

KILKA WIELICZKÓW  
OPRZECZONYCH EDYKPLARREY!

„Głęboka historia... trzeba sobie wybrać  
lepszy przewodnik po świecie współczesnej nauki!”

„The Guardian”



# Bill Bryson

KRÓTKA HISTORIA  
PRAWIE WSZYSTKIEGO

**Bill Bryson**

**KRÓTKA HISTORIA PRAWIE  
WSZYSTKIEGO**

*Przełożył Jacek Bieroń*

## WSTĘP

Witaj. Gratulacje. Jestem zachwycony, że ci się udało. Wiem, że to nie było łatwe. Podejrzewam, że było trudniejsze, niż sądziłeś\*.

Przede wszystkim, abyś był tu i teraz, biliony błędzących atomów musiały w niezwykle wyszukany i wymagający niewiarygodnej koordynacji sposób połączyć się i stworzyć ciebie. Jest to tak szczególny i niepowtarzalny układ, że nigdy wcześniej nie był jeszcze testowany i będzie istniał tylko ten jeden raz. Przez wiele kolejnych lat (miejmy nadzieję) te maleńkie cząstki będą bez szemrania i w pełnej zgodzie wykonywać miliardy czynności, niezbędnych do utrzymania cię w jednym kawałku, pozwalając ci doświadczać tego niezwykle przyjemnego, aczkolwiek nie zawsze docenianego stanu zwanego istnieniem.

Niezbyt dobrze wiadomo, dlaczego atomy zadają sobie tyle trudu. Na poziomie atomowym bycie tobą nie stanowi przyjemności w żadnym sensie. Niezależnie od swoich wysiłków twoje atomy nie zwracają na ciebie najmniejszej uwagi - w istocie nie wiedzą nawet o twoim istnieniu. Nie wiedzą nawet o swoim istnieniu. To są w końcu całkowicie bezmyślne cząstki i same w sobie nie są żywymi istotami (to trochę niepokojące uczucie, gdy pomyślisz, że gdybyś złapał szczypce i zaczął wyjmować z siebie po kolei wszystkie atomy, wyprodukowałbyś bryłkę atomowego pyłu, w której nie ma ani jednej żywej cząstki, mimo że wszystko to niegdyś było tobą). Jednak przez cały okres istnienia ciebie twoje atomy będą realizować jeden nadrzędny cel: abyś ty był tobą.

Jest także zła wiadomość - atomy są kapryśne i ich czas zaangażowania jest niepokojąco krótki. Nawet długie ludzkie życie składa się zaledwie z 650 000 godzin. Gdy nadejdzie ten moment, twoje atomy - z dotychczas nieznanymi przyczynami - wyłączą cię, a następnie spokojnie rozdziela się i udadzą w różne

strony, aby stać się częściami innych rzeczy. Dla ciebie to będzie koniec.

Tak czy inaczej, powinieneś się cieszyć, że to się w ogóle zdarza. Ogólnie rzecz biorąc, we wszechświecie to się nie zdarza, a przynajmniej nic nam o tym nie wiadomo. To bardzo dziwne, ponieważ atomy, które tak chętnie i sprawnie łączą się ze sobą, aby tworzyć żywe istoty na Ziemi, są dokładnie takimi samymi atomami jak atomy, które odmawiają tworzenia żywych istot gdzie indziej. Czymkolwiek jest życie na jakimkolwiek innym poziomie, na poziomie chemii jest niewiarygodnie proste: węgiel, wodór, tlen, azot, trochę wapnia, szczypta siarki, drobne ilości kilku innych pierwiastków - każdy składnik można znaleźć w pierwszej lepszej aptece - i to wszystko. Jedyna niezwykła rzecz na temat atomów, z których się składasz, to fakt, że się z nich składasz. To jest oczywiście cud życia.

Niezależnie od tego, czy atomy tworzą życie w innych zakątkach wszechświata, tworzą wiele innych rzeczy; w istocie tworzą wszystko inne. Bez nich nie byłoby wody, powietrza, skał, gwiazd, planet, odległych chmur gazu i pyłu, wirujących mgławic i tego wszystkiego, co sprawia, że wszechświat jest tak wyraziście materialny. Atomy są tak liczne i tak niezbędne, że łatwo przychodzi nam przeoczyć fakt, że w istocie mogłyby w ogóle nie istnieć. Nie znamy prawa, które każe wszechświatowi zapełnić się małymi cząstkami materii, stworzyć światło, grawitację oraz inne rzeczy, od których zależy nasze istnienie. Nawet sam wszechświat mógłby nie istnieć. W istocie niegdyś wszechświat nie istniał. Nie było atomów i nie było wszechświata, w którym mogłyby się błąkać. Nie było niczego - niczego nigdzie/ m&j

Zatem dzięki Bogu za atomy. Istnienie atomów oraz możliwość ich łączenia w tak interesujące układy stanowi jednak tylko część powodów, dzięki którym się tu znalazłeś. Aby być tu i teraz, w dwudziestym pierwszym wieku, żywy i dostatecznie inteligentny, aby to docenić, musisz być beneficjentem niezwykle sprzyjającego ciągu biologicznych przypadków. Przeżycie na Ziemi stanowi zaskakująco trudne zadanie. Z miliardów gatunków żywych istot, które

żyły na naszej planecie od początku jej istnienia, większości - według niektórych ocen aż 99,99 procent - już tu nie ma. Jak widzisz, życie na Ziemi jest nie tylko krótkie, lecz także przerażająco ulotne. Zadziwiającą cechą naszej egzystencji stanowi fakt, że żyjemy na planecie, która doskonale podtrzymuje życie, lecz jeszcze lepiej je unicestwia.

Przeciętny ziemski gatunek istnieje tylko około 4 milionów lat, więc jeśli chcesz tu być przez miliardy lat, to musisz stać się równie elastyczny jak atomy, z których jesteś zbudowany. Musisz być gotowy do zmiany wszystkiego - kształtu, rozmiarów, koloru, przynależności gatunkowej - dosłownie wszystkiego, i to niejednym raz, lecz wciąż od nowa. Łatwiej to powiedzieć, niż zrobić, ponieważ procesy, które rządzą tymi zmianami, są całkowicie przypadkowe. Aby przejść od „pierwotnych atomowych komórek protoplazmy” (jak ujęli to Gilbert i Sullivan\*) do obdarzonej świadomością, wyprostowanej, współczesnej istoty ludzkiej, musiałeś wielokrotnie mutować nowe cechy w precyzyjnie dobranych momentach, a wszystko to w ciągu niewiarygodnie długiego czasu. W ciągu ostatnich 3,8 miliarda lat naprzemiennie unikałeś tlenu, a następnie uzależniałeś się od niego, miałeś płetwy, kończyny, skrzydła, składałeś jaja, machałeś w powietrzu rozwidlonym językiem, miałeś łuski, futro, żyłeś pod ziemią, mieszkaleś na drzewie, byłeś wielki jak jeleń, byłeś mały jak mysz, miałeś jeszcze miliony różnych innych cech. Wystarczyłoby najmniejsze odchylenie od któregoś z tych ewolucyjnych imperatywów, abyś obecnie zlizywał algi ze ścian w jaskiniach, wylegiwał się na skałach w towarzystwie setek innych morsów albo wydmuchiwał powietrze przez otwór na szczycie głowy, aby zanurkować na głębokość 20 metrów po kolejną porcję smakowitych robaków piaskowych.

Nie dość, że szczęśliwym zbiegiem okoliczności od początku trafiłeś na faworyzowaną linię ewolucyjną, to jeszcze miałeś niezwykle - można śmiało powiedzieć, że graniczącą z cudem - szczęśliwą rękę w doborze przodków. Weź pod uwagę to, że przez 3,8 miliarda lat, dłużej niż istnieją ziemskie góry, rzeki i

morza, każdy z twoich przodków był dostatecznie atrakcyjny, aby znaleźć zdrowego, zdolnego do reprodukcji partnera lub partnerkę, po czym oboje mieli jeszcze dostatecznie dużo czasu i wystarczająco sprzyjające okoliczności, aby rzeczywiście dokonać reprodukcji. Ani jeden z twoich przodków nie został pożarty, nie utopił się, nie został przygnieciony, nie dostał po łbie, nie umarł z głodu, nie został zraniony w niesprzyjającym momencie lub w jakiś inny sposób powstrzymany od swego życiowego celu, jakim było dostarczenie maleńkiego ładunku materiału genetycznego właściwemu partnerowi we właściwym momencie, aby kontynuować jedyną możliwą sekwencję dziedzicznych kombinacji, której konsekwencją - ostateczną, zdumiewającą i jakże przemijającą - - jesteś ty.

Ta książka jest o tym, jak do tego doszło - w szczególności, jak od bycia niczym nigdzie przeszliśmy do bycia czymś, a następnie, jak trochę tego czegoś przekształciło się w nas, a także o tym, co się działo równocześnie oraz później. To oczywiście dość ambitny plan i dlatego książka nosi tytuł Krótka historia prawie wszystkiego, mimo że w rzeczywistości nią nie jest. Nie może nią być. Lecz przy odrobinie szczęścia może przynajmniej zrobić takie wrażenie, zanim dojdziemy do końca.

Punktem wyjścia był szkolny podręcznik, z którego uczyłem się w czwartej lub piątej klasie szkoły podstawowej. Była to typowa dla lat pięćdziesiątych cegła - podniszczona, nieciekawa i ciężka. Moją uwagę nieodmiennie przyciągała - można powiedzieć, że wręcz mnie fascynowała - jedna z ilustracji, przedstawiająca przekrój wnętrza Ziemi, który powstałby, gdyby planetę przecięto do samego środka jakimś ogromnym nożem, a następnie usunięto kawałek reprezentujący około jednej czwartej całości.

Trudno uwierzyć, że wcześniej nie widziałem takiej ilustracji, lecz ewidentnie tak musiało być, ponieważ doskonale pamiętam ogarniające mnie uczucie fascynacji. Muszę uczciwie przyznać, że początkowo fascynacja owa wiązała się w mojej wyobraźni z obrazem strumieni samochodów pędzących po

amerykańskich autostradach i znienacka spadających z krawędzi wysokiego na 4000 mil klifu, ciągnącego się od środkowych stanów USA po biegun północny. Stopniowo jednak moje zainteresowanie przeniosło się na geologiczny aspekt ilustracji, w szczególności na fakt, że Ziemia jest zbudowana z kilku warstw, a w samym środku znajduje się jądro z żelaza i niklu; podpis pod ilustracją informował, że jest ono gorące jak powierzchnia Słońca. Pamiętam moje niebotyczne zdumienie, z jakim zadawałem sobie pytanie: „Skąd oni to wiedzą?”.

Ani chwili nie wątpiłem w prawdziwość tej informacji. Do dzisiaj wierzę w oświadczenia naukowców. Ufam opiniom chirurgów, hydraulików i innych uprzywilejowanych osób posiadających dostęp do wiedzy tajemnej, lecz nigdy nie będę mógł pojąć, w jaki sposób ludzki umysł potrafi przeniknąć na głębokość 6000 kilometrów - gdzie nie sięga ani okiem, ani nawet promieniami X - i odkryć, co tam jest, jak bardzo to coś jest gorące i z czego jest zbudowane. Dla mnie to był cud i od tego czasu na takiej samej zasadzie kształtuje się moje nastawienie do nauki.

Tego samego dnia wziąłem tę książkę do domu i otworzyłem ją jeszcze przed obiadem. Słęk spowodowało, że matka dotknęła mojego czoła i zapytała, jak się czuję - i zacząłem czytać od początku.

I oto co się okazało. To wcale nie było interesujące. W rzeczywistości nie było nawet zrozumiałe. Przede wszystkim nie było tam odpowiedzi na żadne z pytań, które pod wpływem tej ilustracji musi sobie zadać każdy normalny, dociekliwy umysł: Jak doszło do tego, że w środku naszej planety mamy Słońce, i skąd oni wiedzą, że jest tam taki upał? Jeżeli w środku jest tak gorąco, to dlaczego grunt pod naszymi stopami nie parzy? Dlaczego całe wnętrze Ziemi nie stopi się od gorąca - a może właśnie tak jest? A gdy w końcu jądro się wypali, to czy jakaś część Ziemi zapadnie się w powstałą pustkę, zostawiając na powierzchni gigantyczny lej? I skąd to wiadomo? W jaki sposób oni to odkryli?

Autor podręcznika pominął te kwestie milczeniem. W istocie przeniósł

czał wszystko oprócz antyklin, synklin, uskoków i tym podobnych, jakby chciał ukryć wszelkie interesujące szczegóły, zostawiając wyłącznie te nudne i niezrozumiałe. W miarę upływu lat zacząłem nabierać podejrzeń, że nie był to odosobniony przypadek. Wydawało mi się, że wśród autorów podręczników panuje tajemnicza zmowa, której celem jest taki dobór materiału, aby tekst nawet w najmniejszym stopniu nie był ciekawy. 3

Obecnie jestem w pełni świadom, że wielu autorów literatury popularnonaukowej tworzy doskonałe, klarowne, interesujące teksty. Wystarczy < wziąć pierwszą lepszą literę alfabetu i natychmiast przychodzi na myśl nie jedno, lecz kilka nazwisk - na przykład Timothy Ferris, Richard Fortey i Tim Flannery (nie wspominając już o niezmiernie, nieodżałowanym Richardzie Feynmanie) - lecz żaden z nich nie napisał żadnego z podręczników, z którymi kiedykolwiek miałem do czynienia. Zostały one napisane przez mężczyzn (nie było wśród nich ani jednej kobiety), którzy hołdowali interesującemu przekonaniu, że każda rzecz staje się prosta i zrozumiała, jeżeli tylko przedstawi się ją w postaci wzoru. Wydaje się, że kierowali się także zabawnym przesądem, zgodnie z którym amerykańscy uczniowie spędzają swój wolny czas na przeżuwanie zestawów pytań umieszczonych pod koniec każdego rozdziału. W rezultacie wyrosłem w przekonaniu, że nauka jest niemożliwie nudna, aczkolwiek podejrzewałem, że wcale taka być nie musi. Szczerze mówiąc, pytanie, czy da się coś z tym zrobić, nie spędzało mi snu z powiek, i to również w znacznym stopniu przez długie lata decydowało o moim nastawieniu do nauki.

Dopiero znacznie później - ■ sądzę, że było to jakieś cztery czy pięć lat temu - w trakcie długiego lotu nad Pacyfikiem, gapiąc się przez okno na skąpany w księżycowym świetle ocean, uświadomiłem sobie, że nie wiem niemal nic na temat jedynej planety, na której przyszło mi żyć. Nie miałem na przykład pojęcia, dlaczego oceany są słone, a Wielkie Jeziora nie. Nie wiedziałem, czy w miarę upływu czasu oceany stają się coraz bardziej słone czy



mniej. I czy w ogóle powinienem przejmować się kwestią zasolenia oceanów (z przyjemnością mogę dodać, że aż do późnych lat siedemdziesiątych minionego wieku naukowcy także nie znali odpowiedzi na te pytania, lecz nie mówili o tym zbyt głośno).

Problem zasolenia oceanów stanowił oczywiście jedynie kroplę w morzu mojej ignorancji. Nie wiedziałem, czym jest proton albo proteina, nie odróżniałem kwarka od kwazaru, nie rozumiałem, w jaki sposób geolog - patrząc na ścianę kanionu - potrafi ocenić wiek skały. W gruncie rzeczy nie wiedziałem niemal nic. Ogarnęła mnie nieodparta chęć poznania i zrozumienia tych kwestii - choćby w niewielkim stopniu - a przede wszystkim zrozumienia, w jaki sposób ludzie potrafili to wszystko odkryć. Ze wszystkich zagadek nieodmiennie największe zdumienie budzi we mnie pytanie, w jaki sposób naukowcy znajdują odpowiedzi. Skąd ktoś w i e, ile Ziemia waży, jak stare są jej skały albo jak naprawdę jest w samym środku? Skąd wiedzą, kiedy i jak wszechświat się zaczął i jak wtedy wyglądał? Skąd wiedzą, co się dzieje w środku atomu? A w końcu - i to chyba jest najważniejsze pytanie - jak to jest, że naukowcy wiedzą niemal wszystko o wszystkim, ale nie potrafią przewidzieć trzęsienia ziemi ani doradzić nam, czy na mecz w przyszłą środę trzeba wziąć parasol?

Zdecydowałem się poświęcić część mojego życia - w sumie trwało to około trzech lat - na lekturę książek i czasopism oraz na poszukiwania obdarzonych świętą cierpliwością ekspertów, którzy będą gotowi udzielać odpowiedzi na setki niewiarygodnie głupich pytań. Chciałem się przekonać, czy jest możliwe zrozumienie i docenienie - może nawet z pewną dozą satysfakcji - wszystkich graniczących z cudami osiągnięć nauki na poziomie, który z jednej strony nie byłby zbyt techniczny i wymagający, a z drugiej nie byłby także całkowicie powierzchowny.

Taki zatem był mój pomysł oraz moja nadzieja, i o tym jest ta książka. Tak czy inaczej, mamy sporo materiału do omówienia w czasie nieco krótszym

niż 650 000 godzin, więc zabierzmy się do roboty.

## Rozdział 1

### JAK ZBUDOWAĆ WSZECHŚWIAT

Nie sposób sobie wyobrazić, jak mały jest proton. Jest o wiele za mały, aby porównać go z jakimkolwiek rozmiarem pojmowalnym dla ludzkiego umysłu.

Proton jest niewielką częścią atomu, który sam w sobie jest oczywiście niezwykle mały. Protony są tak małe<sup>1</sup>, że w małej kropce na literkę „i” znajduje się około 500 000 000 000 protonów. Mniej więcej tyle samo sekund mieści pół miliona lat. Protony są niewyobrażalnie mikroskopowe i nawet to określenie jest eufemizmem.

Wyobraź sobie teraz Jeśli potrafisz (oczywiście nie potrafisz), że jeden z tych protonów zostanie zmniejszony do jednej miliardowej swoich zwykłych rozmiarów. W takim obszarze nawet zwykły proton byłby ogromny. A teraz wsadź do tego obszaru<sup>2</sup> około jednej uncji materii. Doskonale. Jesteś gotowy, aby stworzyć wszechświat.

Zakładam oczywiście, że masz zamiar stworzyć wszechświat inflacyjny. Jeżeli chciałbyś zbudować bardziej tradycyjny, standardowy wszechświat wielkiego wybuchu, będziesz potrzebował dodatkowych materiałów. W gruncie rzeczy będziesz musiał zgromadzić wszystko - każdy pyłek i każdą cząstkę materii między tu i teraz a krawędzią stworzenia - i zmieścić to w obszarze nieskończenie małym, tak małym, że nie ma on żadnych wymiarów. W osobliwości.

Tak czy inaczej, przygotuj się na prawdziwie wielki wybuch. Będziesz oczywiście chciał się gdzieś schronić, w jakimś bezpiecznym miejscu, aby spokojnie obserwować całe zjawisko. Niestety, nie ma żadnego bezpiecznego miejsca, ponieważ poza osobliwością nie ma w ogóle żadnego gdzieś. Gdy wszechświat zacznie się rozszerzać, nie będzie stopniowo zapełniał jakiegś

wielkiej pustki. Jedyna przestrzeń, jaka istnieje, to ta, która powstaje wraz z wszechświatem.

Wyobrażenie osobliwości jako swego rodzaju ciężarnej kropki, wiszącej w ciemnej, nieograniczonej przestrzeni, jest dość powszechne, lecz błędne. Nie ma przestrzeni, nie ma ciemności. Osobliwość nie ma wokół siebie żadnego wokół. Nie ma dla niej przestrzeni, którą mogłaby zająć miejsca, w którym mogłaby się znaleźć. Nie możemy nawet zapytać, jak długo tam była - czy pojawiła się całkiem niedawno, czy istniała zawsze spokojnie czekając na właściwy moment. Dla osobliwości nie istnieje czas. Nie ma przeszłości, z której mogłaby się wyłonić.

W taki właśnie sposób, z niczego, powstaje nasz wszechświat

W jednym oślepiającym impulsie, momencie chwały zbyt krótkim i zbyt raptownym, aby dało się go ująć w słowa, osobliwość przyjmuje rozmiary przestrzenne, kreując zarazem przestrzeń i czas. W pierwszej sekundzie (której wielu kosmologów poświęci swe kariery, dzieląc ją na swój użytek na coraz mniejsze części) powstaje grawitacja oraz inne siły, które rządzą fizyką. W ciągu minuty wszechświat osiąga rozmiary rzędu miliona miliardów mil i nadal szybko się powiększa. Jest trochę gorąco, około 10 miliardów stopni. Wystarczy, aby zaczęły się reakcje jądrowe, dzięki którym powstaną lekkie pierwiastki - głównie wodór i hel, z maleńką domieszką litu (jeden atom litu na 100 milionów pozostałych). W ciągu trzech minut powstało 98 procent materii, która istnieje lub kiedykolwiek będzie istnieć we wszechświecie. Mamy wszechświat. Piękny, pełen cudownych i obiecujących możliwości. Powstał w czasie nie dłuższym, niż potrzeba na zrobienie kanapki.

