sam to fotosynteza. Wynałazły ją przed ponad miliardem lat bakterie i do dzisiaj właśnie zielone bakterie są głównym ogniwem gospodarki energetycznej. Można tak powiedzieć, bo chloroplasty — czyli mikroskopijne silniczki fotosyntezy w liściach — to niemalże bezpośredni potomkowie tych zielonych bakterii.

Ponieważ chloroplasty we wnętrzu roślin samodzielnie reprodukują się na bakteryjną modłę, możemy wciąż uważać je za bakterie, choć oczywiście mocno uzależnione od swoich gospodarzy, czyli liści, które zawdzięczają im zielony kolor. Wszystko wskazuje, że pradawne wolno żyjące zielone bakterie zostały porwane i uwięzione wewnątrz komórek roślinnych i z czasem wyewoluowały w chloroplasty. Przyroda lubi symetrię i tak jest i w tym przypadku. Odpowiednikiem „oddolnej” chemii życia, za którą odpowiadają głównie zielone bakterie, świetnie prosperujące wewnątrz komórek roślin, jest „odgórna” chemia metabolizmu — powolne spalanie cukrów i innych paliw, co daje energię komórkom zwierzęcym i roślinnym — a to specjalność kolejnej klasy bakterii, również niegdyś wolnych, ale dziś reprodukujących się tylko jako składowa komórek. Mówię o mitochondriach. Pochodzące od różnych rodzajów bakterii mitochondria i chloroplasty stworzyły te komplementarne — jak dziś już wiemy — chemiczne laboratoria miliardy lat przed tym, nim na Ziemi pojawiło się jakiegokolwiek żywe stworzenie, które mogło by zobaczyć to gołym okiem. Te umiejętności jednak sprawiły, że w pewnym momencie jedne i drugie zostały schwyte i zmuszone do pracy w organizmach gospodarzy. Teraz żyją i mnożą się w wypełnionych płynem komórkowym powierzchniach znacznie większych (i widocznych nie tylko pod mikroskopem) komórek; chloroplasty w komórkach roślinnych, mitochondria zaś zarówno w komórkach roślinnych, jak zwierzęcych.

Światło słoneczne przechwycone przez chloroplasty stanowi podstawę złożonych łańcuchów pokarmowych, w których energię od roślin pobierają roślinożercy (w tym owady, mięsożercy (to mogą być owady, ale również owadożerne i drapieżniki, na przykład wilki i leopardy), padlinożercy (m.in. sępy, szakale, żuki gnojaki) i wreszcie organizmy rozkładające martwe szczątki, jak grzyby i bakterie. W każdym z ogniw tych łańcuchów pokarmowych część energii się marnuje, część natomiast zostaje przetworzona i wykorzystana do napędzania różnych biologicznych procesów. W kolejnych etapach wędrówki wzdłuż łańcucha pokarmowego nie powstaje żadna dodatkowa energia. Cała energia napędzająca życie na naszej planecie pochodzi z roślin, a te uzyskały ją od Słońca (no, może nie do końca cała — jest kilka interesujących wyjątków od tej reguły, na przykład

mikroorganizmy zamieszkujące oceaniczne głębie, które potrafią czerpać energię z procesów wulkanicznych).

Przyjrzyjmy się teraz samotnemu drzewu, dumnie wyrastającemu na środku łąki. Po co jest tak wysokie? Przecież nie po to, żeby znaleźć się bliżej Słońca. Długi pień spokojnie mógłby zniknąć, a korona mogłaby rozkładać się tuż przy ziemi — żaden foton i tak nie zostałby utracony, a cóż m oszczędność. Po co więc drzewo ponosi wielkie koszty, jakie muszą wiązać się z wytwarzaniem kolejnych metrów pniu? Nie znajdziemy odpowiedzi na to pytanie, póki nie uświadomimy sobie, że „naturalnym” środowiskiem drzewa jest las. Drzewa rosną, żeby przerosnąć inne drzewa, tego samego i innych gatunków. I proszę nie dać się zmylić, gdy zdarzy się spotkać drzewo (rosnące samotnie lub w ogrodzie), którego ulistnione gałęzie sięgają ziemi. Taki (ceniony w wojsku*) kształt to tylko i wyłącznie funkcja miejsca, gdzie temu akurat osobnikowi zdarzyło się wyrosnąć. W lesie, wśród innych drzew, kształtem naturalnym jest wysoki i goły pień, z gałęziami i liśćmi jak najbliżej wierzchołka, bo to pozwala zebrać największą część fotonowego deszczu. Kiedyś przyszła mi do głowy zabawna myśl, że gdyby tylko drzewa potrafiły się dogadać (jak czasem to robią związki zawodowe) mogłyby ustalić, że żadne nie przekroczy, powiedzmy, trzech metrów, wszystkie by skorzystały. Nie tylko każde z osobna odniosłoby korzyści, również cała wspólnota (ekosystem) wiele by zyskała, oszczędzając na drewnie i energii niezbędnych do „budowy” wysokich pni.

Problem w tym, że takie porozumienia oparte na wzajemnych ograniczeniach są zwykle bardzo trudne do osiągnięcia, nawet dla naszego gatunku, a wszak po ludziach można by spodziewać się większego daru przewidywania niż po drzewach. Spójrzmy chociażby na taką imprezę, jak wyścigi. Gdyby wszyscy siedzieli na swoich miejscach, wyżsi oczywiście widzieliby lepiej, ale jest tak samo, kiedy stoją, a przecież trudno zaprzeczyć, że na siedząco wszystkim byłoby wygodniej. Problem zaczyna się, gdy jakiś niski osobnik, który ma pecha, bo przed nim zajął miejsce ktoś wysoki, wstaje, żeby lepiej widzieć. Wtedy wstaje również ten, kto siedzi za nim, bo chce widzieć cokolwiek. To uruchamia reakcję łańcuchową i za chwilę stoją wszyscy. I wszystkim jest mniej wygodnie, niż gdyby siedzieli dalej, a widzą i tak tyle samo.

W typowym — nie w młodym — lesie korony drzew są w pewien sposób odpowiednikiem trawiastej, wzniesionej na palach napowietrznej łąki. W każdym razie sklepienie koron „zbiera” światło słoneczne równie efektywnie, jak łąka porównywalnej wielkości, tyle że znaczna część tej energii jest „marnotrawiona”, bo z czegoś przecież trzeba zrobić owe pale, których jedynym zadaniem jest unoszenie „łąki” w górę, tylko i wyłącznie po to, by mogła zebrać taką samą porcję energii, jaka przypadłaby jej, gdyby wszystko rosło na poziomie gruntu. Tyle że wówczas koszty byłyby znacznie mniejsze.

* Kiedy byłem na ćwiczeniach, sierżant mawiał: „W wojsku odróżniamy trzy rodzaje drzew: jodły, topole i drzewa o gęstej koronie”.

Po co o tym piszę? Otóż przykład lasów jest doskonałą ilustracją różnicy między ekonomią projektowaną a naturalną ekonomią ewolucyjną. W racjonalnej gospodarce planowej (gdyby taka istniała) nie byłoby miejsca na lasy i sklepienia koron, w kategoriach ekonomicznych bowiem każde drzewo to czysta ekstrawagancja i marnotrawstwo, a każdy pień to przejaw zbędnej konkurencji. Zbędnej, jak przypominam, w kategoriach gospodarki planowej. Ale naturalna ekonomia rządzi się zupełnie innymi prawami. W realnym świecie rośliny konkurują z innymi roślinami, z tego samego i z innych gatunków, a w rezultacie rosną coraz wyżej i wyżej, o wiele wyżej, niż zaleciłby planista. Oczywiście nie rosną w nieskończoność, bo nadchodzi taki moment, kiedy każdy dodatkowy metr, aczkolwiek zapewniłby przewagę w walce z konkurentami o dostęp do światła, oznacza dla pojedynczego drzewa tak duże koszty, że ponosząc je, znalazłoby się w sytuacji gorszej niż rywale, którzy z tego dodatkowego metra zrezygnowali. I w ostatniej instancji to właśnie bilans kosztów i zysków oraz zrównoważenie tychże na poziomie jednostkowym decydują, jaką wysokość osiągnie każde drzewo, nie zaś racjonalne z pozoru kalkulacje przeprowadzane na poziomie całej zbiorowości drzew. Ten bilans — i balans — kosztów przynosi różne efekty w różnych lasach i dla różnych gatunków drzew. Jeśli ktoś chce poznać rekordzistów wyścigu, zachęcam do wyprawy nad Pacyfik, do kalifornijskiego Parku Narodowego Redwood. Tutejsze sekwoje to jedna z tych rzeczy, które koniecznie trzeba zobaczyć przed śmiercią.

Wyobraźmy sobie jednak, że gdzieś wyrósł las, w którym drzewom udało się dojść do porozumienia i wspólnie ustaliły, że żadne nie wyrosnie wyżej niż na trzy metry. Nasz „Las Przyjaźni” pod każdym innym względem przypominałby pozostałe lasy; różnica będzie tylko jedna — zwarte sklepienie koron drzew zamykać się będzie zaledwie parę, a nie kilkadziesiąt metrów nad ziemią, jak jest wszędzie indziej. W kategoriach gospodarki planowej taki Las Przyjaźni jest —jako las — znacznie bardziej wydajny niż normalne, wysokie lasy, ponieważ tworzące go drzewa nie muszą już trwonić zasobów na wytwarzanie masywnych pni, które służą przecież jedynie konkurowaniu z innymi drzewami.

Teraz wyobraźmy sobie, że w środku naszego Lasu Przyjaźni rodzi się mutant i ten łajdak wyrasta nieco ponad ustaloną i obowiązującą wszystkich normę. Oczywiście, nawet kilkadziesiąt dodatkowych centymetrów natychmiast daje przewagę. Te dodatkowe centymetry pnia kosztują, ale dopóki inne drzewa przestrzegają uzgodnionego wcześniej konsensu i realizują zasadę samoograniczenia, dodatkowe fotony, jakie można dzięki nim uzyskać, więcej niż z nawiązką rekompensują niezbędne koszty wiążące się z wyższym pniem. W tej sytuacji dobór naturalny będzie faworyzował genetyczną tendencję do niedotrzymywania zawartych porozumień, w kolejnych generacjach coraz więcej będzie odstępców, którzy zdecydowali się urosnąć o dodatkowe parędziesiąt centymetrów, i po pewnym czasie wszystkie drzewa będą już miały nie po trzy, a na przykład po trzy i pół metra. To oznacza, że wszystkim jest gorzej, każde z drzew musiało bowiem „dopłacić” za ekstra centymetry, a fotonów wszyscy dostają dokładnie tyle samo, co wcześniej. Więc do akcji znowu wkracza dobór naturalny, który będzie faworyzował tych

(kolejnych) mutantów, którzy jeszcze trochę wyciągną się ku słońcu. Czy ten „wyścig” w górę kiedyś w ogóle się skończy, czy też drzewa — jak fasolka ze znanej bajki — zaczną wystrzeliwać na kilometry w górę? Oczywiście, że nie, a granicę wyznacza znany nam już mechanizm kosztu krańcowego. Po prostu w pewnym momencie koszt krańcowy każdego dodatkowego metra pnia zacznie przewyższać energetyczne korzyści, jakie drzewo może dzięki większej wysokości uzyskać. Zwróćmy uwagę, iż taka analiza w kategoriach kosztów — i korzyści — prowadzona jest jednak z punktu widzenia pojedynczego drzewa. Lasy istotnie wyglądałyby zupełnie inaczej, gdyby ekonomia ekosystemu była planowana na poziomie lasu jako całości i w tych kategoriach rozpatrywane byłyby ewentualne koszty i korzyści. Tak jednak nie jest, my bowiem mamy do czynienia z lasami, w których każdy gatunek drzew ewoluował za sprawą doboru naturalnego faworyzującego poszczególne drzewa (jednostki), które radziły sobie lepiej od swoich rywali (również jednostek). Wszystko, co wiemy o lasach, świadczy, że nie były one i nie są projektowane — oczywiście za wyjątkiem tych, które my sami zaprojektowaliśmy tak, by dawały nam więcej drewna (albo by bardziej cieszyły nasze oczy). Ponieważ jednak wielu ludzi miesza te dwie sfery i nie potrafi oddzielić przypadków, gdy w grę zaczyna wchodzić korzyść wyłącznie naszego gatunku, spróbujmy przyjrzeć się jednemu z tych obszarów świata natury, gdzie ludzka obecność raczej się nie zaznacza. Doskonale do tego celu nadaje nieustanny wyścig zbrojeń między myśliwymi i ofiarami.

TRZEBA BIEĆ BARDZO SZYBKO, BY NIE ZOSTAĆ W TYM SAMYM MIEJSCU

Pięciu najszybszych biegaczy wśród ssaków to gepard, widłoróg (zwany też antylopą amerykańską, choć z prawdziwymi — czyli afrykańskimi — antylopami jest dość odległe spokrewniony), gnu (to na odmianę jest antylopa, choć raczej nie podobna do swoich kuzynek), lew i gazela Thomsona (która już wygląda na antylopę, tylko jest bardzo mała). Łatwo zauważyć, że na tej liście reprezentowani są zarówno myśliwi, jak ich potencjalne ofiary. To nie jest przypadek.

Ponoć gepard przyspiesza do stu kilometrów na godzinę w trzy sekundy (czyli mniej więcej tak jak ferrari, porsche albo tesla). Lwy też mają doskonałe przyspieszenie, nawet lepsze niż gazy, które jednak są od nich znacznie zwrotniejsze i bardziej wytrzymałe. Ogólnie drapieżne koty — to urodzeni sprinterzy — zbudowane są tak, że najlepiej dla nich, kiedy uda się podejść i błyskawicznie dopaść ofiarę, nim jeszcze uświadomi sobie ona zagrożenie. Anatomia psowatych (takich jak likaon (simir) albo wilk) natomiast predestynuje już do długiego polowania, potrafią po prostu zagonić ofiarę. Gazy i inne antylopy mają do czynienia z drapieżnikami różnych typów, co zmusza je do zawarcia szczególnego ewolucyjnego kompromisu. Mają gorsze przyspieszenie niż koty, ale są od nich znacznie wytrzymalsze. Klucząc i gwałtownie skręcając, gazela Thomsona potrafi czasem sprawić, że ścigający ją gepard zacznie „gubić rytm”, a jeśli takie zmyłki udają się odpowiednio długo, może zmęczyć polującego na nią kotu, a wtedy większa

wytrzymałość daje szansę na ocalenie życia. Dlatego właśnie sukcesem dla gepardów kończą się tylko krótkotrwałe polowania, kiedy mogą wykorzystać przewagę, jaką daje im ich szybkość i zaskoczenie. Z drugiej strony nieudane polowania tych kotów też trwają krótko, bo kiedy nie uda się im wykorzystać tych atutów, najczęściej szybko rezygnują, żeby zaoszczędzić siły na kolejną próbę.

Długo można by jeszcze mówić o szybkości maksymalnej, przyspieszeniu, wytrzymałości, zwrotności, przewadze zaskoczenia lub cierpliwości w świecie zwierząt, ważniejsze jednak, przynajmniej w kontekście naszych rozważań, że we wszystkich zestawieniach obejmujących gatunki, które w dowolnej tego typu kategorii osiągają mistrzostwo, zawsze znajdziemy i drapieżniki, i ich potencjalne ofiary. Po prostu dobór naturalny selekcjonuje tych myśliwych, którzy skuteczniej polują na swoje ofiary, ale jednocześnie selekcjonuje tych, spośród potencjalnych ofiar, którzy lepiej sobie radzą z uciekaniem drapieżnikom. Inaczej mówiąc, drapieżniki i ich ofiary zaangażowane są w nieustanny ewolucyjny wyścig zbrojeń, obserwujemy stały wzrost zasobów, jakie obie strony tego wyścigu w niego angażują, nieraz kosztem innych elementów własnego organizmu. Jedni i drudzy nieustannie zmierzają do tego, by być szybszym czy sprytniejszym, ale nawet jeśli jakieś zwierzę nabywa umiejętności pozwalających mu biegać szybciej, niż potrafili to czynić jego rodzice, nie oznacza to automatycznie, że odniesie dzięki nim większy sukces, ponieważ druga strona ewolucyjnej konkurencji również nie próżnuje i nie marnuje czasu. Na tym właśnie polega wyścig zbrojeń. Jak wyjaśniła Alicji Czerwona Królowa, czasem trzeba biec z całej siły, by pozostać w tym samym miejscu.

Darwin był świadom tej prawidłowości, choć nie posłużył się określeniem „wyścig zbrojeń”. W artykule, który napisał razem z Johnem Krebssem w roku 1979, zasługę wprowadzenia tej frazy do nauk przyrodniczych przypisaliśmy brytyjskiemu biologowi Hugh Cottowi, który — co może nie było przypadkiem — książkę "Adaptive Coloration in Animals" opublikował w roku 1940, w najtrudniejszym dla Wielkiej Brytanii momencie II wojny światowej. Oto, co pisał Cott.:

Nim zaczniemy w szczegółach opisywać i wyjaśniać zwodniczy wygląd konika polnego czy motyla, musimy ustalić, jakimi zdolnościami percepcyjnymi dysponują naturalni wrogowie tych owadów. Pominąć muszę etap rozumowania, to zupełnie jakbyśmy uznali, że krążownik wyposażony jest w zbyt gruby pancerz, a jego działa mają zbyt wielki zasięg, nie badając w ogóle, w jaką i jak skuteczną broń wróg wyposażył swoje okręty. Tymczasem faktem jest, iż w pierwotnej walce, jaka nieustannie toczy się w dżungli, tak samo jak w naszych wyrafinowanych i cywilizowanych wojnach*, dostrzec można wielki postęp i ciągły ewolucyjny wyścig zbrojeń. Rezultaty tego wyścigu w sferze obronności manifestują się w takich „urządzeniach” jak szybkość, czujność, pancerz, kolce, ukrywanie się, sposób spędzania nocy, wydzielanie trucizn, nieprzyjemny smak czy wreszcie kryjące, mimetyczne lub aposematyczne ubarwienie. Dla strony atakującej odpowiedzią są z

* Jeśli coś jest oksymoronem, to na pewno określenie „cywilizowana wojna”.

kolei takie kontr-atrybuty jak szybkość poruszania się, zaskoczenie, zwodzenie, ostrość wzroku, pazury, zęby, żądła, zęby jadowe, zwodnicze ubarwienie. Tak więc tak jak większa szybkość u ścigających rozwinęła się w odpowiedzi na większą prędkość ściganych, a grubszy pancerz w odpowiedzi na silniejsze bronie, tak samo większa doskonałość umiejętności ukrywania się wyewoluowała w reakcji na większą sprawność narządów percepcji.

Oczywiście trzeba pamiętać, że ten przyrodniczy wyścig zbrojeń rozgrywa się w czasie ewolucyjnym i nie wolno mylić go z czymkolwiek, co dzieje się, gdy konkretny gepard ściga konkretną gazelę. Wyścig w czasie ewolucyjnym to w tym ujęciu wyścig o to, czym dysponować będą konkretne zwierzęta w realnym świecie. Mówimy zatem o genach, dzięki którym łatwiej jest przegonić lub przechytrzyć drugą stronę które zostają włączone w pule genetyczne gatunków. Po drugie zaś — i o tym Darwin świetnie wiedział — wszystko, co pozwala biec szybko, wykorzystywane jest w znacznym stopniu po to, by wyprzedzić konkurenta, przedstawiciela tego samego gatunku, który ucieka przed tym samym napastnikiem. Znany (pewnie w jakiejś formie już w czasach Ezopa) dowcip o ucieczce przed niedźwiedziem i butach do biegania doskonale tę zasadę ilustruje*. Kiedy gepard ściga stado gazeli, dla każdego z należących do niego zwierząt jest ważniejsze, żeby prześcignąć najpowolniejszego spośród członków stada, niż żeby być szybszym od geparda.

Skoro już wprowadziłem do naszej terminologii określenie „wyścig zbrojeń”, łatwo dostrzec, że dokładnie coś takiego dzieje się również z drzewami w lesie. Każde z nich pnie ku światłu i musi być w tym lepsze od najbliższych sąsiadów. Wyścig taki staje się szczególnie zażarty, kiedy umiera jakieś wielkie, stare drzewo i w sklepieniu lasu powstaje luka. W lesie odgłos upadającego drzewa działa niczym wystrzał pistoletu startowego. Nagle — choć „nagle” w skali czasu płynącego znacznie wolniej, niż przywykliśmy my, zwierzęta — zaczyna się rywalizacja między podrostkami, które od dawna czekały na taką okazję. Zwycięzcą zwykle jest drzewo, które za sprawą rozlicznych wyścigów zbrojeń, w jakich brał udział jego przodkowie, zostało najlepiej genetycznie wyposażone, by, gdy nadarzy się sposobność, rosnąć bardzo wysoko.

Wyścig zbrojeń między poszczególnymi gatunkami drzew w lesie można by nazwać wyścigiem symetrycznym, ponieważ jego uczestnicy starają się osiągnąć ten sam cel — miejsce w okrywie. Wyścig zbrojeń między drapieżnikiem i ofiarą jest w tym ujęciu asymetryczny. To wyścig między bronią do ataku, a strategiami i narzędziami służącymi do obrony. Tak samo opisać można wyścig zbrojeń, w którym uczestniczy pasożyt i jego gospodarz. Analogiczne wyścigi, co dla niektórych może być zaskakujące, toczą się też nieustannie między samcami i samicami, a nawet

*Dwóch turystów dostrzega zbliżającego się niedźwiedzia grizzly. Jeden zaczyna uciekać, drugi w tym czasie otwiera plecak i wyjmuje z plecaka obuwie sportowe. „Po ci to pyta pierwszy. — Przecież nawet w najlepszych butach i tak nie przegonisz grizzly!” "Grizzly nie, ale ciebie już tak".

między rodzicami i potomstwem.

Problem z ewolucyjnym wyścigiem zbrojeń mogą mieć kreacjoniści i wszelkiego rodzaju zwolennicy inteligentnego projektu, jak bowiem poradzić sobie z ewidentnym bezsensownością tego rozwiązania. Przypuśćmy, że istniał projektant geparda. Jeśli ktoś taki był, nie ulega wątpliwości, że podszedł do tego zadania z najwyższym arcyzmem i z całym swym projektanckim doświadczeniem istotnie stworzył wspinałą maszynę do zabijania. Wystarczy spojrzeć na wyprężone w skoku ciało tej bestii, by pozbyć się jakichkolwiek wątpliwości — jeśli już dopuszczamy istnienie projektu — to gepard jest świetnie zaprojektowany do zabijania gazeli. Tyle że ten sam projektant z równym arcyzmem i starannością wyposażył gazelę we wszystko, co pomaga jej uciec przed tym samym gepardem, którego wymyślił, by mógł ją zabić. Kiedy ktoś spojrzy na potężne mięśnie i giętkie ciało drapieżnego kota, musi uznać, że projektant chce, by wyścig wygrał gepard. Jednak z drugiej strony widok biegnącej gazeli, jej skoczność i niewiarygodna zwrotność nasuwają myśl, że to jednak ona mim być zwyciężczynią. Co zatem mamy myśleć o projektancie? Czyżby nie wiedziała jego lewica, co czyni prawica? A może jest po prostu widzem-sadystą, który ceni sobie tak widowiskowy sport i cieszy go, że nieustannie może podbijać stawką, obstawiając obu zawodników? Dreszczyk emocji? Cóż, aż ciśnie się na usta pytanie: „Pan Baranka — ciebie stworzył?”

Czy rzeczywiście jest w bożym planie, by lampart z kozłębem leżał, a lew jako wół plewy zaczął jeść? Lecz jeśli tak, po co lwu i lampartowi te potężne łamacze i mordercze pazury? Skąd zapierająca dech prędkość i urzekająca sztuka uników u zebry i antylopy? Nie muszę chyba wyjaśniać, że w myśleniu ewolucyjnym takie pytania są po prostu zbędne. Każda ze stron konfliktu stara się być sprytniejsza niż druga, a tylko te jednostki, którym się to uda, przekazują dalej geny, którym zawdzięczają swe powodzenie. My możemy coś nazwać marnotrawstwem bądź uznać za bezsensowne, ale robimy tak, bo jesteśmy ludźmi i potrafimy myśleć w kategoriach całych ekosystemów i ich powodzenia. Dobór naturalny natomiast dba wyłącznie o przetrwanie i reprodukcję indywidualnych genów.

Tak jak drzewa w lesie, z których każde podlega prawom ekonomii, co oznacza, że zasoby niezbędne do wyprodukowania wysokiego pnia są stracone dla liści i owoców, tak samo własną wewnętrzną ekonomią kierują się gepardy i gazy. Szybki bieg jest bardzo kosztowny i to nie tylko w sensie zużytej energii, ale również materiałów niezbędnych zwierzęciu do wytworzenia mięśni, kości i ścięgien, czyli całej maszyny gwarantującej prędkość i przyspieszenie. Tymczasem ilość pokarmu, jaką gazela może wchłonać i strawić, jest ograniczona i wszystko to, co zostało zużyte na mięśnie i długie niezbędne do biegania nogi, musiało zostać odebrane jakimś innym obszarem życia, na przykład płodzeniu potomstwa, na co być może zwierzę „wolałoby” przeznaczyć zasoby, ciągnięcie równowagi i znalezienie kompromisu w takich „mikrowyborach” jest krańcowo skomplikowane, trudno o szczegółową analizę, ale nie ulega wątpliwości — iż ekonomii nie da się oszukać — że jeśli zwierzę poświęci za dużo zasobów jednej ze sfer życia kosztem pozostałych,

może to mieć znaczące konsekwencje. Na przykład osobnik, który skierował na bieganie większą niż optymalna część zasobów, zapewne ocali skórę i zdoła umknąć gepardowi, ale w darwinowskiej konkurencji i tak przegra z rywalem (tego samego gatunku), który poskapił nieco mięśniom i z większym prawdopodobieństwem skończy w brzuchu drapieżnika, o ile lepiej wyliczył niezbędną biologiczną równowagę i pozostawił po sobie większą liczbę potomków, którym mógł przekazać „geny właściwego zarządzania zasobami”.

Próba równowagi i należytego zbilansowania dotyczy nie tylko kwestii kosztownych materiałów. Kolejnym czynnikiem jest ryzyko, które stanowi immanentny składnik przyzwoitych ekonomicznych kalkulacji. Długie nogi i cienkie pęciny świetnie nadają się do biegania, ale łatwo się też łamią. Niestety aż zbyt często zdarza się coś takiego podczas wyścigów, a wtedy konie się zabija. Jak pamiętamy z Rozdziału III, przyczyn podatności trzeba szukać w mechanizmach hodowli — konie wyścigowe są hodowane po to, by biegały jak najszybciej, a dzieje się to kosztem innych elementów ich anatomii i biologii. Gazele i gepardy też podlegały takiej selektywnej hodowli, ale w ich przypadku o wszystkim decydował dobór naturalny, a nie sztuczny. Gdyby natura położyła nadmierny nacisk na ten szczególny aspekt hodowli — szybkość — gazele również nieustannie łamałyby sobie nogi. Natura jednak nie działa w ten sposób i zawsze dba o równowagę. W przyrodzie pełno jest genów, które pomagają zachować równowagę i które temu właśnie służą. W praktyce oznacza to, że osobniki, u których na mocy genetycznych skłonności wytworzą się dłuższe i bardziej patykowane nogi (bez wątpienia umożliwiające szybsze bieganie), mają, średnio rzecz biorąc, mniejsze szansę na przekazanie swoich genów dalej niż zwierzęta o nieco krótszych nogach — może i ciut po wolniej biegną, ale za to są mniej narażone na złamania. To tylko jeden hipotetyczny przykład z tysięcy wszechobecnych w świecie zwierząt i roślin wymian i kompromisów. W tym sensie natura to nieustanna żonglerka ryzykiem i rachunkiem kosztów i zysków. Pamiętajmy jednak, że rachunku nie dokonują poszczególne organizmy. Głównym aktorem tej sceny jest dobór naturalny, który decyduje o proporcjach genów w puli genetycznej każdego z gatunków.

Jak można oczekiwać, „optymalny” poziom równowagi nigdy nie jest stały. U gazel na przykład optymalne proporcje rozdziału zasobów między narządami umożliwiającymi jak najszybszy bieg a pozostałymi zmieniają się w zależności od tego, ile jest w okolicy drapieżników. Jak pamiętamy z Rozdziału V, ta sama reguła obowiązuje w przypadku gupików. Jeśli zatem mięsożerców jest mało, rozwiązaniem optymalnym stają się krótsze nogi, bo większy sukces ewolucyjny odniosą w takiej sytuacji te osobniki, które są genetycznie predestynowane do przesunięcia części zasobów i energii koniecznej do wytworzenia dłuższych nóg na inne sfery funkcjonowania, na przykład na rozmnażanie się albo na odkładanie większych zasobów tkanki tłuszczowej na zimę. To zwierzęta są również mniej narażone na kontuzje. Jeżeli jednak drapieżników zrobi się więcej, poziom równowagi nie zmieni, bo w takich warunkach w lepszej sytuacji są zwierzęta, które mają dłuższe nogi. Przy większym zagrożeniu zdolność do szybszego biegu w pełni rekompensuje dodatkowe

ryzyko złamań i ograniczenie zasobów przeznaczanych na aktywność. Oczywiście identyczne reguły obowiązują również drapieżniki. Gepardzica, która złamie nogę, na pewno umrze z głodu, umrą również jej młode. Zależnie jednak od tego, jak trudno o posiłek, zmienia się kalkulacja — czy bardziej opłacalne jest ryzyko, że potencjalny łup ucieknie, bo jest się zbyt powolnym, czy niebezpieczeństwo złamania kości, bo nogi, choć pozwalają biec naprawdę szybko, stają się już zbyt długie.

Drapieżniki i ich ofiary nieuchronnie tkwią w ewolucyjnym wyścigu zbrojeń i każda ze stron nieświadomie zmusza drugą do przebilansowania swej ekonomii i skłonności do ryzyka. Przy czym zmiany te przebiegają zawsze w jednym kierunku — albo dosłownie, w bardzo wąskim zakresie (jedni i drudzy muszą biegać coraz szybciej), albo też w szerszym kontekście wzajemnego uwikłania w niekończący się wyścig łowcy i ofiary, zamiast zmienić konkurencję i zająć się produkcją mleka. A ponieważ uczestnicy tego wyścigu muszą wciąż szacować poziom ryzyka, na przykład związanego ze zbyt szybkim biegiem (złamania nóg i odebranie zasobów innych sferom aktywności) z jednej strony a zbyt wolnym i drugiej (ofiara daje się złapać lub, gdy patrzymy z punktu widzenia drapieżnika, ucieka), mamy do czynienia z sytuacją, gdy obie strony wzajemnie bez przerwy się napędzają; takie ponure folie a deux, „indukowane szaleństwo”, jak określa je psychiatria.

Może szaleństwo nie jest tu najtrafniejszym określeniem, jako że trzeba pamiętać, że to gra bardzo poważna, stawką w wyścigu jest bowiem śmierć — bycie zjedzonym po stronie ofiary, śmierć głodowa dla drapieżcy. Natomiast „indukowane” bez wątpienia jest w tym kontekście określeniem adekwatnym i dobrze oddaje podskórne odrzucie, że gdyby tylko obie strony mogły usiąść i wspólnie wypracować jakiś rozumny kompromis, obu by się to opłaciło. W naszym fikcyjnym Lesie Przyjaźni też łatwo było pokazać, jak wszystkie drzewa skorzystałyby na mniejszych rozmiarach, gdyby tylko dało się utrzymać takie „porozumieniu”. Analogiczne poczucie absurdu i marnotrawstwa wywołuje obserwacja ewolucyjnego wyścigu zbrojeń między drapieżnikami i ich ofiarami. Kolejne generacje mięsożerców stają się coraz skuteczniejszymi łowcami, kolejne pokoleniu potencjalnych ofiar coraz lepiej i sprawniej potrafią unikać schwytania. Jedni i drudzy nieustannie i równolegle udoskonalają wyposażenie, które pozwala im przetrwać, ale te udoskonalenia w najmniejszym nawet stopniu — a to z racji nieuchronnej kontreakcji — nie powiększają w istotny sposób niczyich szans.

Skoro zaś tu i tu jest podobnie, to nietrudno pokazać, jak projektant — albo centralny planista, jeśli ktoś woli — troszczący się o dobro wszystkich żyjących istot mógł by łatwo wystąpić jako rozjemca i stronom wyścigu zaproponować obustronnie korzystne i opłacalne rozwiązanie, podobne do tego, którego wprowadzenie sugerowałem, roztrząsając przypadek Lasu Przyjaciół. Otóż niech drapieżniki i ich (potencjalne) ofiary zgodzą się równocześnie zmniejszyć swe nakłady na zbrojenia („budżet obronny” — w drugim przypadku) i przekierować je na inne sfery życia, a wszystkim od razu znacznie powodzić się lepiej. Nie potrzebowalibyśmy nowych myśliwców, gdybyście nie udoskonalili swoich bombowców. Wam nie byłyby

niezbędne rakiety balistyczne, gdybyśmy my nie mieli swoich. Moglibyśmy zaoszczędzić miliardy, gdyby udało się dwukrotnie zmniejszyć wydatki na zbrojeniu „przekuć miecze na lemieszce”, jak to się mówiło niegdyś. A kiedy już udało się dwukrotnie ograniczyć budżety wojsku i osiągnąć równowagę na nowym poziomie, dlaczego ponownie ich nie przyciąć w takim samym stopniu. Cała sztuka (i cała trudność) polega na tym, by wszystko działo się dokładnie w tym samym momencie, w pełnej synchronizacji, bo wtedy obie strony relatywnie pozostają w tej samej sytuacji, Lecz jeśli tak, to takie obustronne rozbrojenie, a nawet tylko redukcja zbrojeń, muszą być planowe, a „planowość” to absolutne przeciwieństwo doboru naturalnego. W naturze eskalacja jest nieunikniona przynajmniej do tego momentu, kiedy poszczególnym jednostkom dłużej już się coś nie opłaca.

W odróżnieniu od projektanta ewolucja nigdy nie przystaje na chwilę, by zastanowić się, czy istnieje lepsze — na przykład korzystne dla wszystkich zaangażowanych — rozwiązanie samonapędzający się wyścig egoistycznych interesów, a przy okazji nieustanna obustronna eskalacja neutralizuje wszelkie indywidualne korzyści. Pokusa „planistycznego” myślenia jest dość powszechna nie tylko wśród „pop-ekologów”, jak ich nazywam. Również akademicy uprawiający ekologię w prawdziwym sensie tego słowa, czyli jako dyscyplinę naukową, czasem jej ulegają.

Na przykład idea „rozważnego drapieżnika” — wdzięczna, przynajmniej — to nie wymysł jakiegoś obściskującego drzewa idioty, płód umysłu pewnego bardzo szanowanego amerykańskiego ekologa. Na czymże miałyby to polegać? Otóż powszechnie wiadomo, że z punktu widzenia szeroko pojętych interesów całego naszego gatunku lepiej ograniczyć połowy których ryb, na przykład dorsza, bo przy nadmiernym odłowie grozi mu wyginięcie. To właśnie dlatego rządy i organizacje pozarządowe nieustannie naradzają się nad nowymi restrykcjami dla rybaków i nad kolejnymi redukcjami kwot połowowych, a wielkość oczek w sieciach rybackich precyzyjnie regulują liczne ustawy i rozporządzenia, których przestrzegania pilnują świetnie uzbrojone kutry patrolowe. Tak, my, ludzie — jeśli akurat mamy dobry dzień i jesteśmy dobrze pilnowani — istotnie czasem potrafimy zachowywać się jak „rozważne drapieżniki”. A skoro mogą tak postępować ludzie — tak przynajmniej wydaje się rozumować część ekologów — czy nie możemy oczekiwać czegoś podobnego od lwów, wilków i innych dzikich drapieżników? Niestety — odpowiedź brzmi nie, nie i po trzykroć nie! Mam nadzieję, że lektura tego rozdziału, a i całej książki, uzasadnienie takiej odpowiedzi czyni dość oczywistym.

Powtórzmy zatem. Jakikolwiek planista — projektant ekosystemów, który kierowałby się w swoim myśleniu dobrem całej zwierzęcej wspólnoty — istotnie mógłby wyliczyć kryteria optymalnego odłowu zwierzyny, które, dajmy na to, lwy powinny zaakceptować we własnym, dobrze pojętym interesie. Takie reguły nie musiałyby być zbyt skomplikowane: nie łap więcej niż określoną liczbę przedstawicieli jednego gatunku antylop; nie pożeraj ciężarnych samic, oszczędzaj młode osobniki w pełni sił reprodukcyjnych, nie poluj na przedstawicieli gatunków

rzadkich, bo możesz doprowadzić do ich wyginięcia, a kto wie, czy w przyszłości, kiedy zmienią się warunki, te gatunki nie staną się szczególnie użyteczne. Trudno zaprzeczyć, że byłoby nieźle, gdyby wszystkie lwy w jakimś kraju przestrzegały takiego zestawu norm i ustalonych kwot „odłowu” (a może raczej „odjadu”), starannie wyliczonych w celu zachowania stanu ekologicznej równowagi. A jakież byłoby to z ich strony rozsądne! Gdyby tylko coś takiego mogło się zdarzyć.

Widać, że to rozsądne rozwiązanie i zapewne taki lub zbliżony wariant zaordynowałby projektant (przynajmniej taki który kierowałby się dobrem całego ekosystemu), ale to nie jest rozwiązanie, jakie może „zapropionować” dobór naturalny, choćby dlatego, że nie dysponując umiejętnością przewidywania i planowania, dobór w ogóle nie może nic „propionować”. Zatem w naturze tak się nie dzieje, a mając w pamięci opowieść o Lesie Przyjaźni, każdy sam bez trudu wyjaśni dlaczego tak się dzieć nie może. Spróbujmy sobie jednak najpierw wyobrazić, że jakimś cudownym zrzędzeniem lwiej dyplomacji zamieszkującym określony obszar osobnikom udało się dojść do porozumienia i ograniczyć swe myśliwskie apetyty do „rozsądnego” poziomu. Teraz przyjmijmy, że w tak ożywionej duchem współpracy i porozumienia populacji raptem pojawia się zmutowany gen, który sprawia, że jego posiadacz odrzuca krępujące go ograniczenia i zaczyna bez umiaru zjadać wszystko, co mu się pod pysk nawinie, nawet przedstawiciele gatunków zagrożonych wyginięciem. Czy dobór naturalny ukarze taki samolubny gen? Niestety nie! Przeciwnie — potomkowie lwa-nonkonformisty, a zarazem posiadacze genu buntownika, w relatywnie krótkim czasie wygrają konkurencję z przestrzegającymi reguł rywalami i w ciągu kilku pokoleń gen ów na tyle skutecznie rozprzestrzeni się w populacji, że z pierwotnego przyjacielskiego porozumienia nic nie pozostanie. Zwykle tak się dzieje, że ten kto* zjada lwią część łupu, przekazuje dalej geny, którym to wdzięczą sukces.

Ale przecież — zaprotestować mogą w tym momencie zwolennicy planowania w przyrodzie — kiedy wszystkie lwy zaczną kierować się egoistycznymi pobudkami, nadmiernie polując, doprowadzą do wyginięcia gatunków, którymi się żywią, to wszyscy na tym stracą, również te osobniki, które są sprawniejszymi myśliwymi. W końcu, jeśli wyginą wszystkie zwierzęta, na które można polować, wymrze też cała populacja lwów. Przecież w takiej sytuacji — powie nasz planista — dobór naturalny musi jakoś zaingerować i zapobiec temu. Otóż niestety znowu nie i nie — dobór naturalny niczemu nie zapobiega, dobór naturalny nie potrafi przewidzieć co się stanie**, i dobór naturalny nie wybiera między rywalizującymi ze sobą grupami. Gdyby tak było, istniałaby pewna szansa, że będzie faworyzował „rozsądne”

*Ten lub ta. U lwów akurat sytuacja jest nieco bardziej złożona, bo to samice głównie polują, a dopiero później samce odbierają im lwią część łupu. Ponieważ jednak fakt, że w przykładzie posłużyłem się akurat lwami, i tak nie ma wielkiego znaczenia, ten wspólny układ ról płciowych również nie powinien nam przeszkadzać. Proszę po prostu zrozumieć, że rozważamy przypadek jakiegoś niekonkretnego gatunku drapieżników i zastanówmy się nad losem „rozsądnego” osobnika, który trzyma się uzgodnionego porozumienia, i jego „nierozsądnego” kolegi (koleżanki), który ustalenia te odrzuca.

drapieżniki, Tymczasem jednak — co, jak się wydaje, Darwin rozumiał znacznie lepiej niż wielu jego następców — ewolucja dokonuje selekcji między rywalizującymi członkami jednej populacji. Nawet jeśli za sprawą tej rywalizacji cała populacja nieuchronnie zmierza do zguby, dobór naturalny nadal będzie faworyzował tych jej członków, którzy najlepiej sobie radzą w konkurencji, aż do chwili, kiedy umrze ostatnie ze zwierząt. W ten sposób, konsekwentnie i aż do tragicznego końca wyróżniając te geny, które odpowiadają za zachowania konkurencyjne, dobór naturalny może doprowadzić populację do wyginięcia. Hipotetyczny planista, o którym mówiłem w ostatnich akapitach, jeśli jest ekonomistą, reprezentuje ekonomię dobrobytu, opartą na założeniu, że istnieje optymalna strategia dla całej populacji albo wręcz dla całego ekosystemu. Tymczasem, chcąc posługiwać się analogiami ekonomicznymi w myśleniu ewolucyjnym, powinniśmy raczej sięgnąć po „niewidzialną rękę” Adama Smitha.

EWOLUCYJNE TEODYCEA

Zostawmy jednak ekonomię. Pomyślmy teraz, co by się działo, gdyby nasz projektant-planista nie był ekonomistą, a filozofem moralnym. Taki miłosierny projektant mógłby — tak, wiem, że jestem idealistą — dążyć do tego, by zminimalizować ilość cierpienia na świecie. Oczywiście projekt podporządkowany takiej regule nie musiałby być niespójny z projektem kierującym się kryteriami ekonomicznej racjonalności, ale jednak w szczegółach powinny się różnić. Ważniejsze jednak, że znów mówimy o czymś, co — niestety — w naturze się nie zdarza. A przecież powinno, bo cierpienie, i to przerażające, jest w przyrodzie czymś tak powszechnym i tak przejmującym, że człowiekowi o wrażliwym sercu doprawdy trudno to znieść. Darwin dokładnie wiedział, co ma na myśli, gdy w liście do swego przyjaciela Hookera napisał kiedyś: „Cóż taką księgę mógłby sporządzić kapelan diabła, gdyby chciał napisać o pokracznych, marnotrawnych, nieudolnych i wreszcie niewyobrażalnie wręcz okrutnych dziełach natury”. Tę pamiętną frazę „kapelan diabła” wykorzystałem jako tytuł jednej z moich książek, a w kolejnej pisałem:

Natura nie jest jednak ani współczująca, ani bezduszna. Nie znajduje upodobania w cierpieniu żywych stworzeń, ale też się nim nie przejmuje, wyłącznie w sytuacji, gdy ma ono wpływ na przetrwanie DNA. Nietrudno byłoby wymyślić gen znieczulający gazelę tuż przed rozszarpaniem na strzępy przez geparda. Natura w ten czy inny sposób może starać się oddziaływać na cierpienie. Czy jednak miałby on szanse rozprzestrzenić się w następnych pokoleniach gazeli w procesie doboru naturalnego? Nie, chyba że w jakiś sposób znieczulenie gazeli tuż przed śmiercią

** Czasem w luźnych rozmowach na temat darwinowskich adaptacji można spotkać się z poglądem, niewyrażanym wprost, ale przez to nie mniej brzemiennym w konsekwencjach, ewolucja jest dalekowzroczna. Sydney Brenner, bohater naszej opowieści o *Caenorhabditis* z Rozdziału VIII, słynie ze swego specyficznego poczucia humoru, którym często posługuje się również w naukowych kontekstach. Byłem kiedyś świadkiem, jak uroczo tłumaczy to złudzenie ewolucyjnego przewidywania, prosząc słuchaczy, by wyobrazili sobie kambryjski gatunek, który decyduje się pozostawić w puli genów jakieś bezużyteczne geny, bo „a nuż przyda się w kredzie”.

mogłoby zwiększyć jego szansę na przetrwanie w organizmach potomków zwierzęcia, a raczej trudno sobie coś takiego wyobrazić. Dlatego też mamy pełne podstawy, by przypuszczać, że gazy przed pożarciem nie są znieczulane i cierpią potwornie, rozszarpywane żywcem, a taki jest los większości z nich. Suma cierpień, jakich co dnia doznają wszystkie żywe stworzenia, jest wręcz niewyobrażalna. 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 drażonych od środka przez pasożyty, a kolejne tysiące umierało w koszmarnych mękach z głodu, pragnienia lub choroby. Tak musi być. Gdyby kiedykolwiek nastąpił czas powszechnej szczęśliwości i obfitości, automatycznie nastąpiłby wzrost populacji wszystkich stworzeń, co przywróciłoby naturalny stan zagrożenia głodem i śmiercią.

Pasożyty powodują chyba więcej cierpienia niż drapieżniki, a poznanie ich ewolucyjnej racji bytu raczej pogłębia, niż osłabia, dojmujące poczucie bezsensu i absurdalności świata przyrody. Ilekroć mam katar — a w tej chwili mam — nęka mnie ta właśnie myśl. Dobrze, może to tylko drobna niedogodność, ale jakże bezcelowa. Gdyby zjadła mnie anakonda, mógłbym przynajmniej chełpić się, że przyniosłem jakiś pożytek jednemu z panów stworzenia. Kiedy ktoś ginie w tygryziej paszczy, może chociaż zadumać się (niezbyt długo, co prawda) nad kondycją swego oprawcy: Czyje oczy nieśmiertelne / Mogły stworzyć twą symetrię / W jakich głębiach czy przestworzach / Ogień ślepi twych rozgorzał? Ale wirus? Przecież wirus ten cały absurd ma wpisany wprost w swój DNA (w przypadku wirusów wywołujących najpowszechniejsze przeziębienia nawet RNA, ale nie ma to wielkiego znaczenia, bo reguła jest ta sama). Wirusy istnieją tylko po to, by tworzyć więcej wirusów. Oczywiście, ktoś mógłby powiedzieć, że w ostatniej instancji taki sam jest cel życia węży i tygrysów, ale ich egzystencja przynajmniej nie wydaje się tak bezsensowna. Dobrze, zgadzam się, że anakondy i tygrysy też są maszynami do replikacji DNA, ale przynajmniej są to piękne, pełne wdzięku, bardzo skomplikowane i bardzo kosztowne maszyny. Nieraz wpłacałem pieniądze na konta organizacji walczących o zachowanie tygrysa jako gatunku, a czy komukolwiek przysłoby do głowy wpłacić coś na Fundusz Ochrony Wirusów. Nie — zapewne nie tylko mnie drażni absurd i głupota sytuacji, w której co chwila muszę wycierać nos.

Absurd? Nie — bzdurne jest dopiero takie myślenie, sentymentalne i jakże człowiekocentryczne. Cały dobór naturalny jest absurdalny w ten sposób. Chodzi w nim tylko o przetrwanie samoreplikujących się instrukcji samoreplikacji. To, że jakiś wariant DNA przetrwa, bo anakondzie udało się mnie połknąć, a wariant RNA z kolei przetrwa, zmuszając mnie do kichania, jest w pełni wystarczającym wyjaśnieniem. Wirusy, węże i tygrysy zbudowane są z zakodowanych instrukcji, których najważniejszym przekazem jest: „powiel mnie”, tak samo zresztą działają wirusy komputerowe. W przypadku wirusa wywołującego katar instrukcja ta wykonywana jest bezpośrednio. Tygrysi DNA to również program „powiel mnie”, tyle że zawiera on dodatkowo wyjątkowo rozbudowaną dygresję, której wypełnienie stanowi warunek skutecznego wypełnienia instrukcji podstawowej. Tą dygresją jest właśnie

tygrys — wielki kot z kłami, pazurami i potężnymi mięśniami, obdarzony instynktami pozwalającymi wytropić i schwytać łup. Tygrysi DNA mówi zatem „powiel mnie, ale najpierw zbuduj tygrysa”. Antylopi DNA w tym samym czasie również domaga się, by go powielić, ale on nakazuje, by wpierw w tym celu zbudować długonogą i zdolną do szybkiego biegu antylopę, wystarczająco płochliwą i wyposażoną w wystarczająco sprawne organy zmysłów, by potrafić wyczuć zagrożenie ze strony zbliżającego się tygrysa i uciec przed nim. Cierpienie zwierząt jest efektem ubocznym doboru naturalnego, jego niedającą się uniknąć konsekwencją. Nas może coś takiego martwić i trwożyć, ale nie możemy wymagać, by niedolą ofiary przejmował się tygrys (jeśli tygrys w ogóle czymkolwiek się przejmuje i martwi), a na pewno nie możemy oczekiwać, by zwracały na nią uwagę wirusy.

Dla teologów zło i cierpienie obecne w świecie od dawna stanowiło wielki problem, na tyle istotny, że wymyślili nawet słowo „teodycea” (co dosłownie oznacza „Boża sprawiedliwość”) na określenie wysiłków zmierzających do pogodzenia tych złych stron egzystencji z bożym miłosierdziem, dobrocią i wspaniałomyślnością, które przyjmują za pewnik. Biolodzy ewolucyjni nie mają takiego problemu, bo z perspektywy przetrwania genu zło i cierpienie w ogóle nie mają znaczenia. Więcej — w tej perspektywie one po prostu nie istnieją. Nawet my jednak musimy rozważyć problem bólu i wyjaśnić w kategoriach ewolucyjnych jego istnienie i pochodzenie.

Otóż ból, podobnie jak wszystko, co składa się na życie, jest, jak przyjmujemy, darwinowskim urządzeniem, którego działanie służyć ma zwiększeniu szans na indywidualne przetrwanie. Wszystkie mózgi mają wbudowaną prostą regule: „Jeśli odczuwasz ból, przestań robić to, co robisz, i nigdy już nie rób tego ponownie”. Oczywiście można toczyć — i to bardzo ciekawe — dyskusje nad tym, dlaczego implementacja tej reguły musi być tak cholernie bolesna. Teoretycznie rzecz biorąc, wystarczyłby przecież odpowiednik małej czerwonej flagi, która bezboleśnie rozwija się w mózgu, kiedy zwierzę robi coś, co może przynieść mu szkodę, na przykład podnosi rozgrzany do czerwoności węgielek. Takie napomnienie, nakaz: „Nie rób tego” lub (znów bezbolesna) zmiana połączeń w mózgu, dzięki której osobnik nie angażowałby się już powtórnie w niebezpieczną czynność, mogłyby, jak się z pozoru wydaje, równie dobrze spełnić swoją rolę. Po co więc piekący ból i trwająca nieraz tygodniami męczarnia, po co pamięć tej męki, której nieraz nigdy nie udaje się pozbyć? Być może próba odpowiedzi na tak postawione pytanie jest właśnie ewolucyjną wersją teodycei. Zatem jaki jest cel bólu, dlaczego nie czerwona chorągiewka?

Nie znam pełnej odpowiedzi na takie pytanie. Być może jednak — to intrygująca ewentualność — wiąże się ona z tym, że w mózgu rywalizują ze sobą sprzeczne dążenia i impulsy. Każdy z nas zna zresztą to uczucie. Może na przykład nękać nas wewnętrzny konflikt między chęcią schudnięcia z jednej strony a głodem z drugiej, między gniewem a lękiem, czy na przykład między pożądaniem a obawą przed odrzuceniem (w tej sytuacji do gry włącza się jeszcze sumienie, które nakazuje wierność). Wewnątrz naszego mózgu może się zatem toczyć prawdziwa wojna, w

której stronami są sprzeczne pragnienia. I teraz pomyślmy, na czym może polegać przewaga bólu nad flagą ostrzegawczą. Zaczniemy może od tego, że po dobie jak pragnienie utrzymania dobrej figury może się okazać silniejsze od głodu, tak samo można wyobrazić sobie coś, co okaże się silniejsze niż chęć uniknięcia bólu. Ofiara tortur może ulec, ale zdarza się — i to nierzadko — że torturowani wytrzymują nawet najstraszniejsze cierpienia, bo nie chcą zdradzić swoich towarzyszy, kraju albo przekonań. Natomiast jeżeli w ogóle można mówić, że dobór naturalny czegoś „chce”, to na pewno w kategoriach negatywnych: dobór na pewno „nie chce” żeby jednostki poświęcały się dla własnego kraju, partii, ideologii, zbiorowości albo gatunku. Dobór naturalny jest też „przeciwny” jednostkom, które nie reagują na sygnały ostrzegawcze takie jak ból lub potrafią im się oprzeć, jest natomiast „za tymi”, które potrafią przetrwać, a dokładniej mówiąc, rozmnożyć się, nawet ze szkodą dla swojego kraju, rasy, ideologii (lub ich nie-ludzkich odpowiedników). Tak więc dobór naturalny będzie faworyzował flagę ostrzegawczą, a nie ból, tylko wtedy, gdy trudniej będzie taki sygnał zlekceważyć albo mu się nie podporządkować.

Idźmy dalej tym tropem. Pomimo pewnych obiekcji natury filozoficznej jestem raczej zdania, że w naszym gatunku przypadki przekraczania mózgowych zakazów z przyczyn zdecydowanie niedarwinowskich (patriotyzm, ideologia) czy byłyby znacznie częstsze, gdyby sygnałem ostrzegawczym była powiewająca czerwona flaga, a nie realny, bywa, że nie do wytrzymania ból. Pomyślmy sobie zresztą, co by się wydarzyło, gdyby zaczęli rodzić się genetyczni mutanci, ludzie, którzy nie odczuwają bólu nawet podczas najstraszliwszych tortur, bo ich mózgi bazują na znacznie łagodniejszym systemie „czerwonych flag” mających trzymać ich z dala od tego, co może zaszkodzić ich ciału. Na przykład, skoro męczarnie byłyby im niestraszne, takich ludzi zaczęto by szybko szkolić na szpiegów. Gdyby tak się stało i tortury przestałyby być skuteczne jako metoda wymuszania zeznań, bo łatwo byłoby znaleźć ludzi na nie odpornych, metoda ta przestałaby być stosowana. To u ludzi. Ale jak w świecie przyrody — czy tu takie wolne od bólu mutanty radziłyby sobie z przetrwaniem lepiej? Czy „gen czerwonej flagi” miałby szansę trafić do kolejnych generacji? Ponieważ szczególna sytuacja tortur i lojalności wobec ideologii w tym przypadku już nie występuje, uważam, że nie. Dość łatwo sobie odpowiedzieć, dlaczego.

Ale wróćmy na chwilę do ludzi. Otóż w naszym gatunku zdarzają się jednostki, które nie czują bólu, i zwykle takich ludzi czeka bardzo marny koniec. Wrodzona niewrażliwość na ból z anhydrozą (Congenital insensitivity to pain with anhidrosis, CIPA) to bardzo rzadka choroba genetyczna, której objawem jest właśnie niezdolność do odczuwania bólu (a także — stąd anhydrozą — niepocenie się). Chorzy istotnie w ogóle nie odczuwają bólu, ale nic nie wskazuje, że mają wbudowany jakiś inny system ostrzegawczy, który mógłby im to kompensować. Można ich jedynie nauczyć tego, by starali się unikać sytuacji i zdarzeń, które u innych wywołują ból, i by byli świadomi konieczności ich unikania; można powiedzieć, że powstaje wtedy taki „wyuczony mechanizm czerwonej flagi”. W przypadku tej konkretnej choroby konsekwencje są tragiczne — bardzo częste są oparzenia, złamania, blizny, infekcje,

nielezione stany zapalne, liczne urazy twarzy i kończyn. Co więcej — a to już nie jest tak oczywiste, chorzy z wrodzoną niewrażliwością na ból mają też zwykle olbrzymie problemy ze stawami, ponieważ, w odróżnieniu od reszty z nas, którzy robimy to czysto automatycznie, nie odczuwają potrzeby zmiany pozycji, kiedy zbyt długo leżą, siedzą lub stoją bez ruchu. Niektórzy chorzy nastawiają minutnik, żeby przypomniał im o konieczności poruszenia się co pewien czas.

Nawet jednak gdyby „system czerwonej flagi” w mózgu mógł działać skutecznie, nie ma żadnych powodów, by dobór naturalny preferował takie narzędzie, a nie zwykły ból, tylko dlatego że jest mniej nieprzyjemne dla „nosiciela”. Odmienne niż nasz hipotetyczny — i koniecznie pełen miłosierdzia — projektant, dobór naturalny jest kompletnie obojętny na cierpienie, przynajmniej tak długo, dopóki nie wpływa ono na zdolność organizmu do przetrwania i reprodukcji. A ponieważ to jednak raczej reguła przetrwania najlepiej dostosowanych, a nie projekt rządzi światem natury, to świat ten nie podejmuje żadnych kroków, by zminimalizować cierpienie. Nieoceniony Stephen Jay Gould pisał o tym w świetnym eseju "Niemoralna natura". To od Goulda właśnie dowiedziałem się, że autentyczny wstręt, jaki w Darwinie wzbudziły Ichneumonidae (cytowałem fragment jego listu w zakończeniu poprzedniego rozdziału), dalece nie był czymś niezwykłym wśród myślicieli tej epoki.

Te owady, jak pamiętamy, mają zwyczaj paraliżować nie zabijać! — swoje ofiary, zanim złożą w nich jaja, z których później wyklują się larwy, a potem dosłownie wygryzą sobie drogę na zewnątrz. Ten przykład okrucieństwa przyrody jest poważnym wyzwaniem dla wiktoriańskiej teodycei i gdy przyjrzymy mu się dokładniej, pojmiemy, dlaczego. Otóż samica gąsienicznika, nim jeszczełoży jaja w ciele owada, którego upolowała, bardzo starannie za pomocą żądła niszczy wszystkie zwoje nerwowe ofiary, przy czym czyni to na tyłu precyzyjnie, że gąsienica nadal żyje, tyle że jest kompletnie sparaliżowana. Utrzymanie jej przy życiu jest niezbędne, by zapewnić rosnącym larwom świeże mięso, te bowiem rodzą się i rosną wewnątrz gąsienicy wybranej i spreparowanej przez matkę, żywiąc się jej narządami wewnętrznymi. Również i one czynią to jakby z pełnym wyrachowaniem, mianowicie zjadają swojego „gospodarza” w bardzo roztropnej kolejności: zaczynają od tłuszczu i układu pokarmowego, a układ nerwowy i kluczowe dla przeżycia serce zostawiają na koniec. Trudno się dziwić, że Darwin był szczerze tym przejęty i głośno pytał, jaki miłosierny projektant mógł wymyślić coś takiego. Nie wiem, czy gąsienice czują ból. Mam głęboką nadzieję, że nie. Wiem jednak z całą pewnością, że gdyby go czuły, dobór naturalny nie uczyniłby z całą pewnością nic, by go stępić, jeśli tylko rozwiązanie stosowane przez gąsieniczniki okazało się wystarczająco efektywne.

Gould cytuje w swoim eseju walebnego Williama Bucklanda, jednego z najwybitniejszych dziewiętnastowiecznych geologów, który tak oto próbował znaleźć pocieszenie w tej intelektualnie i moralnie kłopotliwej sytuacji:

Wyznaczenie zwierzętom śmierci w pazurach drapieżników jako najczęstszego zakończenia ich egzystencji wydaje się zatem, z uwagi na rezultaty, przejawem miłosierdzia; ujmuje wiele z łącznej sumy bólu powszechnej śmierci; zmniejsza, niemal likwiduje panującą wśród dzikiego stworzenia nędzę choroby, przypadkowych ran, postępującego rozkładu; i nakłada tak zbawienne ograniczenia na nadmiernie mnożące się stada, iż źródła pożywienia są stale dwakroć większe niż potrzeby. W wyniku tego powierzchnia lądów i głębiny wód są pełne tysięcy ożywionych stworzeń, których zadowolenie z życia jest współmierne do długości jego trwania. Stworzenie te, w ciągu krótkiej chwili istnienia, jaka została im przydzielona, wypełniają z radością wszelkie funkcje, do których zostały stworzone.

Cóż, to chyba nie wymaga komentarza!

ROZDZIAŁ XIII
„JEST TO
WZNIOSŁYZAISTE
POGLĄD...”

Karol Darwin nie jest znany ze swych talentów poetyckich (w odróżnieniu od swojego dziadka Erazma, również ewolucjonisty, którego styl bardzo podziwiali Wordsworth i Coleridge — bardzo mnie zaskoczyło, przyznam, gdy się o tym dowiedziałem). Niemniej niektóre fragmenty "O powstawaniu gatunków" brzmią jak najprawdziwsza poezja. Spójrzmy choćby na ostatni akapit ostatniego rozdziału tego dzieła:

Tak więc z walki w przyrodzie, z głodu i śmierci* bezpośrednio wynika najwznioślejsze zjawisko, jakie możemy pojąć, a mianowicie powstawanie wyższych form zwierzęcych. Jest to wzniosły zaiste pogląd, że życie rozpoczęło się od kilku form lub tylko jednej [Jest to wzniosły zaiste pogląd, iż Stwórca natchnął życiem kilka form lub tylko jedną**] i że gdy planeta nasza, podlegając ścisłym prawom ciężenia, dokonywała swych obrotów, z tak prostego początku zdołał się rozwinąć i wciąż jeszcze się rozwija nieskończony szereg form najpiękniejszych i najbardziej godnych podziwu.

Ten słynny akapit niesie wiele ważnych treści i dlatego warto przeanalizować go zdanie po zdaniu, co też niżej uczynimy.

„Z WALKI W PRZYRODZIE, Z GŁODU I ŚMIERCI”

Darwin z właściwą sobie przenikliwością dostrzegł moralny paradoks tkwiący w samym centrum jego teorii. Nie usiłował go ukryć, ale spokojnie wyjaśniał, że natury nie można oskarżać o złe intencje. Zło, które się dzieje, jak pisał, jest prostą konsekwencją „praw działających wokół nas”. Oto jego własne słowa z zakończenia Rozdziału VIII O powstawaniu gatunków:

[n]ie jest to, być może, logiczna dedukcja, lecz umysł mój zadowala się daleko więcej, kiedy uważam takie instynkty, jak u młodej kukułki wyrzucającej z gniazda swe przyrodnie rodzeństwo, lub u mrówki chwytającej niewolników — lub larwy gąsienicznika żywiącej się żywymi gąsienicami innych owadów — niejako specjalnie nadane lub stworzone instynkty, lecz jako drobny wynik ogólnego prawa, prowadzącego do postępu wszystkich istot organicznych, a mianowicie, prawa,

* Darwin przyznał, że inspirację w pracy nad teorią doboru naturalnego zaczerpnął od Thomasa Malthusa. Mój przyjaciel Matt Ridley zwrócił mi uwagę, że inspirację dla tego akurat fragmentu mógł stanowić ten oto, iście apokaliptyczny akapit z Eseju o ludności Malthusa: „Głód zdaje się być ostateczną i najbardziej śmiertelną bronią natury. Prawo ludności jest o wiele silniejsze od zdolności ziemi do wyżywienia rosnących zastępów ludzkich, tak więc przedwczesna śmierć w takiej czy innej postaci musi nieustannie towarzyszyć ludzkiej rasie. Ludzkie grzechy są potężnym czynnikiem wyludnienia i one często zastępują inne potężne siły w dziele eksterminacji człowieka. Lecz nawet gdyby nie one i tak zarazy i epidemie zabrałyby tysiące i dziesiątki tysięcy istnień, a gdyby i tego okazało się nie dość, gigantyczny głód dopasowałby licznosc populacji do zasobów żywności, jakimi dysponuje nasz świat”.

** Wyjaśnienie, dlaczego ten cytat podaję w dwóch wariantach, czytelnik znajdzie w poniższych akapitach. Richard Dawkins był w łatwiejszej sytuacji, bo mógł usunąć tylko jedno słowo (przyp. tłum.).

które nakazuje rozmnażać się, zmieniać się, które silniejszym żyć daje, a słabszym umierać.

Pisałem już wcześniej o naturalnym i szczerym wstręcie powszechnie zresztą podzielanym przez współczesnych jaki wzbudziły w Darwinie gąsienicznikowate (ichneumonea), a raczej ich obyczaj nakłuwania i paraliżowania ofiar, by zapewnić świeży posiłek swoim larwom. Twórca teorii ewolucji nie potrafił uwierzyć, by miłosierny stwórca mógł coś takiego zaplanować. Jeśli jednak wszystkim nie kieruje stwórca, a dobór naturalny, wszystko staje się jasne i zrozumiałe. Dobór nie troszczy się o czyjkolwiek komfort, bo niby czemu miałby się o coś takiego troszczyć. Jeśli coś dzieje się w przyrodzie, to zwykle dzieje się dlatego, że podobne wydarzenia w przeszłości przyczyniły się do przetrwania i powielenia jakichś genów i to właśnie przetrwanie genów jest w pełni wystarczającym wyjaśnieniem okrucieństwa gąsienicznikowatych i chłodnej obojętności całej natury — oczywiście wystarczającym z punktu widzenia naszego intelektu, a nie zdolności do współczucia.

Tak, w takim spojrzeniu na życie jest wzniosłość, ale można też ujrzeć wzniosłość w obojętności na cierpienie, jakie nieuchronnie zeń wypływa, skoro przewodnią siłą natury uczyniła zasadę przetrwania najlepiej dostosowanych. Teologowie mogą w tym dostrzec pewną analogię do podobnych problemów, z jakimi od zawsze borykała się teodycea, która ostatecznie uznała cierpienie za nieuniknionego towarzysza wolnej woli. Biolodzy z kolei również nie uznają raczej owej nieuchronności za zbyt mocny warunek, jeśli tylko zgodzą się ze mną co do funkcji, jaką pełni zdolność do odczuwania cierpienia (tu wracamy do moich dywagacji o czerwonej fladze z poprzedniego podrozdziału). A chyba zgodzą się przynajmniej z tym, że jeśli zwierzęta nie cierpią, cierpi na tym przetrwanie najlepszych genów.

Naukowcy są ludźmi i mają takie samo prawo jak wszyscy, by piętnować okrucieństwa i nienawidzić cierpienia. Jednak prawdziwi uczeni, a Darwin niewątpliwie należał do tego grona, zdają sobie też sprawę, że rzeczywistości, jakkolwiek nieprzyjemnej, trzeba zawsze patrzeć prosto w oczy. Co więcej, jeśli na chwilę zgodzimy się zawiesić subiektywny osąd, trudno zaprzeczyć, że istnieje ponura logika przenikająca świat natury. Owady, które paraliżują gangliony ofiar, by upewnić przetrwanie swoim młodym; kukułki wyrzucające z gniazda przybrane rodzeństwo („Thow mortherer of the heysugge on y braunche”)*; mrówki utrzymujące niewolników czy wreszcie bezduszna (a może lepiej byłoby powiedzieć „bezmózga”) obojętność wobec cierpienia swoich ofiar wszelakich pasożytów i drapieżników — to wszystko ma jednak sens. Sam Darwin czynił, co mógł, by

* To z Chaucera, z "Parlamentu ptaków", o czym zresztą autor oczywiście nie informuje. Ponieważ większość angielskich i amerykańskich czytelników Dawkinsa zapewne też nie zrozumie XIV-wiecznej angielszczyzny, zdecydowałem się przed identycznym wyzwaniem postawić polskich czytelników i Chaucerowskich wersów nie tłumaczyć.

znaleźć dla tego świata usprawiedliwienie, i tak oto pisał w podsumowaniu rozdziału poświęconego walce o przetrwanie:

Możemy jednak zawsze pamiętać o tym, że każda istota organiczna dąży do rozmnażania się w geometrycznym stosunku, że każdy z nich w pewnych okresach życia lub w pewnej porze roku, w każdym pokoleniu lub z przerwami walczyć musi o życie i ulegać zniszczeniu. Jeżeli rozmyślamy o tej walce, to pocieszyć nas tylko może wiara w to, że walka w naturze nie jest ciągła, że nie przejmuje grozą*, że śmierć jest szybka, i że pozostają przy życiu i rozmnażają się tylko istoty silne, zdrowe i szczęśliwe.