Nie jest do końca pewne, kiedy dokładnie to się stało. Kosmolodzy od wielu lat prowadzili spory, czy wszechświat powstał 10 czy może 20 miliardów lat temu. Obecnie wydaje się, że osiągamy konsensus na poziomie 13,7 miliarda lat<sup>3</sup>, aczkolwiek jest to niezwykle trudne do zmierzenia, jak zobaczymy w dalszej części. Bez wątplenia możemy jednak powiedzieć, że w pewnej chwili w

bardzo odległej przeszłości, z nieznanymi powodami, nastąpił moment znany nauce jako  $t = 0^4$ . Zaistnieliśmy.

Jest wiele rzeczy, których nie wiemy, a wiele z tego, co wiemy, wiemy od bardzo niedawna, albo jeszcze niedawno mieliśmy na ten temat zupełnie odmienne poglądy. Nawet samo pojęcie wielkiego wybuchu jest stosunkowo nowe. Samą ideę wysunął w latach dwudziestych dwudziestego wieku Georges Lemaitre, belgijski ksiądz i uczonec, lecz dopiero w latach sześćdziesiątych nabrała ona życia, gdy dwaj młodzi radioastronomowie dokonali niezwykłego i całkiem nieoczekiwanego odkrycia.

Arno Penzias i Robert Wilson pracowali w owym czasie dla firmy Bell Laboratories. W 1965 roku próbowali uruchomić antenę do komunikacji satelitarnej w miejscowości Holmdel, w stanie New Jersey. Prawidłowe funkcjonowanie układu zakłócał im nieustający szum. Poszukiwanie przyczyn tego szumu zajęło im większą część roku, w ciągu którego odkryli między innymi, że szum jest niezwykle stabilny, nie wykazuje żadnych wahań dobowych ani sezonowych i wydaje się, że pochodzi zewsząd. Szum pochodził w jednakowym stopniu z każdego punktu nieba. Penzias i Wilson zrobili wszystko, co tylko przyszło im do głowy, aby wykryć i wyeliminować źródło szumu. Sprawdzili każdy układ elektryczny. Zmontowali od nowa wszystkie instrumenty, sprawdzili wszystkie obwody, poruszyli wszystkie przewody, odkurzyli wszystkie wtyczki i złączki. Wspięli się do czaszy anteny i zakleili taśmą wszystkie spoiny i nity. Odkryli w czaszy parę gołębi, które następnie odbyły daleką podróż pocztą kurierską na koszt firmy, a Penzias i Wilson ponownie wspięli się do wnętrza anteny i oczyścili ją<sup>5</sup> z pozostawionego przez gołębie „białego materiału dielektrycznego”, jak ujęli to później w publikacji. Ich wysiłki nie przyniosły pożądanego rezultatu.

W tym samym czasie, w odległości zaledwie 50 kilometrów od Holmdel, w Princeton University grupa naukowców pod kierunkiem Roberta Dicke'a próbowała odkryć dokładnie to, czego Penzias i Wilson usiłowali się pozbyć.

Pracowali oni nad ideą wysuniętą w latach czterdziestych przez pochodzącego z Rosji astrofizyka, George'a Gamowa: jeżeli spojrzysz dostatecznie głęboko w przestrzeń, powinieneś znaleźć ślady kosmicznego promieniowania tła, pozostałego po wielkim wybuchu. Gamow obliczył, że promieniowanie to powinno docierać do Ziemi w postaci mikrofal. W nieco późniejszej publikacji zasugerował nawet, że do wykrycia tego promieniowania mogłaby zostać użyta antena w Holmdel<sup>6</sup>. Ani Penzias i Wilson, ani Dicke, ani nikt inny w Princeton nie wiedział o tej ostatniej sugestii.

Szum, który odkryli Penzias i Wilson, był oczywiście efektem promieniowania, które postulował Gamow. Tym samym odkryli oni krawędź wszechświata<sup>7</sup>, a przynajmniej krawędź jego widocznej części, 90 miliardów bilionów mil stąd. Promieniowanie, które rejestrowała antena w Holmdel, składało się z pierwszych fotonów - najstarszego światła we wszechświecie - aczkolwiek czas i przestrzeń przekształciły je w mikrofałe, dokładnie tak jak przewidywał Gamow. W książce *Wszechświat inflacyjny* Alan Guth podsuwa analogię, która może pomóc zobaczyć wszystko we właściwej perspektywie. Gdyby porównać spoglądanie w głąb wszechf świata do oglądania ulicy z setnego piętra Empire State Building w No. wym Jorku i założyć, że setne piętro odpowiada chwili obecnej, a poziom ulicy wielkiemu wybuchowi, to w momencie dokonania odkrycia przez Penziasa i Wilsona najdalsze znane galaktyki były na poziomie sześćdziesiątego, a najdalsze znane obiekty - kwazary - na poziomie dwudziestego piętra. Odkrycie Penziasa i Wilsona rozszerzyło naszą perspektywę<sup>8</sup> do mniej więcej centymetra od parteru.

Wciąż nieświadomi przyczyn uporczywego szumu Wilson i Penzias zadzwonili do Princeton i przedstawili Dicke'owi swój problem, mając nadzieję, że znajdzie jakieś rozwiązanie. Dicke natychmiast zdał sobie sprawę z sytuacji. „No cóż, chłopcy, wyprzedzono nas”, powiedział swoim kolegom po zakończonej rozmowie.

Niebawem w czasopiśmie „*Astrophysical Journal*” ukazały się dwa

artykuły; w jednym z nich Penzias i Wilson opisali swoje zmagania z szumem, w drugim zespół Dicke'a wyjaśnił naturę i pochodzenie szumu. Wprawdzie Penzias i Wilson nie poszukiwali kosmicznego promieniowania tła, nie zdawali sobie sprawy z natury swego odkrycia, nie zinterpretowali go w żadnej publikacji, lecz w 1978 roku otrzymali Nagrodę Nobla. Badacze z Princeton musieli zadowolić się uznaniem ze strony środowiska naukowego. Dennis Overbye pisze w *Lonely Hearts of the Cosmos*, że Penzias i Wilson zrozumieli doniosłość swego odkrycia dopiero wtedy, gdy przeczytali o nim w „New York Timesie”.

Każdy z nas może osobiście doświadczyć działania kosmicznego promieniowania tła. Wystarczy przełączyć telewizor na jeden z kanałów, na których nie nadaje żadna stacja telewizyjna. Około 1 procent widocznego na ekranie szumu<sup>9</sup> ma swoje źródło w odwiecznej pozostałości wielkiego wybuchu. Gdy następnym razem będziesz narzekać, że w telewizji nie ma nic ciekawego, pamiętaj, że zawsze możesz oglądać narodziny wszechświata.

Wprawdzie wszyscy używają określenia „wielki wybuch”, lecz wiele książek przestrzega przed dosłownym rozumieniem tego zjawiska jako konwencjonalnej eksplozji. Była to raczej nagła ekspansja na ogromną skalę. A co było jej przyczyną? - który uległ kolapsowi. Według tej wersji nasz wszechświat stanowi tylko jeden etap w nieskończonym cyklu ekspandujących i zapadających się wszechświatów - niczym pęcherzyk w aparacie tlenowym. Inne hipotezy przypisują wielki wybuch tak zwanej „fałszywej próżni”, „polu skalarnemu” lub „energii próżni” - pewnego rodzaju niestabilności próżni czy raczej nicości, która istniała uprzednio. Wydaje się niemożliwe, że coś może powstać z nicości, lecz fakt, iż niegdyś była nicość, a obecnie jest wszechświat, stanowi ewidentny dowód, że jest to jednak możliwe. Istnieją także hipotezy, według których nasz wszechświat jest tylko częścią większego wszechświata lub wielu większych wszechświatów, o różnych wymiarach, w których wielkie wybuchy są na porządku dziennym. Być może przed wielkim wybuchem





początkowej fazy istnienia wszechświata wiąże się z koncepcją tak zwanej teorii inflacyjnej, którą wysunął młody fizyk ze Stanford University (obecnie w MIT), Alan Guth. Miał wtedy 32 lata i - według jego własnej opinii jego ówczesny dorobek<sup>12</sup> był raczej niepozorny. Prawdopodobnie nie dokonałby swego wielkiego odkrycia, gdyby nie wysłuchał wykładu na temat wielkiego wybuchu, który wygłosił nie kto inny jak sam Robert Dicke. Wykład zainspirował Gutha do zajęcia się kosmologią<sup>13</sup>, a w szczególności narodzinami wszechświata.

W rezultacie powstała teoria inflacji, zgodnie z którą ułamek sekundy po swoich narodzinach wszechświat przeszedł fazę gwałtownej ekspansji, w czasie której nieustannie podwajał swoje rozmiary co  $10^{-34}$  sekundy. Ta faza ekspansji, lub inflacji, trwała zaledwie  $10^{-30}$  sekundy<sup>14</sup> - - czyli jedną milionową z milionowej z milionowej z milionowej części sekundy - lecz w tym okresie rozmiary wszechświata uległy zmianie od czegoś, co mógłbyś zmieścić w dłoni, do czegoś 10 000 000 000 000 000 000 000 000 000 razy większego<sup>15</sup>. Teoria inflacji pozwala wyjaśnić, skąd się wzięły niejednorodności materii („zmarszczki i wiry”), dzięki którym nasz wszechświat jest taki, jaki jest. Bez nich nie byłoby skupisk materii, gwiazd, planet, lecz jedynie dryfujący gaz i wieczna ciemność.

Zgodnie z teorią Gutha grawitacja pojawiła się po jednej dziesiątej z milionowej z bilionowej z bilionowej z bilionowej części sekundy. Po kolejnym, równie krótkim ułamku sekundy, do grawitacji dołączył elektromagnetyzm oraz silne i słabe oddziaływania jądrowe - esencja fizyki. W chwilę później pojawiły się cząstki elementarne - esencja esencji - roje fotonów, protonów, elektronów, neutronów, z których każdy liczył między  $10^{79}$  a  $10^{89}$  cząstek, według standardowej wersji wielkiego wybuchu. bardzo małych liczb: wykładnik oznacza liczbę zer, które należy umieścić po przecinku dziesiętnym, wliczając zero z lewej strony przecinka ( $10^{-*}$  oznacza więc 0,0001). Zasada jest bardzo piękna, lecz nieodmiennie wprawia mnie w zdumienie fakt, że ktoś potrafi natychmiast zinterpretować  $1,4 \times 10^7$  km<sup>3</sup> jako 1,4 miliarda kilometrów

sześciennych; równie mocno dziwi mnie fakt, że pierwsza z powyższych form zapisu została użyta w książce przeznaczonej dla laika (skąd zaczerpnąłem ten przykład). Zakładając, że u wielu czytelników znajomość matematyki jest zbliżona do mojej, będę się starał nie nadużywać notacji wykładniczej, aczkolwiek w niektórych sytuacjach będzie to raczej nieuniknione, na przykład w rozdziale opisującym zjawiska na skalę kosmiczną.

Takie liczby i zjawiska są oczywiście trudne do wyobrażenia. W jednym, brzemennym w skutki momencie, zostaliśmy obdarzeni ogromnym - o średnicy co najmniej 100 miliardów lat świetlnych, lecz niewykluczone, że znacznie większej lub nawet nieskończonej - wszechświatem, doskonale przygotowanym do stworzenia gwiazd, galaktyk i innych złożonych układów<sup>16</sup>.

Jeszcze bardziej zadziwiający, przynajmniej z naszego punktu widzenia, jest fakt, że wszechświat okazał się wyjątkowo dobrze przygotowany dla nas. Gdyby był tylko troszkę inny - gdyby na przykład grawitacja była nieznacznie silniejsza lub słabsza, gdyby rozszerzał się trochę szybciej lub trochę wolniej - nie powstałyby stabilne izotopy pierwiastków, z których jesteśmy zbudowani my sami oraz ziemia, po której stąpamy. Gdyby grawitacja była silniejsza, wszechświat miałby inne wymiary oraz inną gęstość i zapadłby się jak źle postawiony namiot. Gdyby grawitacja była słabsza, nie doszłoby do powstania skupisk materii. Wszechświat na zawsze pozostałby pusty i nieciekawym.

Niektórzy eksperci sądzą, że to nadzwyczajne przystosowanie można dość prosto wytłumaczyć. Być może nasz wielki wybuch jest tylko jednym z wielu wielkich wybuchów. Być może jest jednym z bilionów bilionów wielkich wybuchów powtarzających się w przepastnej nieskończoności przestrzeni i czasu. A my istniejemy w tym konkretnym wcieleniu, ponieważ tylko w nim możemy istnieć. Jak ujął to Edward P. Tryon z Columbia University: „Na pytanie, dlaczego tak się stało, stawiam nieśmiało skromną hipotezę, że nasz wszechświat jest po prostu jedną z tych rzeczy, które od czasu do czasu się zdarzają”. Hipotezę Tryona następująco skomentował Guth: „Aczkolwiek

stworzenie wszechświata może być bardzo mało prawdopodobne, Tryon zwrócił uwagę na to, że nikt nie policzył nieudanych prób<sup>17</sup>.

Brytyjski uczone, popularyzator nauki, astronom królewski Martin Rees uważa, że istnieje wiele wszechświatów, być może nawet nieskończenie wiele. Każdy z nich ma inne cechy lub inną kombinację cech, a my po prostu żyjemy w tym wszechświecie, którego kombinacja cech pozwala nam istnieć. Rees odwołuje się do analogii ze sklepem z ubraniami<sup>18</sup>: „Nie ma nic dziwnego w tym, że w olbrzymim sklepie odzieżowym znajdziesz w końcu coś, co na Ciebie pasuje. W olbrzymim zbiorze wszechświatów, rządzonych przez różne zestawy stałych fizycznych, w końcu znajdzie się taki, którego stałe fizyczne sprzyjają powstaniu i podtrzymaniu życia. My żyjemy w takim wszechświecie”.

Rees uważa, że naszym wszechświatem rządzi sześć liczb. Gdyby którakolwiek z nich była choć trochę inna, sprawy potoczyłyby się zupełnie inaczej. Istnienie wszechświata w takiej formie, jaką widzimy, wymagana przykład, aby wodór był zamieniany w hel w ściśle określony sposób  $H$  w szczególności siedem tysięcznych masy wodoru musi zamieniać się w energię. Gdyby choć trochę zmniejszyć tę liczbę - na przykład z 0,007 do 0,006 - transformacja wodoru w hel byłaby niemożliwa i wszechświat składałby się z samego wodoru. Gdyby dla odmiany zwiększyć współczynnik - powiedzmy do 0,008 - tempo powstawania helu byłoby tak duże, że wodór dawno przestałby istnieć. W jednym i w drugim przypadku nieznaczna zmiana stałej fizycznej powoduje<sup>19</sup>, że nie zaistniałby wszechświat w takiej postaci, jaką znamy i jakiej potrzebujemy.

W tym miejscu powinienem zaznaczyć, że jak dotąd wszystko jest  $I$  w porządku. Na dłuższą metę może się okazać, że grawitacja jest jednak  $I$  trochę zbyt silna<sup>20</sup> i któregoś dnia zdoła zatrzymać i zawrócić ekspansję wszechświata, aż w końcu doprowadzi go do zapadnięcia się w kolejną osobliwość, po której cały proces może się powtórzyć. Równie dobrze może się jednak okazać, że grawitacja jest trochę zbyt słaba. W tym przypadku wszechświat będzie się

rozszerzał w nieskończoność. Cząstki materii będą się oddalać od siebie, oddziaływania między nimi będą coraz j słabsze, wszechświat będzie coraz większy, coraz bardziej pusty i coraz i bardziej pozbawiony wewnętrznego ruchu, aż w końcu stanie się martwy, i Trzecia opcja jest taka, że grawitacja jest idealnie dostrojona - taką sytuację kosmolodzy określają terminem „gęstość krytyczna” - dzięki czemu j wymiary wszechświata zawsze będą takie, jakie są, i ewolucja wszechświata będzie trwać wiecznie. Kosmolodzy niekiedy mówią w takim przypadku o „efekcie Złotowłosej” - wszystko jest takie, jakie być po-; winno. (Według bardziej oficjalnej terminologii powyższe trzy możliwe scenariusze są określane jako wszechświat zamknięty, otwarty i płaski).

Każdy z nas zadał sobie kiedyś pytanie: Co by się stało, gdybym pojechał na kraniec wszechświata i wystawił głowę na zewnątrz? Gdzie znalazłaby się moja głowa, skoro nie byłaby już wewnątrz wszechświata? Co zobaczyłbym na zewnątrz? Odpowiedź jest równie prosta, co rozczarowująca: nigdy nie dotrzesz do krańca wszechświata. Nie dlatego, że trwałoby to zbyt długo - aczkolwiek taka wycieczka musiałaby oczywiście trochę potrwać - lecz dlatego, że nawet gdybyś odważnie i niezmordowanie podróżował, poruszając się wciąż wzdłuż linii prostej, bynajmniej nie dotarłbyś do granicy, lecz wróciłbyś w to samo miejsce, z którego wyruszyłeś (co zapewne zniechęciłoby cię do podejmowania kolejnych prób). Zgodnie z teorią względności Einsteina (do której dojdziemy w dalszej części książki) wszechświat jest zakrzywiony. Nie powinniśmy wyobrażać sobie wszechświata jako dużego, rozszerzającego się bąbla, ponieważ przestrzeń jest zakrzywiona w taki sposób, że wszechświat jest skończony, lecz pozbawiony granic. Samo rozszerzanie się wszechświata także należy traktować ostrożnie. Jak pisze Steven Weinberg, laureat Nagrody Nobla, „układy słoneczne i galaktyki nie rozszerzają się, sama przestrzeń również się nie rozszerza”, lecz galaktyki oddalają się od siebie<sup>21</sup>. Wszystko to stanowi swego rodzaju wyzwanie dla intuicji. Biolog J.B.S. Haldane wypowiedział w tym kontekście swą słynną uwagę: „Wszechświat jest nie tylko dziwniejszy, niż

sobie wyobrażamy, jest dziwniejszy, niż potrafimy sobie wyobrazić”.

Dla wyjaśnienia krzywizny wszechświata przywołuje się zwykle przykład płaszczaka, istoty żyjącej w dwuwymiarowym wszechświecie, w którym wszystko jest płaskie. Owa istota, która nigdy nie widziała sfery, zostaje przeniesiona na Ziemię. Wyruszając w podróż w poszukiwaniu krańca Ziemi, płaszczak nigdy nie znajdzie żadnego krańca, lecz w końcu wróci do miejsca, z którego wyruszył, co zapewne niepomiernie go zdziwi. Próbując wyjaśnić przyczyny i zrozumieć zakrzywienie przestrzeni, jesteśmy w takiej samej sytuacji jak nasz skonfundowany płaszczak, z tą różnicą, że naszą konfiizję wywołuje przestrzeń o większej liczbie wymiarów.

Podobnie jak nie istnieje kraniec wszechświata, nie istnieje również jego środek. Nie ma takiego miejsca, w którym mógłbyś stanąć i powiedzieć: „Tu się wszystko zaczęło. To jest środek wszystkiego”. W s z y s t k o jest środkiem wszystkiego. W istocie nie wiemy tego z całą pewnością, ponieważ nie potrafimy tego matematycznie udowodnić. Naukowcy po prostu zakładają, że nie możemy być środkiem wszechświata<sup>22</sup> - cokolwiek to znaczy - i że wszystko wygląda tak samo z punktu widzenia każdego obserwatora w każdym punkcie wszechświata. Lecz nawet tego nie jesteśmy całkowicie pewni.

Z naszego punktu widzenia wszechświat sięga tak daleko, jak daleko dotarło światło od momentu stworzenia. Widoczny wszechświat - który widzimy, znamy i o którym możemy coś powiedzieć<sup>23</sup> - rozciąga się na milion milionów milionów milionów (czyli 1 000 000 000 000 000 000 000 000) mil. Lecz według większości teorii cały wszechświat - niekiedy zwany metawszechświatem - jest o wiele większy. Rees uważa, że rozmiary tego większego, niewidocznego wszechświata<sup>24</sup> byłyby zapisane nie „za pomocą tuzina ani nawet setki, lecz milionów cyfr”. Krótko mówiąc, zanim wystawimy głowę na jakieś nieokreślone zewnątrz, mamy przed sobą więcej, o wiele więcej przestrzeni, niż potrafimy sobie wyobrazić.

Przez długi czas teoria wielkiego wybuchu miała pewien istotny

mankament, który stanowił poważny problem dla większości jej zwolenników: nie potrafiła wyjaśnić, skąd my się tu wzięliśmy. Wprawdzie 98 procent materii, która obecnie istnieje, powstało w wielkim wybuchu, ale składała się ona wyłącznie z lekkich pierwiastków: wodoru, helu i litu, o których wspominaliśmy już wcześniej. Ani jedna cięższa cząstka nie pojawiła się w gazowym tyglu stworzenia. Nie pojawiły się pierwiastki niezbędne dla naszego istnienia - węgiel, azot, tlen i cała reszta. Problem polega na tym, że do stworzenia tych pierwiastków niezbędne są takie temperatury i ciśnienia, jakie panowały podczas wielkiego wybuchu. Skoro jedyny jak dotąd wielki wybuch nie doprowadził do powstania tych pierwiastków, to skąd one się wzięły? Paradoksalnie, odpowiedź na to pytanie znalazł kosmolog, który był przeciwnikiem teorii wielkiego wybuchu i który stworzył termin „wielki wybuch” w przyпіwyie sarkastycznego humoru, w celu zdeprecjonowania go.

Niebawem dojdziemy do pytania, jak się tutaj znaleźliśmy, lecz najpierw zajmiemy się sprecyzowaniem, gdzie dokładnie jest „tutaj”.

## Rozdział 2

### WITAJ W UKŁADZIE SŁONECZNYM

Współcześni astronomowie potrafią dokonywać niesamowitych sztuczek. Gdyby ktoś zapalił zapalkę na Księżycu, potrafiliby ją dojrzeć. Na podstawie maleńkich wahań położen odległych gwiazd<sup>1</sup> umieją wywnioskować rozmiary i kształt orbit, a nawet możliwości podtrzymania życia na planetach tak odległych, że potrzebowalibyśmy pół miliona lat, żeby tam dotrzeć. Ich radioteleskopy rejestrują tak słabe sygnały, że całkowita ilość energii spoza Układu Słonecznego, zebrana przez wszystkie radioteleskopy od początku ich działania (czyli od 1951 roku), wynosi „mniej niż energia pojedynczego płatka śniegu opadającego na ziemię”<sup>2</sup>, jak ujął to Carl Sagan.

Krótko mówiąc, niewiele rzeczy we wszechświecie może ująć uwagi astronomów. Tym bardziej zadziwiający wydaje się fakt, że aż do 1978 roku nikt nie spostrzegł księżycy krążącego wokół Plutona. W lecie 1978 roku James Christy<sup>3</sup>, młody amerykański astronom z Lowell Observatory we Flagstaff, w Arizonie, spostrzegł coś dziwnego w trakcie rutynowej inspekcji fotograficznych obrazów Plutona - niewyraźną, słabo widoczną plamkę. Po konsultacji z kolegą z tego samego obserwatorium, Robertem Harringtonem, doszedł do wniosku, że plamka z całą pewnością nie jest Plutonem, a zatem musi być obrazem księżycy. I to nie byle jakiego księżycy - w proporcji do macierzystej planety jest to największy księżyc Układu Słonecznego.

Odkrycie to jeszcze bardziej nadwątlilo i tak już niepewny status Plutona jako planety. Obecność księżycy oznacza bowiem, że sam Pluton jest jeszcze mniejszy, niż uprzednio sądzono<sup>4</sup> - mniejszy nawet od Merkurego. Aż siedem księżyców w Układzie Słonecznym, wliczając ziemski Księżyc, przewyższa Plutona rozmiarami.

Można sobie zadać dość oczywiste pytanie, dlaczego tak długo nikt nie zauważył księżycy w naszym własnym Układzie Słonecznym. Odpowiedzialność rozkłada się na trzy czynniki: częściowo wiąże się z kwestią, w którą stronę astronomowie kierują swe instrumenty; częściowo z kwestią, do czego ich instrumenty są zaprojektowane; częściowo odpowiedzialny jest sam Pluton. Najważniejszy jest pierwszy z powyższych czynników. Jak mówi astronom Clark Chapman<sup>5</sup>: „Większość ludzi sądzi, że astronomowie wychodzą w nocy z domu, żeby przeglądać niebo. W rzeczywistości jest zupełnie inaczej. Prawie wszystkie teleskopy na świecie są zaprojektowane w celu obserwacji maleńkich fragmentów nieba w poszukiwaniu odległych galaktyk, kwazarów lub czarnych dziur. Jedyna sieć teleskopów przeznaczona do skanowania nieba została zaprojektowana i zbudowana przez armię”.

Rzeczywistość obserwacji astronomicznych jest dość odmienna od tego, do czego przyzwyczyły nas artystyczne impresje i publikacje zamieszczane w mediach. Na fotografiach Christy’ego Plutona reprezentuje słabo widoczna, niewyraźna plamka, a obraz jego księżycy - maleńka, trudna do odróżnienia plamka obok plamki - w niczym nie przypomina romantycznie podświetlonych, ostro zarysowanych obrazków z „National Geographic”. Obraz był w istocie tak niewyraźny, że dopiero po siedmiu latach księżyc został ponownie zaobserwowany<sup>6</sup>, co ostatecznie potwierdziło jego istnienie.

Interesującym zbiegiem okoliczności odkrycie księżycy Plutona miało miejsce we Flagstaff, w Arizonie, w tym samym obserwatorium, w którym w 1906 roku Percival Lowell odkrył samego Plutona. Lowell pochodził z Bostonu, wywodził się z jednej z najstarszych i najbogatszych bostońskich rodzin (to właśnie o niej mówi słynne powiedzenie, w którym symbolami Bostonu są fasola i dorsz, Lowellowie rozmawiają wyłącznie z Cabotami, a Cabotowie wyłącznie z Bogiem), założył słynne obserwatorium, noszące dziś jego imię, lecz najlepiej jest pamiętany jako odkrywca kanałów na Marsie. Wierzył, że kanały owe zbudowali przedsiębiorczy Marsjanie, aby transportować wodę ze



stref polarnych do urodzajnych, lecz suchych obszarów w pobliżu równika.

Równie mocno jak w przypadku kanałów na Marsie Lowell był przekonany, że poza orbitą Neptuna musi istnieć kolejna, nieznaną planeta. Opierał swe przekonanie na odkrytych przez siebie nieregularnościach orbitalnych ruchów Urana i Neptuna. Ostatnie lata swego życia spędził na bezowocnych poszukiwaniach gazowego giganta, którego nazwał planetą X i którego istnienia był tak pewny jak kanałów na Marsie. Zmarł w 1916 roku, przynajmniej częściowo w wyniku wyczerpania związanego z niestrudżonymi poszukiwaniami planety X. Spadkobierców Lowella znacznie bardziej interesowały sprawy majątkowe, w wyniku czego kwestia istnienia planety X stopniowo popadła w zapomnienie. Dopiero w 1929 roku dyrekcja Lowell Observatory podjęła na nowo poszukiwania (częściowo w celu odwrócenia uwagi od historii z kanałami na Marsie, która tymczasem w znacznym stopniu nadwątlila reputację obserwatorium) i zatrudniła w tym celu pewnego młodego człowieka ze stanu Kansas, Clyde'a Tombaugh.

Tombaugh nie był zawodowym astronomem, lecz był bystry i pracowity. Ostatecznie, po roku cierpliwej pracy spostrzegł słabą plamkę światła na błyszczącym firmamencie<sup>7</sup>. Odkrycie Plutona przez Tombaugh graniczyło z cudem, ponieważ obserwacje ruchów Urana i Neptuna, na których Lowell opierał swoją hipotezę, okazały się całkowicie błędne. Tombaugh natychmiast się zorientował, że nowa planeta w niczym nie przypomina gazowego giganta, którego spodziewał się Lowell. Wszelkie zastrzeżenia co do charakteru nowej planety zostały jednak zignorowane. To była pierwsza planeta odkryta przez amerykańskiego astronoma i natychmiast dostała się na czołówki wszystkich gazet, wywołując ekstazę. Nikt nie zwracał sobie głowy faktem, że w rzeczywistości jest to jedynie spory kawałek lodu. Nazwa Pluton została wybrana między innymi ze względu na zbieżność pierwszych dwóch liter z inicjałami Percivala Lowella, którego pośmiertnie uznano za geniusza. Tombaugh został niemal całkowicie zapomniany i obecnie pamiętają o nim

jedynie astronomowie planetami.

Niektórzy astronomowie nadal sądzą, że planeta X istnieje<sup>8</sup>. Nie mają na myśli Plutona, a raczej coś bardziej zbliżonego do hipotezy Lowella - prawdziwego giganta, większego (może nawet dziesięciokrotnie) niż Jowisz, lecz jak dotąd niewidocznego, ponieważ dociera do niego tak mało światła słonecznego, że prawie nic nie odbija się w naszą stronę. Nie byłby to jednak obiekt w rodzaju Jowisza czy Saturna, lecz znacznie bardziej odległy - mówimy tu o odległościach rzędu 4,5 biliona mil - i bardziej przypominający niedoszlą gwiazdę niż konwencjonalną planetę. Hipoteza ta opiera się częściowo na wynikach obserwacji - większość gwiazd w kosmosie tworzy układy podwójne (dwie gwiazdy krążące wokół siebie nawzajem). Nasze samotne Słońce stanowi raczej wyjątek niż regułę.

Wróćmy do Plutona. Nikt nie zna jego dokładnych rozmiarów. Nie wiemy, z czego jest zrobiony. Nawet jego status planety nie jest całkiem pewny. Wielu astronomów uważa, że Pluton w ogóle nie jest planetą, a jedynie największym dotychczas zaobserwowanym obiektem w strefie kosmicznego gruzu, zwanej pasem Kuipera. Idea pasa Kuipera sięga 1930 roku i pochodzi od astronoma F.C. Leonarda<sup>9</sup>. Spopularyzował ją Gerard Kui» per, holenderski astronom pracujący w Ameryce. Pas Kuipera stanowi źródło tak zwanych krótkookresowych komet, które odwiedzają nas dość regularnie - najsłynniejszą z nich jest kometa Halleya. Niezmiernie rzadko widywane komety długookresowe (między innymi niedawno obserwowane komety Hale'aBoppa oraz Hyakutake) pochodzą ze znacznie dalej położonego obłoku Oorta, o którym jeszcze będzie mowa.

W porównaniu z pozostałymi planetami Układu Słonecznego Pluton nie tylko jest karłem, lecz także pod wieloma innymi względami odbiega od planetarnej normy. Jego orbita jest na tyle nieregularna, że nikt nie potrafi precyzyjnie określić, gdzie będzie się znajdował za kolejne sto lat. Wszystkie planety krążą wokół Słońca mniej więcej w tej samej płaszczyźnie, względem

której jedynie płaszczyzna orbity Plutona jest dość mocno odchyłona - o około 17 stopni - jak krzywo nałożony kapelusz. Orbita jest także znacznie wydłużona, co powoduje, że przez długie okresy Pluton znajduje się bliżej Słońca (i zarazem Ziemi) niż Neptun. Przez większą część dziewiętnastego i dwudziestego stulecia Neptun był w istocie najdalej położoną planetą Układu Słonecznego. Dopiero całkiem niedawno, 11 lutego 1999 roku, Pluton powrócił na zewnętrzny pas ruchu<sup>10</sup>, na którym pozostanie przez kolejne 228 lat.

Nawet jeżeli zaliczymy Plutona do planet, to musimy się pogodzić z pewnymi niezwykłymi cechami tej planety. Pluton jest bardzo mały - jego masa odpowiada około ćwierci procenta masy Ziemi. Gdyby posadzić go na powierzchni Stanów Zjednoczonych, to nie zająłby nawet połowy. Wokół Słońca krążą cztery małe, kamienne planety wewnętrzne, cztery gazowe giganty zewnętrzne oraz jedna samotna bryła lodu. Co więcej, mamy powody sądzić, że niebawem zaczniemy odkrywać inne, może nawet większe bryły lodu w tej samej okolicy, w której krąży Pluton. Wtedy status Plutona stanie się naprawdę problematyczny. Po odkryciu księżycy Plutona w 2002 roku astronomowie zaczęli nieco uważniej przyglądać się tej części nieba i do grudnia tego roku odkryli nie mniej niż 600 dodatkowych Obiektów Transneptunowych<sup>11</sup> (zwanym także plutinami). Jeden z nich, nazwany Varuna, jest prawie tak duży jak księżyc Plutona. Astronomowie sądzą, że mogą istnieć miliardy takich obiektów, a jedyna trudność w ich zlokalizowaniu polega na tym, że większość z nich jest w zasadzie niewidoczna.

Przeciętne albedo (czyli współczynnik odbicia światła) wynosi zaledwie 4 procent. Mniej więcej tyle samo światła odbija bryła węgla drzewnego<sup>12</sup> - nic dziwnego, że z odległości 6 miliardów kilometrów trudno ją dostrzec.

Ile to jest 6 miliardów kilometrów? Taką odległość trudno sobie bezpośrednio wyobrazić, spróbujmy więc - w celach edukacyjnorozrywkowych - wybrać się w podróż w kosmos. Na początek nie będziemy się wypuszczać zbyt daleko - jedynie do granic Układu Słonecznego. Pozwoli nam to się

przekonać, jak duży jest kosmos i jak małą jego część zajmujemy.

Na początek zła wiadomość - nie wrócimy do domu na kolację. Podróżując nawet z prędkością światła (300 000 kilometrów na sekundę), potrzebowalibyśmy siedmiu godzin, aby dotrzeć do Plutona. W rzeczywistości nie będziemy oczywiście podróżować z prędkością światła, ani nawet z prędkością choćby zbliżoną do prędkości światła. Będziemy poruszać się z prędkością statku kosmicznego. To są znacznie stateczniejsze prędkości. Jak dotąd pod względem prędkości poruszania się palmę pierwszeństwa wśród obiektów stworzonych przez człowieka dzierżą statki „Voyager 1” i „Voyager 2”, które obecnie oddalają się od nas z prędkością 56 000 kilometrów na godzinę<sup>13</sup>.

Termin startu „Voyagerów” („Voyager 2” został wystrzelony w sierpniu, a „Voyager 1” we wrześniu 1977 roku) był związany z korzystnym ustawieniem Jowisza, Saturna, Urana i Neptuna - planetarną koincydencją, która zdarza się zaledwie raz na 175 lat. Start zaplanowano z tak dobranym wyprzedzeniem, aby oba statki mogły wykorzystać efekt „grawitacyjnej procy” w celu przyspieszenia lotu po kolejnych przejściach w pobliżu każdej z tych trzech planet. Wykorzystanie potężnej grawitacji gazowych gigantów pozwoliło na znaczne skrócenie lotu, ale i tak podróż do Urana trwała siedem lat, a przecięcie orbity Plutona nastąpiło po dwunastu latach od startu. W styczniu 2006 roku NASA wysłała statek „New Horizons” w kierunku Plutona. Wykorzystanie grawitacji Jowisza oraz pewnych konsekwencji postępu technologicznego pozwoli skrócić podróż do mniej więcej dziesięciu lat, aczkolwiek obawiam się, że podróż powrotna trwałaby znacznie dłużej. Tak czy inaczej, będzie to długa wyprawa.

Jedną z pierwszych myśli, które przychodzą do głowy, gdy rozważa się tego rodzaju przedsięwzięcia, jest konstatacja, że słowo „przestrzeń” stanowi wyjątkowo trafne określenie. Kosmos, ogólnie rzecz biorąc, jest ekstremalnie pusty i raczej mało urozmaicony. Nasz Układ Słoneczny może się wydawać wyjątkowo różnorodny i ożywiony, lecz wszystko, co się nań składa - Słońce,

planety, księżycy, miliardy skał w pasie asteroid, komety oraz wszelki inny kosmiczny detrytus - wypełniają łącznie mniejszą objętość niż jedna bilionowa część dostępnej przestrzeni<sup>14</sup>. Żadna z map Układu Słonecznego, które oglądałeś w szkole, nawet w przybliżeniu nie zachowuje skali. Większość szkolnych map ukazuje planety jedna po drugiej w jednakowych odstępach - na wielu ilustracjach zewnętrzne planety rzucają cienie na siebie nawzajem - lecz jest to oszustwo; oszustwo konieczne, aby wszystkie planety zmieściły się na jednym kawałku papieru. W rzeczywistości Neptun nie znajduje się tylko trochę dalej niż Jowisz. Neptun krąży prawie sześć razy dalej od Słońca niż Jowisz, a ilość światła słonecznego, która dociera do Neptuna, stanowi zaledwie 3 procent światła padającego na Jowisza.

Odległości w Układzie Słonecznym są tak ogromne, że nie istnieje żaden praktyczny sposób narysowania go we właściwej skali, nawet gdyby cały podręcznik złożyć w harmonijkę. Gdyby tak dobrać skalę, aby Ziemia była przedstawiona w postaci ziarenka grochu, Jowisz znalazłby się w odległości ponad 300 metrów, a Pluton w odległości 2,5 kilometra (i miałby rozmiary bakterii, więc i tak byś go nie zobaczył). W tej samej skali Proxima Centauri, nasza najbliższa gwiazda, znalazłaby się w odległości 16 000 kilometrów. Nawet gdyby wszystko pomniejszyć do takich rozmiarów, że Jowisz miałby rozmiary kropki na końcu tego zdania, Pluton byłby nie większy od pojedynczej molekuly, a i tak wylądowałby 10 metrów od nas.

Układ Słoneczny jest naprawdę ogromny. Gdy dotrzemy do Plutona, będziemy tak daleko, że Słońce - nasze drogie, ciepłe, jasne, życiodajne Słońce - zmniejszy się do rozmiarów główki od szpilki i będzie tylko trochę jaśniejsze od najjaśniejszych gwiazd. Nic zatem dziwnego, że w tej bezmiernej pustce nawet całkiem duże obiekty - na przykład księżyc Plutona - umknęły naszej uwadze. Pod tym względem Pluton nie jest zresztą osamotniony. Przed wyprawą „Voyagerów” znane były dwa księżycy Neptuna - „Voyagery” odkryły kolejne sześć księżyców. Gdy chodziłem do szkoły, Układ Słoneczny liczył łącznie 30

księżyców. Obecnie znamy co najmniej 90<sup>15</sup>, z czego około jednej trzeciej odkryto w ciągu ostatniej dekady. W kontekście badań wszechświata jako całości warto sobie uświadomić, że nie wiemy jeszcze bardzo wielu rzeczy na temat Układu Słonecznego.

Kolejnym spostrzeżeniem, jakiego dokonamy, mijając Plutona, będzie fakt, że go mijamy. Jeżeli rzucisz okiem na plan podróży, przekonasz się, że podróżujemy do granic Układu Słonecznego. Pluton stanowi zwykle ostatni obiekt na szkolnych mapach, lecz w rzeczywistości nasz Układ nie kończy się bynajmniej na orbicie Plutona, nawet w przybliżeniu. Nie dotrzemy do prawdziwej granicy, dopóki nie minimy obłoku Oorta, świata dryfujących komet, a na dotarcie do obłoku Oorta potrzebujemy... 10 tysięcy lat<sup>16</sup>. Orbita Plutona nie tylko nie jest granicą Układu Słonecznego - wbrew temu, co sugerują szkolne mapy nieba - lecz stanowi zaledwie jedną pięćdziesiątysięczną część odległości do prawdziwej granicy.

Przy obecnym stanie technologii nie mamy oczywiście szans na taką podróż. Wyprawa na Księżyc, na odległość zaledwie 386 000 kilometrów, wciąż stanowi poważne wyzwanie. Propozycja załogowej wyprawy na Marsa, rezultat chwilowego zawrotu głowy prezydenta Busha, została po cichu odwołana i stopniowo popada w zapomnienie, ponieważ jej koszty zostały oszacowane na 450 miliardów dolarów, nie licząc zagrożenia życia członków załogi<sup>17</sup> (ich DNA zostałyby zniszczone przez wysokoenergetyczne cząstki promieniowania słonecznego, przed którymi nie mogliby być skutecznie chronieni).

Opierając się na tym, co obecnie wiemy i umiemy, oraz na tym, co w granicach rozsądku potrafimy przewidywać, można uznać, że nie ma absolutnie żadnych szans, aby jakakolwiek ludzka istota mogła kiedykolwiek dotrzeć do granic Układu Słonecznego. To dla nas za daleko. Nawet za pomocą Teleskopu Hubble'a nie potrafimy zajrzeć w głąb obłoku Oorta\* i w istocie nie wiemy z całą pewnością, co tam jest. Jego istnienie jest dość prawdopodobne, lecz jak dotąd całkowicie hipotetyczne.

Obłok Oorta zaczyna się gdzieś daleko poza orbitą Plutona i rozciąga się na jakieś dwa lata świetlne. To niemal wszystko, co można z odrobiną pewności powiedzieć na jego temat. Podstawową miarą odległości w astronomii jest tak zwana jednostka astronomiczna, w skrócie AU

\* Niekiedy zwany obłokiem ÓpikaOorta, od nazwisk estońskiego astronoma Ernsta Ópika, który pierwszy wysunął tę hipotezę w 1932 roku, oraz holenderskiego astronoma Jana Oorta, który 18 lat później ją rozwinął.

(Astronomical Unit), równa odległości Ziemi od Słońca. Pluton znajduje się w odległości 40 AU od nas, obłok Oorta wypada w odległości około 150 000 AU. Krótko mówiąc, jest daleko.

Przypuśćmy jednak, że udało nam się dotrzeć do obłoku Oorta. Pierwsze, co zauważymy, to pustka i spokój. Jesteśmy bardzo, bardzo daleko od ‘wszystkiego’ - nawet nasze Słońce nie jest już najjaśniejszą gwiazdą na niebie. Grawitacja Słońca nadal wystarcza, aby utrzymać wszystkie te komety na ich orbitach, aczkolwiek jest już na tyle słaba, że komety dryfują statecznie, nie przekraczając prędkości 220 mil na godzinę<sup>18</sup>. Od czasu do czasu jedna z komet zostaje wytrącona ze swojej orbity przez jakieś grawitacyjne perturbacje, na przykład przez blisko położoną gwiazdę. W rezultacie kometa może zostać wyrzucona daleko w przestrzeń, aby już nigdy nie i wrócić; niekiedy jednak zachodzi odmienny scenariusz - kometa trafiana wydłużoną orbitę wokół słoneczną. Zazwyczaj w ciągu roku wewnętrzny! obszar Układu Słonecznego odwiedzają trzy lub cztery takie długookresowe komety. Niekiedy tym zabłąkanym wędrowcom zdarza się trafić w coś; twardego, na przykład w Ziemię. Dlatego tu jesteśmy - aby zobaczyć kometę, która właśnie zaczęła swą długą drogę w kierunku centrum Układu Słonecznego. Jej podróż zakończy się takim właśnie przypadkowym trafieniem, a przypadkowym celem będzie Manson w stanie Iowa. Zanim do tego dojdzie, upłynie jednak trochę czasu - co najmniej trzy lub cztery/ miliony lat - więc na razie ją opuścimy, aby powrócić w dalszej części naszej historii.