Skłonność do zabijania posłańca złej nowiny to jeden z głębszych obyczajów naszego gatunku, jednak istnieje, a w sporze wobec ewolucji (pisałem o tym choćby we Wstępie) wiele jest z tego właśnie sposobu myślenia. „Jeśli nauczymy dzieci, że są zwierzętami, będą zachowywać się jak zwierzęta” Tymczasem nawet gdyby było prawdą (choć oczywiście nie jest), że nauczanie o ewolucji sprzyja upadkowi moralnemu, to z tego w najmniejszym stopniu nie wynikałoby, że sama teoria jest fałszywa. Zadziwiające, jak wielu ludzi posługuje się tą pokrętną logiką. Tak wielu, że zyskała ona nawet odrębną nazwę: argumentum ad consequentiam — X musi być prawdą (fałszem), bo tak bardzo podobają mi się (nie podobają mi się) wnioski wypływające z X.

„NAJWZNIOSLEJSZE ZJAWISKO, JAKIE MOŻEMY POJAĆ”

Czy rzeczywiście „powstawanie coraz wyższych i doskonalszych form zwierzęcych jest to „najwznioślejsze zjawisko, jakie możemy pojąć”? Najwznioślejsze? Czy aby na pewno? Czy nie ma spraw wznioślejszych? A gdzie sztuka? Duchowość? Romeo i Julia? IX symfonia? Miłość?

Musimy pamiętać o tym, że Darwin, choć prywatnie był człowiekiem wielkiej skromności, żywił wielkie naukowe ambicje. W jego wizji świata wszystko, z czym

* W oryginale w tym miejscu czytamy „and no fear is felt” (nikt nie czuje strachu, raczej ma oznaczać, iż (zdaniem Darwina) zwierzęta nie czują strachu i tego właśnie stwierdzenia dotyczy ma zapewne zamieszczony w tym miejscu przypis Richarda Dawkinsa „chciałbym w to wierzyć”. Darwin zresztą w ogóle nie miał szczęścia do polskich przekładów — przekłady XIX-wieczne, wielokrotnie później wznawiane, dość trudno dziś przeczytać, a co więcej były one w wielu miejscach raczej odległe od oryginału i często gubiły intencje autora. Uwspółcześniony przekład "O powstawaniu gatunków", który ukazał się w 2009 nakładem Wydawnictw Uniwersytetu Warszawskiego, niestety niewiele zmienił, to widać choćby na przykładzie akapitu, który stanowi oś narracyjną obecnego rozdziału. W miarę wiernie przetłumaczony mógłby on brzmieć następująco: „I tak oto z wojny nekającej naturę, z głodu i śmierci, bezpośrednio wyłania się największej wagi i znaczenia kwestia, jaką jesteśmy w stanie roztrząsać — powstanie zwierząt wyższych. Jest coś śmiałego w takiej wizji życia, życia, które tchnięte zostało pierwotnie (przez Stwórcę) w kilka lub być może w jedną tylko formę, a potem, gdy zgodnie z ustalonymi prawami grawitacji, nasza planeta wirowała w przestrzeni, z tak skromnych początków wyewoluowały i ewoluują nadal — nieskończenie najpiękniejsze i najcudowniejsze formy” (przyp. tłum.)

związek ma ludzki umysł — emocje i duchowość, sztuka i matematyka, filozofia i muzyka; wszystkie dokonania ludzkiego ducha i intelektu - to produkt tych samych procesów, które obserwujemy już u zwierząt wyższych. I nie chodzi tylko o to, że gdyby nie wyewoluowały mózgi, muzyka i duchowość też byłyby niemożliwe. Ważniejsze w darwinowskim ujęciu jest to, iż mózgi podlegają procesowi doboru naturalnego, który, z czysto utylitarnych względów, faworyzuje u niektórych zwierząt mózgi większe i o większych możliwościach. I niejako produktem ubocznym doboru naturalnego i powstania dużego mózgu staje się intelekt i sfera duchowa, które następnie „rozkwitają” w szczególnych warunkach, obejmujących życie społeczne i język. Podejście darwinowskie ani nie umniejsza ludzkich umiejętności, ani ich nie redukuje, ani wreszcie nie pozbawia nas godności. Ba, nie stara się ono również proponować wyjaśnień wyjątkowości ludzkiej kondycji, wyjaśnień na wzór tych, które są w pełni satysfakcjonujące, gdy zastanawiamy się choćby nad genezą udawania węża przez gąsienicę. Nieocenioną zasługą darwinizmu pozostaje natomiast, że podjął próbę zmierzenia się z problemem, który wcześniej uchodził za niezgłębialny, albo, co gorsza, niewart zgłębiania. Dlatego właśnie wszystkie przeddarwinowskie próby zrozumienia fenomenu życia były tak niepełne.

Oczywiście Darwin nie potrzebuje obrońcy w mojej osobie, ja zaś nie chcę tu roztrząsać pytania, czy istotnie powstawanie „coraz wyższych i doskonalszych form” jest „najwznioślejszym zjawiskiem, jakie możemy pojąć”, czy po prostu jedynie niemniej bardzo ważnym i złożonym. Cały problem to po trosze kwestia języka odmiennego od tego, jakim dziś się posługujemy. Czy istotnie kwestia ta bezpośrednio wiąże się z „walką w przyrodzie” oraz „głodem i śmiercią”? Tak, związek ten bez wątpienia jest bezpośredni, zwłaszcza jeśli właściwie rozumiemy wnioskowanie przedstawione przez Darwina, ale przed XIX wiekiem nikt na to nie wpadł, a i nadal jest wielu ludzi, którzy bądź nie potrafią — bądź nie chcą — tego zaakceptować. Nie trudno zresztą zrozumieć, dlaczego. Kiedy bowiem człowiek zaczyna myśleć w takich darwinowskich kategoriach i uwzględnia jeszcze całą później zdobytą przez naukę wiedzę, rzeczywiście może dojść do wniosku, że sama nasza egzystencja jest jednym z najbardziej tajemniczych, zagadkowych i „najwznioślejszych zjawisk, jakie możemy pojąć”. My też wkrótce przejdzie my do tej kwestii.

"NATCHNĄŁ ŻYCIEM"

Trudno byłoby mi zliczyć, ile dostałem listów od wzburzonych czytelników mojej ostatniej książki, oskarżających mnie, że świadomie zmanipulowałem treść cytatu, który otwiera również powyższy rozdział, i usunąłem imię tego, który — jak pisał sam Darwin — „natchnął życiem”, czyli Stwórcy, przez co, jak mi zarzucano, bez żadnych skrupułów zafałszowałem intencje autora "O powstawaniu gatunków". Otóż moi szacowni — i gorliwi w wierze — korespondenci wydają się nie pamiętać, iż wielkie dzieło Darwina miało sześć wydań. W pierwszym wydaniu cytowany akapit brzmiał dokładnie tak, jak go przytaczam. W drugim i kolejnych autor, zapewne ustępując pod presją religijnego lobby, dołożył owego „Stwórcę”. Ja jednak,

jeśli tylko nie ma wyraźnych przeciwwskazań, zawsze cytuję pierwsze wydanie, a to z kilku względów, również czysto osobistej natury — dzięki memu przyjacielowi i fundatorowi katedry, którą do niedawna jeszcze zajmowałem, Charlesowi Simony'emu, jestem szczęśliwym właścicielem jednego z 1250 egzemplarzy pierwszego wydania i jest to bez wątpienia jedna z najcenniejszych rzeczy, jakie są w moim posiadaniu. Jednak względy historyczne też odgrywają pewną rolę — to właśnie pierwsze wydanie wywołało całą burzę, to ono było tym ciosem w wiktoriański splot słoneczny, po którym świat nigdy nie był już taki sam. Kolejne wydania, a zwłaszcza szóste, to już w wielu miejscach tylko czczy ukłon i to nie tylko wobec opinii publicznej. W reakcji na bardzo liczne i bardzo uczone — a mimo to w wielu punktach błędne — krytyki, Darwin w kilku miejscach wycofał się, a w kilku innych nawet diametralnie zmienił stanowisko. Z czasem dopiero okazało się, że to on od początku miał rację. W każdym razie w pierwszym wydaniu, w akapicie, który tu przywołujemy, nie było mowy o żadnym Stwórcy.

Wydaje się, że Darwin po latach żałował, że ugiął się przed Kościołem, a raczej opinią publiczną. W roku 1863 pisał do swego przyjaciela, botanika Josepha Hookera, „Od dawna żałuję, że ułękłem się opinii publicznej i z czystego konformizmu użyłem biblijnego terminu i pisałem o "stwarzaniu", podczas gdy zgodnie z własnymi przekonaniem powinienem napisać "pojawily się na mocy jakiegoś nieznanego procesu"". Tym „biblijnym" ustępstwem Darwina było właśnie wprowadzenie określenia „Stwórca". W wydanej w roku 1887 edycji listów Darwina Francis, jego syn, wyjaśnił okoliczności powstania listu do Hookera. Otóż Darwin pragnął podziękować adresatowi za wypożyczenie recenzji z książki Carpentera, której (zachowujący anonimowość) autor pisał o „sile twórczej [...] którą nawet Darwin potrafił wyrazić tylko w biblijnych terminach, jako pierwotną formę, w którą "tchnięte" zostało życie". Dziś jednak już i to sformułowanie budzi olbrzymie wątpliwości. Cóż bowiem miałyby być „tchnięte" i w co? Zapewne ów anonimowy autor miał na myśli jakiś „oddech życia"*, ale co to może znaczyć. Im usilniej staramy się wyznaczyć granicę między życiem a nie-życiem, tym bardziej okazuje się ona nieuchwytna. „Pęd życiowy", jak przez lata przypuszczano, powinien charakteryzować się jakimiś szczególnymi właściwościami, być olśnionym jakąś wibrującą, pulsującą „jakością", „esencją życia" co brzmi zresztą jeszcze bardziej tajemniczo, gdy posłucha się zapożyczonym z francuskiej filozofii określeniem — *elan vital*** . W każdym razie długo przypuszczano, że życie zrobione jest ze szczególnej, żyjącej substancji, której nawet nadano specjalną nazwę: protoplazma. Bohater cyklu opowiadań fantastyczno-naukowych Arthura Conan Doyle'a, profesor

* W tradycjach religijnych oddech („tchnienie") i życie dość powszechnie były i są utożsamiane. „Spirytualny", czyli duchowy, pochodzi od łacińskiego słowa określającego „oddech". W Księdze Rodzaju możemy przeczytać, jak Bóg, stworzywszy Adama, „tchnął" weń życie, dmuchając mu w nos. Hebrajskie słowo *ruah* (*ruach*; stąd arabskie *ruh*) oznacza „duszę", ale też „oddech", „wiatr" i „inspirację".

**To określenie wprowadził do filozoficznego obiegu Henri Bergson. W odpowiedzi, nieoceniony (i sarkastyczny) jak zwykle Julian Huxley, usłyszawszy o Bergsona koncepcji *elan vital*, stwierdził, że w takim razie pociągi na pewno napędza *elan locomotif*.

Challenger (postać nawet bardziej groteskowa od Sherlocka Holmesa) odkrył wręcz pewnego dnia, że cała Ziemia żyje i jest podobna do olbrzymiego jeżowca — skorupa naszej planety to muszla, a jej wnętrze wypełnia właśnie protoplazma. Jeszcze do połowy XX wieku fenomen życia analizowano w zasadzie w kategoriach jakościowych i lokowano poza chemią i fizyką. Ale dziś tak nie jest wiemy, że różnica między życiem a nie-życiem to nie kwestia materii, a informacji. Wszystkie byty ożywione zawierają w sobie wielką ilość informacji. Większość z niej zakodowane jest w postaci cyfrowej w DNA, ale część — o czym za chwilę się przekonamy — kodowana jest też w inny sposób.

W przypadku DNA rozumiemy dość dobrze, w jaki sposób ta informacyjna zawartość gromadziła się przez eony geologicznego czasu. Darwin mechanizm jej powstawania nazwał dobozem naturalnym. My — bardziej precyzyjnie — mówimy o nielosowym przetrwaniu informacji kodującej embriologiczne „recepty” na przetrwanie. To zresztą oczywiste, taka „recepta na przetrwanie” sama również powinna przetrwać. Szczególną właściwością DNA jest to, że informacja może przetrwać nie w postaci czysto materialnej, ale w formie praktycznie nieskończonej serii kopii. Przy kopiowaniu, jak to przy kopiowaniu, mogą pojawiać się okazjonalne błędy, a nowe warianty mogą przetrwać nawet lepiej niż poprzednicy, dzięki czemu w miarę upływu czasu jakość danych zawierającej instrukcje przetrwania będzie się poprawiać, a udoskonalenia będą przejawiać się pod postacią lepszych (sprawniejszych) ciał, ale też i wydajniejszych urządzeń i narzędzi zapewniających przetrwanie i produkcję kodowanej informacji. To oznacza ni mniej, ni więcej, przetrwanie i reprodukcję organizmów przenoszących tę informację. Darwin opisywał ten proces właśnie na poziomie organów ciał (organizmów). Problem zakodowanej informacji był implicite zawarty w tej wizji świata, ale trzeba było czekać niemal sto lat, żeby nauka zajęła się nim bezpośrednio

Identyczna baza danych zawiera informacje o środowiskach, w jakich dany organizm żył w przeszłości; środowiskach, w których jego przodkom udało się przetrwać i przekazać dalej geny, dzięki którym odnieśli sukces. W takim stopniu, w jakim środowisko, w którym żyje konkretny organizm przypomina te dawne środowiska (a zwykle różnice są nie wielkie), owa „genetyczna Księga Umarłych” jest całkiem przydatnym podręcznikiem przetrwania, teraz i w przyszłości. W każdym konkretnym momencie repozytorium informacji zamieszkuje poszczególne organizmy, ale w dłuższej skali czasowej, kiedy pojawia się rozmnażanie płciowe i DNA „wędruje” między jednostkami, bazą danych zawierającą kompletny zestaw „instrukcji przetrwania” staje się pula genetyczna gatunku, genom każdego konkretnego osobnika z danej generacji stanowi tylko próbkę zawartości całej genetycznej bazy danych gatunku. Różne gatunki korzystają z różnych baz danych, te bowiem gromadzą informacje o środowiskach, w jakich żyli ich przodkowie. I tak pula genetyczna wielbłądów obejmuje zakodowane informacje o tym, jak w takim miejscu przeżyć, pula genetyczna kretów zawiera instrukcje i podpowiedzi pomagające przetrwać w ciemnej i wilgotnej ziemi, w DNA składającym się na pulę genetyczną drapieznika skrywa się wiedza o ofiarach i

technikach polowania, a w DNA — czyli, powtarzam, w puli genetycznej — ofiar mamy zbiór informacji o drapieżnikach, także o tym, jak przed nimi uciekać. U wszystkich gatunków zwierząt natomiast pula genetyczna musi obejmować informacje o pasożytach i o tym, jak się przed nimi bronić.

Informacja o tym, jak radzić sobie z teraźniejszością, żeby przetrwać (czyli dożyć przyszłości) musi pochodzić z przeszłości. Nielosowe przetrwanie DNA to w oczywisty sposób metoda na przechowanie informacji do ewentualnego przyszłego użytku i w ten właśnie sposób budowana jest podstawowa baza DNA. Nie jest to jednak metoda jedyna, są jak wiem jeszcze trzy formy archiwizowania informacji o przeszłości w taki sposób, że może ona być nadal wykorzystywana w przyszłości i zwiększać szansę na przetrwanie. Te trzy „media” to układ immunologiczny, system nerwowy i kultura. Tak samo jak skrzydła, płuca lub inne narządy (urządzenia) służące przetrwaniu, tak i te drugorzędowe systemy gromadzenia informacji ostatecznie zarządzane są i konstytuowane przez system podstawowy — dobór naturalny działający na poziomie DNA. Niemniej ze względu na ich szczególną rolę, możemy łącznie nazywać je czterema „pamięciami”

Pierwszą pamięcią w tym ujęciu będzie zatem cały zawarty w DNA zestaw technik przetrwania stosowanych przez przodków, zapisany, jak na ruchomym zwoju, w puli genetycznej gatunku. Ta dziedziczona z pokolenia na pokolenie baza danych uwzględnia powtarzające się elementy ancestralnych środowisk oraz wiedzę, jak w nich przeżyć. Z kolei układ immunologiczny — „druga pamięć” — odpowiada za gromadzenie analogicznych, niezbędnych dla przetrwania informacji, tyle że niedotyczących fizycznych charakterystyk przeszłych środowisk, ale przebytych chorób i innych problemów tego typu, z jakimi borykać się musiał organizm. Ta „chorobowa” baza danych, unikatowa dla każdego osobnika zapisana jest pod postacią białek, które nazywamy przeciwciałami (to, rzecz jasna, pewne uproszczenie — czas „życia” poszczególnych przeciwciał jest zbyt krótki, pamięć immunologiczną stanowią więc nie same przeciwciała, ale wytwarzające je komórki). Pod wpływem każdego patogenu (organizmu powodującego chorobę) pojawia się populacja przeciwciał, precyzyjnie ukształtowanych przez przeszłe „doświadczenia” z białkami właściwymi dla takich patogenów. Jak wielu z mojego pokolenia w dzieciństwie przeszedłem ospę wietrzną i odrę. Mój organizm „pamięta” te doświadczenia, a wspomnienia przechowuje pod postacią białek (przeciwciał), podobnie jak w przypadku wszystkich pozostałych biologicznych najeźdźców, z którymi musiał się zmagać. Nigdy nie miałem polio, ale na moje szczęście dzięki technice szczepień medycyna dysponuje dziś metodą, dzięki której można zaimplantować mojemu organizmowi fałszywe wspomnienia danej choroby. Jako beneficjentowi tego zabiegu polio mi nie grozi, bo moje ciało „myśli”, że już sobie z tą przypadłością kiedyś poradziło, a mój system odpornościowy jest wyposażony we właściwe przeciwciała, gdyż w pewnym momencie udało się go oszukać, wstrzykując nieszkodliwą wersję wirusa, jak wiemy z prac licznych laureatów Nagrody Nobla w dziedzinie fizjologii i medycyny, baza danych, na podstawie której funkcjonuje układ immunologiczny, powstaje w oparciu o quasi-darwinowski proces losowych zmian i nielosowego

doboru, w tym jednak przypadku dobór nie „wybiera” organizmów (ciał) ze względu na ich zdolność do przetrwania, ale kolekcjonuje komórki wytwarzające przeciwciała (limfocyty) funkcjonujące we wnętrzu organizmu, czyli niejako faworyzuje te przeciwciała, które potrafią okryć lub w inny sposób zneutralizować atakujące obce białka.

Trzecia z „pamięci”, o których tu mówimy, to ta, o której zwykle myślimy, gdy używamy tego słowa — to wspomnienia przechowywane w systemie nerwowym. Za sprawą mechanizmów, których naturę nadal nie do końca rozumiemy, nasze mózgi przechowują wspomnienia przeszłych doświadczeń i procesy te stanowią odpowiednik „pamięci” przeciwciał, przechowujących wspomnienia o przebytych chorobach, i „pamięci” DNA (bo o genotypie również można myśleć w tych kategoriach) oraz przechowywanych w nim informacji o sukcesach i (terminalnych) porażkach przodków. W największym uproszczeniu przyjąć można, że ta trzecia pamięć tworzy się w procesie prób i błędów (kolejna analogia do doboru naturalnego, zwracam uwagę). Szukając pożywienia, zwierzę „wypróbowuje” różne działania. Ten proces prób, acz nie czysto losowy, można całkiem zasadnie uznać za dobrą analogię genetycznych mutacji. Odpowiednikiem doboru naturalnego jest w tym ujęciu system „wzmocnień” — negatywnych (kar) i pozytywnych (nagród). Działanie takie jak sprawdzenie, co kryje się pod ściółką i okrywą martwych liści (próba), może sprawić, że zwierzę znajdzie na przykład stonogę i larwy żuka (nagroda). A układ nerwowy ma wdrukowaną prostą regułę: „Każde działanie (próba), które zaowocowało nagrodą, powinno być powtarzane. Działanie nieprowadzące do nagrody lub, co gorsza, zwieńczone karą — na przykład bólem — nie powinno być powtarzane”.

Rzecz jasna, pamięć mózgu obejmuje o wiele więcej niż tylko quasi-darwinowskie procesy nielosowego przetrwania działań nagradzanych i eliminacji zachowań karanych, jak dzieje się w przypadku zwierząt. Pamięć (tu już możemy nie używać cudzysłowów, posługujemy się bowiem tym terminem w najbardziej klasycznym znaczeniu) — przynajmniej ludzka pamięć — to bardzo obszerna i bardzo rozbudowana baza danych, obejmująca szczegółowe zapisy zdarzeń reprezentowane we wszystkich pięciu modalnościach zmysłowych. W naszej pamięci utrzymujemy zbiory twarzy, dźwięków, zwyczajów, reguł i słów. Każdy doskonale zna to wszystko z własnego doświadczenia i nie ma powodu, by poświęcać tej kwestii morze słów. Warto jednak zwrócić uwagę choćby na to, że słownictwo, jakim posługuję się, pisząc tę książkę, czyli mój zasób leksykalny, musi być identyczny (lub co najwyżej minimalnie inny) z zasobami moich czytelników, a u mnie, jak u każdego z was stanowi on element tej samej, bardzo rozbudowanej, neuronowej bazy danych, której składnikiem jest też aparat syntaktyczny, umożliwiający rozumienie słów i łączenie ich w zdania. Na najwyższym poziomie ta trzecia, przechowywana w mózgu pamięć, przekształca się w pamięć czwartego typu.

Baza danych w moim mózgu zawiera nie tylko zapisy zdarzeń i wrażeń z mojego własnego życia, choć takie ograniczenie istniało, kiedy mózg zaczynał

ewoluować. Dziś w naszych mózgach znajduje się też zbiorowa pamięć, obejmująca wspomnienia minionych generacji, odziedziczone za pośrednictwem mechanizmów niegenetycznych, takich jak przekaz ustny, słowo drukowane, a ostatnio coraz częściej Internet. Świat, w którym żyjemy ty i ja, jest o wiele bogatszy dzięki wszystkim, którzy żyli przed nami i dodali swój wkład do bazy danych, którą nazywamy kulturą — dzięki Newtonowi i Marconiemu, Szekspirowi i Steinbeckowi, Bachowi i Beatlesom, Stephensonowi i braciom Wright, Jennerowi i Salkowi, Curie i Einsteinowi, von Neumannowi i Timowi Berners-Lee... I oczywiście dzięki Darwinowi.

Wszystkie cztery pamięci stanowią część — i zarazem przejaw — ogromnej super-struktury aparatu przetrwania, którego początki i podstawy stworzył darwinowski proces nielosowego przetrwania DNA.

"KILKA FORM LUB TYLKO JEDNĄ"

W czasach Darwina taka ostrożność była w pełni uzasadniona, dziś jednak mamy w zasadzie pewność, że wszystkie żywe stworzenia na tej planecie pochodzą od jednego wspólnego przodka. Najważniejszym dowodem — o czym pisałem w Rozdziale X — jest uniwersalność kodu genetycznego, który odnajdujemy u wszystkich zwierząt, roślin, grzybów, bakterii, archeowców i wirusów. Obejmujący 64 słowa słownik, który pozwala przekładać trzyliterowe słowa DNA na dwadzieścia aminokwasów i (cztery) „znaki przestankowe” (oznaczające „zakończ czytanie w tym miejscu” lub „rozpocznij czytanie w tym miejscu”) odnajdujemy dosłownie we wszystkich królestwach życia; można wskazać jeden lub dwa wyjątki, ale to o wiele za mało, by podważyć powyższe uogólnienie. Gdyby kiedyś odnaleziono jakieś dziwne mikroorganizmy („dziwokarionty”?) które, na przykład, w ogóle nie używają DNA albo białek, lub też używają białek, ale budują je z innych aminokwasów, bądź wreszcie wykorzystują DNA, lecz nie kod trójkowy (triplety), czy, to kolejna możliwość, mają inny „słownik” niż nasz, 64-elementowy — no więc gdy by owe nowo odkryte organizmy spełniały choć jeden z tych warunków, moglibyśmy przyjąć, że życie powstało dwukrotnie: raz w linii dziwokariontów, drugi raz w naszej, obejmującej całą resztę świata ożywionego. Darwin — podobnie jak wszyscy, nim odkryto DNA — mógł sądzić, że gdzieś kryją organizmy o tak zasadniczo różnych niż my właściwościach i dlatego zastrzeżenie „z kilku form lub tylko z jednej” było jak najbardziej rozsądne.

Zastanówmy się, czy jest możliwe, by życie mogło powstać dwa razy, niezależnie, i by w obu przypadkach wyłonił się ostatecznie ten sam, liczący 64 elementy kod. To praktycznie nieprawdopodobne. Żeby coś takiego mogło się zdarzyć, istniejący kod musiałby w jakimś aspekcie zdecydowanie przewyższać wszystkie alternatywne postaci kodu, a dodatkowo jeszcze musiałaby istnieć jakaś ścieżka prowadzących do niego stopniowych udoskonaleń, żeby mógł zadziałać dobór naturalny. To jednak sytuacja kompletnie nierealistyczna w obu wymiarach. Francis Crick zadał niegdyś pytanie, czy kod genetyczny nie jest „zamrożonym

przypadkiem", czymś, co gdy raz już się zdarzyło, bardzo trudno zmienić (bądź zmiana jest już niemożliwa). To interesująca koncepcja, zauważmy bowiem, że jakakolwiek mutacja w kodzie genetycznym (w przeciwieństwie do mutacji w kodowanych za jego pomocą genach) miałyby natychmiastowe, katastrofalne skutki i to nie lokalne, ale obejmujące cały organizm. Gdyby jakiegokolwiek słowo tego 64-elementowego słownika przyjęło inne znaczenie, czyli zaczęło oznaczać inny aminokwas, natychmiast zmieniłyby się niemal wszystkie białka tworzące dany organizm, i to też nie lokalnie, a wzdłuż całego łańcuchu tworzącego ich cząsteczkę. „Normalna” mutacja prowadzi do tego, że zwierzę ma nieco dłuższe nogi, krótsze skrzydła, ciemniejsze oczy, natomiast mutacja w samej postaci kodu genetycznego zmienia dosłownie wszystko i naraz, a to jest proszenie się o katastrofę. Różni teoretycy proponowali bardzo pomysłowe (przynajmniej niektóre takie były) hipotezy mające tłumaczyć, jak mogłyby ewoluować kod genetyczny, — cytując jedną z tych prac — Crickowskie zamrożenie mogłoby się „rozmróznić”. Nie przeczę, że to dość ciekawe koncepcje, ale przynajmniej jak dotąd wszystkie organizmy, których kod genetyczny był przedmiotem badań, bez wątplenia pochodzą od wspólnego przodka. Na wyższym poziomie „oprogramowanie” życia może być dowolnie złożone i różne, ale — jeśli już posługujemy się komputerową metaforą — wszystkie podstawowe instrukcje napisane są na pewno w tym samym języku.

Nie możemy wykluczyć, że natura mogła „wymyślić” inne języki maszynowe i wykorzystać je w jakichś wymarłych już dziś organizmach. Fizyk Paul Davies całkiem zasadnie skarżył się, że nie przykładamy się dziś zbyt mocno, by takie dziwoki (Davies oczywiście nie posłużył się tą nazwą) znaleźć, jeśli żyją nadal w najgłębszych zakamarkach naszej planety. Davies przyznaje zresztą, że odnalezienie takich organizmów jest mało prawdopodobne, ale twierdzi, że mimo wszystko znacznie łatwiej i taniej byłoby dokładnie przeszukać własną planetę, niż wyprawiać się na poszukiwania w przestrzeń kosmiczną. (Te argumenty przypominają trochę rozumowanie kogoś, kto zgubił klucze i szuka ich pod lampą, bo tam jaśniej, a nie w miejscu, gdzie najpewniej je zostawił. Niezależnie jednak od tego, gdzie profesor Davies chce szukać, sądzę, że nie znajdzie nic ciekawego. Wszystkie „formy żywe” na naszej planecie posługują się tym samym kodem maszynowym i pochodzą od tego samego przodka).

"PLANETA NASZA, PODLEGAJĄC ŚCISŁYM PRAWOM CIĄŻENIA"

Ludzie mieli świadomość, że ich życiem rządzą rozmaite cykle na długo nim pojęli ich naturę. Najoczywistszy jest cykl dobowy — to, że po dniu następuje noc. Obiekty poruszające się w przestrzeni i obiegające — pod wpływem siły grawitacji, inne ciała niebieskie zwykle obracają się też wokół własnej osi. To zupełnie naturalna tendencja, od której są pewne wyjątki, ale Ziemia akurat do nich nie należy: obraca się wokół własnej osi raz na dwadzieścia cztery godziny (niegdyś szybciej), a dla nas oznacza to właśnie następstwo nocy i dnia.

Żyjemy na obiekcie (planecie) o stosunkowo dużej masie, więc mamy

skłonność do myślenia o grawitacji przede wszystkim jako o sile przyciągającej wszystko ku jego środkowi, co dla naszych zmysłów oznacza „w dół”. Jednak siła grawitacji, co pierwszy dostrzegł Newton, przejawia się też w inny sposób, a mianowicie sprawia, że ciała niebieskie obiegają inne, większe obiekty obecne w przestrzeni kosmicznej, utrzymując się w tym ruchu na względnie stabilnych orbitach. Efektem tego obiegu jest dla nas następstwo pór roku, związane z ruchem Ziemi po orbicie okołosłonecznej*. Ponieważ oś rotacji Ziemi jest nachylona w stosunku do osi obiegu wokół Słońca, w tej połowie roku, kiedy biegun osi obrotu półkuli, na której mieszkamy, jest wychylony w stronę centralnej gwiazdy Układu Słonecznego, mamy dłuższe dni i krótsze noce. W tej właśnie porze roku przypada u nas lato. W drugiej połowie roku dni są krótsze, a noce dłuższe. Wtedy mamy zimą — promienie słoneczne docierają do północnej półkuli pod mniejszym kątem, a to oznacza, że tej samej wielkości wiązka promieni pada na większą powierzchnię, a mniej fotonów na centymetr kwadratowy to dla nas niższa temperatura, a dla roślin zielonych mniejsza możliwość fotosyntezy. Podobny skutek ma skrócenie dnia i wydłużenie nocy. Pory roku, pory dnia... naszym życiem rządzą zjawiska cykliczne. Wiedział o tym Darwin, ale to przecież żadne odkrycie, zdawali bowiem sobie z tego sprawę już autorzy Biblii: „Będą zatem istniały, jak długo trwać będzie ziemia: siew i żniwo, mróz i upał, lato i zima, dzień i noc”, jak czytamy w Księdze Rodzaju.

Siła grawitacji wpływa też na inne cykle o równie dużym, choć może mniej oczywistym dla życia organicznego znaczeniu. W odróżnieniu od innych planet, które okrąża duża liczba niewielkich satelitów, Ziemia ma tylko jednego — Księżyc. Nasz księżyc jest jednak na tyle duży, że grawitacyjne efekty jego istnienia obejmują całą planetę. Przede wszystkim skutkiem obecności Księżyca są przyprływy oraz odpływy i to zarówno w cyklu dobowym, jak i w znacznie wolniejszym cyklu miesięcznym, obejmującym pływy kwadraturowe i pływy syzygijne, będące efektem złożonych oddziaływań grawitacyjnych Słońca i Księżyca oraz aktualnego położenia Ziemi. Te cykle „księżycowe” mają szczególnie duże znaczenie dla organizmów morskich oraz zamieszkujących okolice przybrzeżne, ale zetknąłem się też z teoriami (niezbyt, co prawda, wiarogodnymi), że ludzki cykl miesięczkowy jest przejawem „gatunkowej pamięci” i dziedzictwem po dawnych wodnych przodkach. To hipoteza mocno naciągana, ale bez wątplenia pytanie, jak wyglądałoby życie na Ziemi, gdyby nie było Księżyca, jest intrygujące, choć odpowiedź (a taką też zdarzyło mi się słyszeć), że bez niego życie w ogóle by nie powstało, jakoś do mnie nie przemawia.

A co by się działo, gdyby nasza planeta nie obracała się wokół osi (a raczej

* Czasem trudno oprzeć się, by nie dotykać bolącego zęba albo nie rozdrapywać swędzącego miejsca. Ja na podobnej zasadzie wciąż wracam do pewnych badań (szerzej omawiam je w Dodatku), z których wynika, że 19 procent Brytyjczyków nie wie, co to jest rok ponieważ uważa, że Ziemia okrąża Słońce w miesiąc. Co gorsza, większość z pozostałych czterech piątych (tych, którzy przynajmniej wiedzą, skąd wziął się rok kalendarzowy, nie rozumie, jakie są przyczyny zmian pór roku i, najwyraźniej powodowana północno-południowym szowinizmem, sądzi, że w lecie dlatego jest cieplej, że w lipcu nasza planeta znajduje się bliżej Słońca, a w grudniu oddala się od niego.

obracała się w tym samym czasie, w jakim obiega Słońce)? Wtedy jedna strona Ziemi nieustannie zwrócona byłaby ku Słońcu (tak jak Księżyc stale zwrócony jest ku Ziemi tą samą stroną) i tam panowałoby ogniste piekło i ciągły dzień, po drugiej stronie mielibyśmy za to wieczny mróz i wieczną noc. Czy życie mogłoby w takich warunkach istnieć? Być może na samej granicy obu stref, albo zagrzebane głęboko pod ziemią? Wątpię, czy w tak niesprzyjających warunkach w ogóle by powstało, ale być może, gdyby Ziemia stopniowo zwalniała ruch obrotowy i byłoby dość czasu na dostosowanie się, jakimś organizmom, ale zapewne nie bardziej złożonym niż bakterie, taka sztuka mogłaby się udać. A gdyby Ziemia obracała się, ale oś obrotu nie byłaby nachylona do płaszczyzny ekliptyki? W takich warunkach życie zapewne mogłoby trwać. Nie byłoby, co prawda, zmieniających się pór roku. To, czy jest lato, czy zima, zależałoby nie od czasu, a od szerokości geograficznej i wysokości nad poziomem morza, wszystkie stworzenia żyjące w pobliżu biegunów lub wysoko w górach skazane byłyby na niekończącą się mroźną zimę. Życie mogłoby powstać i trwać, ale, jak sądzę, byłoby mniej interesujące. Nie byłoby powodów do sezonowych migracji, do rozmnażania się w określonej porze roku, do gromadzenia zapasów, linienia, hibernacji...