Więc tak wygląda Układ Słoneczny. A co jest dalej? No cóż, nic albo bardzo wiele, zależnie od punktu widzenia.

Najzwięźlej rzecz ujmując, nie ma tam nic. Najdoskonalsza ziemska próżnia, wytworzona za pomocą najdoskonalszej ludzkiej technologii, nie jest nawet w przybliżeniu tak pusta jak przestrzeń międzygwiazdna<sup>19</sup>. Zanim natrafisz na cokolwiek innego, będziesz musiał pokonać całkiem spory kawałek tej pustki. Nasza najbliższa sąsiadka, Proxima Centauri<sup>20</sup>, jedna z trzech gwiazd tworzących potrójny układ zwany Alfa Centauri, znajduje się w odległości 4,3 roku świetlnego od nas. W skali całej galaktyki to maleńki kroczek, lecz w naszych ludzkich kategoriach to całkiem spory kawałek - 100 milionów razy dalej niż do Księżyca. Podróż na Proximę zajęłaby nam co najmniej 25 tysięcy lat. Nawet gdybyśmy tam dotarli, znaleźlibyśmy się w sąsiedztwie samotnej trójki gwiazd w środku ogromnej pustki. Dotarcie do następnego sąsiada, Syriusza, wymagałoby pokonania kolejnych 4,6 lat świetlnych. Podróżując w ten sposób, od gwiazdy do gwiazdy, poznalibyśmy zaledwie nasze najbliższe otoczenie, ale dotarcie choćby do centrum naszej galaktyki trwałoby znacznie dłużej niż dotychczasowy czas istnienia gatunku ludzkiego.

Powiedzmy to raz jeszcze - przestrzeń jest ogromna. Przeciętna odległość między sąsiednimi gwiazdami<sup>21</sup> wynosi ponad 30 milionów milionów kilometrów. To są fantastyczne odległości, nawet dla kogoś podróżującego z prędkością zbliżoną do prędkości światła. Jest oczywiście m o ż I i w e, że pozaziemskie istoty pokonują miliardy kilometrów, aby dla rozrywki formować uprawy roślin w postaci figur geometrycznych lub postraszyć kierowcę ciężarówki na pustej drodze w Arizonie (przecież u nich też muszą być nastolatki), lecz nie wydaje się to bardzo realne.

Statystycznie rzecz biorąc, prawdopodobieństwo istnienia innych istot myślących wydaje się jednak całkiem duże. Nikt nie wie, ile gwiazd liczni/ Droga Mleczna - według różnych oszacowań od 100 do 400 miliardów! - a Droga Mleczna jest tylko jedną z około 140 miliardów galaktyk, z któ| rych



wiele jest większych od naszej. Te ogromne liczby zainspirowały” Franka Drake’a, astronoma z Cornell University, który w latach sześćdziesiątych sformułował słynne równanie służące do obliczania prawdopodobieństwa istnienia zaawansowanych form życia w kosmosie.

Równanie Drake’a jest prostym iloczynem kilku współczynników, z których każdy powstaje przez podzielenie dwóch liczb: na początku liczbę gwiazd w wybranej części wszechświata należy podzielić przez liczbę gwiazd, które posiadają układy planetarne; wynik trzeba następnie pomnożyć przez liczbę układów planetarnych, które teoretycznie mogłyby podtrzymać życie; następnie przez liczbę układów, w których z prostych form życia mogą wyewoluować formy inteligentne i tak dalej. Po każdym kolejnym współczynniku ostateczny wynik dramatycznie maleje, lecz nawet przy najbardziej konserwatywnych danych wejściowych liczba zaawansowanych cywilizacji w samej galaktyce Drogi Mlecznej idzie w miliony.

Cóż za interesująca, a nawet podniecająca myśl: jesteśmy tylko jedną z milionów zaawansowanych cywilizacji. Niestety, każda z nich okupuje swój kawałek przestrzeni, przestrzeń jest taka, jaka jest, i w rezultacie przeciętna odległość między dwiema sąsiadującymi cywilizacjami wynosi co najmniej 200 lat świetlnych. To może brzmieć całkiem niewinnie, ale w rzeczywistości stanowi dość istotną przeszkodę. Po pierwsze, nawet jeżeli nasi najbliżsi sąsiedzi wiedzą o naszym istnieniu i potrafią nas jakoś dojrzeć przez swoje teleskopy, bynajmniej nie widzą ani ciebie, ani mnie. Do ich teleskopów dociera światło, które opuściło Ziemię 200 lat temu. Właśnie oglądają rewolucję francuską, Thomasa Jeffersona, osobników (paradujących w jedwabnych pończochach i pudrowanych perukach. Widzą ludzi, którzy nie wiedzą, co to jest atom, nie znają pojęcia genu, wytwarzają elektyczność przez pocieranie bursztynowego pręta o kawałek futra i uważają to za interesującą sztuczkę. Jeżeli nawet nasi sąsiedzi wyślą do nas jakąś wiadomość (jeżeli wyślą ją dzisiaj, to dotrze do nas za kolejne 200 lat), to zaczną ją zapewne od „mocium panie”, a

następnie pogratuluja^ nam sukcesów w rozwoju transportu (na widok rasowych koni ciągnących wytworny powóz) oraz oświetlenia (tłuszczem wielorybim). 200 lat świetlnych to zbyt duża odległość na jakąkolwiek sensowną komunikację.

Nawet jeżeli nie jesteśmy sami w kosmosie, raczej nie powinniśmy się spodziewać, że ktoś wpadnie po południu na herbatę. Carl Sagan oszacował, że liczba planet we wszechświecie wynosi około 10 miliardów bilionów. W żaden sposób nie umiem sobie wyobrazić takiej liczby, lecz równie trudny do wyobrażenia jest ogrom przestrzeni, w której te planety są rozrzucone. „Gdybyśmy losowo wybrali jakieś miejsce we wszechświecie<sup>22</sup>, to szansa trafienia w pobliże którejś z tych planet byłaby mniejsza niż jedna na miliard bilionów bilionów” (czyli jedynek z 33 zerami). „Światy są niezwykle rzadkie”.

W takim razie powinniśmy chyba jednak się cieszyć, że w 1999 roku Międzynarodowa Unia Astronomiczna oficjalnie uznała Plutona za planetę. Wszechświat jest na tyle duży i przestronny, że nie musimy się obawiać, iż ktoś zablokuje nam wjazd do garażu.

## Rozdział 3

### WSZECHŚWIAT WIELEBNEGO EVANSA

Gdy niebo jest czyste, a Księżyc nie świeci zbyt mocno, wielbny Robert Evans, osoba cicha i o pogodnym usposobieniu, wynosi okazały teleskop na taras swojego domu w Górach Błękitnych w Australii, około 80 kilometrów na zachód od Sydney. Spoglądając w teleskop, wielbny Evans patrzy w odległą przeszłość i poszukuje ginących gwiazd.

Spoglądanie w przeszłość jest oczywiście łatwe. Wystarczy rzucić okiem na nocne niebo, aby zobaczyć bardzo odległą przeszłość. Zobaczyć gwiazdy nie takie, jakie są dziś, lecz takie, jakie były wtedy, gdy opuściło je światło, które właśnie wpada do twoich oczu. Gwiazda Polarna, nasza wierna towarzysza, może nadal tam być, lecz równie dobrze mogła się wypalić w styczniu zeszłego roku lub w styczniu 1854 roku, lub w dowolnym innym momencie od początków czternastego wieku, a wieść o jej losie jeszcze do nas nie dotarła. Jedyne, co możemy stwierdzić, to fakt, że 680 lat temu o tej porze roku jeszcze tam była. Gwiazdy rodzą się i giną; wielbny Evans potrafi spostrzec te momenty gwiazdnych pożegnań lepiej niż ktokolwiek inny na całym świecie.

W ciągu dnia Evans jest pastorem (obecnie częściowo na emeryturze) Uniting Church of Australia. Od czasu do czasu wypełnia liturgiczne obowiązki w zastępstwie aktualnego pastora swej parafii, a w wolnych chwilach zajmuje się historią dziewiętnastowiecznych ruchów religijnych. W nocy skromny pastor staje się astronomem, i to dość szczególnego rodzaju - łowcą supernowych.

Supernowa zdarza się wtedy, gdy bardzo duża gwiazda, znacznie większa od naszego Słońca, zapada się, w wyniku czego dochodzi do spektakularnej eksplozji, w której wydzielona zostaje energia ponad 100 miliardów słońc<sup>1</sup>. Przez krótki czas supernowa świeci jaśniej niż wszystkie gwiazdy jej

macierzystej galaktyki razem wzięte. „Jak bilion bomb wodorowych naraz”<sup>2</sup>, mówi Evans. Gdyby wybuch supernowej zdarzył się w odległości nie większej niż 500 lat świetlnych od Ziemi, byłoby po nas - „ impreza 1 miałaby się ku końcowi”, jak ujął to Evans. Na szczęście wszechświat jest | obszerny i supernowe są zazwyczaj zbyt daleko, aby wyrządzić nam] krzywdę. W istocie większość z nich zdarza się tak niewiarygodnie daleko, i że do nas dochodzi tylko mizerna poświata. Przeciętna supernowa jest wi-; doczna mniej więcej przez miesiąc, a jedyne, co odróżniają od zwykłych 1 gwiazd, to fakt, że znajduje się w miejscu, które jeszcze niedawno było ciemne i puste. To właśnie te okazjonalne, krótkotrwałe światła na niebie | wyszukuje wielebny Evans.

Wyobraź sobie zwykły kuchenny stół, pokryty czarnym obrusem, na który ktoś szerokim gestem wysypał garść soli. Rozrzucone po całym stole:i ziarenka soli reprezentują gwiazdy jednej galaktyki. Wyobraź sobie teraz: tysiąc pięćset takich stołów - ustawione w jednej linii utworzą szereg] długi na trzy kilometry - i na każdym z nich losowo rozrzucone ziarenka,! soli. Jeżeli Bob Evans przejdzie się wzdłuż stołów i przyjrzy się im, a następnie ktoś podrzuci jedno ziarenko soli na któryś ze stołów, Evans potrafi je wskazać. To ziarenko soli reprezentuje supernową.

Talent Evansa jest tak niezwykły, że Oliver Sacks, w swojej książce Antropolog na Marsie, poświęcił mu cały ustęp w rozdziale dotyczącym autystycznych sawantów<sup>3</sup>, zastrzegając zarazem, że „nic nie wskazuje na to, że jest autystykiem”. Evans, który nigdy nie spotkał Sacksa, śmieje się na myśl, że miałby być osobnikiem autystycznym lub sawantem, lecz nie potrafi wyjaśnić, skąd bierze się jego zadziwiający talent.

„Wydaje się, że po prostu mam talent do pamiętania układów gwiazd”, powiedział z nutką usprawiedliwienia, gdy odwiedziłem jego i jego żonę Elaine w ich uroczym bungalowu na skraju cichej i spokojnej wioski Hazelbrook, gdzie kończą się rozrzucone przedmieścia Sydney i zaczyna się niezmierna strefa australijskiego buszu. „W innych sprawach nie jestem szczególnie dobry -

dodaje od razu. - Niezbyt dobrze zapamiętuję imiona”.

„Albo miejsca, gdzie odkłada swoje rzeczy”, dodaje z kuchni Elaine.

Evans przytaknął z uśmiechem i zapytał, czy chciałbym zobaczyć jego teleskop. Wyobrażałem sobie, że na tyłach domu znajduje się coś w rodzaju miniaturowej wersji obserwatorium Mount Wilson albo Palomar - z ruchomym dachem oraz mechanicznie obracanym stanowiskiem obserwacyjnym. Okazało się, że udajemy się do ciasnego schowka obok kuchni, gdzie Evans trzyma swoje książki i papiery, a jego teleskop - biały cylinder o rozmiarach zbliżonych do domowego bojlera - spoczywa w obrotowym uchwycie, wykonanym domowym sposobem ze sklejki. Gdy Evans zamierza obserwować niebo, wynosi wszystko (na raty - osobno uchwyt i osobno teleskop) na mały taras obok kuchni. Z tego miejsca, między krawędzią dachu a szczytami rosnących w pobliżu eukaliptusów, widzi kawałek nieba wielkości skrzynki na listy, ale w zupełności mu to wystarcza. Gdy niebo jest czyste, a Księżyc nie świeci zbyt mocno, wolebnny Evans znajduje swoje supernowe.

Określenie „supernowa” wprowadził do astronomii, w latach trzydziestych dwudziestego wieku, ekscentryczny astrofizyk Fritz Zwicky. Urodzony w Bułgarii, wychowany w Szwajcarii, w latach dwudziestych przybył do California Institute of Technology (Caltech), gdzie natychmiast dał się poznać jako człowiek z jednej strony obdarzony błyskotliwym umysłem, lecz z drugiej strony - wyjątkowo trudnym charakterem. Nie robił wrażenia wyjątkowo bystrego, a wielu spośród jego kolegów uważało go za niewiele więcej niż „irytującego bufona”<sup>4</sup>. Fanatyk sprawności fizycznej, w każdej chwili był gotów wykonać pompkę na jednej ręce na podłodze stołówki Caltechu lub w jakimkolwiek innym publicznym miejscu, aby udowodnić swą sprawność każdemu, kto ośmieliłby się wątpić. Zachowywał się wyjątkowo agresywnie, do tego stopnia, że jego najbliższy współpracownik, znany astronom Walter Baade, nie zgadzał się przebywać sam na sam z Zwickim<sup>5</sup>. Zwicky między innymi oskarżał Baadego<sup>6</sup> o nazizm (Baade był Niemcem, ale bynajmniej nie nazistą).

Przynajmniej raz Zwicky zagroził, że zabije Baadego, jeżeli zobaczy go na kampusie Caltechu (Baade pracował wysoko w górach, w Mount Wilson Observatory).

Zwicky był jednak autorem kilku zaskakujących odkryć astronomicznych. Na początku lat trzydziestych zajął się problemem, który od dawna stanowił zagadkę dla astronomów: pojawianiem się tu i ówdzie na niebie błysków światła - nowych gwiazd. Mniej więcej w tym samym czasie w Anglii James Chadwick odkrył kolejną subatomową cząstkę, neutron. Zwicky zaczął się zastanawiać, czy istnieje jakiś związek między neutronem a zagadkowymi gwiazdami, i doszedł do wniosku, że gdy gwiazda się zapadnie i osiągnie gęstość materii porównywalną z gęstością jądra atomowego, powstanie niewyobrażalnie gęsty rdzeń. Atomy zostaną dosłownie zmiażdżone<sup>7</sup>, ich elektrony znajdą się w jądrach, tworząc neutrony. Powstanie gwiazda neutronowa. Wyobraź sobie milion potężnych, ciężkich kul armatnich stłoczonych wspólnie do rozmiarów pojedynczej kuli bilardowej, ' ] a i tak jeszcze masz daleko do celu. Rdzeń gwiazdy neutronowej jest tak gęsty, że jedna łyżka stołowa takiej materii waży 90 miliardów kilogra-) mów. Jedna łyżka! Ale to jeszcze nie wszystko. Zwicky uświadomił sobie i że w wyniku takiego kolapsu pozostanie ogromna ilość energii - wystarczająca do największego fajerwerku w całym wszechświecie<sup>8</sup>. Zwicky nazwał te eksplozje supernowymi. Są to najpotężniejsze zjawiska od momentu stworzenia wszechświata.

W dniu 15 stycznia 1934 roku w czasopiśmie „Physical Review” ukazał się niezwykle krótki abstrakt publikacji, którą Zwicky i Baade zaprezentowali miesiąc wcześniej na Stanford University. Mimo swej niezwyklej zwięzłości - jeden akapit o 24 liniijkach - abstrakt posiadał ogromny ładunek nowości: zawierał pierwsze odwołanie do supernowych i do gwiazd neutronowych; przekonująco wyjaśniał mechanizm ich powstawania; trafnie przewidywał skalę wybuchu; na koniec, jako dodatkowa premia, łączył wybuchy supernowych z tajemniczym zjawiskiem - produkcją tak zwanych promieni kosmicznych, które

uprzednio odkryto we wszechświecie. To były rewolucyjne idee. Istnienie gwiazd neutronowych zostało potwierdzone dopiero 34 lata później. Koncepcja promieni kosmicznych, aczkolwiek uważana za dość prawdopodobną, nie została jeszcze zweryfikowana<sup>9</sup>. Według opinii Kipa S. Thome'a, astrofizyka z Caltechu, abstrakt Zwicky'ego i Baadego był jednym z najbardziej profetycznych dokumentów w historii fizyki i astronomii<sup>10</sup>.

To brzmi niewiarygodnie, ale Zwicky miał bardzo słabe pojęcie o mechanizmach rządzących wszystkimi tymi zjawiskami. Zdaniem Thorne'a „nie rozumiał praw fizyki w wystarczającym stopniu, aby móc uzasadnić swoje idee”<sup>11</sup>. Specjalność Zwicky'ego stanowiły wielkie idee. Matematyczne uzasadnienia zostawiał innym - głównie Baademu.

Zwicky był również pierwszym astronomem, który odkrył, że we wszechświecie nie ma wystarczającej ilości widocznej materii potrzebnej do utrzymania galaktyk w całości, a zatem musi istnieć jakieś inne źródło grawitacyjnego oddziaływania, które obecnie nazywamy ciemną materią. Jedno ze zjawisk, które Zwicky przeoczył, stanowi możliwość skurczenia się gwiazdy neutronowej do tak wysokiej gęstości, że nawet światło nie zdoła pokonać jej potężnej grawitacji i uciec. Powstaje wtedy czarna dziura. Większość kolegów Zwicky'ego traktowała go z taką niechęcią, że jego idee nie miały niemal żadnych szans przebicia. Gdy pięć lat później wielki Robert Oppenheimer opublikował przełomowy artykuł na temat gwiazd neutronowych, ani słowem nie wspomniał o pracach Zwicky'ego, mimo że ten pracował nad tym samym zagadnieniem przez całe lata w tym samym budynku na drugim końcu korytarza. Jego koncepcje dotyczące ciemnej materii pozostawały niemal całkowicie zapomniane przez prawie cztery dekady<sup>12</sup>. Możemy tylko mieć nadzieję, że w tym czasie wykonał odpowiednią liczbę pompek.

Zadziwiająco mały kawałek wszechświata jest widoczny dla naszego oczu, gdy uniesiemy je ku niebu. Nieuzbrojonym okiem można dostrzec z Ziemi zaledwie około 6000 gwiazd<sup>13</sup>, a z tego tylko około 2000 z dowolnie wybranego,

ale określonego miejsca na globie. Za pomocą lornetki można powiększyć tę liczbę od 2000 do 50 000, a przy użyciu małego, dwucalowego teleskopu - do około 300 000. Korzystając z szesnastocalowego teleskopu, takiego, jaki ma Evans, liczy się już nie pojedyncze gwiazdy, lecz całe galaktyki. Evans szacuje, że ze swojego tarasu może zobaczyć od 50 000 do 100 000 galaktyk, z których każda zawiera dziesiątki miliardów gwiazd. Te liczby budzą respekt, lecz nawet w tak dużej próbce supernowe są niezwykle rzadkie. Gwiazda żyje miliardy lat, lecz ginie raz i szybko. Tylko niewielki ułamek ginących gwiazd eksploduje; większość gaśnie spokojnie, jak obozowe ognisko wczesnym rankiem. W przeciętnej galaktyce, liczącej około 100 miliardów gwiazd, supernowa zdarza się średnio raz na 200 do 300 lat. W tym kontekście poszukiwanie supernowej przypomina spoglądanie przez teleskop z tarasu widokowego Empire State Building i przeszukiwanie okien wokół Manhattanu w nadziei zobaczenia świeczki zapalanej na torcie z okazji dwudziestych pierwszych urodzin.

Gdy nikomu nie znany pastor Evans zwrócił się do społeczności astronomów z pytaniem, czy mają jakieś mapy nieba przydatne do poszukiwania supernowych, nikt nie potraktował go poważnie. W owym czasie Evans dysponował dziesięciocalowym teleskopem - to doskonały sprzęt dla amatora, lecz raczej niewystarczający do poważnych obserwacji kosmologicznych - za pomocą którego zamierzał poszukiwać jednego z najrzadziej obserwowanych zjawisk we wszechświecie. W całej historii astronomii, zanim Evans zaczął swoje obserwacje w 1980 roku, odkryto mniej niż 60 supernowych. Gdy odwiedziłem go w sierpniu 2001 roku, miał na liczniku 34 kolejne supernowe; trzydziestą piątą odkrył trzy miesiące później, a trzydziestą szóstą na początku 2003 roku.

Trzeba jednak przyznać, że pod pewnymi względami Evans miał przewagę. Większa część ludzkiej populacji mieszka na półkuli północnej,! więc także większość obserwatorów przeszukuje niebo po północnej stroi nie Ziemi. Evans miał spory kawałek nieba praktycznie na wyłączność! zwłaszcza na



początku. Miał też oczywiście swoją niewiarygodną pamięć wzrokową. Wielkie teleskopy mają, rzecz jasna, sporą przewagę, ale są nieporęczne w użyciu - sporo czasu traci się na manewrowanie i ustawianie urządzenia w odpowiedniej pozycji. Evans może obracać swój szesnastocąłowy teleskop niemal równie szybko, jak artylerzysta obraca działkiem<sup>^</sup> strzelniczym, poświęcając nie więcej niż kilka sekund na zmianę punktu obserwacji. W rezultacie w ciągu jednej nocy może obejrzeć 400 galaktyk, natomiast obserwator przy dużym, profesjonalnym teleskopie będzie miał szczęście, jeżeli zobaczy 50 czy 60.

Średnio rzecz biorąc, poszukiwanie supernowych stanowi bezowocny zajęcie. Od 1980 do 1996 roku Evans znajdował średnio dwie supernowe rocznie - niezbyt sowita nagroda za setki bezsennych nocy. Raz udało mu się odkryć trzy w ciągu piętnastu dni. Kiedy indziej przez trzy kolejne lata nie znalazł żadnej.

„Brak odkryć też ma pewną wartość - mówi Evans. - Kosmolodzy mogą na tej podstawie szacować tempo ewolucji galaktyk. To jeden z tych rzadkich obszarów, gdzie brak dowodów jest dowodem”.

Na stoliku obok teleskopu znajdowały się stosy fotografii i publikacji związanych z jego zainteresowaniami. Jeżeli kiedykolwiek przeglądałeś popularnonaukowe czasopisma astronomiczne (w pewnym wieku prawie każdy z nas interesował się astronomią i miał z nimi do czynienia), to z pewnością wiesz, że na ogół są one bogate w fotografie odległych mgławic i innych kosmicznych obiektów - pełnych gracji, światła i koloru. Robocze zdjęcia Evansa są zupełnie odmienne - czarnobiałe, zamazane fotografie małych punktów otoczonych przez równie zamazane świetliste halo. Na jednej z nich widniała ławica gwiazd, wśród których kryła się mało widoczna plamka światła. Musiałem przysunąć zdjęcie prawie do samego nosa, żeby ją dojrzeć. Evans wyjaśnił mi, że ta gwiazda leży w gwiazdozbiornie Fornax (Piec), w galaktyce NGC1365. (Litere NGC stanowią skrót od określenia New General Catalogue. Niegdyś był to opasły katalog gwiazd, zajmujący spory kawałek biurka; nie

muszę chyba dodawać, 1 dzisiaj istnieje w postaci bazy danych). Przez 60 milionów lat światło - świadek spektakularnej śmierci gwiazdy - podróżowało wytrwale przez bezmiar przestrzeni, aż pewnej sierpniowej nocy 2001 roku dotarło do Ziemi i ukryty wśród eukaliptusów Robert Evans spostrzegł maleńką, delikatną plamkę na nocnym niebie.

„Odczuwam pewnego rodzaju satysfakcję, gdy światło podróżujące przez miliony lat dociera do Ziemi akurat w momencie, gdy ktoś patrzy na ten konkretny kawałek nieba - mówi Evans. - Wydaje się słuszne, że zjawisko o takiej skali ma swego świadka”.

Obserwacje supernowych przynoszą oczywiście znacznie więcej pożytku niż tylko poczucie estetycznej satysfakcji. Istnieje kilka typów supernowych (jeden z nich został odkryty przez Evansa), z których jeden, typ Ia, ma szczególne znaczenie w astronomii, ponieważ zawsze eksploduje w taki sam sposób, z taką samą masą krytyczną. Dzięki temu te supernowe mogą być wykorzystane jako „świece standardowe”, umożliwiające pomiary względnej jasności (a zatem także względnych odległości) innych gwiazd, co między innymi pozwala szacować tempo ekspansji wszechświata.

W 1987 roku Saul Perlmutter z Lawrence Berkeley Laboratory w Kalifornii doszedł do wniosku, że potrzebuje więcej supernowych typu Ia, niż dają wizualne poszukiwania, i wymyślił bardziej systematyczną metodę ich znajdowania<sup>14</sup>. W tym celu sprzągnął wyspecjalizowany układ komputerowy z zestawem cyfrowych kamer, zwanych kamerami CCD (charge coupled device), podłączonych do teleskopów. System Perlmuttera pozwolił zautomatyzować poszukiwania supernowych. Teleskopy wykonują tysiące fotografii nieba, a komputery wyszukują jasne plamki - ślady wybuchów supernowych. W ciągu pięciu lat Perlmutter i jego koledzy z Berkeley znaleźli 42 supernowe. Obecnie nawet amatorzy stosują kamery CCD do poszukiwań. „Mając kamerę CCD, możesz wycelować teleskop w niebo i iść oglądać telewizję - mówi z nutką rezygnacji Evans. - To przestaje być zabawne”.

Zapytałem go, czy nie odczuwa pokusy użycia tej nowej technologii. „Och, nie, za bardzo lubię moją własną metodę. Poza tym - kiwnął głową w kierunku zdjęcia swojej najnowszej supernowej i uśmiechnął się - od czasu do czasu potrafię pokonać nawet kamerę CCD”.

Zadałem sobie dość oczywiste pytanie: Co by było, gdyby w pobliżu nas eksplodowała supernowa? Nasza najbliższa sąsiadka, Alfa Centauri, znajduje się 4,3 roku świetlnego od nas. Wyobrażałem sobie, że gdyby wy-, buchła, mielibyśmy 4,3 roku na oglądanie skutków tego wspaniałego zjawiska, rozszerzających się na całe niebo. Jak wyglądałoby nasze życie,| gdybyśmy mieli cztery lata i cztery miesiące na obserwowanie zwiastunał nieuniknionej zagłady, wiedząc, że gdy już ostatecznie nadejdzie, nic nie zdoła nas uratować? Czy ludzie nadal chodziliby do pracy? Czy rolnicy?; nadal uprawialiby ziemię? Czy nadal dostarczaliby swoje produkty do sklepów?

Wiele tygodni później, po powrocie do New Hampshire, gdzie obecnie; mieszkam, zadałem te pytania Johnowi Thorstensenowi, astronomowi! z Dartmouth College. „Och, nie - zaśmiał się. - Wieści o takim zdarzeniu podróżują prędkością światła, lecz z taką samą prędkością przemieszczają się siły destrukcji<sup>15</sup>, więc dowiedziałbyś się o wybuchu i zginąłbyś w tym samym momencie. Ale nie obawiaj się, nam to nie grozi”.

Aby wybuch supernowej stanowił zagrożenie dla życia na Ziemi, musiałby mieć miejsce „absurdalnie blisko - tłumaczył John - prawdopodobnie w odległości nie większej niż dziesięć lat świetlnych. Zagrożenie stanowią różne rodzaje promieniowania - promienie kosmiczne i tak dalej”. Między innymi wywołałyby one wspaniałe zorze polarne, błyszczące kurtyny widmowego światła, wypełniające całe widoczne niebo. Pomijając aspekty estetyczne, takie promieniowanie potrafiłoby również zniszczyć magnetosferę, obszar pola magnetycznego, które chroni nas przed promieniami kosmicznymi i innymi zagrożeniami. Bez magnetosfery każdy plażowicz bardzo szybko znalazłby się w sytuacji przegrzanej pizzy.

Zdaniem Thorstensa nie musimy się obawiać, że w naszym zakątku galaktyki trafi się coś takiego, ponieważ tylko niektóre gwiazdy kończą swój żywot jako supernowe. Kandydatka musi być dziesięć do dwudziestu razy masywniejsza od Słońca, a „w naszym bliskim sąsiedztwie nie ma tak ciężkiej gwiazdy. Wszechświat jest miłosiernie obszerny”. Najbliższą prawdopodobną kandydatką jest Betelgeuse, która od wielu lat zdradza objawy interesujących niestabilności, lecz Betelgeuse znajduje się w bezpiecznej odległości 50 000 lat świetlnych od nas.

W całej spisanej historii ludzkości tylko pół tuzina supernowych znalazło się na tyle blisko, że były widoczne z Ziemi gołym okiem<sup>16</sup>. W 1054 roku nastąpił wybuch, po którym powstała mgławica Krab. W 1604 roku pojawiła się gwiazda, która przez trzy tygodnie była widoczna w biały dzień. Najnowsza supernowa pojawiła się w 1987 roku, w obszarze znanym jako Wielki Obłok Magellana, w południowej części nieba. Była bardzo słabo widoczna, ponieważ znajdowała się w odległości 169 000 lat świetlnych.

Supernowe są jednak istotne z naszego, ludzkiego punktu widzenia, i to w dość szczególny sposób. Gdyby nie one, nie byłoby nas tutaj. Przypomnij sobie kosmologiczną zagadkę, wspomnianą na końcu rozdziału 1 - w wielkim wybuchu powstały wyłącznie lekkie pierwiastki. Wszystkie ciężkie izotopy pojawiły się później, lecz przez długi czas nikt nie potrafił wyjaśnić, jak powstały. Problem polegał na tym, że potrzebny jest bardzo gorący tygiel - gorętszy nawet niż wnętrza najgorętszych gwiazd - aby mogły powstać węgiel, żelazo oraz inne pierwiastki, bez których człowiek byłby niepokojąco bezcielesny. Rozwiązanie stanowiły supernowe, a odkrycie to zawdzięczamy pewnemu angielskiemu kosmologowi, niemal równie ekscentrycznemu jak Fritz Zwicky.

Fred Hoyle pochodził z Yorkshire. Gdy zmarł w 2001 roku, nekrolog w „Nature” scharakteryzował go jako „kontrowersyjnego kosmologa”<sup>17</sup>, naukowiec „przez większą część życia uwikłanego w rozmaite kontrowersje”, który

„sygnował swoim nazwiskiem różne brednie”. Hoyle między innymi twierdził, nie mając na to dowodów\*, że archeopteryks w londyńskim Natural History Museum stanowi fałszerstwo, podobne do mistyfikacji z Piltdown; paleontolodzy z muzeum przez wiele dni nie robili nic oprócz odbierania telefonów od dziennikarzy z całego świata. Hoyle był przekonany, że nie tylko życie na Ziemi pojawiło się z kosmosu, lecz również wiele epidemii, takich jak grypa i dżuma, pochodziło z przestrzeni kosmicznej. W pewnym momencie zasugerował nawet, że kształt ludzkiego nosa, z nozdrzami skierowanymi w dół, wyewoluował po to, aby utrudnić kosmicznym patogenom wnikanie do organizmu<sup>18</sup>.

To właśnie Hoyle stworzył określenie „wielki wybuch”. W 1952 roku użył go w audycji radiowej, w intencji zdyskredytowania tej teorii, gdyż sam był zwolennikiem koncepcji stanu stacjonarnego, według której

\* Hoyle bez wątpienia miał skłonność do wymyślania i uporczywego forsowania mniej popularnych rozwiązań, ale nie był aż tak szalony, żeby wysuwać twierdzenia bez żadnych dowodów. Jego sugestia dotycząca fałszywości archeopteryksa była oparta na analizie porównawczej odcisków piór i rzeczywiście wywołała kontrowersje, które nie zostały jeszcze całkowicie rozstrzygnięte (przyp. tłum.). wszechświat nieustannie się rozszerza, a równoległe z jego rozszerzaniem nieustannie powstaje nowa materia<sup>19</sup>. Hoyle zawsze podkreślał, że na gruncie znanych praw fizyki w żaden sposób nie potrafimy wyjaśnić, dlaczego wszystko miało być skupione w jednym punkcie, aby nagle i gwałtownie<sup>1</sup> zacząć się rozszerzać. W pewnym momencie Hoyle zdał sobie sprawę, że wewnątrz zapadającej się gwiazdy temperatura powinna gwałtownie rosnać, osiągając ponad 100 milionów stopni<sup>20</sup> - wystarczająco dużo, aby w procesie zwanym nukleosyntezą mogły powstawać ciężkie pierwiastki. W 1957 roku Hoyle, wraz z trójką współpracowników, opublikował artykuł, w którym wyjaśniony został mechanizm powstawania ciężkich pierwiastków w trakcie wybuchu supernowej. Za to odkrycie jeden ze

współautorów, W. A. Fowler, otrzymał w 1983 roku Nagrodę Nobla. Wielu naukowców uważa, że pominięcie Hoyle'a przyniosło wstyd komitetowi noblowskiemu.

Zgodnie z teorią Hoyle'a eksplodująca gwiazda wytwarza wystarczająco dużo ciepła, aby mogły powstać wszystkie ciężkie pierwiastki, które następnie zostają wyrzucone w przestrzeń i tworzą gazowe chmury zwane materią międzygwiazdową. Z czasem chmury te mogą się zagęszczać i tworzyć nowe układy słoneczne. W ten sposób można było wreszcie zacząć wysuwać prawdopodobne scenariusze powstania Słońca, jego planet, a także nas samych. Według obecnego stanu wiedzy wyglądało to mniej więcej tak.

Okolo 4,6 miliarda lat temu w miejscu, gdzie obecnie leży nasz Układ Słoneczny, znajdował się ogromny kłęb gazu i pyłu, rozciągający się na przestrzeni 24 miliardów kilometrów, który stopniowo zaczął się zagęszczać. Prawie cała jego masa - 99,9 procent<sup>21</sup> - ostatecznie utworzyła Słońce. Wśród pozostałych resztek materii od czasu do czasu trafiały się pary mikroskopijnych cząstek, krążących na tyle blisko siebie, że siły elektrostatycznego przyciągania powodowały ich połączenie. W miarę upływu czasu takie połączenia stawały się coraz częstsze i w taki sposób narodziła się także i nasza planeta. Zderzające się ziarna pyłu tworzyły coraz większe ciała, aż w końcu niektóre z nich stały się na tyle duże, że zmieniły status ze zwykłych brył materii na planetozymale. Wszystkie krążące wokół świeżo powstałego Słońca obiekty nieustannie się spotykały, zderzały, rozpadały, łączyły w nieskończonym tańcu, lecz stopniowo z tego chaotycznego korowodu wyłaniali się zwycięzcy, którzy opanowali i zdominowali sąsiedztwo swoich orbit.

Wszystko to działo się w stosunkowo krótkim czasie. Astronomowie sądzą, że wzrost od maleńkiego ziarenka pyłu do początkującej planetki o średnicy kilkuset kilometrów trwał zaledwie kilkadziesiąt tysięcy lat. Ziemia w zasadzie ukształtowała się w ciągu 200 milionów lat, być może nawet mniej<sup>22</sup>, aczkolwiek była wciąż jeszcze stopiona i wystawiona na nieustanne

bombardowanie przez krążące wokół mniejsze obiekty.

Mniej więcej w tym momencie, około 4,4 miliarda lat temu, w Ziemię trafił obiekt o rozmiarach Marsa, wybijając w przestrzeń ogromną ilość materii, z której w ciągu zaledwie kilku tygodni powstał najbliższy towarzysz Ziemi - Księżyc. Po roku z bezkształtnej bryły Księżyca uformowała się kulista skała, która od tego czasu wiernie towarzyszy naszej planecie. Prawdopodobnie większość materii Księżyca pochodzi z wierzchniej skorupy Ziemi, a nie z jej jądra<sup>23</sup>, i dlatego bryła Księżyca zawiera tak mało żelaza, w przeciwieństwie do Ziemi. Ten scenariusz niemal zawsze jest prezentowany jako względnie nowa teoria, lecz w rzeczywistości po raz pierwszy został sformułowany przez Reginalda Daly'ego z Harvard University<sup>24</sup>. Jedyna nowa rzecz związana z tą teorią to to, że obecnie stała się względnie popularna.

Gdy Ziemia osiągnęła jedną trzecią swych ostatecznych rozmiarów, wokół niej zaczęła się tworzyć atmosfera, początkowo składająca się głównie z dwutlenku węgla, azotu, metanu i siarki. Zapewne niewielu z nas chciałoby oddychać czymś takim, lecz to właśnie w tej atmosferze powstało życie. Dwutlenek węgla jest jednym z najbardziej wydajnych gazów cieplarnianych, co miało tę dobrą stronę, że Słońce świeciło wtedy znacznie słabiej niż dziś. Gdyby nie efekt cieplarniany, Ziemia mogłaby zamarznąć na zawsze<sup>25</sup> i życie nie miałoby szans uchwycić przyczółka. Jednak jakaś mała torebka chemikaliów zebrała się w sobie i... ruszyliśmy w drogę.

Przez kolejne 500 milionów lat młoda Ziemia była nieustannie bombardowana przez komety, mejpnry i inne kosmiczne śmifid..którfSjopniowo w)yełniły oceany wodą i dostarczyły niezbędnych komponentów do uforifiowaniai rozwoju życia. Było to wyjątkowo trudne do przetrwania środowisko, lecz w jakiś sposób życie dało sobie radę.

Cztery miliardy lat później ludzie zaczęli się zastanawiać, jak się to wszystko zaczęło. To będzie temat dalszej części tej historii.

## Rozdział 4

### MIARA RZECZY

Niewiele ekspedycji naukowych w historii zachodniej cywilizacji miało równie niepomyślny przebieg jak wyprawa do Peru pod auspicjami Francuskiej Akademii Nauk w 1735 roku. Grupa uczonych i awanturników, pod dowództwem hydrologa Pierre'a Bouguera oraz żołnierza matematyka Charles'a Marie de La Condamine'a, wyruszyła w Andy w celu wykonania pomiarów triangulacyjnych.

W owym czasie ludzie nauki zaczęli zadawać sobie coraz bardziej precyzyjne i szczegółowe pytania na temat naszej planety. Chcieli poznać jej wiek, rozmiary, masę, pochodzenie, jej miejsce w przestrzeni. Zadanie francuskiej ekspedycji polegało na wykonaniu pomiaru odległości odpowiadającej jednemu stopniowi szerokości geograficznej (czyli  $1/360$  obwodu planety) wzdłuż południka, co pozwoliłoby obliczyć całkowity obwód Ziemi. Pomiar miał być wykonany wzdłuż linii łączącej dwie miejscowości położone w Andach i oddalone mniej więcej o 320 kilometrów: Yarouaui koło Quito oraz okolice Cuenca w obecnym Ekwadorze\*. i Triangulacja, metoda zastosowana przez francuskich badaczy, stanowiła popularną technikę opartą na geometrycznym twierdzeniu, zgodnie z którym wystarczy znać długość jednego boku trójkąta oraz dwa kąty, aby móc obliczyć wszystkie boki i kąty. Przypuśćmy dla przykładu, że zechcemy (ty i ja) metodą triangulacji zmierzyć odległość od Ziemi do Księżyca. W tym celu musimy najpierw oddalić się od siebie na pewną odległość, więc ty udajesz się do Paryża, a ja do Moskwy i każdy z nas w tym samym momencie musi spojrzeć na Księżyc. Wyobraź sobie teraz trójkąt, którego boki łączą te trzy punkty: ciebie, mnie i Księżyc. Wystarczy zmierzyć długość linii bazowej (to jest odległość z Paryża do



Moskwy) oraz dwa kąty przyległe do linii bazowej, czyli kąty między linią bazową a kierunkiem, pod jakim każdy z nas widzi Księżyc. Suma trzech kątów wewnętrznych trójkąta zawsze wynosi 180 stopni, więc znając dwa z nich, możemy natychmiast obliczyć trzeci. Znając z kolei dokładny kształt trójkąta (czyli wszystkie trzy kąty) oraz długość jednego boku, można natychmiast wyliczyć długości pozostałych boków. Taką właśnie metodę pomiaru odległości Księżyca zastosował 150 lat p.n.e. grecki astronom Hipparch z Nucai.

Niemal od początku sprawy toczyły się dość niepomysłnie, niekiedy wręcz dramatycznie. W Quito uczestnicy wyprawy w jakiś sposób sprowokowali lokalnych mieszkańców i w rezultacie nieporozumień zostali obrzuceni kamieniami i wypędzeni z miasta przez rozjuszony tłum. Wkrótce ~ potem lekarz wyprawy został zamordowany w bójce o kobietę. Botanik; oszalał. Kilka osób zmarło na malarię lub zginęło w wypadkach. Trzeci pod względem starszeństwa członek kierownictwa wyprawy, Jean Godin, uległ wdziękowi trzynastoletniej dziewczynki i nie dał się nakłonić do powrotu. 5

W pewnym momencie wyprawa była zmuszona wstrzymać prace na osiem miesięcy, podczas gdy La Condamine musiał pojechać do Limy, aby uzyskać zgodę władz na dalsze prace. W rezultacie sporów i nieporozumień wewnątrz grupy La Condamine i Bouguer przestali się do siebie odzywać i przestali razem pracować. Niemal wszędzie członkowie wyprawy spotykali się z podejrzeniami lokalnych władz, którym trudno było uwierzyć, że grupa francuskich uczonych wybrała się na drugą stronę globu tylko po to, aby go zmierzyć. To nie wyglądało na sensowny powód ani wtedy, ani dzisiaj, dwa i pół wieku po tych wydarzeniach. Dlaczego Francuzi nie robili swoich pomiarów we Francji, oszczędzając sobie trudów i niebezpieczeństw wyprawy w Andy?