Natomiast nie ulega najmniejszej wątpliwości, że życie w ogóle nie może istnieć na jakimkolwiek ciele niebieskim, które nie obiega nieodległej gwiazdy. Jeśli planeta nie znajduje się na wokółsłonecznej orbicie, może tylko nieustannie poruszać się — w ciemności, w temperaturze bliskiej absolutnego zera i z dala od jakiegokolwiek źródła energii, które umożliwia życiu — jedynie lokalnie, i w przestrzeni, i w czasie. Nie ma tu szans nawet na chwilową wycieczkę pod wpływem wszechwładnych praw termodynamiki. W tym sensie Darwinowskie odwołanie do prawa ciężenia to znacznie więcej niż, poetycka metafora, to raczej podkreślenie nieuchronności i wagi mijającego czasu.

Orbitowanie wokół gwiazdy to dla planety (i dowolnego innego ciała niebieskiego) jedyny sposób na zapewnienie sobie relatywnie stałej odległości od źródła energii, a zatem regularnych dostaw tejże. W otoczeniu każdej gwiazdy — nasze Słońce jest dość typowe pod tym względem — istnieje pewna skończona strefa wypełniona światłem i ciepłem, w której możliwa jest ewolucja życia. Ze wzrostem odległości od najbliższej gwiazdy ta nadająca się do zamieszkania strefa gwałtownie się kończy. Tu działa prawo odwrotności kwadratów — ilość światła (i ciepła) nie spada proporcjonalnie do odległości od gwiazdy (słońca), ale do kwadratu tej odległości. Łatwo pokazać, dlaczego tak musi być. Wyobraźmy sobie ciąg koncentrycznych sfer o rosnących promieniach, w których środku znajduje się gwiazda. Energia wypromieniowywana przez gwiazdę pada na wewnętrzną stronę każdej sfery, przyjmijmy że w równej dawce na każdy centymetr kwadratowy. Powierzchnia sfery jest proporcjonalna do kwadratu promienia*. Zatem jeżeli sfera A jest dwa razy bardziej odległa od gwiazdy centralnej niż sfera B, to na każdy centymetr kwadratowy jej powierzchni przypada cztery razy mniej fotonów.

* Wie o tym każdy uczeń (a każda uczennica potrafi to wykazać w ramach geometrii euklidesowej).

To dlatego Wenus i Merkury, dwie wewnętrzne planety naszego Układu Słonecznego, są (przynajmniej w ziemskich kategoriach) niewyobrażalnie gorące, podczas gdy planety zewnętrzne, Neptun i Uran, są ciemne i zimne, choć oczywiście nie aż tak ciemne i zimne jak otaczająca je przestrzeń kosmiczna.

Zgodnie z II prawem termodynamiki energia nie może być ani „stworzona” ani „zniszczona”, a z czasem coraz mniej możliwe staje się zaprzęgnięcie jej do pożytecznej pracy. W układzie zamkniętym musi się tak dziać i dlatego mówimy, nieco upraszczając, że zgodnie z II prawem termodynamiki entropia zawsze rośnie. Ową „pożyteczną pracą”, o której wspomniałem, może być przepompowywanie wody do górnego zbiornika, albo też (to chemiczny ekwiwalent) pobieranie węgla z atmosferycznego dwutlenku węgla i wykorzystywanie go do budowy tkanek roślinnych. Jak już wyjaśniłem w Rozdziale XII, realizacja obu tych celów jest możliwa wyłącznie, jeśli układ jest zasilany energią z zewnątrz — to może być energia elektryczna napędzająca pompę albo energia słoneczna umożliwiająca syntezę cukru i skrobi w roślinach zielonych. Kiedy woda zostanie już przepompowana do górnego zbiornika, zacznie spływać w dół, a część energii tego spływu można wykorzystać do napędzania koła wodnego i, jeśli podłączymy do niego dynamo, możemy uzyskać trochę prądu i uruchomić silnik pompy napełniającej górny zbiornik. Ale, powtarzam, tak można odzyskać tylko część zużytej energii; część jest nieuchronnie tracona, choć oczywiście energii nie sposób „zniszczyć”. W każdym razie perpetuum mobile — maszyna pracująca i niepobierająca znikąd energii — nie istnieje i istnieć nie może.

W chemii życia węgiel uzyskiwany z atmosfery w napędzanych energią słoneczną „oddolnych” reakcjach chemicznych zachodzących w roślinach może zostać spalony, co pozwala uwolnić część energii. Można oczywiście dosłownie spalić węgiel kopalny, który przecież jest w pewnym sensie energią słoneczną zmagazynowaną przez panele słoneczne, czyli rośliny, których życie skończyło się jeszcze w karbonie (albo innej pradawnej epoce). Energię tę można uwolnić też w procesach kontrolowanych lepiej niż wewnętrzne spalanie w silniku. Na przykład można ją uwolnić wewnątrz żywych komórek — komórek roślin lub odżywiających się nimi zwierząt, albo zwierząt zjadających te zwierzęta. Proces spalania takich węglowych związków (zsyntetyzowanych dzięki energii słonecznej) jest stosunkowo powolny, nie palą się płomieniem, jak węgiel w piecu, lecz uwalniają energię stopniowo, dzięki czemu można ją wykorzystać w licznych „odgórnich” reakcjach chemicznych. Oczywiście i w tym wypadku traci się część energii pod postacią ciepła — gdyby tak nie było, dałoby się skonstruować perpetuum mobile, a (nigdy dość powtarzania) jest niemożliwe.

Praktycznie cała energia obecna we Wszechświecie z czasem ulega „degradacji”, przyjmując postać nienadającą się do wykorzystania. Następuje nieustanne wyrównywanie i mieszanie i ostatecznie cały Wszechświat osiągnie jednorodny — i raczej nieciekawym — stan „śmierci cieplnej”. Wszechświat jako całość nieuchronnie zmierza w tę stronę, ale nim tak się stanie, prawa fizyki

dopuszczają, by lokalnie niewielkie ilości energii wykorzystywane były przez niewielkie układy do napędzania procesów zmierzających w stronę przeciwną: malejącej entropii i rosnącego uporządkowania. Morza parują woda (pod postacią pary) unosi się w powietrze, powstają chmury, woda (pod postacią deszczu) spada na ziemię, zasila strumienie i rzeki i może się zdarzyć, że nad którąś z rzek ludzie postawią elektrownię. Ale energia, która sprawia, że woda płynie (czyli że elektrownia może działać), pochodzi ze Słońca. Tu nie ma mowy o jakimkolwiek pogwałceniu II prawa termodynamiki, ponieważ Słońce bezustannie jej dostarcza. Energia słoneczna w podobny sposób działa w liściach, napędzając lokalne reakcje chemiczne („oddolne”), których produktem są cukry, skrobia, celuloza i tkanka roślinna. Potem roślina umiera albo zostaje zjedzona przez zwierzę. Od tej chwili „zamknięta” w niej energia może się wyzwolić w trakcie kolejnych, kaskadowo rozwijających się procesów, a kulminacją jest rozkład — przez bakterie lub grzyby — tkanki roślinnej lub ciał kolejnych zwierząt w złożonym łańcuchu pokarmowym. Część tej energii może zostać przejściowo zmagazynowana pod ziemią, najpierw pod postacią torfu, a następnie węgla. To wszystko jednak w najmniejszym stopniu nie wpływa na efekt finalny — śmierć cieplna jest nieuchronna. W każdym ogniwie łańcucha pokarmowego i w każdej, dowolnie złożonej kaskadzie procesów wewnątrz samej komórki część energii bezpowrotnie staje się bezużyteczna. Perpetuum mobile nie może istnieć. No dobrze, powtórzyłem już to chyba wystarczająco dużo razy, ale przynajmniej tym razem nie przeproszę (choć zdarzyło mi się to w co najmniej jednej z moich wcześniejszych książek) za cudowny cytat z sir Arthura Eddingtona, który wypowiedział się kiedyś dokładnie na ten temat:

Jeśli ktoś wykaże ci kiedyś, że twoja ulubiona teoria wszechświata przeczy równaniom Maxwella, tym gorzej dla równań Maxwella. Jeśli ktoś powie, że dysponuje sprzecznymi z nią obserwacjami — zdarza się, ci doświadczalnicy też potrafią niezłe poknocić. Ale jeżeli się okaże, że twoja teoria stanowi naruszenie II prawa termodynamiki, nie ma dla niej żadnej nadziei. Trzeba ją pogrzebać i to jak najszybciej i jak najgłębiej. Wszystkie systemy — niezależnie, czy mówimy o życiu, czy o obiegu wody w przyrodzie — zależne są od nieustannego dopływu energii ze Słońca. Nie gwałcąc i nie naruszając żadnych praw chemii i fizyki, a zwłaszcza już II prawa termodynamiki, Słońce daje życiu napęd. W rezultacie przed naszymi oczyma odbywa się tak wspaniały festiwal złożoności, różnorodności, piękna i przedziwnych iluzji statystycznego nieprawdopodobieństwa, że najtęższe umysły ludzkości przez stulecia dawały się kusić idei świadomego projektu (i projektanta). Tak przynajmniej działało się, dopóki na scenę nie wkroczył Karol Darwin. To dzięki niemu dowiedzieliśmy się, że dobór naturalny działa jak generator nieprawdopodobieństwa — jego dziełem są zjawiska statystycznie nieprawdopodobne. Dobór systematycznie wychwytuje mniejszość z losowych zmian — te, które sprzyjają przetrwaniu — i akumuluje je, kroczy po kroczy. Ponieważ ma na to niewyobrażalnie dużo czasu, takie kolekcjonowanie zmian może trwać wystarczająco długo, by ewolucja zdobywała kolejne szczyty nieprawdopodobieństwa i różnorodności. Wspinaczka wydaje się nie mieć kresu, bo wciąż za horyzontem widać kolejne łańcuchy gór.

O tym mówiła jedna z moich poprzednich książek: "Wspinaczka na szczyt nieprawdopodobieństwa". Generator nieprawdopodobieństwa doboru naturalnego jako napęd złożoności życia i ciągłej wspinaczki na Szczyt Nieprawdopodobieństwa to w pewnym sensie odpowiednik energii słonecznej, dzięki której woda mórz i oceanów wznosi się z powrotem na wysokość górskich szczytów*. Życie tworzy coraz większą złożoność, ponieważ za sprawą doboru naturalnego lokalny trend w stronę zdarzeń o większym prawdopodobieństwie może ulec odwróceniu. Ale wszystko to możliwe jest jedynie dzięki temu, że wciąż dociera do nas energia słoneczna.

„Z TAK PROSTEGO POCZĄTKU”

Wiemy już bardzo dużo — o wiele więcej niż Darwin — o tym jak ewolucja działa, kiedy już zacznie działać. Gdy jednak pytamy o jej początki, okazuje się, że nasza wiedza prawie nie posunęła się do przodu. Ta książka mówi o świadectwach ewolucji i dlatego od razu muszę przyznać, że nie dysponujemy żadnymi świadectwami zdarzenia, które zapoczątkowało ewolucję na naszej planecie. Mogło to być zdarzenie wyjątkowo rzadkie. Zresztą musiało zdarzyć się tylko raz, by ruszył cały proces ewolucyjny, a z wszystkiego, co wiemy do tej pory, wynika, iż istotnie było to zdarzenie jednostkowe. Możliwe, przynajmniej niektórzy tak sądzą, że jednostkowe nie tylko w skali Ziemi, ale i w całym Wszechświecie, choć ja raczej w taką unikatowość bym powątpiewał. Jedno, co możemy ze sporą pewnością powiedzieć — kierując się raczej logiką, niż dowodami — to że Darwin miał rację, mówiąc o „prostych początkach”. Przeciwnością prostego jest nieprawdopodobne. Rzeczy statystycznie nieprawdopodobne nie mogą powstawać spontanicznie — to wynika z samej definicji statystycznego nieprawdopodobieństwa. Początki zatem musiały być „proste”, a dobór naturalny jest wciąż jedynym znanym nam naturalnym procesem, w którym z prostych początków mogą wyłonić się złożone następstwa.

W "O powstawaniu gatunków" Darwin nie rozważał kwestii początków ewolucji. Uważał, że ten problem wykracza poza możliwości nauki jego czasów. W liście do Hookera (tym samym, który cytowałem już wcześniej) Darwin wyjaśnił, że „byłoby czystą głupotą zastanawiać się dzisiaj nad pochodzeniem życia. Równie dobrze mógłbym pytać o pochodzenie materii”. Jak widać, Darwin nie wykluczył, że kiedyś problem ten zostanie rozwiązany (odpowiedź na pytanie o powstanie materii w zasadzie już znamy), ale uznał, że to kwestia odległej przyszłości: „Musi upłynąć dużo czasu, nim zobaczymy ów "szlam" czy "protoplazmę" tworzące nowe zwierzę”.

Francis Darwin, syn i redaktor tomu zawierającego korespondencję ojca, dodał w tym momencie przypis, w którym czytamy:

* Nie przypadkiem Claude Shannon, twórca teorii informacji, pracując nad opracowaniem statystycznego nieprawdopodobieństwa, doszedł ostatecznie do takich samych równań matematycznych, jakie stulecie wcześniej zaproponował Ludwig Boltzman do pomiaru entropii.

W roku 1871 mój ojciec ponownie wypowiedział się na ten temat: „Często się mówi, że teraz też występują wszystkie te warunki, które występowały, gdy pierwszy raz pojawiło się życie. Ale jeżeli (cóż to za wielkie "jeżeli"!) moglibyśmy znów zacząć w jakimś małym, ciepłym stawie, gdzie byłby i amoniak, i wszystkie sole fosforowe a także światło, ciepło oraz elektryczność, i powstałby tam jakiś białkowy związek, który nawet i mógłby zacząć ulegać dalszym, bardziej złożonym przemianom, to dziś takie coś zostałyby natychmiast pożarte i wchłonięte. Co nie zdarzyłoby się, zanim uformowały się żyjące stworzenia".

Ten cytat ma dwojaki sens. Po pierwsze Darwin wykorzystał sposobność, by przedstawić własną, czysto spekulatywną wizję powstania życia — to tu właśnie pojawił się ów słynny „mały, ciepły staw". Po drugie zaś autor "O powstawaniu gatunków" najwyraźniej chciał w tym momencie pozbawić współczesną mu naukę nadziei, że kiedykolwiek uda się moment powstania życia odtworzyć i obejrzeć na własne oczy. To wnioskowanie Darwina było jednoznaczne — nawet gdyby „warunki, które istniały, gdy po raz pierwszy pojawiło się życie" trwały nadal, produkt (a raczej półprodukt) dziś natychmiast zostałby „pożarty" (zapewne przez bakterie, jak dziś byśmy to rozumowanie uzupełnili), co nie mogłoby się zdarzyć, nim „uformowały się żyjące stworzenia".

Karol Darwin pisał te słowa siedem lat po tym, gdy podczas wykładu na Sorbonie Louis Pasteur stwierdził: „doktryna samoródtwa, (abiogenezy, spontanicznego powstawaniu życia), nigdy już nie podniesie się po śmiertelnym ciosie, jaki zadał jej ten prosty eksperyment". „Prosty eksperyment", na który Pasteur się powołał, to ten, w którym udało mu się wykazać — wbrew powszechnie w jego czasach podzielanej opinii — że jeśli kolba z pożywką będzie szczelnie zamknięta, a wcześniej zostanie wyjałowiona i mikroorganizmy nie będą miały do niej dostępu, to nie nastąpi w niej wzrost i rozwój nowych mikroorganizmów.

Kreacjoniści czasem powołują się na eksperyment Pasteura (i podobne), uznając, iż rzekomo potwierdzają one ich stanowisko. Fałszywy sylogizm, jakim się w tym momencie posługują, streścić można następująco: „Jak dotąd samoródtwa nie udało się nigdzie zaobserwować. Ergo - powstanie życia jest niemożliwe". Komentarz Darwina z listu z roku 1871 skierowany był właśnie przeciw tego typu brakowi logiki. Abiogeneza to bez wątpienia zdarzenie wyjątkowo rzadkie, ale coś takiego musiało zdarzyć się przynajmniej raz i z takim twierdzeniem powinien zgodzić się każdy, niezależnie od tego, czy uznaje je za fenomen naturalny czy nadnaturalny. Do wyjątkowości powstania życia — co skądinąd jest bardzo interesującym zagadnieniem —jeszcze wrócimy.

Pierwsze poważne, naukowe próby wyjaśnienia początków życia to (niezależne) prace dwóch uczonych — Rosjanina Oparina i Anglika Haldane'a. Obaj rozpoczęli od tego, że odrzucili koncepcję, jakoby obecnie istniały warunki sprzyjające powstaniu życia. I Oparin, i Haldane założyli, że atmosfera ziemską miała niegdyś (kiedy „to" się zdarzyło) zupełnie inny skład. Przede wszystkim nie

było w niej wolnego tlenu, czyli — jak tajemniczo nazywają to chemicy — była to „atmosfera redukująca”. Dziś wiemy, że tlen atmosferyczny istotnie jest produktem życia organicznego, przede wszystkim roślin, a zatem istotnie nie mógł występować w atmosferze, nim powstało życie (i rośliny). Początkowo tlen uwalniany do atmosfery był zanieczyszczeniem, a nawet trucizną dla większości żyjących wówczas organizmów, i tak działo się, zanim skutek działania doboru naturalnego nie powstały organizmy, które potrafiły go wykorzystywać (a wręcz ginęły bez niego). Koncepcja atmosfery redukującej zainspirowała jedną z najsłynniejszych empirycznych prób zmierzenia się z zagadką narodzin życia, a mianowicie głośny eksperyment Stanleya Millera, który w ciągu zaledwie tygodnia w probówce wypełnionej prostymi składnikami zdołał doprowadzić do powstania aminokwasów i innych chemicznych zwiastunów życia.

Koncepcja „małego, ciepłego stawu” Darwina i wyrosłe z tej samej inspiracji doświadczenie Millera nie są już dziś zbyt często przywoływane, pojawiło się natomiast trochę ciekawych alternatyw, ale nadal nauka nie dopracowała się w tej sferze konsensu — jest kilka obiecujących pomysłów, lecz brak decydujących świadectw empirycznych. W swoich poprzednich książkach omawiałem parę takich idei, w tym teorię monokryształów ilastych Grahama Cairns-Smitha i nieco późniejszą koncepcję, zgodnie z którą warunki, w których powstało pierwsze życie, były zbliżone do tych, w jakich dziś żyją termofilne bakterie i archeowce — to habitat iście piekielny i niektóre z tych organizmów doskonale funkcjonują i rozmnażają się w, dosłownie, wrzących źródłach. Obecnie jednak większość biologów skłania się raczej ku modelowi „świata RNA” i za tą hipotezą przemawiają rzeczywiście ważne argumenty.

Nie mamy więc na razie empirycznych danych, jak rzeczywiście wyglądał pierwszy etap życia na naszej planecie, wiemy jednak, co musiało się wówczas wydarzyć. Przede wszystkim musiało zajść coś, co uruchomiło proces doboru naturalnego, ponieważ nim to nastąpiło, nie mogły zachodzić pewne zmiany (udoskonalenia), jakie jedynie dobór umożliwia. Pierwszym krokiem ku życiu, jakie znamy, było więc powstanie — w procesie, którego nadal nie znamy — bytu zdolnego do samoreplikacji. Skutkiem uruchomienia mechanizmu samoreplikacji było pojawienie się populacji samoreplikujących się, konkurujących ze sobą bytów. Samoreplikacja zachodzi z konieczności poprzez kopiowanie, a żaden proces kopiowania nie jest idealny, tak więc w takiej populacji musiały pojawić się różne warianty tworzących ją jednostek, a kiedy mamy już zróżnicowaną populację replikatorów, warianty odnoszące replikacyjny sukces zaczynają w niej dominować. Na tym właśnie polega dobór naturalny, a proces ten nie mógł zostać uruchomiony, zanim pojawiły się organizmy zdolne do samopowieliania.

Darwin w cytowanym wyżej liście wyraził przypuszczenie, że kluczowe znaczenie mogło mieć spontaniczne wytworzenie się białek. Spośród bardzo licznych pomysłów twórcy teorii ewolucji, ten akurat nie jest najlepszy. Oczywiście nie sposób zaprzeczyć, że dla fenomenu życia białka są czynnikiem podstawowym. Jak

pamiętamy z Rozdziału VIII, mają one tę szczególną właściwość, że potrafią związać się w trójwymiarowe struktury, których kształt determinują (jednowymiarowe) sekwencje budujących je aminokwasów. Ten szczególny kształt sprawia, że białka mają — i to bardzo precyzyjnie dostrojoną — zdolność do katalizowania reakcji chemicznych, dzięki czemu tempo i wydajność reakcji w niektórych przypadkach rośnie nawet bilionkrotnie. To dzięki owej specyficzności, czyli wybiórczości (białkowych) enzymów biologiczna chemia jest w ogóle możliwa, a jak wiemy, zakres kształtów, jakie łańcuchy białkowe mogą przyjmować, jest praktycznie nieskończony. Tak więc białka są ważne, więcej, są absolutnie niezbędne, i pod tym względem Darwin oczywiście nie mylił się, wymieniając je w kontekście powstania życia. Białka rozpatrywane z perspektywy genezy życia mają też jednak pewną zasadniczą wadę i tę twórca teorii ewolucji niestety przeoczył. Otóż w ogóle nie radzą one sobie z replikacją — nie potrafią zrobić kopii samych siebie. Spontaniczne powstanie białek nie mogło być zatem pierwszym etapem powstawania życia. Ale jeśli nie białka, to co?

Najwydajniejszą molekułą ze zdolnością do replikacji, jaką znamy, jest DNA. We wszystkich wysoko rozwiniętych formach życia DNA i białka doskonale się uzupełniają. Białka są świetnymi katalizatorami, ale kiepskimi replikatorami. DNA odwrotnie, jako że molekuly tego kwasu nie potrafią budować trójwymiarowych struktur (co, jak pamiętamy, umożliwia pełnienie funkcji enzymu); nie związają się, ale tworzą otwarte, liniowe struktury, co sprawia, że świetnie sprawdzają się zarówno w roli replikatorów, jak i „zapisu” sekwencji aminokwasów. Cząsteczki białka z kolei, właśnie ze względu na skłonność do tworzenia trójwymiarowych, zamkniętych struktur, skrywają zawartą w swym wnętrzu informację, a w każdym razie takie kształty uniemożliwiają jej odczytanie i skopiowanie. Informacja zapisana w długich łańcuchach DNA jest natomiast dostępna i może służyć jako wzorzec-matryca.

Patrząc z boku, można by uznać, że w grze o powstanie życia mamy do czynienia z klasycznym paragrafem 22. DNA potrafi się replikować, ale niezbędne są enzymy katalizujące ten proces. Białka mogą katalizować tworzenie DNA, ale potrzebny jest do tego DNA, w którym zapisana jest właściwa kolejność aminokwasów. Jak cząsteczki na młodej Ziemi mogły wydostać się z tej pułapki i sprawić, że dobór naturalny rozpoczął działanie? Trzeba było wprowadzić do gry trzeciego aktora: RNA.

RNA należy do tej samej rodziny molekuł o budowie łańcuchowej co DNA, jest polinukleotydem, i dla tego potrafi przenosić informacje podobnie jak DNA, zresztą również za pomocą czteroliterowego alfabetu. I taką właśnie funkcję pełni RNA w organizmach — przekazuje informacje z DNA do miejsca, gdzie może być ona wykorzystana. DNA jest w tym procesie matrycą, na podstawie której RNA koduje właściwą sekwencję, a ta jest później odtwarzana właśnie na bazie RNA, a nie na podstawie oryginalnego DNA. Niektóre wirusy w ogóle nie mają DNA, a informacja genetyczna między kolejnymi generacjami przenoszona jest wyłącznie przez RNA.

Co z tego wynika dla badań nad narodzinami życia? Otóż teoretycznie „świat RNA” jest możliwy, te cząsteczki bowiem występują nie tylko w postaci długich łańcuchów, co umożliwia zapisywanie i przekazywanie sekwencji informacji, ale potrafią również związać się w trójwymiarowe struktury (w Rozdziale VIII pisałem o „samokonstruowaniu” i omawiałem tę właściwość na przykładzie namagnesowanego naszyjnika), co nadaje im właściwości katalizujące. Tak więc istnieją enzymy RNA, nie tak wydajne, jak białkowe, ale jednak działające. Model świata RNA opiera się właśnie na założeniu, że ta cząsteczka mogła wystarczająco skutecznie funkcjonować jako enzym, zanim jeszcze wyewoluowały białka i przejęły tę funkcję, a zanim wyewoluował DNA, była też wystarczająco sprawnym replikatorem.

Dla mnie przynajmniej wizja świata RNA jest bardzo prawdopodobna i sądzę, że w ciągu najbliższych dekad chemikom uda się przeprowadzić w laboratoriach pełną rekonstrukcję zdarzeń, które przed miliardami lat zapoczątkowały ziemską eksplozję życia. Podejmuje się już pewne kroki w tym kierunku i przyszłość zapowiada się bardzo interesująco.

Nim przejdziemy do kolejnego tematu, chciałbym jednak powtórzyć zastrzeżenie, które formułowałem już w swoich wcześniejszych książkach. Otóż bardzo przekonująca teoria pochodzenia życia naprawdę nie jest nam potrzebna, a co więcej, jeśli taka teoria się pojawi i będzie zbyt elegancka, będzie to wręcz podejrzane. Pewnie powinienem to wyjaśnić. Ten pozorny paradoks („za dobra teoria”) wiąże się wprost ze słynnym pytaniem, jakie przed laty zadał wielki fizyk Enrico Fermi: „Gdzie oni są?”. Samo pytanie brzmi może dość enigmatycznie, ale koledzy Fermiego, elita światowych fizyków zgromadzona w Los Alamos, dokładnie wiedzieli, o co chodzi — dlaczego do tej pory nie odwiedzili nas przybysze z innych planet? Jeśli już nie osobiście, to przynajmniej — co jest o wiele łatwiejsze, czyli bardziej prawdopodobne — za pośrednictwem sygnałów radiowych.

Dzisiaj liczbę planet w naszej Galaktyce możemy bezpiecznie szacować na ponad miliard, podobnie liczbę galaktyk we Wszechświecie. Jeśli przyjmiemy, że Ziemia jest jedyną zamieszkaną planetą w tej Galaktyce (co nie jest wykluczone i po części tłumaczyłoby brak odwiedzin) to musimy mieć świadomość, że powstanie życia jest zdarzeniem o prawdopodobieństwie rzędu jeden na miliard, a przynajmniej niewiele wyższym. Zatem teoria wyjaśniająca ten fenomen po prostu nie może odwoływać się do prostych (czyli statystycznie częstych) zdarzeń, gdyby bowiem taka „prosta” (prawdopodobna) hipoteza okazała się prawdziwa, musielibyśmy przyjąć, że życie jest zjawiskiem dość powszechnym. Może jest (i wtedy wiarogodny model byłby tym, czego szukamy), ale na razie nie mamy żadnych dowodów ani nawet przesłanek pozwalających mówić o innym życiu w naszej Galaktyce, więc model „nieprawdopodobny” co najmniej nie powinien nas dziwić. Jeśli potraktujemy pytanie Fermiego poważnie, a brak „gości” uznamy za dowód, że życie we Wszechświecie jest zjawiskiem krańcowo rzadkim, powinniśmy pogodzić się z tym, że stworzenie prawdopodobnie brzmiącej teorii początków życia jest po prostu niemożliwe; taka teoria nie istnieje. Sporo pisałem na ten temat w "Ślepym

zegarmistrzu", więc może nie będę już nad tym rozwodził, dodam jedynie, co sam myślę na ten temat. Otóż moim zdaniem (z góry wyjaśniam, żeby zbytnio się nim nie sugerować, bo w tej sferze wciąż jest zbyt wiele niewiadomych) życie istotnie jest fenomenem rzadkim, ale przy tak dużej liczbie planet (wciąż słyszymy o odkryciu kolejnych) zapewne nie jesteśmy sami, a może nawet wysp życia we Wszechświecie są miliony. Problem w tym, że są one tak bardzo od siebie odległe, że szansa na jakikolwiek kontakt, nawet radiowy, jest w zasadzie żadna. Z praktycznego punktu widzenia jest więc tak, jakbyśmy byli sami.

"NIESKOŃCZONY SZEREG FORM NAJPIĘKNIEJSZYCH I NAJBARDZIEJ GODNYCH PODZIWU"

Nie jestem pewien, co chciał powiedzieć Darwin, pisząc o „nieskończonym szeregu”. Może był to tylko ozdobnik, wprowadzony, by wzmocnić jeszcze dodatkowo wymowę „najpiękniejszych”. Zapewne po części tak. Ja jednak chciałbym wierzyć, że twórca teorii ewolucji posłużył się tym słowem z inną intencją i nie ze względów li tylko stylistycznych. Gdy przeglądamy księgę życia, przed naszymi oczyma przemyka niekończący się szereg wciąż nowych obrazów. Jednostki umierają, rodzaje, rodziny, rządy, a nawet całe grupy i klasy organizmów mogą wyginać, ale sama ewolucja trwa i nieustannie jakby rozkwitała na nowo, wciąż młoda i świeża, mimo upływu kolejnych epok.

Pozwolę sobie w tym momencie wrócić na chwilę do komputerowego modelu doboru sztucznego, którym posłużyłem się w Rozdziale II. Mam nadzieję, że wszyscy pamiętają nasze „safari” wśród komputerowych biomorfów, artromorfów i konchomorfów (które pomagały nam zrozumieć, jak mogła wyewoluować taka wielość różnych muszli u mięczaków). Rozdział II poświęcony był doborowi sztuczному i właśnie jego zasady działania i siłę ilustrować miały moje komputerowe stworzonka. Teraz jednak chciałbym je wykorzystać w zupełnie innym celu.

Do dziś pamiętam, że ilekroć siadałem przed monitorem i zaczynałem hodować moje biomorfy (wielobarwne czy czarne, bez różnicy) i artromorfy, nigdy się nie nudziłem. Przeciwnie, miałem poczucie, jakbym wciąż miał przed sobą coś nowego i zadziwiającego. Program nigdy nie robił wrażenia „zmęczonego”, ale gracz też. Zupełnie inaczej było z programem D'Arcy'ego (pokrótce opisanym w Rozdziale X), w którym „geny” stają się matematycznymi współrzędnymi, a cała zabawa polega na rozciąganiu i kurczeniu wirtualnego arkusza, na którym widnieje narysowane zwierzę. Grając w dobór sztuczny programem „D'Arcy”, gracz ma wrażenie, jakby w miarę upływu czasu, im bardziej oddalamy się od pierwotnego wzorca, cała zabawa zaczynała mieć coraz mniej sensu. Są tylko coraz bardziej absurdalne i coraz mniej wdzięczne kształty, ale nic więcej. Dlaczego tak się dzieje? Częściowo już wyjaśniłem — „hodując” biomorfy, konchomorfy i artromorfy, pracujemy z programem, który jest komputerowym odpowiednikiem rozwoju płodowego, bawimy się trzema biologicznie całkiem prawdopodobnymi procesami.

Program D'Arcy'ego tymczasem nie ma z embriologią nic wspólnego. Jak wyjaśniałem w Rozdziale X, jest on tylko narzędziem pozwalającym za pomocą specjalnej kategorii przekształceń i zniekształceń dokonać transformacji jednej dorosłej postaci zwierzęcia w inną. To właśnie oderwanie od realnej biologii, od realnego rozwoju, sprawia, że w całej grze brak owego wrażenia „radosnej płodności”, jakie daje zabawa z biomorfami, artromorfami i konchomorfami. Czasem wydaje mi się, że tę samą „radosną (i pełną inwencji) płodność” odnajdujemy też w prawdziwym, biologicznym życiu i w realnej embriologii i to właśnie jest mechanizm w pewnym przynajmniej stopniu wyjaśniający istnienie „nieskończonego szeregu form najpiękniejszych i najdziwniejszych”. Ale dlaczego pozostać tylko przy wyjaśnieniach „w pewnym przynajmniej stopniu” coś tłumaczących?