Odpowiedź w pewnym stopniu wynika z faktu, że osiemnastowieczni uczeni, a Francuzi w szczególności, rzadko wybierali proste rozwiązanie, jeżeli istniała jakaś absurdalnie skomplikowana alternatywa. Częściowo odpowiedzialny był praktyczny problem, na który po raz pierwszy natknął się

angielski astronom Edmond Halley wiele lat wcześniej - ■ znacznie wcześniej niż Bouguer i La Condamine zaczęli marzyć o wyprawie do Ameryki Południowej, nie mówiąc już o przesłankach tej decyzji.

Edmond Halley był pod wieloma względami wyjątkową i barwną postacią siedemnastowiecznej nauki. W ciągu swej długiej i owocnej kariery<sup>1</sup> był kapitanem statku, kartografem, profesorem geometrii na University of Oxford, zastępcą nadzorcy Mennicy Królewskiej, astronomem królewskim, wynalazcą pełnomorskiego dzwonu nurkowego. Pisał autorytatywne teksty na temat magnetyzmu, prądów morskich i ruchów planet, a także

Triangulacyjne pomiary odległości na powierzchni Ziemi opierają się na tej samej zasadzie, z tą różnicą, że trójkąt nie wystaje oczywiście w przestrzeń, lecz wszystkie trzy boki leżą na mapie. Mierząc długość jednego stopnia na południku, kartografowie konstruują łańcuch trójkątów, ułożonych jeden za drugim wzdłuż mierzonej odległości. o skutkach używania opium. Opracował koncepcję mapy pogody, stworzył tabelę umieralności dla firm ubezpieczeniowych, zaproponował sposób pomiaru wieku Ziemi oraz jej odległości od Słońca, a nawet stworzył praktyczną metodę przechowywania ryb. Jedną z rzeczy, których nie zrobił, było odkrycie komety noszącej obecnie jego imię. Halley jedynie zauważył, że kometa zaobserwowana w 1682 roku, między innymi przez niego samego, jest tym samym ciałem, które wcześniej było widziane w latach 1456, 1531 i 1607. Dopiero w 1758 roku, szesnaście lat po śmierci Halleya, komecie nadano nazwę.

Mimo tych wszystkich osiągnięć największy wkład Halleya w naukę polega prawdopodobnie na tym, że w pewnym momencie wziął udział w zakładzie, którego stronami byli oprócz niego jeszcze dwaj inni prominentni przedstawiciele nauki owych czasów. Adwersarzami Halleya byli Robert Hooke, zapewne najlepiej pamiętany jako pierwszy uczony, który opisał komórkę, oraz sir Christopher Wren, obecnie niemal wyłącznie pamiętany jako architekt, aczkolwiek był on przede wszystkim astronomem. W 1683 roku

Halley, Hooke i Wren spotkali się w Londynie na obiedzie. Rozmowa zeszła na aktualny wówczas temat ruchów planet. Wiedziano już wtedy, że orbity planet mają kształt elipsy - „konkretnej i precyzyjnie określonej krzywej”<sup>2</sup>, według słów Richarda Feynmana - lecz nikt nie wiedział dlaczego. Wren zaoferował hojną nagrodę w wysokości 40 szylingów (odpowiednik kilkutygodniowej pensji) dla odkrywcy rozwiązania.

Hooke, człowiek znany z przypisywania sobie idei, które niekoniecznie były jego własne, stwierdził, iż znalazł już rozwiązanie<sup>3</sup>, lecz odmówił podzielenia się nim, wysuwając równie interesujący, co odkrywczy argument, że ujawnienie rozwiązania pozbawiłoby innych badaczy satysfakcji wynikającej z samodzielnego poszukiwania. Zamierzał „przez pewien czas nie ujawniać swego wyniku, aby inni mogli w pełni docenić jego wartość”. Nie mamy żadnych dowodów, że Hooke próbował rozwiązać problem kształtu orbit planetarnych, ani tym bardziej że naprawdę znalazł rozwiązanie. Wiadomo natomiast, że Halley bardzo poważnie podszedł do zagadnienia, do tego stopnia, że rok później udał się do Cambridge z nadzieją uzyskania pomocy ze strony tamtejszego profesora matematyki, Isaaca Newtona.

Isaac Newton, ikona nowoczesnej nauki, był bez wątpienia wyjątkową osobowością, nawet jak na ówczesne czasy. Błyskotliwy ponad wszelką miarę, lecz zarazem ponury samotnik; drażliwy w stopniu graniczącym z paranoją; znany ze skłonności do całkowitego wyłączenia zewnętrznych bodźców i popadania w głęboką zadumę (miał jakoby przesiadywać w nocnej koszuli na brzegu łóżka do późnego popołudnia pod wpływem nagłej myśli, która przyszła mu do głowy tuż po przebudzeniu); zdolny do najbardziej niewiarygodnych dziwactw. Zbudował w Cambridge własne laboratorium, w którym oprócz epokowych odkryć wykonywał także szokujące eksperymenty, na przykład wbił szpikulec - długą igłę używaną do szycia skóry - do własnej gałki ocznej i obracał ją dookoła „między okiem i kością<sup>4</sup>, tak blisko dna oka, jak potrafiłem”, aby się przekonać, co z tego wyniknie. Przedziwnym cudem nic złego nie

wyniknęło z tego eksperymentu, w każdym razie nic trwałego. Przy innej okazji wpatrywał się w Słońce tak długo, jak zdołał wytrzymać, aby sprawdzić, jaki efekt wywrze ta tortura na narządy wzroku. Ponownie uniknął trwałych uszkodzeń; aczkolwiek musiał spędzić kilka dni w zaciemnionym pokoju, zanim ból oczu przestał mu doskwierać.

Pod osobowością dziwaka krył się jednak umysł geniusza najwyższej próby, aczkolwiek nawet największe osiągnięcia Newtona otoczone są aurą osobliwości. Jeszcze jako student Newton - niezadowolony z ograniczeń ówczesnej matematyki - wynalazł nową gałąź tej dziedziny, rachunek różniczkowy, po czym wstrzymał się z opublikowaniem swego odkrycia przez dwadzieścia siedem lat<sup>5</sup>. W identyczny sposób postąpił ze swymi odkryciami w dziedzinie optyki, które zrewolucjonizowały nasze zrozumienie natury światła. Stworzył podwaliny spektroskopii, po czym przez trzy dekady niczego nie ujawnił.

Mimo swej niezwyklej błyskotliwości Newton tylko część swoich zainteresowań lokował w dziedzinie, którą dziś określilibyśmy jako naukę. Przynajmniej połowę swego aktywnego życia poświęcił alchemii oraz kwestiom religii, które traktował równie poważnie, a może nawet bardziej poważnie niż wszystko inne. Był antytrynitarzem - sekretnym zwolennikiem niebezpiecznie heretyckiej sekty arian, którzy odrzucali dogmat Trójcy Świętej (jak na ironię, Newton był członkiem college'u Świętej Trójcy w Cambridge). Spędzał całe dnie na studiowaniu planu zaginionej świątyni króla Salomona w Jerozolimie (przy okazji nauczył się hebrajskiego, aby móc studiować teksty w oryginale), wierząc, że znajdzie tam matematyczny klucz do dat powtórnego przyjścia Chrystusa oraz końca świata. Równie silne było jego zaangażowanie w alchemię. W 1936 roku ekonomista John Maynard Keynes nabył na aukcji zbiór rękopisów Newtona i ze zdumieniem odkrył że nic dotyczyły one optyki ani ruchów planet, lecz przemiany pospolitych metali w metale szlachetne. W 1970 roku wykonano analizę kosmyka włosów Newtona. Okazało się, że włosy

zawierały rtęć, pierwiastek, którym interesują się wyłącznie alchemicy, kapelusznicy oraz producenci termometrów. Stężenie rtęci czterdziestokrotnie przekraczało naturalny poziom, co może tłumaczyć, dlaczego Newton zapominał rano wstać z łóżka.

Możemy tylko zgadywać, czego spodziewał się Halley, gdy złożył w Cambridge niezapowiedzianą wizytę w sierpniu 1684 roku, lecz dzięki jednemu z późniejszych zwolenników Newtona, Abrahamowi DeMoi-vre'owi, posiadamy zapis jednego z najbardziej przełomowych spotkań w historii nauki:

W 1684 roku doktor Halley przybył do Cambridge [i] po pewnym czasie zapytał, co sądzi o krzywej, jaką zakreślają planety, zakładając, że siła przyciągania Słońca jest proporcjonalna do odwrotności kwadratu odległości.

Halley był przekonany, że wyjaśnienie musi być związane z matematycznym prawem odwrotnych kwadratów, aczkolwiek nie bardzo wiedział jak.

Sir Isaac natychmiast stwierdził, że to będzie [elipsa]. Doktor, zaskoczony i zachwycony, zapytał, skąd to wiadomo. „No cóż - odparł - policzyłem to”, na co doktor Halley bez dalszej zwłoki poprosił o te obliczenia. Sir Isaac przejrzał swe papiery, lecz nie mógł znaleźć obliczeń.

Halley nie zadowolił się tą zdumiewającą reakcją - było to niczym historia o kimś, kto odkrył lekarstwo na raka, lecz nie może sobie przypomnieć, gdzie odłożył recepturę. Naciskany przez Halleya Newton zgodził się powtórzyć obliczenia i opublikować je. Nie tylko dotrzymał słowa, lecz uczynił znacznie więcej. W ciągu dwóch lat intensywnej pracy napisał swe arcydzieło: *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, czyli Zasady matematyczne filozofii przyrody, powszechnie znane jako *Principia*.

W historii cywilizacji tylko kilka razy zdarzyło się, że ludzki umysł dokonał odkrycia tak przenikliwego i tak nieoczekiwanego, iż nie sposób zdecydować, co było bardziej zdumiewające - samo odkrycie czy proces myślowy, który do niego doprowadził. Publikacja *Principiów* stanowiła jeden z

takich momentów. Niemal z dnia na dzień Newton stał się sławny. Do końca życia spływały nań zaszczyty i honory; był między innymi pierwszym Anglikiem, który za osiągnięcia naukowe otrzymał tytuł szlachecki. Nawet wielki niemiecki matematyk, Gottfried von Leibniz<sup>6</sup>, z którym Newton prowadził długi zażarty spór o pierwszeństwo odkrycia rachunku różniczkowego, uważał, że wkład Newtona do matematyki był nie mniejszy niż wszystkie uprzednie odkrycia matematyczne razem wzięte. „Blżej bogów żaden śmiertelnik nie zaszedł”, napisał Halley, a odczucia tą; podzielali niemal wszyscy jemu współcześni oraz niezliczone rzesze późniejszych uczonych.

Principia zostały wprowadzicie określone jako „jedna z najtrudniejszych ksiązek wszech czasów”<sup>7</sup> (Newton celowo uczynił ją trudną, aby uniknąć zwracania głowy ze strony „ignorantów”), lecz w istocie tekst stanowił drogowskaz dla tych, którzy chcieli i potrafili iść jego śladem. Newton nie tylko wyjaśnił i podał matematyczne podstawy orbit ciał niebieskich, lecz także zidentyfikował siłę przyciągania, która jest odpowiedzialna za ruchy planet - grawitację. Nagle okazało się, że każdy ruch we wszechświecie można sensownie wytłumaczyć.

Trzy newtonowskie prawa ruchu (każde ciało porusza się wzdłuż linii prostej, dopóki jakaś siła nie zmusi go do zmiany prędkości lub kierunku ruchu; ciało przyspiesza w kierunku, w którym jest popychane; każda akcja spotyka się równą i przeciwnie skierowaną reakcją) oraz uniwersalne prawo grawitacji (każdy obiekt we wszechświecie przyciąga każdy inny obiekt) stanowiły cztery główne zagadnienia Principiów. Może ci się to nie wydawać prawdopodobne, lecz w tej chwili przyciągasz wszystko, co znajduje się wokół ciebie - ściany, sufit, lampę, kota - za sprawą swego niewielkiego (w istocie bardzo małego) pola grawitacyjnego, które rozciąga się na wszystkie strony wokół ciebie. Wszystkie te obiekty również działają na ciebie. Newton odkrył, że siła przyciągania dwóch ciał jest, jak ujął to Feynman, „proporcjonalna do masy każdego z nich i odwrotnie proporcjonalna do kwadratu odległości między

nimi”<sup>8</sup>. Inaczej mówiąc, jeżeli podwoisz odległość między nimi, siła przyciągania zmniejszy się czterokrotnie. Można to wyrazić za pomocą wzoru  $F \sim G^{-2}$  który dla większości z nas jest oczywiście całkowicie pozbawiony praktycznego pożytku, ale możemy przynajmniej podziwiać jego matematyczną elegancję. Kilka operacji mnożenia, proste dzielenie i... bingo - gdziekolwiek jesteś, znasz swoją grawitacyjną sytuację. Było to pierwsze uniwersalne prawo przyrody odkryte przez ludzki umysł i między innymi z tego powodu Newtona otacza tak powszechny szacunek.

Publikacja *Principiów* nie obyła się bez przeszkód. Gdy praca była niemal ukończona, rozgorzał spór między Newtonem i Hookiem o pierwszeństwo odkrycia prawa odwrotnych kwadratów. Newton odmówił wydania trzeciego tomu, bez którego publikacja pierwszych dwóch wydawała się mało sensowna. Tylko niezwykle energiczne, i zarazem dyplomatyczne, działania Halleya, hojnie szafującego pochlebstwami, pozwoliły mu wydrzeć końcowy tom z rąk kapryśnego profesora.

Na tym bynajmniej nie skończyły się kłopoty Halleya. Royal Society zobowiązało się opublikować pracę, lecz w ostatniej chwili wycofało swoje poparcie, powołując się na trudności finansowe. Rok wcześniej Royal Society sfinansowało kosztowną pozycję, zatytułowaną *The History of Fishes*, która okazała się kompletnym niewypałem. Istniały obawy, że książka o czysto matematycznych zagadnieniach również nie zawojuje rynku. Halley opublikował *Principia* na własny koszt, mimo że jego sytuacja finansowa bynajmniej nie była różowa. (Newton, jak zwykle, nie dał ani grosza<sup>9</sup>.) Krótko przedtem przyjął stanowisko asystenta sekretarza w Royal Society, lecz został poinformowany, że zamiast umówionej pensji w wysokości 50 funtów rocznie będzie otrzymywał równowartość w naturze - w postaci egzemplarzy *The History of Fishes*<sup>10</sup>.

Prawa Newtona wyjaśniały tak wiele różnych zjawisk - prądy morskie, ruchy planet, trajektorie pocisków armatnich, przyczyny, dla których nie

spadamy w kosmos, lecz pozostajemy na Ziemi, mimo że powierzchnia planety wiruje z prędkością setek kilometrów na godzinę\*, wytwarzając potężną siłę odśrodkową - że upłynęło sporo czasu, nim wszystkie konsekwencje utrwaliły się w powszechnej świadomości. Jedna z owych zasad jednakże niemal natychmiast wywołała ogromne kontrowersje.

\* Prędkość wirowania zależy od położenia geograficznego. Liniowa prędkość powierzchni Ziemi zmienia się od nieco więcej niż 1600 kilometrów na godzinę na równiku do zera na biegunach. W Londynie wynosi około 998 kilometrów na godzinę.

Była to sugestia, że Ziemia nie jest ciałem dokładnie kulistym. Zgodnie z teorią Newtona siła odśrodkowa, wywołana wirowym ruchem Ziemi, dq. winna spowodować nieznaczne spłaszczenie planety na biegunach oraz równie niewielkie wybrzuszenie na równiku. Między innymi oznaczało to że odległość odpowiadająca jednemu stopniowi szerokości geograficznej we Włoszech nie jest dokładnie taka sama jak w Szkocji. W szczególności odległość ta zmniejsza się w miarę oddalania się od bieguna. To nie była dobra wiadomość dla tych kartografów, którzy swoje pomiary rozmiarówd planety opierali na założeniu, że jest ona idealną kulą - czyli w praktyce dla wszystkich.

Przez ponad pół wieku próbowano dokładnie zmierzyć Ziemię. Jedną z pierwszych prób podjął angielski matematyk Richard Norwood. W młodości Norwood próbował zbić fortunę na wydobywaniu pereł z dna morza. Na podstawie projektu Halleya zbudował dzwon nurkowy, z którym udał się na Bermudy. Przedsięwzięcie nie przyniosło jednak oczekiwanych zysków, ponieważ dzwon nie działał zgodnie z oczekiwaniami, a na Bermudach nie ma pereł, lecz Norwood nie należał do ludzi, którzy łatwo ulegają zniechęceniu. Na początku siedemnastego stulecia Bermudy miały złą sławę wśród kapitanów statków jako trudny do osiągnięcia cel podróży, ponieważ ówczesne techniki nawigacyjne były zbyt niedokładne, aby za ich pomocą dało się precyzyjnie zlokalizować archipelag, którego rozmiary są mikroskopijne w porównaniu z ogromem



oceanu. Długość jednej mili morskiej nie była wtedy jeszcze sprecyzowana. Nawet najdrobniejszy błąd w obliczeniach nawigacyjnych ulegał powiększeniu w trakcie trawersowania oceanu i w rezultacie trafienie w cel wielkości Bermudów często stanowiło zadanie przekraczające możliwości ówczesnych nawigatorów. Norwood, którego pierwszą miłością była trygonometria, chciał wprowadzić do nawigacji nieco matematycznego rygoru i w tym celu zdecydował się zacząć od wyznaczenia odległości odpowiadającej jednemu stopniowi szerokości geograficznej.

Zaczynając od murów wieży Tower w Londynie, Norwood spędził dwa pracowite lata, maszerując 335 kilometrów w kierunku północnym, w stronę Yorku, i mierząc dystans za pomocą wielokrotnie rozciąganego łańcucha. Cały czas musiał przy tym dokonywać precyzyjnych poprawek, aby uwzględnić nierówności terenu. Na koniec zamierzał dokonać pomiaru wysokości Słońca w Yorku o tej samej porze dnia i o tej samej porze roku co pomiar wykonany uprzednio w Londynie. W ten sposób zamierzał wyznaczyć długość jednego stopnia, a zatem również cały obwód Ziemi. Było to niemal absurdalnie ambitne przedsięwzięcie, ponieważ nawet bardzo niewielki błąd o drobny ułamek stopnia spowodowałby zmianę końcowego wyniku o wiele mil. Ostatecznie jednak Norwood z dumą ogłosił, że wynik jest dokładny „co do joty”;; ściśle rzecz biorąc, wynik był dokładny do około 600 jardów. Długość jednego stopnia wyniosła według Norwooda 110,72 kilometra.

W 1637 roku ukazało się arcydzieło Norwooda, *The Seaman 's Practice*, i natychmiast stało się bestsellerem. W sumie wydrukowano 17 wydań; 25 lat po śmierci Norwooda książka wciąż była w obiegu. Norwood powrócił na Bermudy wraz z całą rodziną, gdzie odniósł spore sukcesy jako plantator, a wszystkie wolne chwile poświęcał swej pierwszej miłości, trygonometrii. Przeżył tam 38 lat, których jednak, na skutek splotu niefortunnych okoliczności, nie można uznać za szczęśliwe. W czasie podróży z Anglii na Bermudy dwaj młodzi synowie Norwooda zostali umieszczeni w kabinie wraz z wielebnym

Nathanielem White'em i zdołali do tego stopnia zgorszyć czcigodnego sługę Bożego, że spędził on niemal całą swą zawodową karierę na próbach prześladowania Norwooda i jego rodziny.

Do życiowych niepowodzeń Norwooda przyczyniły się również jego dwie córki, a raczej ich mężowie. Jeden z nich, być może pod wpływem pastora White'a, nieustannie składał przeciw Norwoodowi pozwy w sądzie, zmuszając go do częstych podróży przez całe Bermudy na posiedzenia sądu. W latach pięćdziesiątych siedemnastego wieku na Bermudach zaczęły się procesy czarownic i Norwood przeżył ostatnie lata swego życia w nieustannej obawie, że jego publikacje, za sprawą tajemniczych symboli trygonometrycznych, zostaną uznane za dowód współdziałania z diabłem, a ich autor podzieli los nieszczęsnych ofiar procesów stosujących mniej wyrafinowane środki komunikacji z zaświatami. Niewiele wiemy o ostatnich latach życia Norwooda i trudno ocenić, czy i do jakiego stopnia zasłużył sobie na taki los.

W tym czasie w dziedzinie określania rozmiarów Ziemi pałeczkę przejęli Francuzi. Astronom Jean Picard opracował niezwykle skomplikowaną metodę triangulacji, wymagającą użycia kwadrantów, zegarów wahadłowych, teleskopów zenitalnych i lunet (w celu wykonywania obserwacji księżyców Jowisza). W 1669 roku, po dwóch latach wyteźzonej pracy polegającej głównie na triangulacji sporego obszaru Francji, Picard ogłosił dokładniejszy pomiar długości jednego stopnia - 110,46 kilometra. Dla Francuzów był to powód do dumy; okazało się jednak, że przedwcześnie<sup>^</sup> - ponieważ pomiar wykonany przez Picarda był oparty na założeniu idealnej kulistości Ziemi... które Newton zakwestionował.

Po śmierci Picarda sytuacja skomplikowała się jeszcze bardziej, gdy dwaj astronomowie, Giovanni i Jacques Cassini (ojciec i syn), powtórzyli;-. pomiary Picarda na większym obszarze i uzyskali wynik, który sugerowała że Ziemia nie jest spłaszczona na biegunach, lecz na równiku. Był to rezultat dokładnie odwrotny, niż przewidywała teoria Newtona. To właśnie te sprzeczności

skłoniły Akademię Nauk do zorganizowania wyprawy Bouguera i La Condamine'a do Ameryki Południowej w celu wykonania nip. wych pomiarów.