W roku 1989 napisałem artykuł *The Evolution of Evolvability* (Ewolucja ewoluowalności), a w nim postawiłem hipotezę, że być może nie tylko zwierzęta w miarę kolejnych generacji coraz lepiej radzą sobie z przetrwaniem, ale i linie rodowe (lineage) coraz sprawniej ewoluują. Co znaczy „coraz sprawniej ewoluować”? I jakie grupy zwierząt coraz lepiej sobie z tym radzą? Na lądzie owadom, a w morzach skorupiakom trzeba przyznać tytuły mistrzowskie w dzieleniu się na tysiące różnych gatunków, zasiedlaniu wszystkich dostępnych niszy i nieustannej (w ewolucyjnym tempie) zmianie obyczajów. Również ryby wykazują bardzo duży ewolucyjny talent i zmienność, podobnie jak żaby, a także i znacznie nam bliższe ssaki i ptaki. W artykule tym sugerowałem też, że ewoluowalność to właściwość embriologii. W wyniku mutacji genów zmieniają się elementy organizmu zwierzęcia, ale podstawą tego procesu są zmiany zachodzące w rozwoju zarodkowym. Jak się okazuje, w tej fazie u niektórych zwierząt łatwiej o genetyczną zmienność, czyli łatwiej o „surowiec” do pracy dla doboru naturalnego. Te zwierzęta właśnie mogą mieć „wyższą ewoluowalność”, choć słowo „mogą” zapewne jest w tym miejscu zbyt słabe. Czyż nie jest wprost oczywiste, że niektóre „embriologie” (w rozumieniu rozwoju zarodkowego) muszą być lepsze „w ewoluowaniu”? Osobiście uważam, że tak. W tym sensie możemy też mówić o doborze naturalnym działającym na wyższym poziomie, faworyzującym „ewoluowalność” nie na poziomie jednostek czy genów, ale w odniesieniu do całych linii dziedziczenia. Mielibyśmy więc „ewoluujące embriologie”, czyli wzrost podatności na ewolucyjne zmiany (w rozwoju zarodkowym). Dobór wyższego poziomu byłby czymś odmiennym od doboru naturalnego, który wybiera jednostki ze względu na ich zdolność do przekazania genów kolejnym generacjom (bądź — co wychodzi na jedno — wybiera geny ze względu na ich zdolność do tworzenia jednostek zdolnych odnieść sukces reprodukcyjny). Taki dobór, którego efektem byłaby wyższa ewoluowalność, stanowiłby raczej odpowiednik procesu, którego istnienie postulował wielki amerykański biolog George C. Williams — „dobór kłady stycznego”. Kład to dowolna odrębna gałąź drzewa życia: gatunek, rodzaj, rząd, typ. Możemy powiedzieć, że dobór kładystyczny zadziałał, kiedy jakiś kład — na przykład owady — rozprzestrzenił się, dywersyfikuje i zaludnia świat skuteczniej niż inny kład — na przykład rurkoczulkowce (pewnie nigdy nie słyszeliście o tych rzeczywiście mało znanych robakokształtnych stworzeniach. Nic dziwnego, bo ten kład zdecydowanie

nie odniósł ewolucyjnego sukcesu). Koncepcja doboru kładystycznego nie zakłada, że kłady konkurują ze sobą. Na przykład owady nie konkurują (przynajmniej bezpośrednio) z rurkoczułkowcami o pokarm, terytorium ani jakiegokolwiek inne zasoby. Niemniej świat jest pełen owadów, a rurkoczułkowców w nim jak na lekarstwo, mamy więc pełne prawo, a przynajmniej w pełni usprawiedliwioną pokusę, by ten sukces owadów przypisywać jakiejś cesze, którą te stworzenia mają, a rurkoczułkowce najwyraźniej są jej pozbawione. Ja stawiałbym na to, że to coś w rozwoju zarodkowym, co sprawia, że charakteryzują się one znacznie większą ewoluowalnością. W jednym z rozdziałów książki "Wspinaczka na szczyt nieprawdopodobieństwa" (Kalejdoskopowe zarodki) wskazałem na kilka specyficznych właściwości, które mogą sprzyjać większej ewoluowalności, w tym symetryczną budowę ciała i architekturę modułarną (segmentację).

Może to właśnie za sprawą segmentowej, modularnej budowy kład stawonogów* jest dobry w ewoluowaniu, czyli w tworzeniu rozlicznych, odmiennych wariantów, oraz w dywersyfikacji, co umożliwia mu zasiedlanie dowolnych niemal nisz, jeśli tylko staną się dostępne. Inne kłady mogą odnosić podobne sukcesy, bo rozwój embrionalny przebiega na zasadzie zmian zwierciadlanych, analogicznych procesów obejmujących całe plany rozwojowe**. Kłady, których przedstawiciele spotykamy najczęściej, w morzach i na lądzie, to właśnie kłady, które dobrze sobie radzą z ewoluowaniem. Za sprawą doboru kładystycznego te kłady, które nie odnoszą sukcesu, skazane są na wyginięcie, albo też, jeśli nie potrafią się różnicować, by sprostać kolejnym wyzwaniom, słabną, kurczą się i z czasem znikają, podczas gdy „zwycięskie” kłady rozkwitają i tworzą kolejne gałęzki i listki na filogenetycznym drzewie. Koncepcja doboru kładystycznego jest chyba nie mniej uwodzicielska niż darwinowski dobór naturalny, ale trzeba być bardzo ostrożnym, bo podobieństwa mogą być tylko powierzchowne i łatwo wpaść w pułapkę.

Zresztą wystarczająco wielką zagadkę — i niespodziankę — stanowi nasze własne istnienie, podobnie jak to, że otaczające nas bogate ekosystemy tak pełne są przypominających nas w mniejszym lub większym stopniu zwierząt, roślin (podobnych do nas znacznie mniej, ale to od nich zależy nasz byt) i wreszcie bakterii, które zachowały podobieństwo do naszych najodleglejszych przodków i do których wszyscy wrócimy w procesach rozkładu, gdy nadejdzie nasz czas. Darwin bardzo wyprzedził swoją epokę, uświadamiając sobie (i nam), jak wielki problem stanowi samo nasze istnienie. Wyprzedził ją również, proponując własne rozwiązanie tej zagadki i włączając do niego złożoną sieć zależności, obejmującą zwierzęta, rośliny i wszystkie byty żywe; sieć powiązań, którą trudno ogarnąć wyobraźnią.

* Czyli m.in. owady, skorupiaki, pająki, pareczniki.

** Na przykład mutacja nogi u krocionoga zostanie powtórzona (symetrycznie) po drugiej stronie ciała, a prawdopodobnie wzdłuż całego ciała. To może być pojedyncza mutacja, ale prawa rządząca rozwojem zarodkowym sprawiają, że będzie wielokrotnie powtarzana i po lewej, i po prawej stronie ciała. Na pierwszy rzut oka może się to wydać paradoksalne, że taki „embrionalny przymus” zwiększa, a nie ogranicza ewolucyjną wszechstronność kładu. Szerzej wyjaśniam, dlaczego tak jest, w przywołanym wyżej rozdziale "Wspinaczki na szczyt nieprawdopodobieństwa".

Jakie jest rozwiązanie tej zagadki? Otóż to, że nie może być inaczej, skoro jesteśmy świadomi naszej egzystencji i potrafimy o nią pytać. To nie jest przypadek — nad czym zastanawiają się kosmolodzy — że widzimy niebo pełne gwiazd. Być może istnieją wszechświaty, w których gwiazd nie ma, które, za sprawą panujących tam praw fizyki, wypełnia tylko pierwotny wodór i gdzie nigdy nie powstają skupienia materii. Tych wszechświatów nikt jednak nie obserwuje, bo byty zdolne do obserwowania czegokolwiek nie mogą wyewoluować tam, gdzie nie ma gwiazd. I nie chodzi tylko o to, że życie potrzebuje co najmniej jednej gwiazdy, by czerpać z niej energię. Gwiazdy to też wielkie kosmiczne paleniska, w których powstają pierwiastki chemiczne, a życie nie jest możliwe bez bardzo złożonej chemii. Moglibyśmy tak przejść po kolei przez wszystkie prawa fizyki, jedno po drugim, by przekonać się, że wszystkie prowadzą nas do tego samego wniosku — to nie przypadek, że widzimy...

Tak samo jest w biologii. To nie przypadek, że ze wszystkich stron otacza nas tak wiele zieleni. To nie przypadek, że zajmujemy jedną drobną gałązkę w gęstwinie rozkwitającego drzewa życia, i to też nie jest przypadek, że otaczają nas miliony innych gatunków, stworzeń, które jedzą, rosną, pływają, chodzą, latają, ukrywają się, skradają, ścigają i chwytają, przechytrzają innych i dają się same przechytrzyć. Gdyby roślin zielonych nie było co najmniej dziesięć razy tyle, co nas wszystkich, nie byłoby dość energii. Gdyby nie ciągła eskalacja wyścigu zbrojeń między drapieżnikami a ofiarami, pasożytami i ich gospodarzami, gdyby nie darwinowska „walka w przyrodzie” i towarzyszące jej „głód i śmierć” nie byłoby systemów nerwowych zdolnych cokolwiek zobaczyć, a co dopiero zadawać pytania. Otacza nas „nieskończony szereg form najpiękniejszych i najbardziej godnych podziwu” i to też nie jest przypadek, lecz prosta konsekwencja ewolucji przez nielosowy dobór naturalny. I to właśnie jest najwspanialsze widowisko świata.

DODATEK

HISTORYCZNI NEGACJONISCI

Od roku 1982 Instytut Gallupa, jedna z najwyżej cenionych w USA instytucji zajmujących się badaniem opinii publicznej, co pewien czas przeprowadza ogólnonarodową ankietę zawierającą między innymi takie oto pytanie:

Które z poniższych twierdzeń najlepiej oddaje Pani/Pana poglądy na pochodzenie istot ludzkich?:

1. Człowiek rozwijał się przez miliony lat z prostszych form życia, a procesem tym kierował Bóg (36%)
2. Człowiek rozwijał się przez miliony lat z prostszych form życia, a Bóg nie miał w tym żadnego udziału (14%)
3. Bóg stworzył człowieka w jego obecnej postaci i nastąpiło to około 10 000 lat temu (44%)

W nawiasach podałem procent wskazań konkretnych odpowiedzi w roku 2008, ale kiedy przeprowadzano tę ankietę w poprzednich latach (1982, 1993, 1997, 1999, 2001, 2004, 2006 i 2007), wyniki były podobne.

Cóż, swoje już wiem i nie dziwi mnie zupełnie że na odpowiedź 2. wskazało tylko 14 procent ankietowanych. Muszę zresztą dodać, że sformułowanie „Bóg nie miał w tym żadnego udziału” jest wyjątkowo nieszczęśliwe, ponieważ zupełnie niepotrzebnie wywołuje opór u ludzi wierzących i skłania ich (specjalnie?) do odrzucenia tej odpowiedzi. Najbardziej przerażająca jest jednak liczba wskazań odpowiedzi numer 3., oznacza ona bowiem, że 44 procent Amerykanów odrzuca dziś w ogóle teorię ewolucji (niezależnie od tego, czy włączymy w nią Boga, czy nie) a w konsekwencji wierzy, że cały nasz świat ma nie więcej niż dziesięć tysięcy lat. Ponieważ, jak już wiemy, Ziemia liczy sobie mniej więcej 4,6 miliarda lat, to taką wiarę porównać można — w sensie skali błędu — z przekonaniem, że kontynent północnoamerykański w najszerszym miejscu mierzy niewiele ponad trzy metry. W dziewięciokrotnie powtarzanych badaniach Gallupa akceptacja dla sądu 3. ani razu nie spadła poniżej 40 procent, a dwa razy sięgnęła 47 procent. Jak by zatem nie patrzeć, mamy do czynienia z sytuacją, gdy co najmniej dwie piąte mieszkańców USA odrzuca ideę, że człowiek wyewoluował z innych zwierząt, i jest przekonanych zarazem, że my, ludzie, oraz całe życie na Ziemi zostaliśmy stworzeni przez Boga dziesięć tysięcy lat temu. Czy ktoś jeszcze chce spytać, po co potrzebna jest ta książka?

W ankiecie Gallupa pytanie dotyczyło bezpośrednio człowieka, a to sprawia (można przynajmniej spotkać się z takimi opiniami), że respondenci mogli poczuć się emocjonalnie zagrożeni i dlatego trudniej było im zaakceptować pogląd naukowy. Zapewne z tego właśnie powodu w roku 2008 Pew Forum przeprowadziło podobną

ankietę, w której jednak pytania nie dotyczyły już bezpośrednio człowieka. Rezultaty były niemal identyczne. Oto jak wyglądał kwestionariusz Pew Forum (w nawiasach ilość wskazań danej odpowiedzi):

Życie na Ziemi...

istnieje w niezmienionej postaci od początków czasu (42%)

zmieniało się w czasie (48%)

zmieniało się poprzez dobór naturalny (26%)

zmieniało się za sprawą interwencji istoty wyższej (18%)

powstało nie wiadomo z jakiej przyczyny (4%)

nie wiem (10%)

W ankiecie Pew Forum nie było żadnych konkretnych dat, tak więc nie wiemy, jaka część spośród 42% respondentów, którzy świadomie odrzucili ideę ewolucji, uznaje, że świat ma mniej niż 10 000 lat. Można jednak zakładać, że ci ludzie, podobnie jak 44 procent ankietowanych przez Gallupa, historię naszej planety widzą raczej w perspektywie tysięcy, a nie miliardów lat, jak mówi nauka. Zresztą pogląd, iż życie na naszej planecie trwa w niezmiennym kształcie od ponad czterech i pół miliarda lat, jest równie głupi, jak to, że powstało zaledwie kilka tysięcy lat temu. I na pewno też nie jest zgodny z Biblią.

A jak się rzeczy mają w Wielkiej Brytanii? Czy da się to porównać? W roku 2006 bardzo wysoko ceniony cykl dokumentalny „Horizon”* zamówił przeprowadzenie ankiety na ten temat w instytucie Ipsos MORI. Niestety, pytanie znów nie było najrozsądniej sformułowane. Ipsos poprosił ankietowanych, by wybrali jedną z trzech „teorii wyjaśniających pochodzenie i rozwój życia na Ziemi” (w nawiasie procent wybierających):

(a) „Teoria ewolucji” mówi, że rodzaj ludzki ewoluował przez miliony lat z form niższej rozwiniętych. Bóg nie miał z tym nic wspólnego. (48%)

(b) „Teoria kreacjonistyczna” mówi, że Bóg stworzył człowieka od razu w jego dzisiejszej postaci 10 000 lat temu. (22%)

(c) „Teoria inteligentnego projektu” mówi, że niektóre cechy organizmów żywych można najlepiej wyjaśnić, odwołując się do koniecznej interwencji bytu

* Amerykańskim odpowiednikiem „Horizonu” jest „Nova”. W ramach „Novej” często nadawane są programy oryginalnie przygotowywane dla „Horizonu” i realizowane są też koprodukcje.

nadprzyrodzonego (na przykład Boga). (17%)

(d) Nie wiem. (12%)

Błąd sformułowania polegał na tym, że lista pomijała niektóre ewentualności. W odpowiedzi (a) nie było na przykład wariantu dopuszczającego udział Boga w procesie ewolucji i dlatego trudno się dziwić, że wybrało ją tylko 48% respondentów. Bez wątplenia alarmująca jest natomiast szokująco wysoka (22%) proporcja zwolenników odpowiedzi (b), zwłaszcza ze względu na wprost wskazany tu horyzont czasowy, czyli kompletnie niedorzeczne 10 000 lat. Zsumowawszy zwolenników (b) i (c), czyli respondentów opowiadających się za jakąś formą kreacjonizmu, otrzymujemy 39 procent. To mniej niż w Stanach, a dodać warto, że dane amerykańskie mówią o zwolennikach kreacjonizmu młodej Ziemi, podczas gdy w brytyjskiej ankiecie wariant (c) mogli też wybrać kreacjoniści ze szkoły starej Ziemi.

Brytyjski Ipsos spytał też o system szkolny, a mianowicie, mając wybór między tymi samymi trzema wariantami, respondenci mieli wskazać, czy powinno się ich uczyć w szkołach na lekcjach biologii. Za bardzo niepokojące uznać należy, że tylko 69% ankietowanych uznało, że ewolucjonizm w ogóle powinien być ujęty w programach szkolnych (z tego część, dodajmy, stwierdziła, że równocześnie należy wykładać kreacjonizm albo teorię inteligentnego projektu).

Znacznie ambitniejszy projekt badawczy przeprowadzony został w ramach tzw. Eurobarometru w roku 2005. Ten projekt objął 32 kraje europejskie (w tym Turcję, czyli jedyne w przeważającej mierze islamskie państwo, które chce dołączyć do Unii Europejskiej), a jego celem było poznanie opinii i przekonań Europejczyków na kwestie naukowe. Interesujące nas pytanie brzmiało: „Istoty ludzkie rozwinęły się z wcześniej istniejących gatunków zwierząt”. Zauważmy, że jest to sformułowanie znacznie pojemniejsze niż to, które pojawiło się w badaniach Ipsosu, ponieważ brak w nim kategorię stwierdzenia, że Bóg nie miał z tym procesem nic wspólnego, a też i ram czasowych.

Poniżej (Tabela I) przedstawiam wyniki badania. Państwa w tabeli uszeregowane są ze względu na proporcję odpowiedzi zgodnych z tym, co mówi nam współczesna nauka. Jak widać, twierdzenie, że nasz gatunek jest produktem ewolucji, akceptuje 85% mieszkańców Islandii, ale ten naukowy pogląd podziela już tylko 27% Turków. Turcja to zresztą jedyny kraj z objętych badaniem, gdzie większość stanowią ludzie odrzucający teorię ewolucji. Badanie to nie uwzględniało Stanów Zjednoczonych, ale i tak fakt że w ewolucyjnym negacjonizmie Amerykanie ustępują tylko mieszkańcom Turcji, był powszechnie komentowany.

Tabela I. Stopień akceptacji stwierdzenia: „Istoty ludzkie rozwinęły się z wcześniej istniejących gatunków zwierząt”

| Państwo | Liczba ankietowanych | Prawda (%) | Falsz (%) | Nie wiem (%) |
|-----------------|-----------------------------|-------------------|------------------|---------------------|
| Islandia | 500 | 85 | 7 | 8 |
| Dania | 1013 | 85 | 13 | 4 |
| Szwecja | 1023 | 82 | 13 | 3 |
| Francja | 1021 | 80 | 12 | 8 |
| Wielka Brytania | 1307 | 79 | 13 | 8 |
| Belgia | 1024 | 74 | 21 | 5 |
| Norwegia | 976 | 74 | 18 | 8 |
| Hiszpania | 1036 | 73 | 16 | 11 |
| Niemcy | 1507 | 69 | 23 | 8 |
| Włochy | 1006 | 69 | 20 | 11 |
| Luksemburg | 518 | 68 | 23 | 10 |
| Holandia | 1005 | 68 | 23 | 9 |
| Irlandia | 1008 | 67 | 21 | 12 |
| Węgry | 1000 | 67 | 21 | 12 |
| Słowenia | 1060 | 67 | 25 | 8 |
| Finlandia | 1006 | 66 | 27 | 7 |
| Czechy | 1037 | 66 | 27 | 7 |
| Portugalia | 1009 | 64 | 21 | 15 |
| Estonia | 1000 | 64 | 19 | 17 |
| Malta | 500 | 63 | 25 | 13 |
| Szwajcaria | 1000 | 62 | 28 | 10 |
| Słowacja | 1241 | 60 | 29 | 12 |
| Polska | 999 | 59 | 27 | 14 |
| Chorwacja | 1000 | 58 | 28 | 15 |
| Austria | 1034 | 57 | 28 | 15 |
| Grecja | 1000 | 55 | 32 | 14 |
| Rumunia | 1005 | 55 | 25 | 20 |
| Bułgaria | 1008 | 50 | 21 | 29 |
| Litwa | 1034 | 49 | 27 | 24 |
| Ukraina | 1003 | 49 | 30 | 21 |
| Cypr | 504 | 46 | 36 | 18 |
| Turecja | 1005 | 27 | 51 | 22 |

Równie interesujące są odpowiedzi na drugie zadane w ramach tego badania pytanie, kiedy respondenci mieli określić, czy zgadzają się ze stwierdzeniem, że „Pierwsi ludzie żyli w tych samych czasach, co dinozaury”. Wyniki przedstawiam w Tabeli II w kolejności zgodnej z proporcją, w jakiej obywatele państw uwzględnionych w badaniu uznawali to stwierdzenie za fałszywe (choć „tak naprawdę” prawidłowa jest fałszywa — według organizatorów badania — odpowiedź*). Jako popularyzator nauki zajmujący się przede wszystkim biologią, mogę tylko szukać pocieszenia w tym, że z tych samych badań Eurobarometru wynika, iż bardzo znacząca część Europejczyków (w Wielkiej Brytanii 19%) uważa też, że obrót Ziemi wokół Słońca trwa miesiąc, a opinię tę podziela już ponad jedna piąta Irlandczyków, Austriaków, Hiszpanów i Duńczyków**. Swoją drogą chciałbym wiedzieć, skąd według tych ludzi bierze się rok. Albo skąd tak regularnie następujące po sobie pory roku? A może należałoby raczej spytać, czy tacy ludzie w ogóle dysponują choćby elementarną ciekawością podstawowych właściwości świata, w którym żyją? Poważnie zaś mówiąc, to te wyniki na pewno nie są „pocieszające”, chyba że ktoś lubi śmiech przez łzy. Przecież to, że w Europie tak powszechna jest dziś ignorancja i kompletna nieznamość podstawowych odkryć naukowych, trudno nazwać inaczej niż przerażającym. Choć może i tak ignorancja, jakkolwiek również godna najwyższego potępienia, jest lepsza niż szczególna niechęć okazywana jednej tylko dyscyplinie naukowej, a mianowicie ewolucjonizmowi, z czym bez wątpienia mamy do czynienia w Turcji (i jak można się obawiać, także w całej reszcie krajów muzułmańskich) oraz — badania Gallupa i Pew na pewno nie kłamią — w Stanach Zjednoczonych.

* Ponieważ cenię (może czasem nadmiernie) precyzję, muszę w tym miejscu przypomnieć, że obecnie zoologowie klasyfikują ptaki jako żyjących przedstawicieli dinozaurów, więc prawidłowa odpowiedź na tak postawione pytanie brzmi oczywiście: „prawda”, i to większość Turków ma rację. Myślę jednak, iż możemy zupełnie bezpiecznie przyjąć, że gdy zadajemy takie pytanie „normalnym ludziom”, nie biorą oni raczej pod uwagę ptaków, a jedynie „przerażające jaszczury”, zgodnie zresztą z etymologią słowa „dinozaur”. Znow Turcy zamykają stawkę, gdyż aż 42 procent obywateli tego kraju uważa, że ludzie dzielili Ziemię z dinozaurami, a tylko mniej niż co trzeci Turek odrzuca taki pomysł (w czym zgadza się z nim 87 procent Szwedów). Wielka Brytania, bardzo przykro mi to przyznać, jest w połowie tabeli — jak widać, aż 28% moich współobywateli czerpie wiedzę historyczną raczej z serialu „Jaskiniowcy” niż ze szkoły. (Zwracam uwagę, iż Polacy wypadają o wiele gorzej nawet od Brytyjczyków — ba! najgorzej w Europie! — bo już co trzeci z naszych rodaków okazuje się kompletnym ignorantem. Może nie ma zatem nic dziwnego w tym — nigdy dość przypominać, jak uczy profesor Dawkins — że już w XXI wieku jawnym zwolennikiem tego poglądu był co najmniej jeden minister polskiego rządu i co najmniej jeden poseł reprezentujący nasz kraj w parlamencie europejskim. I nie sądzę, by ci panowie wiedzieli, że ptaki są „współczesnymi dinozaurami”. Bardzo chciałbym wiedzieć za to, jak na podobne pytanie odpowiedzieliby inni ministrowie i posłowie. A może jednak lepiej nie wiedzieć... — przyp. tłum.).

** Jeśli chodzi o wiedzę o ewolucji i historii naszej planety, to możemy tylko pozazdrościć profesorowi Dawkinsowi stopnia wyedukowania brytyjskiego społeczeństwa, co wyraźnie wynika z zamieszczonych w tekście tabel, a i z całych badań Eurobarometru. Natomiast akurat na to pytanie, które brzmiało dokładnie „Ziemia potrzebuje miesiąca, żeby obieć Słońce — prawda czy fałsz” błędnie odpowiedziało tylko (czy może aż?) 10% Polaków, co stawia nas w ścisłej europejskiej czołówce. Ale wszak to „nasz rodak” „wstrzymał Słońce, ruszył Ziemię”! (przyp. tłum.).

W październiku 2008 roku w Center for Science Education przy Emory University w Atlanta odbyła się konferencja z udziałem ponad sześćdziesięciu nauczycieli z amerykańskich szkół średnich. Warto, żeby wszyscy usłyszeli ich przerażające opowieści o tym, co spotkać może nauczyciela biologii w państwie uznawanym za największe światowe mocarstwo. Jeden z nich opowiadał, że uczniowie „wybuchli płaczem”, gdy zapowiedział, że będą uczyć się o ewolucji. Inny, jak został zakrzyczany gromkim „Nie!”, kiedy zaczął mówić o ewolucjonizmie. W kolejnej klasie uczniowie zażądali od nauczyciela, by się wytłumaczył, dlaczego chce nauczać o ewolucji, skoro to „tylko teoria”. Kolejny uczestnik spotkania w Atlancie szczegółowo opisał, jak „Kościół uczy młodych ludzi, jakie pytania mają zadawać, żeby sabotować zajęcia poświęcone doborowi naturalnemu”. Za to w Kentucky świetnie prosperuje bardzo szczerze finansowane Muzeum Kreationizmu, instytucja poświęcająca się wyłącznie promowaniu ewolucyjnego negacjonizmu. Są tam na przykład osiodłane, ruchome modele dinozaurów, na których dzieci mogą sobie nawet pojeździć. I nie chodzi o zabawę — intencja jest jasna: trzeba pokazać, że ludzie i dinozaury żyli w tych samych czasach. „Muzeum” to prowadzone jest przez organizację „Answers in Genesis” („Odpowiedzi w Księdze Rodzaju”), a ponieważ ta organizacja korzysta ze zwolnień od podatków, to znaczy, że podatnicy (w tym wypadku amerykańscy) subsydują naukowe fałszerstwa i promowanie ignorancji na olbrzymią skalę.

Tabela II. Stopień akceptacji stwierdzenia: „Pierwsi ludzie żyli w tych samych czasach co dinozaury”

| Państwo | Liczba ankietowanych | Prawda (%) | Falsz (%) | Nie wiem (%) |
|------------|----------------------|------------|-----------|--------------|
| Szwecja | 1023 | 9 | 87 | 4 |
| Niemcy | 1507 | 11 | 80 | 9 |
| Dania | 1013 | 14 | 79 | 6 |
| Szwajcaria | 1000 | 9 | 79 | 12 |
| Norwegia | 976 | 13 | 79 | 7 |
| Czechy | 1037 | 13 | 78 | 7 |
| Luksemburg | 518 | 15 | 77 | 9 |
| Holandia | 1005 | 14 | 75 | 10 |
| Finlandia | 1006 | 21 | 73 | 7 |
| Irlandia | 500 | 12 | 72 | 16 |
| Słowenia | 1060 | 20 | 71 | 9 |
| Belgia | 1024 | 24 | 70 | 6 |
| Francja | 1021 | 21 | 70 | 9 |
| Austria | 1034 | 15 | 69 | 15 |

| | | | | |
|-----------------|------|----|----|----|
| Węgry | 1000 | 18 | 69 | 13 |
| Estonia | 1000 | 20 | 66 | 14 |
| Słowacja | 1241 | 18 | 65 | 18 |
| Wielka Brytania | 1307 | 28 | 64 | 8 |
| Chorwacja | 1000 | 23 | 60 | 17 |
| Ukraina | 1003 | 23 | 58 | 19 |
| Hiszpania | 1036 | 29 | 56 | 15 |
| Irlandia | 1008 | 27 | 56 | 17 |
| Włochy | 1006 | 32 | 55 | 13 |
| Portugalia | 1009 | 27 | 53 | 21 |
| Polska | 999 | 33 | 53 | 14 |
| Litwa | 1034 | 27 | 51 | 21 |
| Grecja | 1000 | 29 | 50 | 21 |
| Malta | 500 | 29 | 48 | 24 |
| Bułgaria | 1008 | 17 | 45 | 39 |
| Rumunia | 1005 | 21 | 42 | 37 |
| Cypr | 504 | 32 | 40 | 28 |
| Turecja | 1005 | 42 | 30 | 28 |

Że coś takiego dzieje się w Stanach Zjednoczonych, nie jest — niestety — żadną nowością. Niestety, a piszę to z prawdziwym żalem, podobną drogą podążać zaczęła Wielka Brytania. W lutym 2006 roku „Guardian” informował na przykład, że „muzułmańscy studenci medycyny rozdawali w Londynie ulotki kwestionujące teorię Darwina i głoszące, że teoria ewolucji jest fałszywa. Coraz głośniejszy sprzeciw wobec darwinizmu wyrażają też chrześcijańscy studenci reprezentujący Kościoły ewangelikalne”. Muzułmańskie ulotki, o których pisał „Guardian”, finansował Al-Nasri Trust, oficjalnie instytucja charytatywna, też zwolniona z podatków*. Jak więc widać, również brytyjscy podatnicy zaczęli

* Niemal wszystkie organizacje religijne bez kłopotu uzyskują zwolnienie z podatków. Organizacje niereligijne, by status taki otrzymać, muszą przejść istną drogę przez mękę, żeby udowodnić, iż istotnie przynoszą jakiś „pożytek ludzkości”. Niedawno założyłem (charytatywną) fundację, której głównym, statutowym celem jest „promocja nauki i rozumu”. W trakcie przeciągającej się miesiącami i potwornie kosztownej, choć ostatecznie zakończonej powodzeniem procedury rejestracyjnej, musiałem między innymi odpowiedzieć na takie oto pytanie British Charity Commission (pismo z dnia 28 września 2006): „Nie jest dla nas jasne, w jaki sposób postępy nauki mogą przyczynić się do moralnego i umysłowego doskonalenia człowieka. Prosimy o dostarczenie dowodów lub wyjaśnienie, jaki to ma związek z postępami racjonalizmu i humanizmu”. Natomiast organizacje religijne nie mają obowiązku czegokolwiek udowadniać. Z góry zakłada się, że przyczyniają się do „moralnego i umysłowego doskonalenia człowieka”, nawet jeśli nie ulega żadnej wątpliwości, iż w rzeczywistości aktywnie zajmują się promowaniem naukowych fałszerstw.

wspierać antynaukową propagandę w poważnych placówkach edukacyjnych.

W roku 2006 „Independent” zamieścił wypowiedź Steve'a Jonesa, światowej sławy biologa z londyńskiego University College. Oto, co mówił profesor Jones:

To znacząca zmiana. Od lat bardzo współczułem moim amerykańskim kolegom, którzy pierwszych kilka wykładów z biologii musieli zawsze poświęcać na „oduczanie” studentów pierwszego roku włączanego im do głowy w szkołach kreacjonizmu. W Wielkiej Brytanii nie mieliśmy do tej pory tego problemu. Niestety sytuacja się zmieniła. Od moich muzułmańskich uczniów dowiaduję się, że zmusza się ich do wiary w kreacjonizm, ponieważ ta wiara stanowi część ich islamskiej tożsamości. Ale chyba bardziej zaskakujące jest to, że wiele brytyjskich dzieciaków też zaczyna widzieć w kreacjonizmie równoprawną alternatywę ewolucji. To bardzo alarmujące sygnały, ponieważ okazuje się, że ta idea jest bardzo zaraźliwa. Badania opinii publicznej wskazują, że co najmniej 40 procent Amerykanów to twardogłowi kreacjoniści o mocno sprecyzowanych antyewolucyjnych przekonaniach, nawet nie zwolennicy „ewolucji z Bożą pomocą” (choć tych też jest sporo). W Europie jest nieco lepiej, ale my też nie mamy się z czego cieszyć — w tak ważnej kwestii nie wolno popadać w samozadowolenie*.

* My też nie możemy. Obraz Polski wyłaniający się z badań Eurobarometru jest wręcz przerażający — gorzej od nas wypadają tylko Turcy. Nic dziwnego, że kreacjoniści w Polsce również stają się coraz aktywniejsi — na przykład w październiku 2009 roku w Gdańsku odbyła się trzydniowa „Konferencja Kreacjonistyczna” (kilka dni później druga w Poznaniu). Niby nie ma się czym przejmować, ale gospodarzem jednej z sesji był Gdański Uniwersytet Medyczny, a innej Wydział Nauk Społecznych Uniwersytetu Gdańskiego (przyp. tłum.).

PRZYPISY

WSTĘP

s. 7 szczególną wizję: "Samolubny gen", "Fenotyp rozszerzony".

s. 7 w kolejnych trzech książkach: "Ślepy zegarmistrz", "Rzeka genów", "Wspinaczka na szczyt nieprawdopodobieństwa".

s. 7 najobszerniejsza z moich książek: The Ancestor's Tale (2004).

ROZDZIAŁ I

s. 16 napisaliśmy do „Sunday Timesa” artykuł: Education: questionable foundations, „Sunday Times”, 20 czerwca 2004.

s. 25 otrzymuję list: Sagan (1996)

s. 27 pięć minut temu: Bertrand Russell, Religion and Science (Oxford: Oxford University Press, 1997), s. 70

s. 28 profesora Daniela J. Simonsa z University of Illinois: Simons, Chabris (1999).

s. 30 rewizji trzydziestu pięciu wyroków: The Innocence Project, <http://www.innocenceproject.org>.

s. 30 wyrok śmierci średnio co dwa tygodnie: łącznie 152; patrz: Bush's lethal legacy: more executions, „Independent”, 15 sierpnia 2007.

s. 32 w autobiografii Karol Darwin wspomniał: Darwin (1887a), s. 83.

s. 32 Matt Ridley podejrzewa: Matt Ridley, The natural order of things, „Spectator”, 7 stycznia 2009.

ROZDZIAŁ II

s. 48 „Drogi Wallace...”: Marchant (1916), s. 169-170.

s. 48 pokutuje mit: Zagadnienie (rzekomej) znajomości prac Mendla przez Darwina omawia Sclater (2003).

s. 53 jak określił niedawno sam siebie prezydent Obama: Puppies and economy fill winner's first day, „Guardian”, 8 listopada 2008.

s. 54 zachowując prawidłowe proporcje: Fred Lanting, Pituitary dwarfism in the German Shepherd dog, „Dog World”, Grudzień 1984, również:

<http://www.fredlanting.org/2008/07/pituitary-dwarfism-in-the-german-shepherd-dog-part-1/>.

ROZDZIAŁ III

s. 73 nader starannie pomierzyłem: Wallace (1871).

s. 84 do wściekłego wojownika: Julian Huxley, Evolution's copycats, „Life”, 30 czerwca 1952; również w: Huxley (1957) ze zmienionym tytułem: Life's improbable likenesses.

s. 91 znalazłem w Internecie stronę: głosować można na stronie: <http://www.pollsb.com/polls/view/13022/the-heike-crab-seems-to-have-a-samurai-face-on-its-back-what-s-the-explanation>.

s. 94 dobrze poinformowanego sceptyka: Martin (1993).

s. 95 „Drogi Darwinie”: Marchant (1916), 170.

s. 104 agronomowie z Illinois Experimental Station: Dudley, Lambert (1992).

s. 107 siedemnastu pokoleń szczurów: Ridley (2004), 48.

s. 109 chętnie wchodzące w kontakt: Trut (1999), s. 163.

s. 110 storczyk pajęczy: można obejrzyć między innymi tu:
http://www.arhomeandgarden.org/plantoftheweek/articles/orchid_red_spider_8-29-08.htm,
<http://www.orchidflowerhq.com/Brassiacare.php>,
<http://www.absoluteastronomy.com/topics/Brassia>,
<http://en.wikipedia.org/wiki/Brassia>.

s. 111 The Ultraiolet Garden: DVD Growing Up in the Universe obejmujące również nagranie tego wykładu można kupić na witrynie autora (richarddawkins.net).

s. 112 z bardzo różnych — acz ściśle określonych — składników: Eltz et al. (2005).

s. 114 omawiałem gdzie indziej: Dawkins (2006), s. 186-187.

ROZDZIAŁ IV

s. 126 Często przytaczana opowieść: mit, jakoby tablica okresowa pierwiastków przyśniła się Mendelejewowi, omawia G.W. Baylor, "What do we really know about Mendeleev's dream of the periodic table? A note on dreams of

scientific problem solving" „Dreaming" 11: 2 (2001), s. 89-92.

s. 132 proces krystalizacji skały magmowej: bardzo dokładne omówienie tej metody „izochronicznego datowania" autorstwa Chrisa Stassena można znaleźć na świetnej stronie „Talk.Origins" (www.talkorigins.org/faq/isochron-dating.html).

s. 135 kreacjonistycznych witryn:
<http://homepage.ntlworld.com/malcolmbowden/creat.htm>.

s. 141 na trzy części: datowanie całunu turyńskiego za Damon et al. (1989)

s. 143 datowania wynikami uzyskanymi za pomocą innych technik: pełną listę znaleźć można na stronie:
http://www.usd.edu/esci/age/current_scientific_clocks.html#.

ROZDZIAŁ V

s. 148 ugandyjskiego Departamentu Łowiectwa: Brooks, Buss (1962).

s. 150 przewieźli ją na drugą z wysp: opis badań nad jaszczurkami z Pod Mrcaru za: Herrel et al. (2008) i Herrel et al. (2004).

s. 153 bakterią *Escherichia coli*: opis badań Lenskiego za: Lenski, Travisano (1994). Publikacje zespołu Lenskiego są też dostępne pod adresem:
<http://myxo.css.msu.edu/cgi-bin/lenski/prefman.pl?group=aad>.

s. 170 PZ Myers podsumował:
http://scienceblogs.com/pharyngula/2008/06/lenski_gives_conservapdia_a_le.php.

s. 173 powołanie się na Endlera: za Endler (1980, 1983, 1986).

s. 179 s. David Reznick z University of California w Riverside: Reznick et al. (1997).

s. 181 część zoologów kwestionuje: por.: Christian C. Emig, Proofthat Lingula (Brachiopoda) is not a living-fossil, and emended diagnoses of the Family Lingulidae, „Carnets de Geologie", 2003/01 (2003)

ROZDZIAŁ VI

s. 183 czemu „brakujące":
www.talkorigins.org/faq/faq-transitional/part2c.html#arti,
http://web.archive.org/web/19990203140657/gly.fsu.edu/tour/article_7.html.

s. 188 w zaawansowanym stadium ewolucji: Dawkins (1986), s. 229.

s. 193 dlaczego dotąd nie odnaleziono: Darwin's euolutionary theory is a tottering nonsense, built on too many suppositions, „Sydney Morning Herald”, 7 maja 2006.

s.194 pod artykułem w (londyńskim) „Sunday Timesie”:
<http://www.timesonline.co.uk/tol/news/uk/education/article4448420.ece>.

s. 195 Eomaia: Ji at al. (2002).

s. 196 Atlas of Creation: to niewiarygodne, ale toto (publikację tę trudno bowiem uznać za cokolwiek innego niż przykład marnotrawstwa świetnego, kredowego papieru) liczy już co najmniej trzy tomy.

s. 197 z przynętą wędkarską: można sprawdzić na
<http://www.grahamowen-gallery.com/fishing/more-fly-tying.html>.

s. 208 „poszliśmy prosto do muzeum”: Smith (1956), s, 41

s. 215 Tiktalik:
<http://www90.homepage.villanova.eduAowell.gustafson/anthropology/tiktaalik.html>.

s. 220 Pezosiren: Domning (2001).

s. 220 nieznanego wcześniej gatunku: Natalia Rybczynski, Mary Dawson, Richard Tedford, A semi-aquatic Arctic mammalian carnivore from the Miocene epoch and origin of Pinnipedia, „Nature” 458 (2009), s. 1021-1024. Na stronie http://nature.ca/pujila/ne_vid_e.cfm można w krótkim filmiku obejrzeć Natalię Rybczynski z entuzjazmem opowiadającą o nowo odkrytych skamieniałościach,

s. 222 Odontochelys semitestacea: Li et al. (2008).

s. 223 komentującymi doniesienie o odkryciu: Reisz, Head (2008).

s. 228 W jednej ze swoich wcześniejszych książek: Dawkins (1998), Rozdz. 10

ROZDZIAŁ VII

s. 235 „Pithecanthropus (człowiek jawajski) nie był człowiekiem”: Dubois (1935), również: <http://www.talkorigins.org/pdf/fossil-hominids.pdf>. s.

s. 236 Answers in Genesis:
http://www.answersingenesis.org/home/area/faq/dont_use.asp.

s. 237 człowiek gruziński: <http://www.talkorigins.org/faqs/homs/d2700.html>.

s. 238 nie jest potomkiem szympansa:
<http://www.talkorigins.org/faqs/homs/chimp.html>.

s. 241 do pierwszego okazu, któremu nadana została nowa nazwa: przydatną listę gatunków zaliczanych do hominidów można znaleźć pod adresem:
<http://www.talkorigins.org/faqs/homs/typespec.html>.

s. 242 Hamilton: por: dzieła zebrane, Hamilton (1996, 2001). Edycja obejmuje również bardzo osobiste wspomnienia Hamiltona, a w tomie drugim zamieszczone jest między innymi i moje wspomnienie pośmiertne o tym wielkim uczonym.

s. 246 pod różnymi nazwami:
<http://www.mos.org/evolution/fossils/browse.php>.

s. 252 najlepszy przyjaciel pedofila: Morning-after pili blocked by politics, „Atlanta Journal-Constitution”, 24 czerwca 2004.

ROZDZIAŁ VIII

s. 266 Ali things duli and ugly: przedruk za zgodą Python (Monty) Pictures. Dziękuję również Terry'emu Jonesowi i Ericowi Idle.

s. 273 w YouTube: por. np.:
<http://www.youtube.com/watch?v=XH-groCeKbE>.

s. 275 Craig Raynolds napisał taki program: <http://www.red3d.com/cwr/boids/>.

s. 286 George'em Osterem: Odell et al. (1980).

s. 290 eksperymentatorem jednego z takich klasycznych eksperymentów: Meyer (1998).

s. 304 wszystkich 558 komórek: pełne drzewo rodowe wszystkich komórek *C. elegans* można zobaczyć pod adresami <http://www.wormatlas.org/userguides/html/lineage.htm>. Cała witryna wormatlas.org stanowi zresztą prawdziwą skarbnicę informacji o tych mikroskopijnych stworzeniach. Bardzo polecam również przemówienia noblowskie całej nagrodzonej trójki, Sydneya Brennera, H. Roberta Horvitz i Johna Sulstona — Brenner (2003), Horvitz (2003), Sulston (2003), dostępne też na stronie: http://nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2002/index.html.

ROZDZIAŁ IX

s. 317 gatunek niewielkich nicieni:
<http://www.bayercropscience.co.uk/pdfWnematodesguide.pdf>.

s. 322 dr Ellen Censky: Censky et al. (1998)

- s. 325 „Widząc takie stopniowanie”: Darwin (1845), s. 380.
- s. 326 „Jest to wstrętne stworzenie”: Darwin (1845), s. 385-386.
- s. 327 „dziwny istotnie fakt”: Darwin (1845), s. 396.
- s. 327 „uderzyła mnie najbardziej okoliczność”: Darwin (1845), s. 394—395.
- s. 328 „żółwie z rozmaitych wysp”: Darwin (1845), s. 394.
- s. 333 lokalną nazwę Mbuna: Owen et al. (1989).
- s. 337 „oceanicznego”: Darwin (1859), s. 393.

s. 350 Radzą sobie: Przynajmniej niektórzy sprawiają wrażenie nieco zakłopotanych. Inni są po prostu nieuczciwi. Koncepcja „młodej Ziemi” (<http://www.answersingenesis.org/articles/am/v2/n2/a-catastrophic-breakup>) została szczegółowo omówiona i odrzucona nawet przez kreacjonistów — zwolenników koncepcji „starej Ziemi” (http://www.answersincreation.org/rebuttal/aig/Answers/2007/answers_v2_n2_tectonics.htm).

- s. 351 najlepszego współczesnego wykładu specjacji: Coyne, Orr (2004).

ROZDZIAŁ X

- s. 388 właśnie za pomocą tej metody: Sarich, Wilson (1967).
- s. 394 grupę genetyków z Nowej Zelandii: Penny et al. (1982).

s. 402 cały wykres ze strony Hillisa:
www.zo.utexas.edu/faculty/antisense/DownloadfilesToL.html.

- s. 409 Yan Wong i ja dość szczegółowo przedyskutowaliśmy: Dawkins (2004).

ROZDZIAŁ XI

- s. 414 „Mr. Sutton...”: Darwin (1872), s. 95, 96, 97.
- s. 415 w roku 1845: Sibson (1848).
- s. 422 J.W.S. Pringle: Pringle (1948).
- s. 430 „gdyby jakikolwiek optyk...”: Helmholtz (1881), s. 194.

s. 432 „wszelkie defekty, jakie występują...”: Helmholtz (1881), s. 201.

s. 439 „mimo dobrze rozwiniętej krtani...”: Harrison (1980).

s. 449 „Nie mogę uwierzyć...”: Darwin (1887b).

s. 449 Dereka Dentona nie należy mylić: M. Denton, *Nature's Destiny* (New York: Free Press, 2002).

s. 450 patchwork: C.S. Pittendrigh, *Adaptation, natural selection, and behavior*, [w:] A. Roe, G.G. Simpson, red., *Behavior and Evolution* (New Haven: Yale University Press, 1958).

ROZDZIAŁ XII

s. 460 Pięciu najszybszych biegaczy: por.:

<http://www.petsdo.com/blog/top--twenty-20-fastest-land-animals-including-humans>.

s. 461 razem z Johnem Krebssem: Dawkins, Krebs (1979).

s. 462 „wyjaśnić zwodniczy wygląd...”: Cott (1940), s. 158-159.

s.463 między rodzicami a potomstwem...: por. Dawkins (2006), rozdz. 8. i 9.

s. 472 „kapelan diabła”: Darwin (1903).

s. 472 „natura nie jest jednak ani współczująca, ani bezduszna”: Dawkins (1995), rozdz. 4.

s. 477 nie czują bólu: por.:

<http://news.bbc.co.Uk/2/hi/health/4195437.stm>,

<http://www.msnbc.msn.com/id/6379795/>.

s. 478 Niemoralna natura: zamieszczone [w:] Gould (1983) (przekład polski [w:] Wielkie eseje w nauce, M. Gardner, red., Prószyński i S-ka, Warszawa 1998).

ROZDZIAŁ XIII

s. 483 „z walki w przyrodzie...”: Darwin (1859), s. 490.

s. 484 „logiczna dedukcja...”: Darwin (1859), s. 243.

s. 486 „możemy jednak zawsze pamiętać...”: Darwin (1859), s. 78.

s. 489 „Od dawna żałuję...”: Darwin (1887c).

- s. 497 „mogłoby się rozmrozić...”: Soli, RajBhandary (2006).
- s. 497 Paul Davies całkiem zasadnie skarżył się, że: Davies, Inewesver (2005).
- s. 499 gdyby nie było Księżyca: por. Comins (1993).
- s. 505 „mój ojciec w roku 1871...”: Darwin (1887c).
- s. 516 że widzimy niebo pełne gwiazd: por. Smolin (1997)

DODATEK

s. 521 badania Instytutu Gallupa: dane za: Euolution, creationism, intelligent design,
<http://www.gallup.com/poll/21814/Evolution-creationism-In-telligent-Design.aspx>.

s. 522 badania Pew Forum: dane za: Public diuided on origins oflife, badanie przeprowadzone 17 lipca 2005, <http://pewforum.org/surveys/origins/>.

s. 523 A jak się rzeczy mają w Wielkiej Brytanii?: dane Ipsos MORI za: BBC suruey on the origins of life, badanie przeprowadzone 5-10 stycznia 2006, <http://www.ipsos-mori.com/content/bbc-survey-on-the-origins-of-life.ashx>.

s. 524 Eurobarometr: dane za: Europeans, science and technology, badanie przeprowadzone w styczniu i lutym 2005,
http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_224_report_en.pdf.

s. 524 był powszechnie komentowany: por. Miller et al. (2006).

s. 528 przerażające opowieści: Emory workshop teaches teachers how to teach euolution, „Atlanta Journal-Constitution”, 24 października 2008.

s. 529 „muzułmańscy studenci medycyny”: Academics fight rise of creationism at uniuersities, „Guardian”, 21 lutego 2006.

s. 529 „To znacząca zmiana”: Creationism debatę moues to Britain, „Independent”, 18 maja 2006.

**PRZYPISY
BIBLIOGRAFICZNE DO
WYDANIA POLSKIEGO**

1 Cyt. za wikipedia.pl.

2 Z wiersza W.B. Yeatsa Tom O'Roughley.

3 Wszystkie cytaty z Darwina w tym akapicie za: K. Darwin, "O pochodzeniu człowieka", Księgarnia Polska A.D. Bartoszewicza i M. Biernackiego, Lwów 1884.

4 K. Darwin, O pochodzeniu człowieka, ibid., s. 248.

5 K. Darwin, Podróż naturalisty, Wydawnictwo Przeglądu Tygodniowego, Warszawa 1887, s. 30.

6 K. Darwin, "O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego czyli o utrzymywaniu się doskonalszych ras w walce o byt", Nakładem Redakcji „Przeglądu Tygodniowego”, Warszawa 1884-5., s. 314.

7 Ibid., s. 322.

8 Ibid., s. 321.

9 Ibid., s. 320.

10 Ibid. s. 335.

11 Ibid, s. 304.

12 Ibid. s. 384

13 K. Darwin, Wyraz uczuć u człowieka i zwierząt, W drukarni im. J. Sikorskiego, Warszawa 1873, s. 89-90.

14 Z wiersza Williama Blake'a Tygrys. Przekład Urszuli Koziół, <http://www.gavagai.pl/words/poems.php#tigerkoz>.

15 R. Dawkins, Rzeka genów, CiS, Warszawa 2007, s. 190.

16 Z wiersza Williama Blake'a Tygrys, op. cit..

17 S.J. Gould, Niemoralna natura, [w:] Wielkie eseje w nauce, M. Gardner, red., Prószyński i S-ka, Warszawa 1998, s. 48-49.

18 K. Darwin, O powstawaniu gatunków, op. cit., s. 408 (w przypadku tego akapitu korzystałem też z wydania II, PWRiL, Warszawa 1959)

**BIBLIOGRAFIA I
LEKTURY POLECANE**

Adams, D., Carwardine, M. 1991. Last Chance to See. London: Pan. Wyd. polskie Ostatnia okazja, by ujrzeć, Zysk i S-ka, Poznań 1998. Atkins, EW. 1984.

The Second Law. New York: Scientific American. Atkins, EW. 1995.

The Periodic Kingdom. London: Weidenfeld & Nicolson. Wyd. polskie Kraina pierwiastków, CiS, Warszawa 1995. Atkins, EW. 2001.

The Elements of Physical Chemistry: With Applications in Biology. New York: W.H. Freeman.

Atkins, EW, Jones, L. 1997. Chemistry: Molecules, Matter and Change, wyd. III. New York: W.H. Freeman.

Ayala, F.J. 2006. Darwin and Intelligent Design. Minneapolis: Fortress.

Barash, D.E, Barash, N.R. 2005. Madame Bovary's Ovaries: A Darwinian Look at Literature. New York: Delacorte.

Barlow, G.W. 2002. The Cichlid Fishes: Nature's Grand Experiment in Evolution, Cambridge, Mass.: Basic Books.

Berry, R.J., Hallam, A. 1986. The Collins Encyclopedia of Animal Evolution. London: Collins.

Bodmer, W, McKie, R. 1994. The Book of Man: The Quest to Discover Our Genetic Heritage. London: Little, Brown.

Brenner, S. 2003. Nature's gift to science, [w:] T. Frangmyr, red., Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures, 274-282. Stockholm: The Nobel Foundation.

Brooks, A.C., Buss, I.O. 1962. Trend in tusk size of the Uganda elephant, „Mammalia”, 26, 10-34.

Browne, J. 1996. Charles Darwin, vol. 1: Voyaging. London: Pimlico.

Browne, J. 2003. Charles Darwin, vol. 2: The Power of Place. London: Pimlico.

Cain, A.J. 1954. Animal Species and their Evolution. London: Hutchinson.

Cairns-Smith, A.G. 1985. Seven Clues to the Origin of Life: A Scientific Detective Story. Cambridge: Cambridge University Press.

Carroll, S.B. 2006. The Making of the Fittest: DNA and the Ultimate Forensic

Record of Euolution. New York: W.W. Norton.

Censky, E.J., Hodge, K., Dudley, J. 1998. Over-water dispersal of lizards due to hurricanes, „Nature”, 395, 556. Charlesworth, B., Charlesworth, D. 2003. Euolution: A Very Short Introduction. Oxford: Oxford University Press.

Clack, J.A. 2002. Gaining Ground: The Origin and Euolution of Tetrapods. Bloomington: Indiana University Press.

Comins, N.F. 1993. What If the Moon Didn't Exist? Voyages to Earths that Might Have Been. New York: HarperCollins.

Conway Morris, S. 2003. Life's Solution: Inevitable Humans in a Lonely Universe. Cambridge: Cambridge University Press.

Coppinger, R., Coppinger, L. 2001. Dogs: A Startling New Understanding of Canine Origin, Behaviour and Euolution. New York: Scribner.

Cott, H.B. 1940. Adaptive Coloration in Animals. London: Methuen.

Coyne, J.A. 2009. Why Euolution is True. Oxford: Oxford University Press. Wyd. polskie: Ewolucja jest faktem, Prószyński i S-ka, Warszawa 2009.

Coyne, J.A., Orr, H.A. 2004. Speciation. Sunderland, MA: Sinauer.

Crick, F.H.C. 1981. Life Itself: Its Origin and Nature. London: Macdonald.

Cronin, H. 1991. The Ant and the Peacock: Altruism and Sexual Selection from Darwin to Today. Cambridge: Cambridge University Press.

Damon, R.E.; Donahue, D.J.; Gore, B.H.; Hatheway, A.L.; Jull, A.J.T.; Linick, T.W.; Sercel, R.J.; Toolin, L.J.; Bronk, R.; Hali, E.T.; Hedges, R.E.M.; Housley, R.; Law, L.A.; Perry, C.; Bonani, G.; Trumbore, S.; Woelfli, W.; Ambers, J.C.; Bowman, S.G.E.; Leese, M.N.; Tite, M.S. 1989. Radiocarbon dating of the Shroud of Turin, „Nature”, 337, 611-615.

Darwin, C. 1845. Journal of researches into the natural history and geology of the parts of the world visited during the voyage of H.M.S. Beagle round the world, under the Command of Capt. Fitz Roy, R.N., wyd. II, London: John Murray. Wyd. polskie: Podróż naturalisty. Dziennik spostrzeżeń dotyczących historycznej natury rolnej i geologii okolic, zwiedzonych podczas podróży naokoło świata na okręcie J.K.M. „Beagle” pod dowództwem kapitana Fitz Roy, Warszawa, Wydawnictwo Przeglądu Tygodniowego 1887.

Darwin, C. 1859. On the Origin of Species by Means of Natural Selection,

wyd. I, London: John Murray. Wyd. polskie: O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego czyli o utrzymywaniu się doskonalszych ras w walce o byt, Nakładem Redakcji „Przeglądu Tygodniowego”, Warszawa 1884-5.

Darwin, C. 1868. *The Variation of Animals and Plants under Domestication*, 2 vols. London: John Murray. Wyd. polskie: *Zmienność zwierząt i roślin w stanie kultury*, 2. vol., Wydawnictwo Przeglądu Tygodniowego, Warszawa 1888-1889.

Darwin, C. 1871. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*, 2 vols. London: John Murray. Wyd. polskie: *Dobór płciowy*, Księgarnia Polska, Lwów 1875; *O pochodzeniu człowieka*, Księgarnia Polska, Lwów 1884.

Darwin, C. 1872. *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. London: John Murray. Wyd. polskie: *O wyrazie uczuć u człowieka i zwierząt*, PWN, Warszawa 1988

Darwin, C. 1882. *The Various Contrivances by which Orchids are Fertilised by Insects*. London: John Murray.

Darwin, C. 1887a. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. 1. London: John Murray.

Darwin, C. 1887b. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. 2. London: John Murray.

Darwin, C. 1887c. *The Life and Letters of Charles Darwin*, vol. 3. London: John Murray.

Darwin, C. 1903. *More Letters of Charles Darwin: A Record of his Work in a Series of Hitherto Unpublished Letters*, 2 vols. London: John Murray.

Darwin, C, Wallace, A.R. 1859. *On the tendency of species to form varieties; and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection*, „*Journal of the Proceedings of the Linnaean Society (Zoology)*”, 3, 45-62.

Davies, N.B. 2000. *Cuckoos, Cowbirds and Other Cheats*. London: T. & A. D. Poyser.

Davies, P.C.W. 1998. *The Fifth Miracle: The Search for the Origin of Life*. London: Allen Lane, The Penguin Press.

Davies, P.C.W, Lineweaver, C.H. 2005. *Finding a second sample of life on earth*, „*Astrobiology*”, 5, 154-163.

Dawkins, R. 1986. *The Blind Watchmaker*. London: Longman. Wyd. polskie:

Ślepy zegarmistrz, PIW, Warszawa 1994.

Dawkins, R. 1989. The evolution of evolvability, [w:] C.E. Langton, red., *Artificial Life*, 201-220. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Dawkins, R. 1995. *River Out of Eden*. London: Weidenfeld & Nicolson. Wyd. polskie: *Rzeka genów*, CiS, Warszawa 1996.

Dawkins, R. 1996. *Climbing Mount Improbable*. London: Viking. Wyd. polskie: *Wspinaczka na szczyt nieprawdopodobieństwa*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1998.

Dawkins, R. 1998. *Unweaving the Rainbow*. London: Penguin. Wyd. polskie: *Rozplatanie tęczy*. Prószyński i S-ka, Warszawa 2001.

Dawkins, R. 1999. *The Extended Phenotype*, rev. edn. Oxford: Oxford University Press. Wyd. polskie: *Fenotyp rozszerzony*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2007.

Dawkins, R. 2004. *The Ancestor's Tale: A Pilgrimage to the Dawn of Life*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Dawkins, R. 2006. *The Selfish Gene*, 30th anniversary edn. Oxford: Oxford University Press. (First publ. 1976.). Wyd. polskie: *Samolubny gen*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2007.

Dawkins, R., Krebs, J.R. 1979. Arms races between and within species, „*Proceedings of the Royal Society of London*”, Series B, 205, 489-511.

Dennett, D. 1995. *Darwin's Dangerous Idea: Evolution and the Meanings of Life*. London: Allen Lane.

Desmond, A, Moore, J. 1991. *Darwin: The Life of a Tormented Evolutionist*. London: Michael Joseph.

Diamond, J. 1991. *The Rise and Fall of the Third Chimpanzee: Evolution and Human Life*. London: Radius. Wyd. polskie: *Trzeci szympan. Ewolucja i przyszłość zwierzęcia zwanego człowiekiem*, PIW, Warszawa 1998.

Domning, D.R 2001. The earliest known fully quadrupedal sirenian, „*Nature*”, 413, 625-627.

Dubois, E. 1935. On the gibbon-like appearance of *Pithecanthropus erectus*, „*Proceedings of the Section of Sciences of the Koninklijke Akademie van Wetenschappen*”, 38, 578-85.

Dudley, J.W., Lambert, R.J. 1992. Ninety generations of selection for oil and protein in maize, „Maydica", 37, 81-87.

Eltz, T., Roubik, D.W., Lunau, K. 2005. Experience-dependent choices ensure species-specific fragrance accumulation in male orchid bees, „Behavioral Ecology and Sociobiology", 59, 149-156.

Endler, J.A. 1980. Natural selection on color patterns in *Poecilia reticulata*, „Evolution", 34, 76-91.

Endler, J.A. 1983. Natural and sexual selection on color patterns in poeciliid fishes, „Environmental Biology of Fishes", 9, 173-190.

Endler, J.A. 1986. Natural Selection in the Wild. Princeton: Princeton University Press.

Fisher, R.A. 1999. The Genetical Theory of Natural Selection: A Complete Variorum Edition. Oxford: Oxford University Press.

Fortey, R. 1997. Life: An Unauthorised Biography. A Natural History of the First Four Thousand Million Years of Life on Earth. London: HarperCollins.

Fortey, R. 2000. Trilobite: Eyewitness to Evolution. London: HarperCollins.

Futuyma, D.J. 1998. Evolutionary Biology, wyd. III. Sunderland, Mass.: Sinauer.

Gillespie, N.C. 1979. Charles Darwin and the Problem of Creation. Chicago: University of Chicago Press.

Goldschmidt, T. 1996. Darwin's Dreampond: Drama in Lake Victoria. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Gould, S.J. 1977. Ontogeny and Phylogeny. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Gould, S.J. 1978. Ever since Darwin: Reflections in Natural History. London: Burnett Books / Andre Deutsch.

Gould, S.J. 1983. Hen's Teeth and Horse's Toes. New York: W.W. Norton.

Grafen, A. 1989. Evolution and its Influence. Oxford: Clarendon Press.

Gribbin, J., Cherkas, J. 2001. The First Chimpanzee: In Search of Human Origins. London: Penguin.

Haeckel, E. 1974. Art Forms in Nature. New York: Dover.

Haldane, J.B.S. 1985. *On Being the Right Size and Other Essays*. Oxford: Oxford University Press.

Hallam, A., Wignall, P.B. 1997. *Mass Extinctions and their Aftermath*. Oxford: Oxford University Press.

Hamilton, W.D. 1996. *Narrow Roads of Gene Land*, vol. 1: *Evolution of Social Behaviour*. Oxford: W.H. Freeman/Spektrum.

Hamilton, W.D. 2001. *Narrow Roads of Gene Land*, vol. 2: *Evolution of Sex*. Oxford: Oxford University Press.

Harrison, D.F.N. 1980. Biomechanics of the giraffe larynx and trachea, „*Acta Oto-Laryngology and Otology*”, 89, 258-264.

Harrison, D.F.N. 1981. Fibre size frequency in the recurrent laryngeal nerves of man and giraffe, „*Acta Oto-Laryngology and Otology*”, 91, 383-389.

Helmholtz, H. von. 1881. *Popular Lectures on Scientific Subjects*, wyd. II, trans. E. Atkinson. London: Longmans.

Herrel, A.; Huyghe, K.; Vanhooydonck, B.; Backeljau, T.; Breugelmans, K.; Grbac, I.; Van Damme, R.; Irschick, D.J. 2008. Rapid largescale evolutionary divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource, „*Proceedings of the National Academy of Sciences*”, 105, 4792-4795.

Herrel, A.; Vanhooydonck, B.; Van Damme, R. 2004. Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or constraint? „*Journal of Evolutionary Biology*”, 17, 974-984.

Horvitz, H.R. 2003. *Worms, life and death*, [w:] T. Frangmyr, red., *Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures*, 320-351. Stockholm: The Nobel Foundation.

Huxley, J. 1942. *Evolution: The Modern Synthesis*. London: Allen & Unwin.

Huxley, J. 1957. *New Bottles for New Wine: Essays*. London: Chatto & Windus.

Ji, Q.; Luo, Z.-X.; Yuan, C.-X.; Wible, J. R.; Zhang, J.-E.; Georgi, J.A. 2002. The earliest known eutherian mammal, „*Nature*”, 416, 816-822.

Johanson, D. Edgar, B. 1996. *From Lucy to Language*. New York: Simon & Schuster.

Johanson, D.C., Edey, M.A. 1981. Lucy: The Beginnings of Humankind. London: Granada.

Jones, S. 1993. The Language of the Genes: Biology, History and the Evolutionary Future. London: HarperCollins.

Jones, S. 1999. Almost Like a Whale: The Origin of Species Updated. London: Doubleday.

Joyce, W.G., Gauthier, J.A. 2004. Palaeoecology of Triassic stem turtles sheds new light on turtle origins, „Proceedings of the Royal Society of London", Series B, 271, 1-5.

Keynes, R. 2001. Annie's Box: Charles Darwin, his Daughter and Human Evolution. London: Fourth Estate.

Kimura, M. 1983. The Neutral Theory of Molecular Evolution. Cambridge: Cambridge University Press.

Kingdon, J. 1990. Island Africa. London: Collins.

Kingdon, J. 1993. Self-Made Man and his Undoing. London: Simon & Schuster.

Kingdon, J. 2003. Lowly Origin: Where, When, and Why our Ancestors First Stood Up. Princeton and Oxford: Princeton University Press.

Kitcher, P. 1983. Abusing Science: The Case Against Creationism. Milton Keynes: Open University Press.

Leakey, R. 1994. The Origin of Humankind. London: Weidenfeld & Nicolson. Wyd. polskie: Pochodzenie człowieka, CiS, Warszawa 1996.

Leakey, R., Lewin, R. 1992. Origins Reconsidered: In Search of What Makes Us Human. London: Little, Brown.

Leakey, R., Lewin, R. 1996. The Sixth Extinction: Biodiversity and its Survival. London: Weidenfeld & Nicolson.

Lenski, R.E., Travisano, M. 1994. Dynamics of adaptation and diversification: a 10,000-generation experiment with bacterial populations, „Proceedings of the National Academy of Sciences", 91, 6808-6814.

Li, C; Wu, X.-C; Rieppel, O.; Wang, L.-T.; and Zhao, L.-J. 2008. An ancestral

turtle from the Late Triassic of southwestern China, „Nature”, 456, 497-501.

Lorenz, K. 2002. *Man Meets Dog*, 2nd edn. London: Routledge. Wyd. polskie: *I tak człowiek trafił na psa*, PIW, Warszawa 2006.

Malthus, T. R. 2007. *An Essay on the Principle of Population*. New York: Dover. (prwdr. 1798.) Wyd. polskie: *Esej o ludności*, Wydawnictwo Jirafa Roją, Warszawa 2007.

Marchant, J. 1916. *Alfred Russel Wallace: Letters and Reminiscences*, vol. 1. London: Cassell.

Martin, J.W. 1993. The samurai crab, „Terra”, 31, 30-34.

Maynard Smith, J. 2008. *The Theory of Euolution*, wyd. III. Cambridge: Cambridge University Press.

Mayr, E. 1963. *Animal Species and Euolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Mayr, E. 1982. *The Growth of Biological Thought: Diuersity, Euolution, and Inheritance*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Medawar, PB. 1982. *Pluto's Republic*. Oxford: Oxford University Press.
Mendel, G. 2008. *Experiments in Plant Hybridisation*. New York: Cosimo Classics.
Meyer, R.L. 1998. Roger Sperry and his chemoaffinity hypothesis, „Neuropsychologia”, 36, 957-980.

Miller, J.D.; Scott, E.C.; Okamoto, S. 2006. Public acceptance of evolution, „Science”, 313, 765-766.

Miller, K.R. 1999. *Finding Darwin's God: A Scientist's Search for Common Ground between God and Euolution*. New York: Cliff Street Books.

Miller, K.R. 2008. *Only a Theory: Euolution and the Battle for America 's Soul*. New York: Viking.

Monod, J. 1972. *Chance and Necessity: An Essay on the Natural Philosophy of Modern Biology*. London: Collins. Wyd. polskie: *Przypadek i konieczność*, Krag, Warszawa 1980.

Morris, D. 2008. *Dogs: The Ultimate Dictionary of Ouer 1,000 Dog Breeds*. London: Trafalgar Square.

Morton, O. 2007. *Eating the Sun: How Plants Power the Planet*. London:

Fourth Estate.

Nesse, R.M., Williams, G.C. 1994. *The Science of Darwinian Medicine*. London: Orion.

Odell, G.M.; Oster, G.; Burnside, B.; Alberch, E 1980. A mechanical model for epithelial morphogenesis, „*Journal of Mathematical Biology*”, 9, 291-295.

Owen, D.F. 1980. *Camouflage and Mimicry*. Oxford: Oxford University Press.
Owen, R. 1841. Notes on the anatomy of the Nubian giraffe (*Camelopardalis*), „*Transactions of the Zoological Society of London*”, 2, 217-248.

Owen, R. 1849. Notes on the birth of the giraffe at the Zoological Society's gardens, and description of the foetal membranes and some of the natural and morbid appearances observed in the dissection of the young animal, „*Transactions of the Zoological Society of London*”, 3, 21-28.

Owen, R.B.; Crossley, R.; Johnson, T.C.; Tweddle, D.; Kornfield, I.; Davison, S.; Eccles, D.H.; Engstrom, D.E. 1989. Major low levels of Lake Malawi and their implications for speciation rates in cichlid fishes, „*Proceedings of the Royal Society of London*”, Series B, 240, 519-53.

Oxford English Dictionary, wyd II, 1989. Oxford: Oxford University Press.

Pagel, M. 2002. *Encyclopedia of Evolution*, 2 vols. Oxford: Oxford University Press.

Panafieu, de, J.-B., Gries, R 2007. *Evolution in Action: Natural History through Spectacular Skeletons*. London: Thames & Hudson.

Penny, D.; Foulds, L.R.; Hendy, M.D. 1982. Testing the theory of evolution by comparing phylogenetic trees constructed from five different protein sequences, „*Nature*”, 297, 197-200.

Pringle, J.W.S. 1948. The gyroscopic mechanism of the halteres of Diptera, „*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*”, Series B, Biological Sciences, 223, 347-384.

Prothero, D.R. 2007. *Evolution: What the Fossils Say and Why It Matters*. New York: Columbia University Press.