Wybór padł na Andy, ponieważ potrzebne były pomiary w pobliżu równika, aby sprawdzić, czy naprawdę istnieje różnica sferyczności na równiku i na biegunach. Poza tym pomysłodawcy wyprawy sądzili, że w górach będzie lepsza widoczność. W rzeczywistości szczyty Andów w Peru były nieustannie schowane w chmurach i uczestnicy ekspedycji musieli całymi tygodniami czekać na krótkotrwałe okresy dobrej widoczności. Na dodatek poruszali się po obszarze, który stanowi jeden z najbardziej niedostępnych terenów na Ziemi. Peruwianczycy używają określenia *muy accidentado* - „wielce niebezpieczny” - które w najmniejszym stopniu nie jest przesadne. Francuzi musieli wspinać się na niedostępne szczyty, pokonywać dzikie rzeki, przedzierać się przez dżunglę, wędrować przez skaliste pustynie, niezbadane i pozbawione jakichkolwiek źródeł zaopatrzenia, stawiając czoło upałowi oraz innym przeciwnościom. Bouguer i La Condamine byli jednak wytrwali i kontynuowali wyprawę przez dziewięć i pół roku. Tuż przed zakończeniem wyprawy dotarła do nich wiadomość, że inny francuski zespół wykonał analogiczne pomiary w Skandynawii (gdzie również występowały trudne warunki terenowe w postaci licznych moczarów w lecie oraz łamiącego się lodu w zimie) i stwierdził, że jeden stopień szerokości geograficznej jest rzeczywiście dłuższy w pobliżu bieguna, dokładnie tak, jak przewidywał Newton. Ziemia jest o 43 kilometry grubsza wzdłuż równika niż wzdłuż południka<sup>12</sup>.

Bouguer i La Condamine spędzili niemal całą dekadę, próbując uzyskać wynik, którego od początku właściwie nie chcieli przyjąć do wiadomości, aby w końcu się dowiedzieć, że nie byli pierwsi. Chcąc nie chcąc, dokończyli pomiary, które potwierdziły rezultat pierwszego zespołu, po czym, wciąż nie odzywając się do siebie, wrócili na wybrzeże i wyruszyli osobnymi statkami do domu.

Zgodnie z jeszcze jedną hipotezą, sformułowaną przez Newtona w Prin-

cipiach, wisząca pionowo lina, umieszczona w pobliżu góry, nie będzie w rzeczywistości zwisać idealnie pionowo, lecz będzie nieznacznie odchyłona w kierunku góry, ponieważ oprócz działania grawitacji ziemskiej lina będzie również przyciągana przez samą górę. Nie była to jedynie ciekawostka. Dokładny pomiar odchylenia liny połączony z równie dokładnym pomiarem masy góry powinien umożliwić obliczenie uniwersalnej stałej grawitacji - - oznaczonej symbolem  $G$  - a wraz z nią także i masy całej Ziemi.

Bouguer i La Condamine próbowali wykonać takie pomiary na szczycie Chimborazo w Peru, lecz zostali pokonani przez trudności techniczne i nieporozumienia między uczestnikami wyprawy. Dopiero 30 lat później ideę pomiaru podjęto w Anglii za sprawą astronoma królewskiego, Nevila Maskelyne'a. W książce Davy Sobel *W poszukiwaniu długości geograficznej* Maskelyne został przedstawiony jako osobnik raczej mało błyskotliwy i niezbyt przyjaźnie nastawiony wobec osiągnięć genialnego zegarmistrza Johna Harrisona. Być może tak było w istocie, lecz w książce nie ma ani jednej wzmianki o niewątpliwych osiągnięciach Maskelyne'a, między innymi o opracowanej przezeń skutecznej metodzie pomiaru masy Ziemi.

Maskelyne uświadomił sobie, że sedno problemu stanowi kształt góry. Poprawne oszacowanie masy wymaga znalezienia góry o dostatecznie regularnym kształcie. Maskelyne nakłonił Royal Society, aby osobie o odpowiednich kwalifikacjach zleciło poszukiwania na Wyspach Brytyjskich góry o pożądanym kształcie. Sam wskazał odpowiedniego kandydata - astronoma i geodetę Charlesa Masona. Maskelyne i Mason poznali się i zaprzyjaźnili 11 lat wcześniej, podczas realizacji słynnego astronomicznego projektu, który niegdyś zasugerował niezmordowany Edmond Halley: obserwacji przejścia Wenus przed tarczą Słońca. Halley zasugerował wykonanie pomiarów tego zjawiska z kilku wybranych punktów na Ziemi, a następnie wykorzystanie zasad triangulacji do obliczenia odległości Ziemi od Słońca, co z kolei pozwoliłoby wyznaczyć odległości wszystkich ciał Układu Słonecznego.

Przejścia Wenus przed tarczą Słońca mają tę interesującą właściwość że zachodzą parami, co osiem lat, po czym następuje ponadstuletnia przerwa. Barwny zyciorys Halleya wypadł właśnie w trakcie jednej z tych przerw\*. Gdy nadeszła pora kolejnego przejścia, w 1761 roku, prawie 20 lat po śmierci Halleya, świat nauki był zmobilizowany w znacznie większym stopniu niż przy wszystkich uprzednich obserwacjach zjawisk astronomicznych.

Z charakterystyczną dla swej epoki gotowością do poświęceń astronomowie wyruszyli w drogę, aby obserwować przejście Wenus z ponad 100 punktów na globie - na przykład na Syberię, do Chin, do Afryki Południowej, do Indonezji, do lasów w stanie Wisconsin. Francja wysłała 32 obserwatorów, Anglia 18, pozostali pochodzili między innymi ze Szwecji, Rosji, Włoch, Niemiec i Irlandii.

Był to pierwszy w historii przypadek międzynarodowej współpracy naukowej. Niemal wszyscy obserwatorzy natrafili na rozmaite trudności. Niektórym z nich dotarcie do celu uniemożliwiły toczące się tu i ówdzie wojny lub katastrofy statków, niektórych powaliły choroby. Inni dotarli na miejsce, lecz po otwarciu skrzyni stwierdzili, że ich instrumenty są uszkodzone przez wstrząsy lub powyginane przez tropikalne upały. Francuzi ponownie dostarczyli najbardziej niefortunnych i najbarwniejszych przykładów niepowodzeń. Jean Chappede podróżował na Syberię pociągiem, łodzią i saniami, starannie chroniąc swe delikatne przyrządy przed najmniejszym wstrząsem, aby po ośmiu miesiącach podróży znaleźć się na ostatnim etapie, którego pokonanie uniemożliwiły mu nadzwyczajnie wysokie wody rzek, wezbrane pod wpływem niezwykle silnych wiosennych opadów. Na dodatek, gdy tylko skierował ku niebu swoje dziwne instrumenty, padło na niego podejrzenie o sprowadzenie owych deszczy. W rezultacie ledwo uszedł z życiem, nie wykonawszy żadnych użytecznych obserwacji.

Jeszcze bardziej pechowo zakończyła się wyprawa Guillaume'a Le Gentila<sup>13</sup>, którego przygody wspaniale opisał Timothy Ferris w książce Corning

ofAge in the Milky Way. Le Gentil wyruszył z Francji rok przed terminem, aby dotrzeć na czas do Indii, lecz rozmaite przeszkody spowodowały, że w momencie przejścia Wenus wciąż był na morzu. Kołyszący

\* W dwudziestym wieku również nie było ani jednego przejścia Wenus przed tarczą Słońca. Dwa kolejne przypadają na lata 2004 (powszechnie obserwowane przejście w dniu 8 czerwca) i 2012. się na fali statek jest prawdopodobnie najgorszym możliwym miejscem do obserwacji astronomicznych.

Niezrażony niepowodzeniem Le Gentil kontynuował podróż do Indii, aby oczekiwać na następne przejście w 1769 roku. Mając osiem lat na przygotowania, zbudował pierwszorzędne obserwatorium, dokładnie przetestował swoje instrumenty i miał wszystko w stanie pełnej gotowości przed oczekiwanym terminem obserwacji. W dniu 4 czerwca 1769 roku rano niebo było idealnie czyste, lecz tuż przed momentem obserwacji Wenus na tle Słońca oba ciała skryły się za chmurą i pozostały niewidoczne prawie przez cały czas przejścia trwającego trzy godziny, czternaście minut i siedem sekund.

Le Gentil ze stoickim spokojem spakował instrumenty i wyruszył do najbliższego portu, lecz po drodze nabawił się dyzenterii i spędził kolejny rok, walcząc z chorobą. W końcu znalazł się na statku. W drodze do Europy statek cudem przetrwał huragan u wybrzeży Afryki. Nic nie osiągnąwszy, Le Gentil dotarł do domu po jedenastu latach i sześciu miesiącach nieobecności. W tym czasie krewni uznali go za zmarłego i z entuzjazmem podzielili się jego dobrami.

W porównaniu z Francuzami niepowodzenia osiemnastu angielskich obserwatorów były mniej spektakularne. Mason znalazł się w zespole razem z młodym geodetą Jeremiahem Dixonem. Obaj panowie najwyraźniej przypadli sobie do gustu, ponieważ ich przyjaźń trwała znacznie dłużej niż znajomość La Condamine'a i Bouguera. Mason i Dixon wyruszyli na Sumatrę, lecz ich statek został zaatakowany przez francuską fregatę już na drugi dzień po wyjściu z

portu (europejscy uczeni byli niewątpliwie bardziej przychylnie nastawieni do międzynarodowej współpracy niż władcy Europy). Mason i Dixon wysłali do Royal Society Ust<sup>14</sup> z informacją o tym zdarzeniu i z pytaniem, czy nie należałoby odwołać niebezpiecznej wyprawy. Dostali utrzymaną w chłodnym w tonie odpowiedź z żądaniem kontynuowania podróży, ponieważ pobrali już wynagrodzenie, społeczność naukowa pokłada w nich wielkie nadzieje, a przerwanie wyprawy spowoduje nieodwołalną utratę reputacji obu podróżników. Mason i Dixon ruszyli w dalszą podróż, lecz po drodze dotarła do nich wiadomość, że Sumatrę opanowali Francuzi. W tej sytuacji dwaj astronomowie zdecydowali się zakończyć podróż i wykonać obserwacje na Przylądku Dobrej Nadziei; nie uzyskali jednak rozstrzygających wyników. W drodze powrotnej zatrzymali się na Wyspie Świętej Heleny, gdzie spotkali Maskelyne'a, któremu obserwacje uniemożliwiła pokrywa chmur. Mason i Maskelyne spędzili kilka tygodni na badaniach pływów. Użyteczność tych badań jest dość wątpliwa, lecz z pewnością czas upływał im w miłej atmosferze, ponieważ odtej pory datuje się ich przyjaźń.

^^krótce potem Maskelyne wrócił do Anglii, aby objąć funkcję astronoma królewskiego, natomiast Mason i Dixon - po tej próbie z pewnością bardziej doświadczeni - kolejne cztery lata poświęcili na wytyczanie granicy między kolonialnymi posiadłościami Williama Penna i lorda Baltimore<sup>^</sup>, czyli Pensylwanią i Marylandem. Rezultat czterech lat spędzonych w amerykańskiej głuszy stanowiła słynna linia Masona-Dixona, która później nabrała symbolicznego znaczenia jako granica między wolnymi i niewolniczymi stanami. (Głównym zadaniem Masona i Dixona było wytyczenie granicy, lecz tymczasem wykonali oni także kilka obserwacji astronomicznych o bardziej naukowym charakterze, między innymi jeden z najdokładniejszych pomiarów odległości odpowiadającej jednemu stopniowi szerokości geograficznej - w Anglii to osiągnięcie spotkało się ze znacznie większym uznaniem niż rozstrzygnięcie sporów granicznych między rozkapryszonymi arystokratami).

Po powrocie do Europy Maskelyne i jego odpowiednicy w Niemczech oraz we Francji byli zmuszeni uznać, że pomiary przejścia Wenus w 1761 roku okazały się porażką. Jeden z problemów polegał na tym, że pomiarów było bardzo dużo i wiele z nich dało sprzeczne, niemożliwe do rozstrzygnięcia wyniki. Udany pomiar wykonał dopiero mało znany kapitan brytyjskiej marynarki, James Cook, który obserwował przejście w 1769 roku z górskiego szczytu na Tahiti. W dalszej części swej podróży Cook zbadał i sporządził mapy wybrzeża Australii, która w ten sposób stała się brytyjską kolonią. Obserwacje Cooka umożliwiły francuskiemu astronomowi Josephowi Lalande'owi obliczenie średniej odległości Ziemi od Słońca, która wyniosła nieco więcej niż 150 milionów kilometrów. Dwa kolejne przejścia Wenus przed tarczą Słońca w dziewiętnastym stuleciu pozwoliły astronomom uściślić ten wynik - obliczyli, że odległość wynosi 149,59 miliona kilometrów (obecna wartość jest równa 149,597870691 miliona kilometrów). Ziemia w końcu znalazła swoje miejsce w przestrzeni.

Mason i Dixon wrócili do Anglii w glorii naukowych herosów, po czym - z nieznanых powodów - zaprzestali dalszej współpracy. Zważywszy na częstość, z jaką ich nazwiska pojawiają się przy kluczowych wydarzeniach osiemnastowiecznej nauki, zadziwiająco mało wiemy o ich osobistych losach. Istnieje tylko kilka odnośników, lecz ani jednej podobizny. Dictionary of National Biography zawiera intrygującą wzmiankę o Dixonie, zgodnie z którą „urodził się w kopalni węgla”<sup>15</sup>, lecz okoliczności tego zdarzenia słownik pozostawia wyobraźni czytelnika, po czym dodaje, że Dixon zmarł w 1777 roku w Durham. Oprócz nazwiska i wieloletniej współpracy z Masonem nie znamy nic więcej.

Równie mało wiemy o Masonie. W 1772 roku<sup>16</sup>, na prośbę Maskelyne<sup>^</sup>, przyjął zlecenie znalezienia góry odpowiedniej do eksperymentu z grawitacyjnym odchyleniem. W obszernym raporcie opisał górę Schiehallion, położoną w centralnej części Wyżyny Szkockiej, powyżej Loch Tay. Żaden



argument nie zdołał jednak przekonać go do spędzenia kilku letnich miesięcy na pomiarach i naukowiec ten nigdy już tam nie powrócił. Następny znany nam ruch Masona nastąpił w 1786 roku, gdy nagle i nieoczekiwanie pojawił się w Filadelfii wraz z żoną i ósmiorgiem dzieci, będąc najwyraźniej bez środków do życia. Od jego poprzedniej bytności w Ameryce, związanej z owym geodezyjnym zleceniem granicznym, upłynęło osiemnaście lat. Nie znamy żadnych powodów, dla których ponownie pojawił się w Nowym Świecie, nie mając tam żadnych przyjaciół ani nawet kogokolwiek, kto powitałby go na molo. Kilka tygodni później zmarł.

Gdy Mason odmówił wykonania pomiaru grawitacyjnego odchylenia, zadania podjął się Maskelyne. Przez cztery letnie miesiące 1774 roku mieszkał w namiocie w odległej dolinie w Szkocji, kierując zespołem mierniczych, którzy wykonali setki pomiarów z każdej możliwej pozycji. Wyliczenie masy góry na podstawie tych wszystkich danych wymagało wielu uciążliwych rachunków, do których został wynajęty matematyk Charles Hutton. Geodeci pokryli mapę setkami liczb oznaczających wysokości rozmaitych punktów położonych na górze lub w jej pobliżu. Z początku wyglądało to jak kompletnie nieużyteczna plątanina liczb, lecz Hutton zauważył, że gdy połączy się punkty o jednakowej wysokości, cały rysunek staje się znacznie bardziej czytelny. Niemal natychmiast można spostrzec ogólny kształt góry i nachylenie zboczy. Hutton wynalazł poziomice.

Ekstrapolując pomiary góry Schiehallion, Hutton wyznaczył masę Ziemi i otrzymał wartość 5000 milionów milionów ton. Znając masę jednej planety, można wyznaczyć masy wszystkich dużych ciał Układu Słonecznego, łącznie ze Słońcem. Dzięki temu jednemu eksperymentowi poznaliśmy zatem masy Ziemi, Słońca, Księżyca, pozostałych planet, księżyców pozostałych planet, a w prezencie dostaliśmy jeszcze poziomice. Niezłe osiągnięcie jak na wakacyjną pracę.

Nie wszyscy byli w jednakowym stopniu zadowoleni z rezultatów

Maskelyne<sup>^</sup> i Huttona. Słabą stroną ich eksperymentu stanowiła nieznaną gęstość góry Schiehallion, bez której niemożliwy jest naprawdę dokładny wynik. Hutton założył<sup>17</sup>, że gęstość góry jest taka sama jak gęstość zwykłego kamienia, około 2,5 razy większa od gęstości wody, lecz przesłanki tego założenia były raczej wątpliwe.

Następną osobą, która zainteresowała się tym problemem, był wiejski pastor z samotnej wioski Thomhill w hrabstwie Yorkshire, John Michell. Mimo swego niepozornego położenia, zarówno w sensie geograficznym, jak i - do pewnego stopnia - materialnym, Michell był jednym z najwybitniejszych myślicieli osiemnastego wieku i w pełni zasłużył na sławę, jaką cieszył się jeszcze za życia.

Oprócz wielu innych osiągnięć Michell odkrył falową naturę trzęsień Ziemi, prowadził wiele oryginalnych badań z zakresu magnetyzmu i grawitacji, a także przewidział istnienie czarnych dziur - dwieście lat wcześniej niż ktokolwiek inny - czegoś takiego nie dokonał nawet Newton. Gdy William Herschel, muzyk niemieckiego pochodzenia, doszedł do wniosku, że jego prawdziwym powołaniem jest astronomia, właśnie do Michella zwrócił się po naukę konstruowania teleskopów<sup>18</sup>, z wielkim pożytkiem dla astronomii planetarnej<sup>4'</sup>.

Spośród wszystkich osiągnięć Michella jedno z pewnością można wyróżnić, ze względu na wpływ, jaki wywarło ono na osiemnastowieczną naukę - mianowicie zaprojektowaną i zbudowaną przez niego aparaturę do pomiaru masy Ziemi. Michell zmarł, nim zdążył wykonać pomiary, lecz zarówno sama idea, jak i aparatura trafiły we właściwe ręce. Otrzymał ją najlepszy z możliwych kandydatów, Henry Cavendish, błyskotliwy, lecz bardzo nieśmiały londyński arystokrata.

Henry Cavendish był pod wieloma względami niezwykłą osobą. Uprzywilejowany ponad zwykłą miarę jeszcze przed urodzeniem - jego dziadkami byli książę Devonshire oraz książę Kentu - był najbardziej

utalentowanym

\* W 1781 roku Herschel został pierwszym odkrywcą planety ery nowożytnej. Chciał nazwać ją George, dla uczczenia brytyjskiego monarchy, lecz został przegłosowany. Planecie nadano nazwę Uran. angielskim uczonym swoich czasów i zarazem największym dziwakiem wśród uczonych. Według określenia jednego z jego biografów nieśmiałość Cavendisha „graniczyła z chorobą”<sup>19</sup>. Jakikolwiek kontakt z inną osobą stanowił dla niego źródło najgłębszej przykrości i skrępowania.

Któregoś dnia otworzył drzwi pewnemu austriackiemu wielbicielowi, świeżo przybyłemu z Wiednia. Podniecony Austriak zaczął swoje powitania i komplementy, lecz Cavendish zareagował, jakby to były ciosy tępym narzędziem. Po chwili, nie mogąc znieść dalszych peanów, wybiegł z domu, zostawiając drzwi otwarte na oścież, i uciekł przez bramę posiadłości. Minęło dobre parę godzin, nim zdołano go sprowadzić z powrotem. Nawet jego służba komunikowała się z nim pisemnie.

Od czasu do czasu zdarzało mu się wprawdzie trafiać między ludzi - szczególnie przywiązany był do cotygodniowych wieczorów naukowych, których gospodarzem był wielki przyrodnik, sir Joseph Banks - lecz pozostali goście zawsze byli uprzedzani, że do Cavendisha pod żadnym pozorem nie wolno podchodzić ani nawet spoglądać na niego. Osobom, które chciałyby usłyszeć jego opinię, radzono, aby zbliżały się doń jakby przypadkiem i „mówiły, jakby nikogo nie było w pobliżu”<sup>20</sup>. Jeżeli poruszona kwestia miała jakąś naukową wagę, można było mieć wątplą nadzieję na mrukliwą odpowiedź, lecz najczęściej należało się spodziewać poirytowanego pisku (Cavendish był obdarzony wysokim tembrem głosu). Odwróciwszy się, natręt stwierdzał na ogół, że istotnie nikogo nie ma w pobliżu, ponieważ spłoszony Cavendish umykał w kierunku bardziej spokojnego miejsca.