Quammen, D. 1996. *The Song of the Dodo: Island Biogeography in an Age of Extinctions*. London: Hutchinson.

Reisz, R.R., Head, J.J. 2008. Palaeontology: turtle origins out to sea, „*Nature*”,

456, 450-451.

Reznick, D.N.; Shaw, F.H.; Rodd, H.; Shaw, R.G. 1997. Evaluation of the rate of evolution in natural populations of guppies (*Poecilia reticulata*), „Science”, 275, 1934-1937.

Ridley, Mark 1994. *A Darwin Selection*, 2nd rev. edn. London: Fontana.
Ridley, Mark 2000. *MendeUs Demon: Gene Justice and the Complexity of Life*. London: Weidenfeld & Nicolson.

Ridley, Mark 2004. *Evolution*, wyd. III, Oxford: Blackwell.

Ridley, Matt 1993. *The Red Queen: Sex and the Evolution of Human Nature*. London: Viking. Wyd. polskie *Czerwona królowa*, Rebis, Poznań 1999.

Ridley, Matt 1999. *Genome: The Autobiography of a Species in 23 Chapters*. London: Fourth Estate. Wyd. polskie: *Genom. Autobiografia gatunku w 23 rozdziałach*, Rebis, Poznań 2001.

Ruse, M. 1982. *Darwinism Defended: A Guide to the Evolution Controversies*. Reading, Mass.: Addison-Wesley.

Sagan, C. 1981. *Cosmos*. London: Macdonald. Wyd. polskie: *Kosmos*, Zysk i S-ka, Poznań 1997.

Sagan, C. 1996. *The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark*. London: Headline. Wyd. polskie: *Świat nawiedzany przez demony. Nauka jako światło w mroku*, Zysk i S-ka, Poznań 1999.

Sarich, V.M. Wilson, A.C. 1967. Immunological time scale for hominid evolution, „Science”, 158, 1200-1203.

Schopf, J.W. 1999. *Cradle of Life: The Discovery of Earth's Earliest Fossils*. Princeton: Princeton University Press.

Schuenke, M.; Schulte, E.; Schumacher, U.; Rude, J. 2006. *Atlas of Anatomy*. Stuttgart: Thieme.

Sclater, A. 2003. The extent of Charles Darwin's knowledge of Mendel, „Georgia Journal of Science”, 61, 134-7.

Scott, E.C. 2004. *Evolution vs. Creationism: An Introduction*. Westport, Conn.: Greenwood.

Shermer, M. 2002. In *Darwin's Shadow: The Life and Science of Alfred*

Russel Wallace. Oxford: Oxford University Press.

Shubin, N. 2008. *Your Inner Fish: A Journey into the 3.5 Billion-Year History of the Human Body*. London: Allen Lane. Wyd. polskie: *Twoja wewnętrzna menażeria*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2009.

Sibson, F. 1848. On the blow-hole of the porpoise, „*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*”, 138, 117-123.

Simons, D.J., Chabris, C.F. 1999. Gorillas in our midst: sustained inattention blindness for dynamic events, „*Perception*”, 28, 1059-1074.

Simpson, G.G. 1953. *The Major Features of Evolution*. New York: Columbia University Press. Simpson, G.G. 1980. *Splendid Isolation: The Curious History of South American Mammals*. New Haven: Yale University Press.

Skelton, R. 1993. *Evolution: A Biological and Palaeontological Approach*. Wokingham: Addison-Wesley.

Smith, J.L.B. 1956. *Old Fourlegs: The Story of the Coelacanth*. London: Longmans.

Smolin, L. 1997. *The Life of the Cosmos*. London: Weidenfeld & Nicolson. Wyd. polskie: *Życie kosmosu*, Prószyński i S-ka, Warszawa 1999.

Soll D., RajBhandary, U.L. 2006. The genetic code — thawing the 'frozen accident', „*Journal of Biosciences*”, 31, 459-463.

Southwood, R. 2003. *The Story of Life*. Oxford: Oxford University Press.

Stringer, C. McKie, R. 1996. *African Exodus: The Origins of Modern Humanity*. London: Jonathan Cape.

Sulston, J.E. 2003. *C. elegans: the celi lineage and beyond*, [w:] T. Frangsmyr, red., *Les Prix Nobel, The Nobel Prizes 2002: Nobel Prizes, Presentations, Biographies and Lectures*, 363-381. Stockholm: The Nobel Foundation.

Sykes, B. 2001. *The Seven Daughters of Eve: The Science that Reveals our Genetic Ancestry*. London: Bantam.

Thompson, D.A.W. 1942. *On Growth and Form*. Cambridge: Cambridge University Press.

Thompson, S.E, Gardner, M. 1998. *Calculus Made Easy: Being a Very-Simple Introduction to Those Beautiful Methods of Reckoning Which Are*

Generally Called by the Terrifying Names of the Differential Calculus and the Integral Calculus. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

Thomson, K.S. 1991. Living Fossil: The Story of the Coelacanth. London: Hutchinson Radius.

Trivers, R. 2002. Natural Selection and Social Theory. Oxford: Oxford University Press.

Trut, L.N. 1999. Early canid domestication: the farm-fox experiment, „American Scientist”, 87, 160-169.

Tudge, C. 2000. The Variety of Life: A Survey and a Celebration of All the Creatures that Have Ever Lived. Oxford: Oxford University Press.

Wallace, A.R. 1871. Contributions to the Theory of Natural Selection: A Series of Essays. London: Macmillan.

Weiner, J. 1994. The Beak of the Finch: A Story of Evolution in our Time. London: Jonathan Cape.

Wickler, W. 1968. Mimicry in Plants and Animals. London: Weidenfeld & Nicolson.

Williams, G.C. 1966. Adaptation and Natural Selection: A Critique of Some Current Evolutionary Thought. Princeton: Princeton University Press.

Williams, G.C. 1992. Natural Selection: Domains, Levels, and Challenges. Oxford: Oxford University Press.

Williams, G.C. 1996. Plan and Purpose in Nature. London: Weidenfeld & Nicolson.

Williams, R. 2006. Unintelligent Design: Why God Isn't as Smart as She Thinks She Is. Sydney: Allen & Unwin.

Wilson, E.O. 1984. Biophilia. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Wilson, E.O. 1992. The Diversity of Life. Cambridge, Mass.: Harvard University Press. Wyd. polskie: Różnorodność życia, PIW, Warszawa 1999.

Wolpert, L. 1991. The Triumph of the Embryo. Oxford: Oxford University Press. Wolpert, L.; Beddington, R.; Brockes, J.; Jessell, T.; Lawrence, R.; Meyerowitz, E. 1998. Principles of Development. London and Oxford: Current Biology/ Oxford University Press.

Young, M. Edis, T. 2004. Why Intelligent Design Fails: A Scientific Critique of the New Creationism. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.

Zimmer, C. 1998. At the Water's Edge: Macroevolution and the Transformation of Life. New York: Free Press.

Zimmer, C. 2002. Evolution: The Triumph of an Idea. London: Heinemann.

**ILUSTRACJE —
PODZIĘKOWANIA I
PRAWA AUTORSKIE**

Szczególnie chciałbym podziękować tym wszystkim, którzy pomogli mi wybrać odpowiednie ilustracje i dotrzeć do nich. Do tego grona należą: Larry Benjamin, Catherine Bosivert, Philippa Brewer, Ralf Britz, Sandra Chapman, Jennifer Clack, Margaret Clegg, Daryl E Domning, Anthony Herrel, Zerina Johanson, Barrie Juniper, Paul Kenrick, Zhe-Xi Luo, Colin McCarthy, David Martill, PZ. Myers, Colin Palmer, Roberto Portela-Miguez, Mai Qaraman, Lorna Steel, Chris Stringer, John Sulston i Peter Wellnhofer.

WKŁADKI KOLOROWE

s. 1: Ogród rozkoszy ziemskich Jan Brueghel Starszy, 1607-8, Luwr, Paryż: Lauros/Girau-don/The Bridgeman Art Library.

s. 2-3: (a) *Brassica oleracea*, Dorset: © Martin Fowler/Alamy; (b) Tom Poland; (c) Bernard Lavery (posiadacz czternastu światowych rekordów ogrodniczych, w tym również za wielką kapustę ze Spalding) Lines., 1993: Chris Steele-Perkins/Magnum Photos; (d) Great Sand Dunes National Monument, Colorado: © Chris Howes/Wild Places Photography/Alamy; (e) Hokkaido: Mitsushi Okada/Getty Images; (f) Astucieux du Moulin de Ran-ce, byk rasy Belgian Blue z hodowli B.E. Newtona: Yann Arthus-Bertrand/CORBIS; (g) Kathy Knott, zwyciężczyni British Bodybuilding Championships w roku 1996: © Barry Lewis/Corbis; (h) © moodboard/alamy.

s. 4-5: Tłó: © G&M Garden Images/Alamy; (a) *Angraecum sesquipedale*, Perinet National Park, Madagaskar: Pete Oxford/Nature Picture Library, *Xanthopan morgani praedicta*: © Natural History Museum/Alamy; (b) *Coryanthes speciosa*: © Custom Life Science Images/ Alamy; (c) photolibrary/Oxford Scientific Films; (d) *Amazillia franciae*, Mindo, Ecuador: Rolf Nussbaumer/Nature Picture Library; (e) © Nic Bothma/epa/Corbis; (f) *Macroglossum stellatarum*, Szwajcaria: Rolf Nussbaumer/Nature Picture Library; (g) Babs and Bert Wells/Oxford Scientific Films/photolibrary; (h) *Ophrys holosericea*: blickwinkel/Alamy; (i, j) *Oenothera biennis* Bjorn Rorslett/Science Photo Library; (k) *Brassia rex*, Papua Nowa Gwinea: © Doug Steeley/Alamy

s. 6-7: (a) *Phasianus colchicus*: Richard Packwood/Oxford Scientific Films/photolibrary; (b) Maximillian Winzler/Alamy; (c) *Hymenopus coronatus*, Malezja: Thomas Min-den/Minden Pictures/National Geographic Stock; (d) © Michael & Patricia Fogen/Corbis; (e) © Jim Zuckerman/Corbis; (f) Costa Rica.

s. 8: Simons, D.J., Chabris, C.F. (1999). Gorillas in our midst: Sustained inattentive blindness for dynamic events. „Perception”, 28, 1059-1074. Krawat dzięki przejmomości Josha Timonena.

s. 9: *Darwinius masillae*: © Atlantic Productions Ltd/photo Sam Peach.

s. 10-11: (a) Karen Carr: © Field Museum; (b) Tiktalik: © Ted Daeschler/Academy of Natural Sciences/VIREO; (c) Tiktalik model: Copyright Tyler Keillor; (d) ZooParc, Saint-Aignan, 2003: AFP/Getty Images; (e) AFP/Getty Images; (f) Odontochelys: Marlene Donnelly/courtesy of The Field Museum.

s. 12-13: (a, b) Thomas A. Steitz. (c) Russell Knightley/Science Photo Library.

s. 14-15: (a), (b) Edelmann/Science Photo Library; (c) i (d) Dr Yorgos Nikas/Science Photo Library; (e), (f); (g) i (h): photo Lennart Nilsson © Lennart Nilsson; (i); (j) Edelmann/Science Photo Library; (k), (l) Oxford Scientific Films/photolibrary; (m) Getty Images/Steve Satushek.

s. 16: dylan.winter@virgin.net.

s. 17: © Kevin Schafer/Alamy.

s. 18-19: (a) R.D. Muller, M. Sdrolias, C. Gaina, W.R. Roest, Age spreading rates and spreading symmetry of the world's ocean crust, „Geochem. Geophys. Geosyst." 9.Q04006. doi:10.1029/2007/GC001743. Elliot Lim, CIRES & NOAA/NGDC, Marine Geology and Geophysics Division, dostępne też: <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/>; (b) Gary Hincks/Science Photo Library; (c) © Tom Coulson/Dorling Kindersley.

s. 20-21: (a) Wyspa Fernandina, Galapagos: Patrick Morris/Nature Picture Library; (b) Jacques Descloitres, MODIS Land Rapid Response Team, NASA/GSFC; (c), (d), (f), (g) pelikan, wyspa Seymour; legwan, Fernandina; żółw, Santa Cruz; © Josie Cameron Ash-croft; (e) Geochelone elephantopus hoodensis, Santa Cruz, Galapagos: Mark Jones/Oxford Scientific/photolibrary.

s. 22-23: (a) *Macropus giganteus*, Murrumbidgee National Park, Nowa Południowa Walia: Jean Paul Ferrero/Ardea; (b) Brian Rogers/Natural Visions; (c) photo courtesy Wendy Blanshard/Lone Pine Koala Sanctuary; (d) *Ornithorhynchus anatinus*, (e) *Lemur catta*, Berenty Reserve, południowy Madagaskar: Hermann Brehm/Nature Picture Library; (f) baobab, (*Adansonia grandidieri*), zachodni Madagaskar: Nick Garbutt/Nature Picture Library; (g) *Sifaka Propithecus verreauxi*, Berenty Reserve, południowy Madagaskar: (zdjęcie po lewej) Kevin Schafer/Alamy; (zdjęcie środkowe) © Kevin Schafer/Corbis; (zdjęcie po prawej) Heather Angel/Natural Visions.

s. 24: *Sula nebouxii*: (główne zdjęcie) © Michael DeFreitas Ameryka Południowa/Alamy; (boczne zdjęcia) © Westend 61/Alamy; © Fred Lord/Alamy; FLOnline/photolibrary; (dolne dwa zdjęcia) Nick Garbutt/Photoshot. s. 25: Clare D'Alberto: © David Paul/dpimages 2009.

s. 26-27: (a) Cubolimages srl/Alamy; (b) Tim Laman/National Geographic

Stock; (c) © Tim Flach.

s. 28-9: (a) *Struthio camelus*: © Juniors Bildarchiv/Alamy; (b) *Nannopterum harrisi*, Punta Espinosa, Fernandina, Galapagos: © Peter Nicholson/Alamy; (c): Pete Oxford/Nature Picture Library; (d) kakapo (*Strigops habroptilus*), Nowa Zelandia; (e) John Dawson: National Geographic/Getty Images; (f) *Proteus anguinus*: Francesco Tomasinelli/Natural Visions; (g) *Delphinus delphis*, Zatoka Kalifornijska, Meksyk

s. 30-31: (a) *Lanius senator* © Nature Picture Library /Alamy; (b) *Panthera leo*, Etosha National Park, Namibia: © Martin Harvey/Alamy; (c) *Pieris brassicae* i *Cotesia glomerata*: © WILDLIFE GmbH/Alamy; (d) Selangor, Malezja; © Hans Strand s. 32: (a) dorzecze Amazonki: © Stock Connection Distribution/Alamy; (b) dziki czosnek (*Allium ursinum*), Kornwalia: © Tom Joslyn/Alamy; (c) wzgórze i pastwiska, Morgan Territory, California: © Brad Perks Lightscapes/Alamy; (d) *Hookeria luscens*: Dr Keith Wheeler/Science Photo Library.

ILUSTRACJE W TEKŚCIE:

s. 18: David Sipress, „New Yorker”, 23 May 2005: © The New Yorker Collection 2005 David Sipress from cartoonbank.com. All Rights Reserved.

s. 80: Kury za: Charles Darwin, *The Variation of Animals and Plants under Domestication*, 1868.

s. 81: Maska kabuki: photo courtesy Los Angeles Natural History Museum. Heikeajaponica, courtesy Los Angeles Natural History Museum.

s. 94: Dwie linie kukurydzy: J.W. Dudley, R.G. Lambert, *Ninety generations of selection for oil and protein in maize*, „*Maydica*” 37 (1992)

s. 95: Dwie linie szczurów: H.R. Hunt, CA. Hoppert, S. Rosen, *Genetic factors in experimental rat caries*, [w:] R.F. Sognaes, red., *Advances in Experimental Caries Research* (Washington DC: American Association for the Advancement of Science, 1955), 66-81.

s. 105: Dymitr Bielajew, Nowosybirsk, Rosja, marzec 1984, photo RIA Novosti; D.K. Belyayev, *Destabilizing selection as a factor in domestication*, „*Journal of Heredity*” 70 (1979), 301-308.

s. 148: A.C. Brooks, I.O. Buss, *Trend in tusk size of the Uganda elephant*, „*Mammalia*” 26: 1 (1962), 10-34.

s. 152: A. Herrel, B. Vanhooydonck, R. van Damme, *Omnivory in lacertid lizards: adaptive evolution or restraint*, „*Journal of Evolutionary Biology*” 17 (2004),

974-984; photo courtesy Anthony Herrel.

s. 161: R.E. Lenski, M. Travisano, Dynamics of adaptation and diversification: a 10,000-generation experiment with bacterial populations, „Proceedings of the National Academy of Sciences" 91 (1994), 6808-6814.

s. 180: Lingula: © Natural History Museum, London. Lingulella, engraving © Natural History Museum, University of Oslo.

s. 195: Eomaia scansoria, Chinese Academy of Geological Sciences (CAGS), za: Qiang Ji, Zhe-Xi Luo, Chong-Xi Yuan, John R. Wible, Jian-Ping Zhang, Justin A. Georgi, The earliest known eutherian mammal, „Nature" 416 (25 kwietnia 2002), 816-822.

s. 212: Eusthenopteron, S.M. Andrews, T.S. Westoll, The postcranial skeleton of Eusthenopteron fordsi Whiteaves, „Transactions of the Royal Society of Edinburgh" 68 (1970), 207-329.

s. 213: Ichthyostega, Per Erik Ahlberg, Jennifer Clack, Henning Blom, The axial skeleton of the Devonian tetrapod Ichthyostega, „Nature" 437 (1 września 2005), 137-140, fig. 1.

s. 213: Acanthostega J.A. Clack, The emergence of early tetrapods, „Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology" 232 (2006), 167-189.

s. 214: Panderichthys, za: Jennifer A. Clack.

s. 218: D.R. Prothero, Evolution: What the Fossils Say and Why it Matters, Copyright © 2007 Columbia University Press. Przedruk za zgodą wydawcy.

s. 219: Rekonstrukcja szkieletu Pezosiren portelli. Rzut poziomy, długość ok. 2,1 m. Elementy zacienione to odnalezione skamieniałości: D.P. Domning, The earliest known fully quadrupedal sirenian, „Nature" 413 (11 października 2001), 626-627, fig. 1.

s. 225: W.G. Joyce, J.A. Gauthier, Palaeoecology of Triassic stem turtles sheds new light on turtle origins, „Proceedings of the Royal Society of London" 271 (2004), 1-5.

s. 258: Sahelanthropus tchadensis, © Bone Clones. s. 259: © Bone Clones.

s. 260: photos courtesy Stephen Carr, za: Adolf Naef, Über die Urformen der Anthropomorphen und die Stammesgeschichte des Menschenschadels, „Die Naturwissenschaften" 14: 21 (1926), 472-477. Zdjęcia oryginalne: Herbert Lang/American Natural History Museum Congo Expedition, 1909-15.

s. 279: Neil. A. Campbell, Jane B. Reece, Lawrence G. Mitchell, Biology, 5th edn, fig. 18.2, s. 321. Copyright © 1999 by Benjamin/Cummings, an imprint of Addison Wesley Long-man, Inc. Reprinted by permission of Pearson Education, Inc.

s. 284: RZ. Myers.

s. 304-305: Drzewo rodowe *Caenorhabditis elegans*, <http://www.wormatlas.org>.

s. 324: Mapa Archipelagu Galapagos za: Charles Darwin, Journal of Researches, 1st ilus. edn, 1890, © The Natural History Museum, London.

s. 331: courtesy of Jonathan Kingdon.

s. 341: Rysunek Johna Holdena za: Robert S. Diets: More about Continental drift, „Sea Frontiers”, magazyn International Oceanographic Foundation, marzec-kwiecień 1967.

s. 356: P. Wellnhofer, Pterosaurs (London: Salamander Books, 1991).

s. 359: za: O.C. Marsh, Recent polydactyle horses, „American Journal of Science”, kwiecień 1892. s. 364: Okapi; rysunek Jonathana Kingdona.

s. 370: S.R. Sleightholme, N.R Ayliffe, International Thylacine Specimen Database, Zoological Society of London (2005).

s. 374: Bdeloid; Marcus Hartog, Rotifera, gastrotricha, and kinorhyncha, The Cambridge Natural History, vol. II (1896)

s. 379: Ernst Haeckel, Kunstformen der Natur (1899-1904)

s. 382-383: D'Arcy Wentworth Thompson, On Growth and Form (1917)

s. 399: Prawo Hodgkina, courtesy Jonathan Hodgkin.

s. 401: David Hillis, Derrick Zwickl, Robin Gutell, University of Texas at Austin, <http://www.zo.utexas.edu/faculty/antisense/DownloadfilesToL.html>.

s. 423: Ananguera: John Sibbick.

s. 425: *Thaumatoxena andreinii silvestri*, za R.H.L. Disney, D.H. Kistner, Revision of the termitophilous Thaumatoxeninae (Diptera: Phoridae), „Journal of Natural History”(1992) 26: 953-991.

s. 438: R.J. Berry, A. Hallam, The Collins Encyclopedia of Animal Evolution (1986)

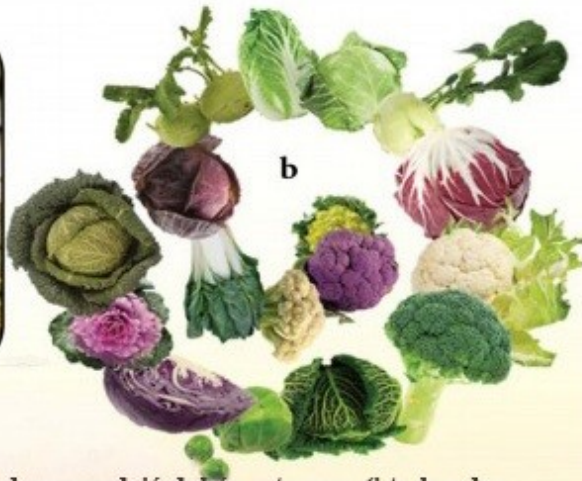
s. 440: Sekcja żyrafy, photo Joy S. Reidenberg PhD.

s. 442: Diagram George'a C. Williamsa.

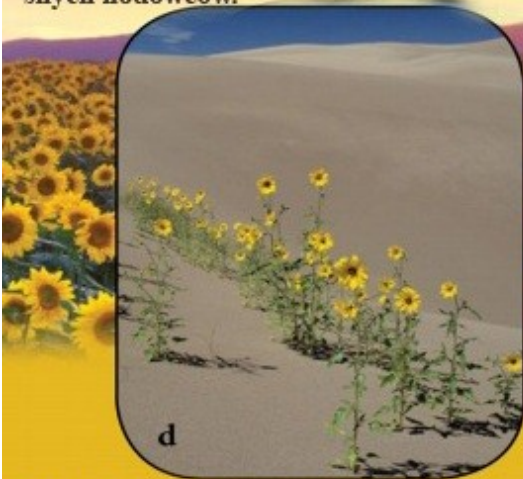
Wydawca poczynił wszelkie starania, by odnaleźć właścicieli praw autorskich wszystkich prac reprodukowanych w książce. W przypadku jakichkolwiek wątpliwości prosimy o kontakt z Bantam Press. Poza ilustracjami wyszczególnionymi powyżej wszystkie ilustracje do książki zostały przygotowane w HL Studios.



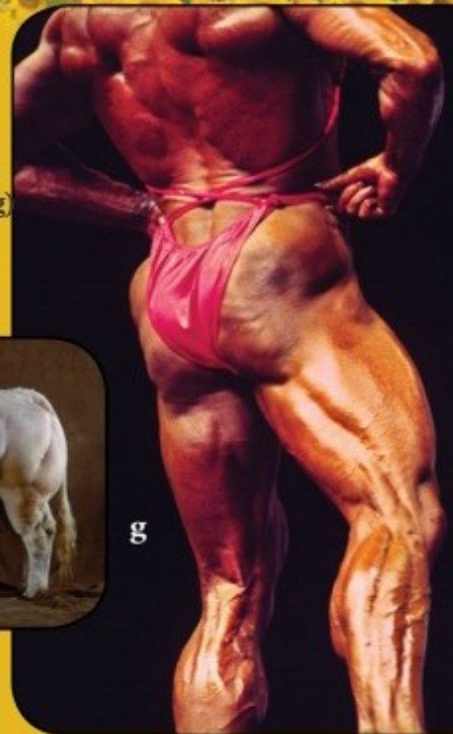
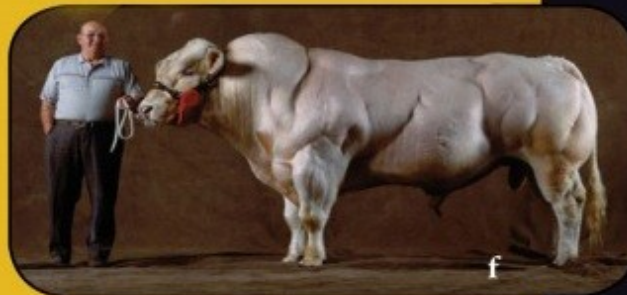
Bóg im błogosławił, mówiąc do nich:
Bądźcie płodni i rozmnażajcie się,
abyście zaludnili ziemię i uczynili ją
sobie poddaną, abyście panowali nad
rybami morskimi, nad ptactwem
powietrznym i nad wszystkimi
zwierzętami pelzającymi po ziemi.
Jak wskazują badania opinii publicz-
nej bardzo wielu ludzi jest kreacjoni-
stami czyli wierzy, że wszystkie żywe
istoty powstały w ciągu zaledwie sześć
tysięcy lat temu.



Oto, do czego potrafi doprowadzić dobor sztuczny (i to bardzo szybko): Dzika kapusta (a) oraz jej użyteczni (b) i monstrualni (c) potomkowie. Słoneczniki zostały (d) dawno temu udomowione przez rdzennych mieszkańców Ameryki i (e) udoskonalone przez współczesnych hodowców.



Belgian Blue (f) to rasa bydła i góra mięśni wyhodowana dzięki sztucznym mutacjom. Góra mięśni u kobiety na zdjęciu obok (g) to efekt ćwiczeń i właściwego odżywiania. Jak widać, zmiany wywołane czynnikami środowiskowymi mogą wydatnie naśladować efekt genetycznych mutacji.



(h) Chihuahua i dog niemiecki to w tym samym stopniu (sporym!) wilki.

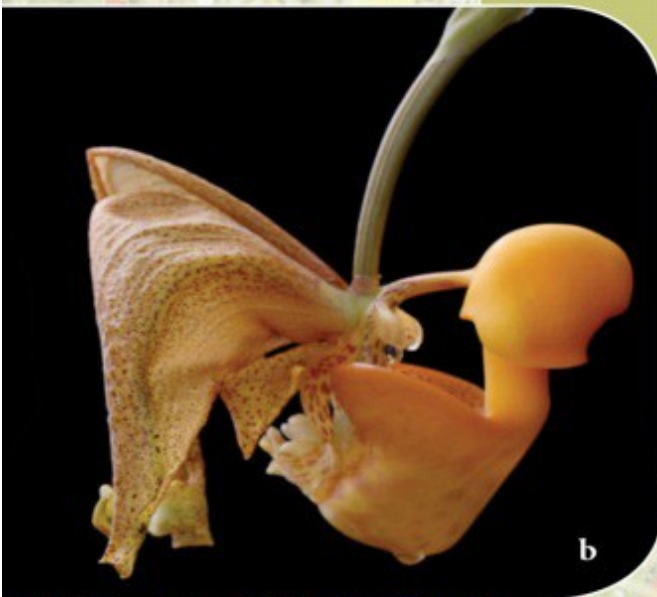
Trudno jednak się tego domyślić, a wystarczyło tylko kilka stuleci hodowli, czyli doboru sztucznego.



h

(a) Długi nektarnik tego madagaskarskiego storczyka pozwolił Darwinowi oraz Wallaceowi udalo się przewidzieć, że musi istnieć owad o trąbce wystarczająco długiej, by go zapylić. Po wielu latach biologom udało się go odkryć to *Xanthopan morgani praedicta* (zawisak zmrocznik Darwina). (b)

Niektóre gatunki storczyków niemal perfekcyjnie opanowały strategię rozmnażania się metodą „celnego pocisku”, (c) Przedstawiciel Euglossini usiłuje wydostać się ze storczyka. Kiedy wreszcie mu się uda, zabierze ze sobą pyłek.



b



c



a

(d) Owad, który udaje kolibra? Fruczak gołąbek (*Macroglossum stellatarum*) to wspaniały przykład ewolucji konwergentnej. (e) Koliber w akcji, Jaskrawoczerwone kwiaty zwykle zapylane są przez ptaki, te bowiem, w przeciwieństwie do owadów, widzą kolory z „czerwonego” krańca widma.

(f) Afrykański nektarnik spijający nektar z czerwonego kwiatu, (g) Storczyk ze swoim „zapyłaczem”. (h) Pułapka? Storczyk to oszust, który podobieństwem do samicy usiłuje zwiść (i skłonić do podjęcia prób kopulacji) samce zapyłających go owadów. Pierwiosnek (i) oraz pierwiosnek oczami owada (j). Może nie jest to rzeczywisty obraz, ale dodanie kolorów pozwala dostrzec wzory, które normalnie widoczne są tylko dla owadów (w ultrafiolecie), (k) Jeden z gatunków storczyka. Czy rzucające się w oczy podobieństwo do pająka to produkt doboru naturalnego?



Jaskrawe upierzenie bażanta-samca (a) zostało „wyhodowane” przez niezliczone pokolenia kur. Podwodne bażanty (b)? Tam, gdzie nie grożą im drapieżniki, gupiki mogą ewoluować bardzo jaskrawe barwy. Podobnie jak w przypadku róż czy tulipanów, ludzcy hodowcy wzmagają tempo i skalę tego procesu - najwyraźniej takie jaskrawo ubarwione gupiki przemawiają do akwarystów równie silnie, jak do samic swojego gatunku.

Niebezpieczne piękno - modliszki (c) skryte we wnętrzu kwiatu czekają na ofiary. Inne gatunki modliszek potrafią też naśladować liście (mimikra). Na zdjęciu (d) nimfa (czyli ostatnie stadium larwalne) jednej z tych modliszek. Również niektóre zwierzęta - na przykład gekon (e) potrafią upodabniać się do martwych liści. To nie jest głowa węża, ale tył gąsienicy (f). Jej przodkowie zdołali przetrwać, bo większość potencjalnych drapieżników dała się zwieść temu podobieństwu i, wystraszona, pozostawiła gąsienicę

a






8

(a) Jaki goryl? Trudno o lepszy dowód, dlaczego nie należy wierzyć zeznaniom naocznych świadków.



Figure provided by Daniel Simons. The video depicted in this figure is available as part of a DVD from Viscog Productions (<http://www.viscog.com>).





Czy to małpa, czy lemur? Ani jedno, ani drugie - to „ogniwo pośrednie"! *Darwinius masillae*, zaliczony do nadrodziny *Adapoida*, bez wątpienia na drzewie ewolucyjnym znajduje się bardzo blisko przodka wszystkich antropoidów, ale stwierdzenie, że odkrycie tego „przejściowego” gatunku stanowi ostateczny argument na rzecz teorii Darwina, jest po prostu śmieszne. Teoria ewolucja została ostatecznie zweryfikowana już dawno temu i dotyczy ona wszystkich żywych, organizmów, a nie tylko naszych bliskich przodków. Ta skamieniałość nazwana została „ósmym cudem świata”, ale jedynym cudem, z jakim w jej przypadku -mamy do czynienia, jest absurdalna zupełnie i przesadna do granic rozsądku reakcja mediów. Mogliśmy przeczytać, że to „najważniejsze znalezisko z ostatnich 47 milionów lat”, „przełomowe wydarzenie”, które „wszystko zmienia” „pierwsze ogniwo łączące ludzi ze światem zwierząt”. To oczywiście wszystko kompletne bzdury, ale skamieniałość rzeczywiście wnosi coś nowego do wiedzy o naszym pochodzeniu, a poza tym istotnie jest piękna, a to już wystarczająco dobry powód, by ją tu pokazać.



(a) The Devonian era when the land waited, full of promise, for the exodus of the fishes from the water. Embodying this huge transition was Canada's prize discovery *Tiktaalik* (b) and (c) – like all 'missing' links, just waiting to be found. But not all the animals who discovered the land stayed there: manatees (d, with babies) and dugongs (e) – together called sirenians, because of their alleged resemblance to mermaids, as perceived by frustrated sailors – returned to the water. Some groups – as suggested by the fascinating *Odontochelys semitestacea*, the proto-turtle without a top shell (f) – having returned to the water, may even have made another return to the land later.

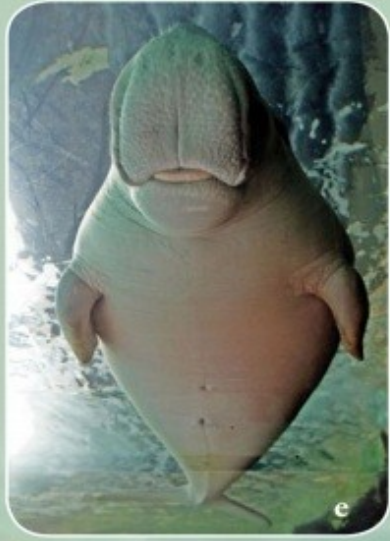
a

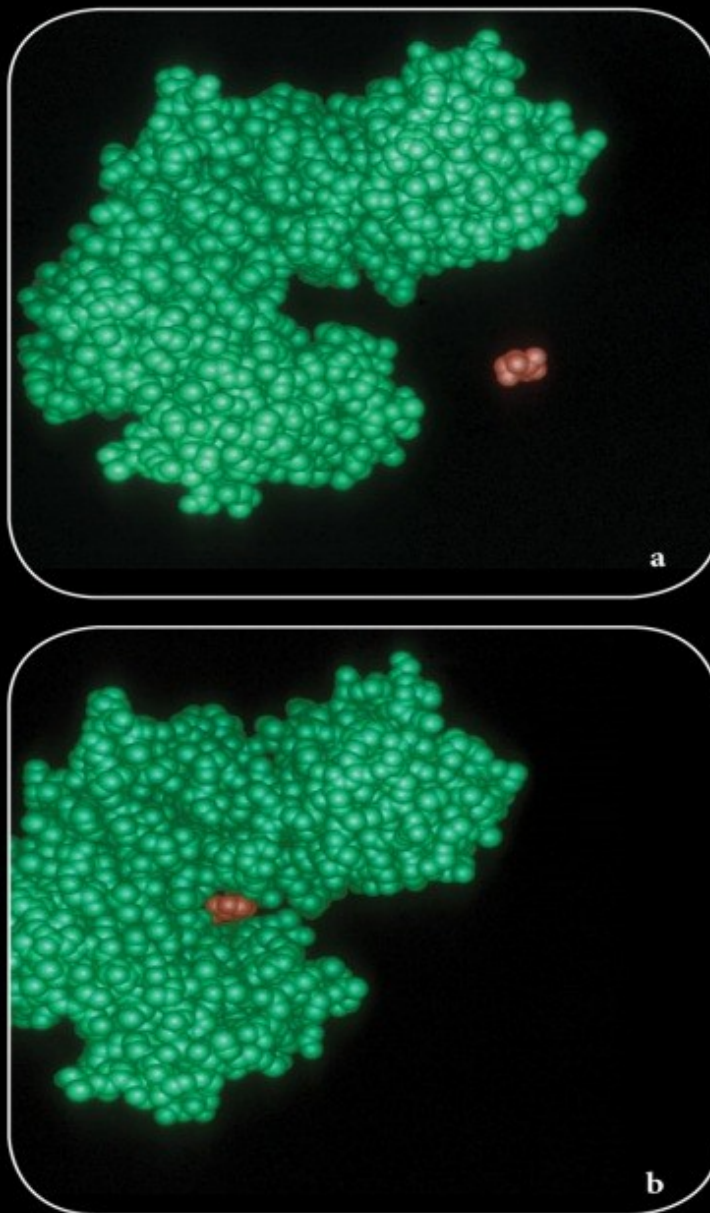


b



c





(a) and (b) The large green molecule is hexokinase, an important enzyme that processes glucose (the small brown molecule) by adding phosphate to it. The open 'jaws' (the 'active site' of the enzyme) in (a) clamp shut on the glucose (b), hold it while phosphate is added, then let it go. (c) Even a single cell is breathtakingly complicated. Far from being just a bag full of juice, the cell is packed with elaborate membranous machines and molecular conveyor belts. The key to understanding how such complexity is put together is that it is all done locally, by small entities obeying *local* rules.



c



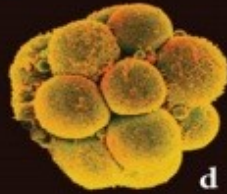
a



b



c

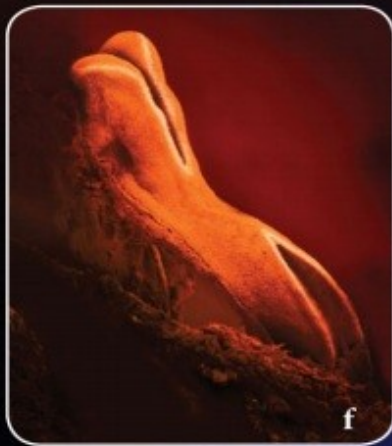


d

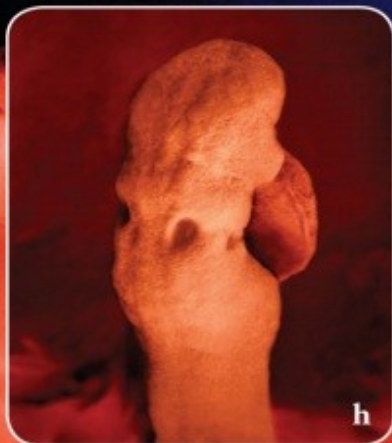


e

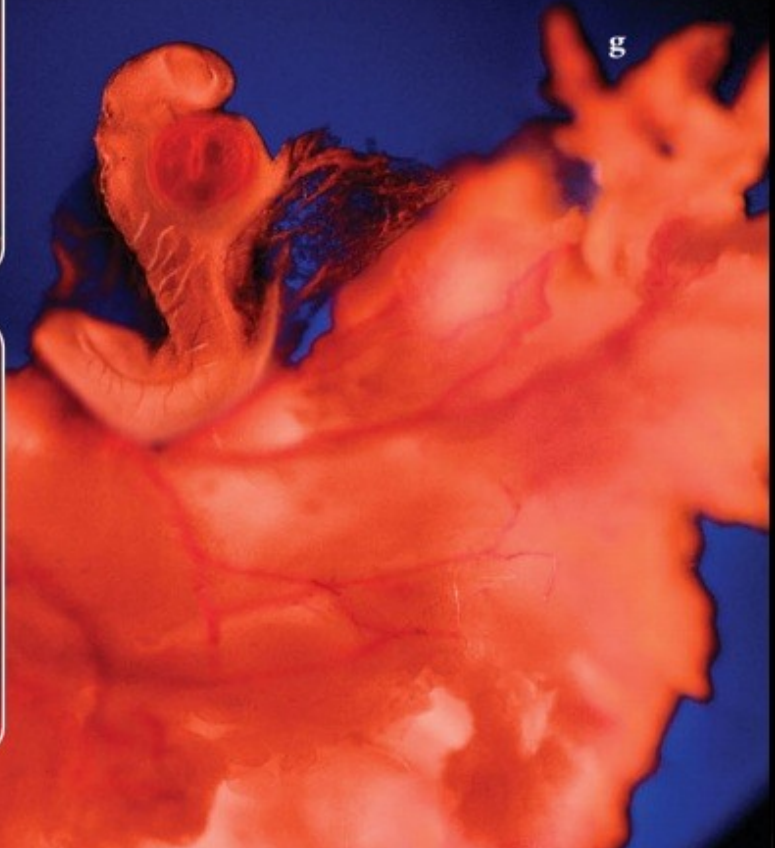
Stages in human development. The fertilized egg cell or zygote (a) splits into two (b), then four, then eight (c), then sixteen (d), all without any increase in total size. At ten days, the embryo implants into the wall of the uterus (e). At twenty-two days the neural tube begins to form (f). At twenty-four days (g) the embryo resembles a tiny fish. At twenty-five days (h) the face is forming. The little holes near the back of the head are the embryonic ears.



f



h



g



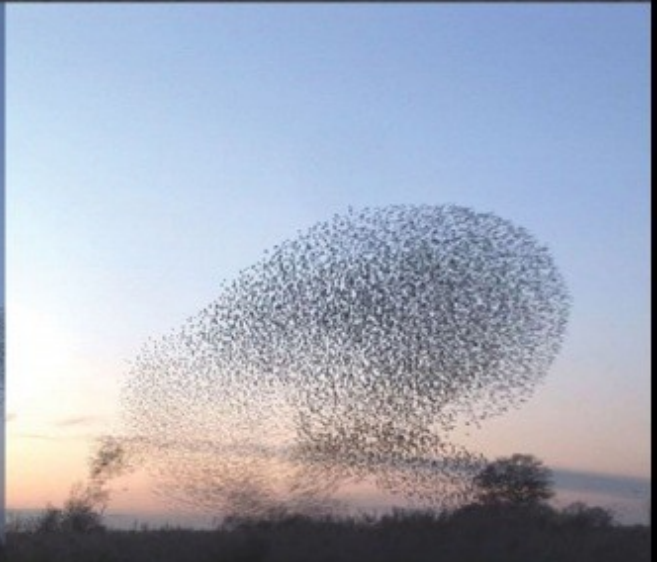
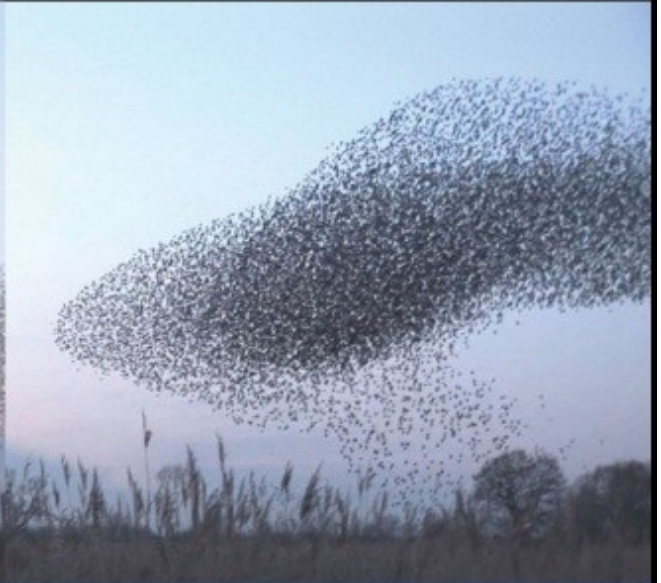
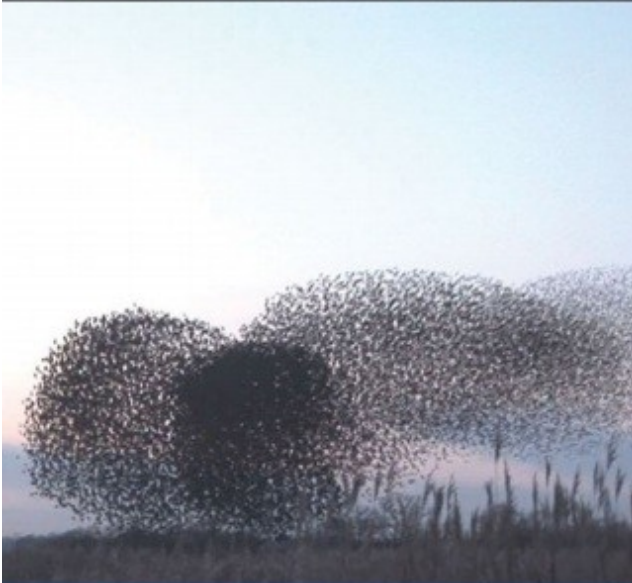
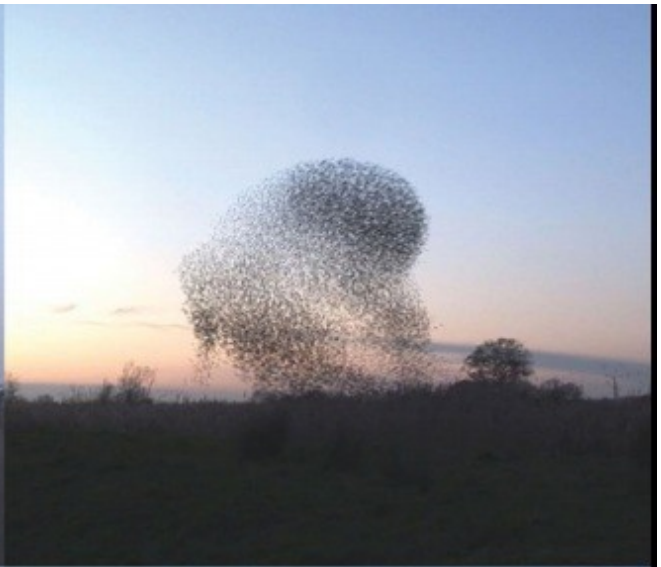
j




At five to six weeks (i) the embryo is starting to look like a baby and it continues to grow, with changing proportions, until birth (m) and beyond.



Surely one of the wonders of the world. Starlings flocking in winter over Otmoor, near Oxford. Group mind? No, local units obeying local rules.

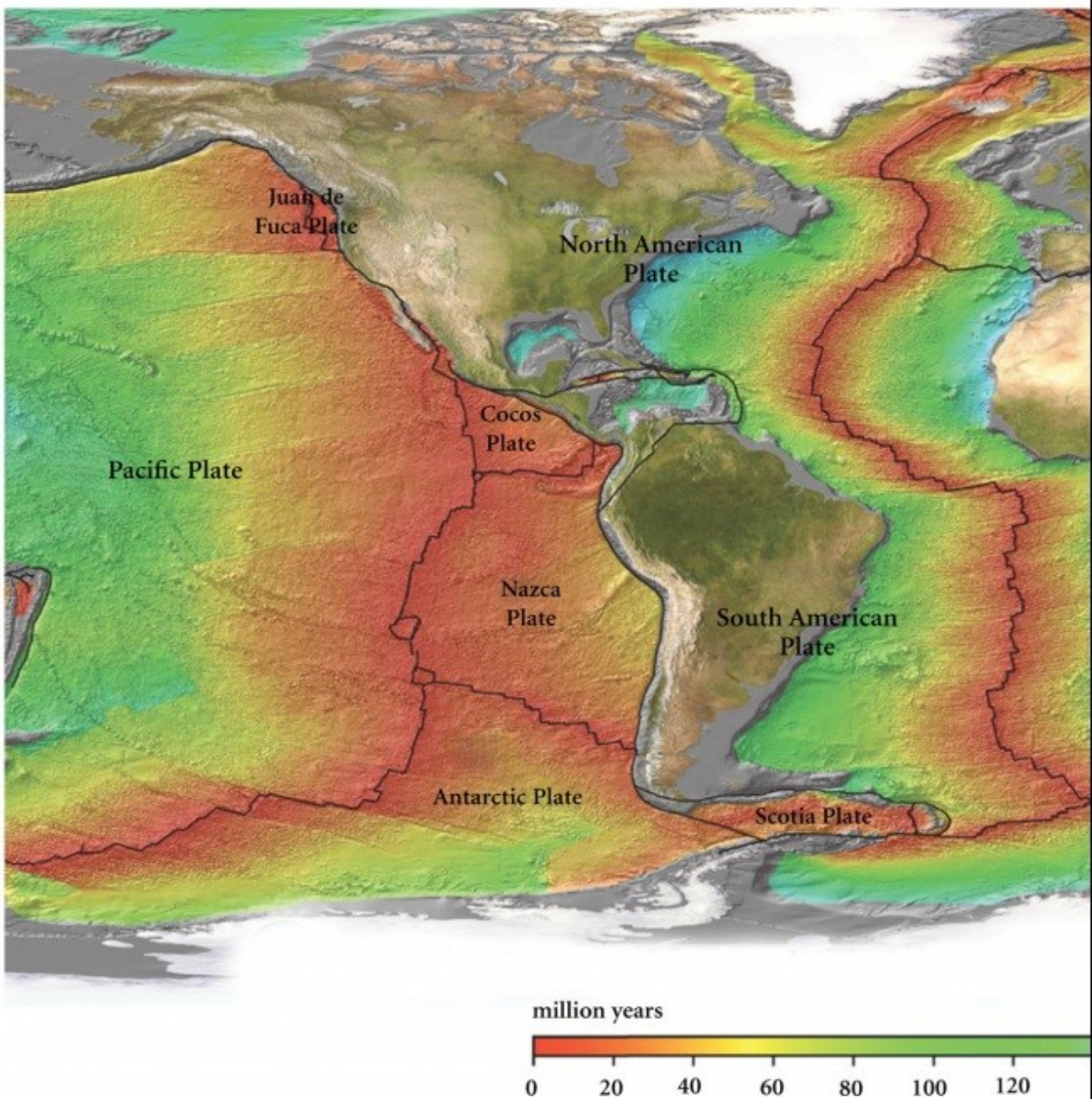


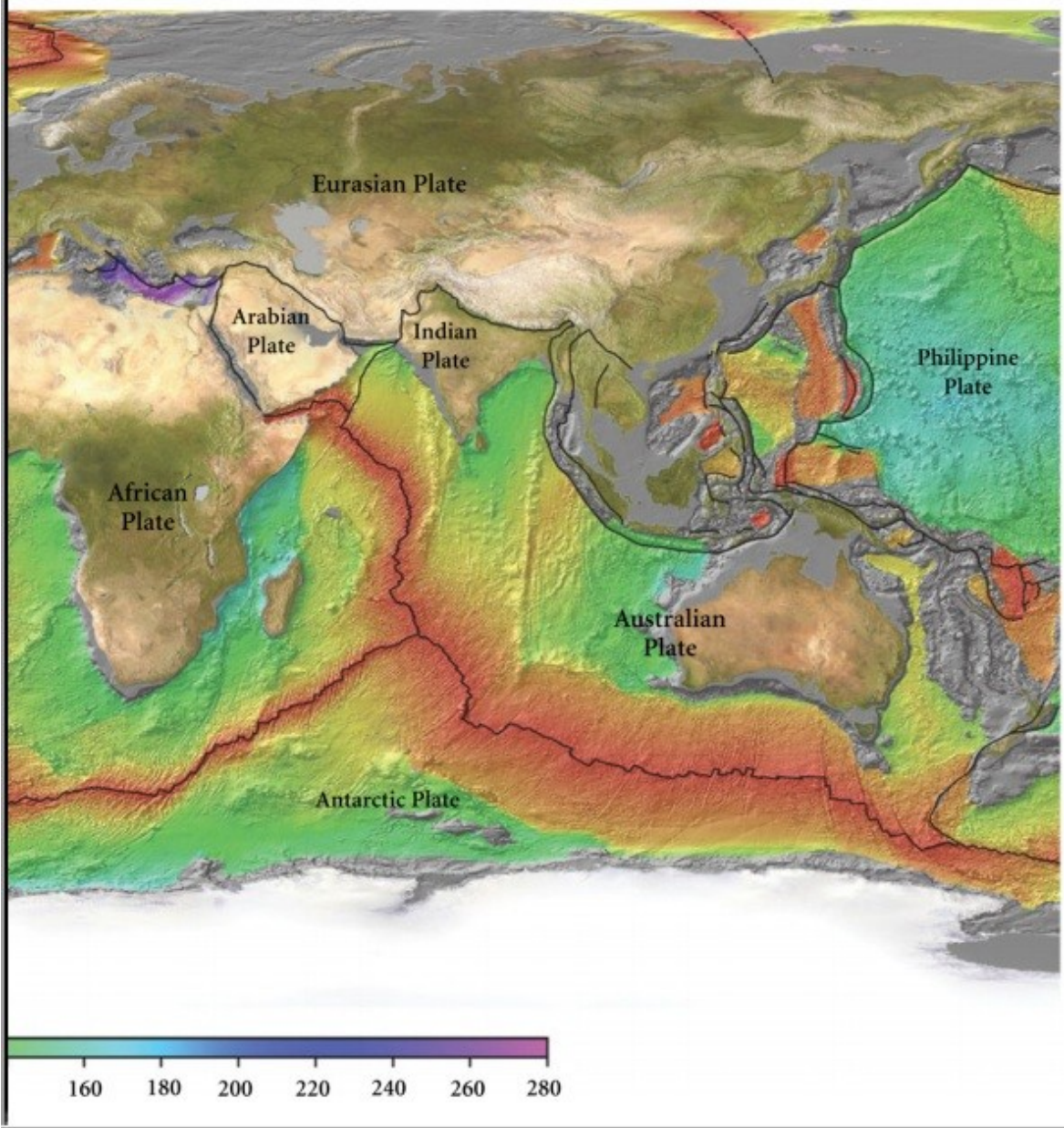
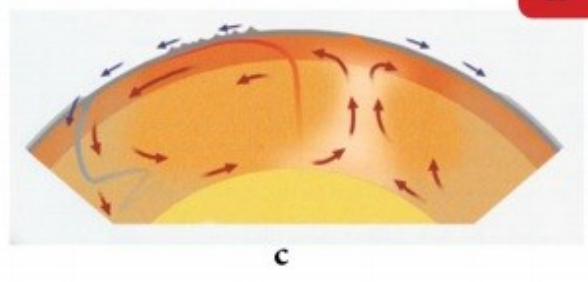
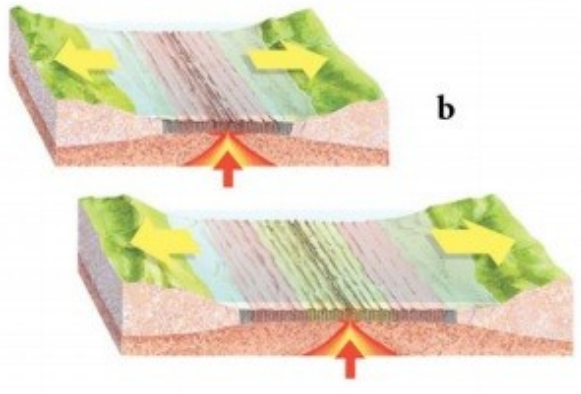


The San Andreas Fault, a great gash up the length of California. One day the western part of the state, with Baja California, will be an island in the Pacific.

(a) Colour coding the age of the rocks under the sea. Chapter 9's hypothetical submarine sets a course due east from the bulge of Brazil, reaching the young rocks of the mid-Atlantic ridge halfway across. (b) Sea-floor spreading and (c) the deep and slow convection currents that drive the movements of the plates.

a









Galapagos: young showcase of evolution?

(a) Caldera on Fernandina, youngest and most volcanically active of the Galapagos islands. (b) Aerial view of Galapagos, showing the green of the highlands (volcanoes) and the dark colour of the lava plains. (c) Galapagos pelican plunge-diving for fish. This Galapagos sub-species of the brown pelican bears, for some reason, the sub-specific name *urinator*.

(d) Galapagos marine iguana swimming. This habit is unique among lizards. The giant tortoises of Galapagos vary from island to island. The saddleback shape (e), unlike the dome shape of grazing tortoises (f), is characteristic of islands where the tortoises browse on cactuses and therefore have to stretch their necks high. (g) Typical Galapagos scene. Galapagos brown pelican, Galapagos penguin (the only penguin to reach – just – the Northern Hemisphere) and ‘Sally Lightfoot’ crabs on black lava rocks.



Australia and Madagascar: two 'islands' of evolution.



(a) Kangaroos are the Australian equivalent of antelopes, but they have specialized in hopping rather than galloping.

a



(b) Eucalyptus trees dominate the Australian forests.

b

(c) Koalas are the sloths of Australian forests, with a similarly slow metabolic rate. They have specialized in eating eucalypt leaves, perhaps because few other animals can deal with their toxins. Note the baby in the pouch, which points backwards, probably for reasons of historical accident.



(d) The platypus is a survivor from ancient times when the mammals of Gondwana still laid eggs.

d



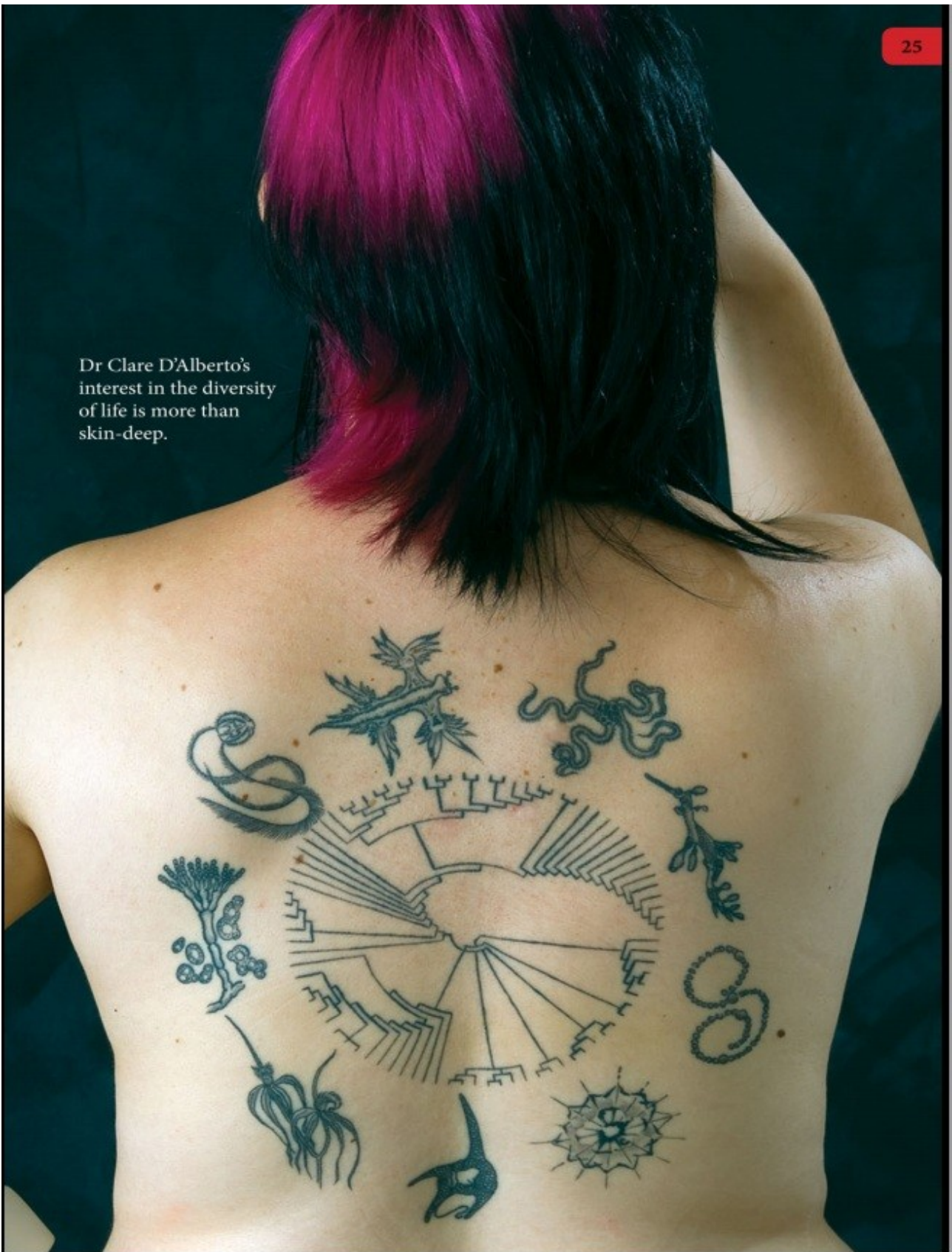
- (e) Ringtailed lemur. If the *Beagle* had visited Madagascar instead of Galapagos, would we now speak of 'Darwin's lemurs'?
- (f) Would Martian trees be any more strange than this Madagascan baobab?
- (g) Possibly my favourite species in all the world: the dancing sifaka.

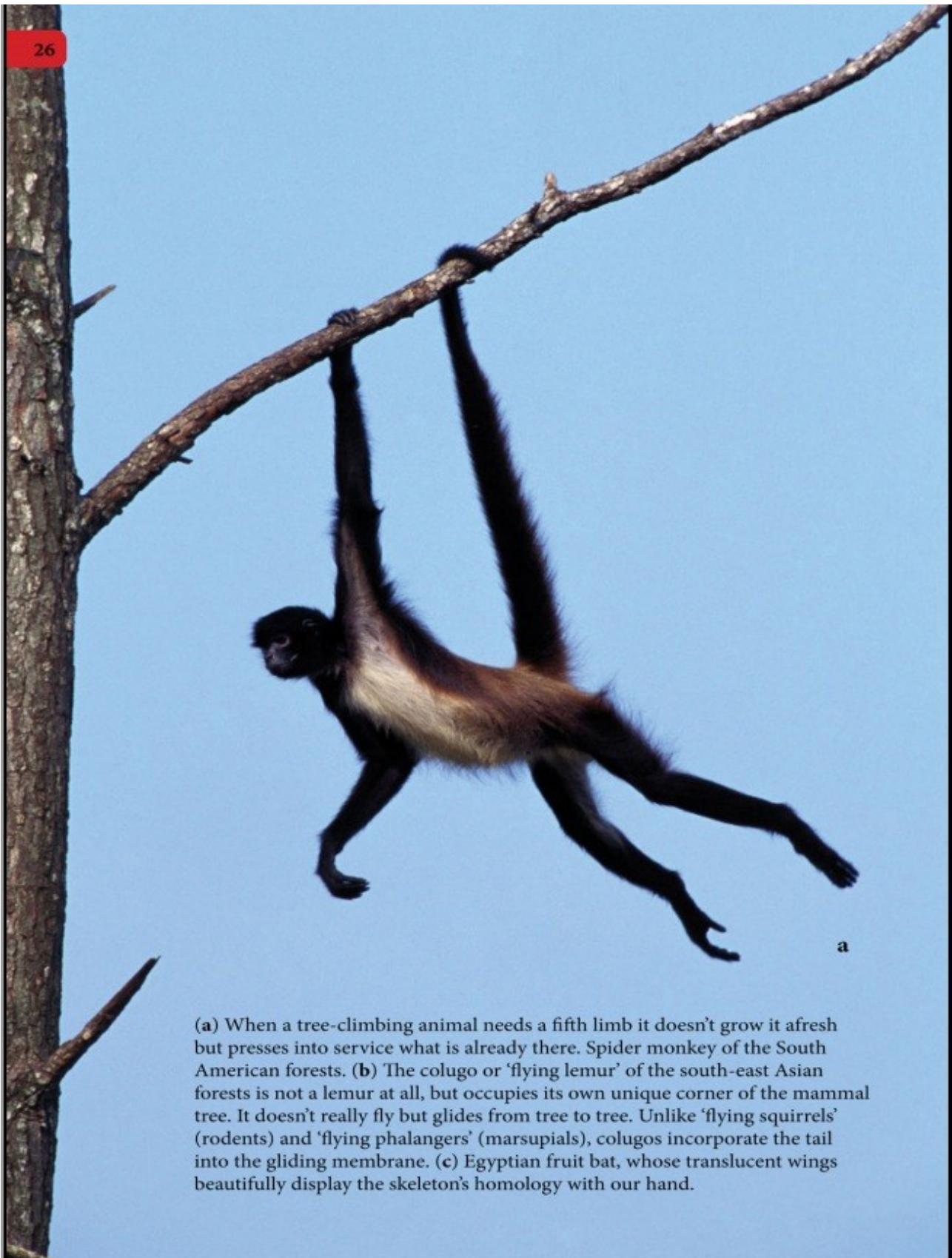




Don't laugh at the foot-raising, sky-pointing displays of the blue-footed booby. They impress other boobies, and that is all that matters.

Dr Clare D'Alberto's
interest in the diversity
of life is more than
skin-deep.





(a) When a tree-climbing animal needs a fifth limb it doesn't grow it afresh but presses into service what is already there. Spider monkey of the South American forests. (b) The colugo or 'flying lemur' of the south-east Asian forests is not a lemur at all, but occupies its own unique corner of the mammal tree. It doesn't really fly but glides from tree to tree. Unlike 'flying squirrels' (rodents) and 'flying phalangers' (marsupials), colugos incorporate the tail into the gliding membrane. (c) Egyptian fruit bat, whose translucent wings beautifully display the skeleton's homology with our hand.



b



c



a



b

The stubby wings of these flightless birds unequivocally betray their descent from flying ancestors. Ostriches (a) still use their wings, but only for balance and social purposes. The Galapagos flightless cormorant (b) still hangs its useless wings out to dry, like its more familiar flying cousins. It is an expert underwater fisher (c) but, unlike penguins, it doesn't use its wings to swim but propels itself along with vigorous thrusts of its large, webbed feet. (d) 'Sadly,' according to Douglas Adams, 'not only has the kakapo forgotten how to fly, but it has also forgotten that it has forgotten how to fly. Apparently a seriously worried kakapo will sometimes run up a tree and jump out of it, whereupon it flies like a brick and lands in a graceless heap on the ground.'



c



d



(e) Wings are a burden underground, which is probably why worker ants don't grow them. Poignant testimony to this is provided by queen ants, who use their wings once only, to fly out of the natal nest, find a mate, and then settle down to dig a hole for a new nest. As they begin their new life underground the first thing they do is lose their wings, in some cases by literally



biting them off. (f) Cave-dwelling animals, like this salamander, are very often white. But, even though they don't use them in the dark caves, why do they 'bother' to reduce their eyes? See text p. 351. Mammalian dolphins (g) superficially resemble large, fast-swimming fish, like the 'dolphin fish' or dorado, because they make their living in a similar way.



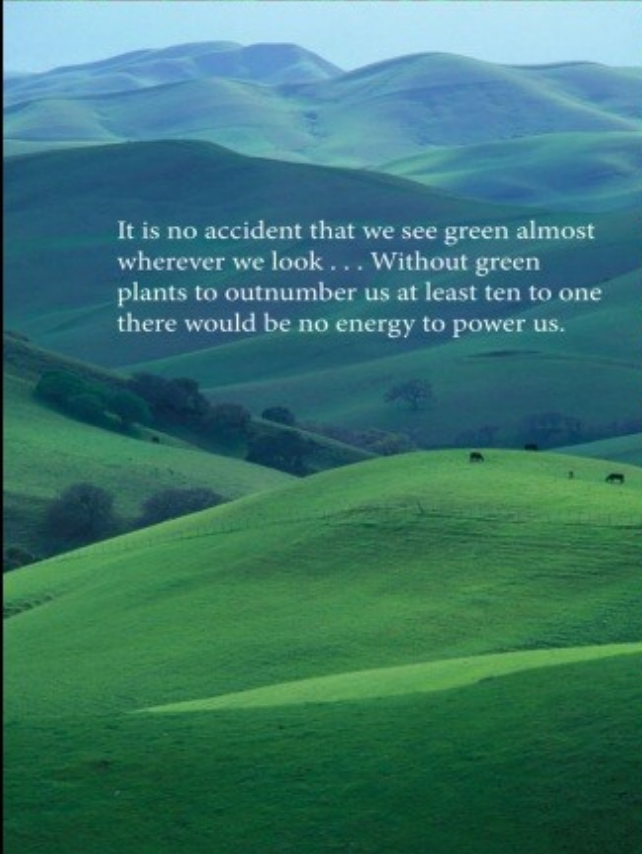




d

Products of evolutionary arms races.

- (a) 'Thow mortherer of the heysugge on y braunche.' Baby cuckoo instinctively murders a foster-sibling before it can hatch and compete for food.
- (b) This kudu has lost its individual race with a lioness and its life will soon end, but the arms race between the gene pools of the two species is run in evolutionary time.
- (c) A parasitoid wasp laid its eggs in this caterpillar, and the wasp larvae are here bursting out, full of life, to contribute their genes to the next generation.
- (d) In the forest economy, light is a precious commodity. There is little to be had below the canopy, because the canopy itself is parcelled out between individual trees, with almost no gaps.



It is no accident that we see green almost wherever we look . . . Without green plants to outnumber us at least ten to one there would be no energy to power us.