Pozycja społeczna i bogactwo umożliwiły mu przekształcenie domu w Clapham w ogromne laboratorium, gdzie mógł w zaciszu zaspokajać swoje

samotnicze zainteresowania. Cavendish interesował się wszystkim, co miało cokolwiek wspólnego z budową materii, i zgłębiał wszelkie tajniki nauk fizycznych - elektryczność, ciepło, grawitację, gazy. Druga połowa osiemnastego wieku stanowiła okres rosnącego zainteresowania fizycznymi właściwościami materii - w szczególności właściwościami gazów i elektrycznością. Zainteresowaniom często towarzyszyły skłonności do eksperymentowania, a entuzjazm niektórych badaczy nierzadko przekraczał granice rozsądku. W Ameryce Benjamin Franklin zasłynął między innymi dzięki eksperymentowaniu z latawcami w trakcie burzy z piorunami. We Francji chemik Pilatre de Rozier sprawdzał, czy wodór się pali, nabierając pełny haust wodoru w usta, a następnie wydmuchując go wprost w otwarty ogień. Nie tylko natychmiast udowodnił, że wodór rzeczywiście jest wręcz wybuchowo łatwopalny, lecz zarazem przekonał się, że brwi niekoniecznie stanowią trwałą ozdobę ludzkiej twarzy. Cavendish nic po. zostawał w tyle, poddając się wstrząsom elektrycznym o coraz wyższym napięciu, uważnie odnotowując wzrastający poziom bólu, do momentu gdy nie potrafił dłużej utrzymać pióra w ręku, a niekiedy do utraty przytomności.

W ciągu swego długiego życia Cavendish dokonał wielu ważnych odkryć - między innymi pierwszy wyizolował wodór i pierwszy otrzymał wodę z wodoru i tlenu - lecz zupełnie nie troszczył się o to, czy świat się o nich dowie. Ku nieustającej rozpaczy innych uczonych w publikacjach często odwoływał się do wyników swoich uprzednich eksperymentów, których nigdy nikomu nie ujawnił. Pod względem niechęci do rozpowszechniania swoich wyników nie tylko dorównywał Newtonowi, lecz znacznie go przewyższał. Jego eksperymenty z elektrycznością wyprzedziły epokę o ponad stulecie, lecz pozostały nieujawnione przez cały ten okres. Znaczna część jego osiągnięć nie była znana aż do schyłku dziewiętnastego wieku, gdy James Clerk Maxwell zebrał i opublikował pozostawione przez Cavendisha notatki. W tym czasie większość odkryć Cavendisha nosiła już nazwiska innych uczonych.

Cavendish między innymi odkrył lub przewidział: prawo zachowania energii, prawo Ohma, prawo ciśnień cząstkowych Daltona, prawo stosunków równoważnikowych Richtera, prawo Charlesa, a także zasady przewodności elektrycznej. To tylko częściowa lista osiągnięć Cavendisha, o których świat dowiedział się na długo po jego śmierci. Według opinii historyka nauki, J.G. Crowthera, Cavendish antycypował także: „prace Kelvina i G.H. Darwina dotyczące wpływu tarcia pływowego<sup>21</sup> na prędkość rotacji Ziemi; odkrycie Larmora, opublikowane w 1915 roku, dotyczące efektu lokalnego ochładzania atmosfery [...] prace Pickeringa o zamarzaniu roztworów oraz pewne elementy prac Roosebooma na temat równowag heterogenicznych”. Pozostawił wskazówki, które doprowadziły do odkrycia grupy pierwiastków zwanych gazami szlachetnymi, substancji tak ulotnych, że ostatnią z nich zidentyfikowano dopiero w 1962 roku. Nas jednak interesuje jego ostatni znany eksperyment. Późnym latem 1797 roku, w wieku 67 lat, Cavendish otworzył skrzynię z aparaturą, pozostawione dla niego - najwyraźniej w dowód uznania dla jego naukowej reputacji - przez Johna Michella.

Zmontowana i ustawiona w laboratorium Cavendisha aparatura przypominała raczej osiemnastowieczną wersję wyposażenia siłowni prosto z powieści Juliusza Verne'a. Składała się z odważników, przeciwwag, wahadeł, wałków i wag skręceń. Główne elementy stanowiły dwie 350-funtowe ołowiane kule<sup>22</sup>, zawieszane obok dwóch mniejszych kul. Idea eksperymentu polegała na pomiarze grawitacyjnego odchylenia małych kul przez duże, co pozwoliłoby wyznaczyć stałą grawitacji; znajomość stałej grawitacji pozwoliłaby z kolei na zważenie (ściśle rzecz biorąc - wyznaczenie masy\*) Ziemi.

Grawitacja utrzymuje planety na orbicie, a spadające pod jej wpływem obiekty lądują na powierzchni Ziemi z potężnym hukiem, więc wszyscy sądzimy, że jest to potężna siła, lecz w rzeczywistości sytuacja jest nieco bardziej skomplikowana. Grawitacja jest potężna wyłącznie w sensie kolektywnym - gdy jakiś masywny obiekt, na przykład Słońce, oddziałuje na

inny masywny obiekt, na przykład Ziemię. Na elementarnym poziomie grawitacja jest niezwykle słaba. Za każdym razem, gdy podnosisz książkę z biurka lub monetę z podłogi, bez wysiłku pokonujesz grawitacyjne oddziaływanie całej planety. Za pomocą aparatury Michella Cavendish zamierzał wyznaczyć siłę grawitacji na tym ekstremalnie elementarnym poziomie.

Klucz do sukcesu stanowiła izolacja. Wszelkie zaburzenia w pomieszczeniu z aparaturą musiały być bezwzględnie wyeliminowane. Sam Cavendish przeniósł się do sąsiedniego pokoju, z którego obserwował wskazania przyrządów przez teleskop skierowany na maleńką dziurę w ścianie. Eksperyment polegał na wykonaniu siedemnastu precyzyjnych, powiązanych ze sobą pomiarów, które łącznie zajęły niemal cały rok. Po zakończeniu pomiarów i obliczeń Cavendish ogłosił, że Ziemia waży nieco ponad 13 000 000 000 000 000 000 funtów, czyli sześć miliardów bilionów ton<sup>23</sup>.

Dzisiaj naukowcy mają do dyspozycji urządzenia tak precyzyjne, że potrafią przy ich użyciu zważyć pojedynczą bakterię, i tak czułe, że ziewnię-

\* Dla fizyka masa i wagi to dwa różne pojęcia. Twoja masa jest zawsze taka sama (pomijając zmiany związane z metaboliczną aktywnością organizmu), natomiast waga zależy od twojej odległości do środka najbliższego masywnego obiektu, na przykład planety. Jeżeli przeniesiesz się na Księżyc, twoja waga się zmniejszy, natomiast masa nie ulegnie zmianie. W praktyce masa i waga są często ze sobą utożsamiane i traktowane jako synonimy, przynajmniej poza salą lekcyjną. cie kogoś znajdującego się w odległości 20 metrów może zaburzyć odczyt. Według współczesnych danych Ziemia waży 5,9725 miliardów bilionów ton - obecna wartość jest mniejsza od rezultatu Cavendisha zaledwie

0 około 1 procent. Co więcej, oba wyniki jedynie potwierdziły przewidywania Newtona, który oszacował masę Ziemi w ogóle bez pomocy bezpośrednich eksperymentów.

Pod koniec osiemnastego wieku uczeni znali bardzo dokładnie kształt

1 rozmiary Ziemi, a także jej odległość od Słońca i planet, teraz zaś Cavendish, nie wychodząc z domu, podał im również masę. Można by sądzić, że określenie wieku Ziemi powinno być względnie proste. W końcu niezbędne materiały leżały dosłownie u ich stóp. Okazało się jednak, że wcale nie jest to takie łatwe zadanie. Zanim poznaliśmy wiek naszej planety, zdołaliśmy rozbić atom oraz wynaleźć telewizję, nylon i kawę rozpuszczalną. 1

Aby zrozumieć powód, musimy udać się na północ, do Szkocji, gdzie spotkamy mało znanego, lecz błyskotliwego i utalentowanego uczonego, który właśnie stworzył nową naukę - geologię.

## Rozdział 5

### ROZBIJANIE KAMIENI

Mniej więcej w tym samym czasie, gdy Henry Cavendish kończył swój eksperyment w Londynie, 400 mil na północ, w Edynburgu, nastąpił koniec ziemskiej wędrówki Jamesa Huttona. Z pewnością nie była to pomyślna okoliczność dla samego Huttona, lecz w pewnym sensie okazała się korzystna dla nauki, ponieważ utorowała drogę niejakiemu Johnowi Playfairowi, który przepisał prace Huttona, ratując je przed ośmieszeniem.

Według wszelkich przekazów Hutton był osobą o wyjątkowym intelekcie, niewątpliwych talentach towarzyskich<sup>1</sup> i niedoścignionej zdolności zrozumienia powolnych procesów, które ukształtowały Ziemię. Niestety, w parze z tymi uzdolnieniami nie szła umiejętność wysławiania się oraz przelewania myśli na papier. Jak ujął to jeden z jego biografów, Hutton był „prawie całkowicie pozbawiony talentów retorycznych”<sup>2</sup>. Niemal każda linijka jego tekstu stanowi zaproszenie do drzemki. Oto próbka prozy Huttona z 1795 roku, zaczerpnięta z dzieła *A Theory of the Earth with Proof and Illustrations*, w której autor analizuje... no cóż, z pewnością coś analizuje:

Świat, który zamieszkujemy, jest zbudowany z materiałów nie z tej ziemi, która była bezpośrednim poprzednikiem obecnej, lecz ziemi, którą, poczynając od obecnej, uważamy za trzecią i która poprzedzała ląd ponad powierzchnią morza, podczas gdy nasz obecny ląd był jeszcze poniżej wód oceanu.

Jednak to właśnie Hutton, niemal zupełnie bez pomocy innych uczonych, stworzył geologię i zmienił nasze rozumienie procesów, które ukształtowały Ziemię.

Hutton urodził się w 1726 roku w bogatej szkockiej rodzinie, dzięki czemu większość życia spędził wolny od trosk materialnych, oddając się



wyłącznie lekkiej pracy i intelektualnym rozrywkom. Początkowo studiował medycynę, lecz porzucił studia i zajął się rolnictwem w rodzinnej posiadłości Berwickshire, podchodząc do tego zajęcia z właściwym sobie dystansem i zacięciem naukowym. Gdy i to go znudziło, przeniósł się do Edynburga, gdzie założył dobrze prosperujące przedsiębiorstwo, produkujące salmiak z sadzy węglowej. W wolnych chwilach oddawał się różnym naukowym zainteresowaniom. W owym czasie Edynburg stanowił ożywione centrum intelektualnego fermentu i Hutton w pełni wykorzystywał bogate możliwości, jakie dawały kontakty z elitą towarzyską i naukową. Był jednym z założycieli stowarzyszenia zwanego Oyster Club<sup>3</sup> gdzie spędzał wieczory w towarzystwie wybitnych umysłów swej epoki takich jak ekonomista Adam Smith, chemik Joseph Black, filozof David Hume, a od czasu do czasu gościł takie znakomitości, jak Benjamin Franklin i James Watt.

Zgodnie z ówczesną tradycją Hutton interesował się niemal wszystkim, od mineralogii po metafizykę. Prowadził eksperymenty chemiczne, badał metody wydobywania węgla i budowania kanałów, odwiedzał kopalnie soli, rozmyślał na temat mechanizmów dziedziczności, gromadził skamieniałości, formułował teorie deszczu, składu powietrza, praw ruchu i wiele innych. Jednak szczególnym obiektem jego zainteresowań była geologia.

Jedną z kwestii, które przyciągały uwagę tej fanatycznie dociekliwej epoki, była zagadka, która od dawna intrygowała wielu ludzi, mianowicie dlaczego na szczytach gór tak często znajdują się skamieniałe muszle mięczaków oraz pozostałości innych morskich stworzeń. Jakim sposobem tam trafiły? Istniały dwie sprzeczne propozycje rozwiązania zagadki. Jedną z nich wysuwali tak zwani neptuniści, którzy utrzymywali, że wszystko, łącznie z muszlami znajdowanymi w najbardziej nieprawdopodobnych miejscach, można wyjaśnić przez rosnące i opadające poziomy mórz. Sądziли oni, że góry, wzgórza i inne formy ukształtowania powierzchni Ziemi są równie stare jak sama Ziemia, a zmiany zachodziły wyłącznie wtedy, gdy woda zalewała je w okresach

globalnych powodzi.

Konkurencyjny pogląd głosili plutoniści, którzy zwracali uwagę, że wulkany i trzęsienia ziemi, a także inne czynniki wpływające na urozmaicenie krajobrazu, nieustannie zmieniają oblicze planety, mimo że ewidentnie nie mają nic wspólnego z kapryсами oceanów. Plutoniści kwestionowali także hipotezę dotyczącą powodzi, zadając kłopotliwe pytania o źródło całej tej wody, Gdzie ona się chowa w okresach między powodziami, na przykład obecnie? Skoro wystarczyło jej do przykrycia Alp, to gdzie się podziała po ustąpieniu powodzi? Plutoniści uważali, że Ziemia była poddawana działaniu potężnych wewnętrznych i powierzchniowych sił, lecz także oni nie potrafili przekonująco wyjaśnić, w jaki sposób te wszystkie muszle dostały się na szczyty gór.

Rozmyślając nad tego typu kwestiami, Hutton doznał kilku wyjątkowo proroczych i płodnych olśnień. Obserwując środowisko wokół siebie, mógł się łatwo przekonać, że ziemia powstaje w wyniku erozji skał i że cząstki gleby są nieustannie zmywane przez strumienie oraz rzeki, unoszone i deponowane gdzie indziej. Gdyby ten proces mógł działać aż do skutku, w końcu Ziemia stałaby się całkiem gładka. Skoro wszędzie wokół są góry i wzgórza, to musi działać jakiś dodatkowy mechanizm, który kreuje nowe wzgórza i góry, ustanawiając pewnego rodzaju powtarzalny cykl produkcji i niszczenia. Rozumując w ten sposób, Hutton doszedł do wniosku, że skamieniałości na szczytach gór nie dostały się tam w czasie powodzi, lecz wzniosły się wraz z samymi górami. Wydedukował również, że sprawcą tego wszystkiego i twórcą nowych gór oraz kontynentów jest ciepło wnętrza Ziemi. Wszystkie implikacje tych rozmyślań geolodzy pojęli w pełni dopiero 200 lat później, gdy w końcu uznali koncepcję tektoniki płyt. Teorie Huttona sugerowały również, że procesy, które kształtowały Ziemię, wymagały niezmiernie długiego czasu, o wiele dłuższego, niż ktokolwiek potrafił sobie wyobrazić. Kompleksowe ujęcie idei Huttona prowadziło do całkowitego przeobrażenia naszego zrozumienia natury naszej własnej planety.

W 1785 roku Hutton zebrał i spisał swoje idee w postaci jednej dużej publikacji, którą odczytał na kilku kolejnych posiedzeniach Royal Society w Edynburgu. Aby zrozumieć, dlaczego jego rewelacje nie wzbudziły niemal żadnej reakcji, wystarczy zapoznać się z fragmentem jego wywodu:

W jednym przypadku kształtująca przyczyna jest w ciele, które ulega podziałowi; ponieważ, po tym jak ciało zostało pobudzone przez ciepło, poprzez reakcję własnej materii ciała ukształtowała się przerwa, która stanowiła szczelinę. W innym przypadku jednakże przyczyna jest zewnętrzna w relacji do ciała, w którym tworzy się przerwa. Nastąpiło najbardziej gwałtowne pęknięcie i rozerwanie, lecz przyczyna jest nadal nieznana; wydaje się, że nie pochodzi z samej szczeliny; ponieważ nie w każdym przełamie i dyslokacji sztywnej materii naszej Ziemi znajdują się minerały lub substancje właściwe dla mineralnych żył.

Nietrudno się domyślić, że niemal żaden ze słuchaczy nic miał bladego pojęcia, o czym mowa. Zachęcony do rozszerzenia teorii przez swych przyjaciół, działających pod wpływem wzruszającej nadziei, że w szerszym ujęciu autor może w jakiś cudowny sposób odzyska jasność wysławiania się, Hutton spędził następne dziesięć lat na przygotowywaniu swego magnum opus, które ukazało się w druku w dwóch tomach w 1795 roku.

Oba tomy liczyły łącznie prawie tysiąc stron. Nawet najbardziej pesymistyczni przyjaciele Huttona nie przewidzieli, że mogą być aż tak beznadziejne. Niezależnie od wszystkiego innego niemal połowę tekstu stanowiły cytaty z francuskich źródeł, pozostawione w oryginalnym języku<sup>4</sup>. Trzeci tom okazał się tak zniechęcający, że został opublikowany dopiero w 1899 roku<sup>5</sup>, ponad sto lat po śmierci autora, a czwarty i ostatni tom nigdy nie ukazał się drukiem. Dzieło Huttona, *Theory of the Earth*, jest mocnym kandydatem do tytułu najrzadziej czytanej ważnej książki naukowej (aczkolwiek konkurencja w tej dziedzinie jest bardzo silna). Nawet Charles Lyell, najwybitniejszy geolog następnego stulecia i człowiek, który czytał wszystko, przyznał, że nie zdołał

zglebić dzieła Huttona<sup>6</sup>.

Na szczęście Hutton miał swego Boswella\* w osobie Johna Playfaira, bliskiego przyjaciela i zarazem profesora matematyki na Uniwersity of Edinburgh, który nie tylko potrafił pisać czytelną prozą, lecz - dzięki długoletniej znajomości z Huttonem - potrafił zrozumieć, co ten ostatni ma na myśli, być może nie zawsze i nie wszystko, ale w wystarczającym stopniu. W 1802 roku, pięć lat po śmierci Huttona, Playfair wydał streszczenie koncepcji Huttona, zatytułowane *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*. Książka została życzliwie przyjęta przez czytelników aktywnie zainteresowanych geologią. W 1802 roku osób tych nie było zbyt wielu, lecz właśnie nadchodził moment raptownych, spektakularnych zmian.

Zimą 1807 roku<sup>7</sup> trzynastu bratnich dusz spotkało się we Freemasons Tavern przy Long Acre w Covent Garden w Londynie, aby utworzyć klub pod nazwą Geological Society. Początkowo działalność klubu polegała na

James Boswell był towarzyszem i biografem Samuela Johnsona; jego nazwisko weszło do języka angielskiego jako synonim „towarzysza, przyjaciela i biografy” (prap-tłum.) comiesięcznych biesiadach, w czasie których w trakcie obiadu lub nad szklaneczką madery wymieniano poglądy i dyskutowano na tematy związane z geologią. Cena obiadu została celowo ustalona w wysokości 15 szylingów, aby odstraszyć „mózgowców” i wszystkich tych, których kwalifikacje ograniczały się wyłącznie do sfery umysłowej. Dość szybko okazało się, że istnieje potrzeba bardziej zinstytucjonalizowanej formy działania, łącznie ze stałą kwaterą, gdzie członkowie klubu mogliby się regularnie spotykać, aby wymieniać poglądy oraz dyskutować nowe odkrycia i idee. W ciągu pierwszej dekady istnienia klubu liczba członków - wyłącznie dżentelmenów, rzecz jasna - urosła do 400. Geological Society zaczęło zagrażać Royal Society odebraniem statusu czołowego towarzystwa naukowego w kraju.

Od listopada do czerwca członkowie Geological Society spotykali się dwa razy w ciągu miesiąca<sup>1</sup>, po czym w lecie prawie wszyscy rozjeżdżali się po

kraju, aby zająć się pracą w terenie. Trzeba pamiętać, że nie byli to poszukiwacze minerałów w zwykłym, komercyjnym sensie, ani nawet typowi akademicy, lecz dżentelmeni, którym sytuacja materialna i swoboda dysponowania własnym czasem pozwalała oddawać się hobby na mniej więcej profesjonalnym poziomie. Około 1830 roku klub liczył 745 członków i stanowił ewenement w skali, której nigdy przedtem ani potem świat nie widział.

Obecnie trudno sobie to wyobrazić, lecz dziewiętnastowieczna geologia zawładnęła umysłami w stopniu, którego żadna inna nauka nie zdołała osiągnąć w żadnej epoce. W 1839 roku, gdy Roderick Murchison opublikował *The Silurian System*, opasłe i ciężkawe studium na temat skał zwanych szarogłazami, książka natychmiast stała się bestsellerem i doczekała się czterech wydań, mimo że kosztowała osiem gwinei i była w prawdziwie huttońskim stylu nieczytelna (nawet zwolennik Murchisona przyznał<sup>9</sup>, że była „całkowicie pozbawiona literackiej atrakcyjności”). Gdy w 1841 roku wielki Charles Lyell przybył do Ameryki, aby wygłosić serię wykładów w Bostonie, trzytysięczna publiczność szczerze wypełniała Lowell Institute, z uwagą wysłuchując jego opowieści o morskich zeolitach i sejsmicznych perturbacjach w Kampanii.

Na całym świecie, a szczególnie w Anglii, uczeni wyruszali w teren, aby oddawać się, jak to określali, „tłuczeniu kamieni”. Traktowali to zajęcie z całą powagą, obejmującą także odpowiedni dla dżentelmena strój, wraz z cylindrem i czarnym surdudem. Wyjątek stanowił wielebny William Buckland z Oksfordu, który miał zwyczaj oddawać się pracom polowym w akademickiej todze.

Geologia przyciągała wiele niezwykłych osobistości, wśród których niepoślednią rolę odgrywał wspomniany już Murchison. Spędziwszy pierwsze trzydzieści lat życia na ściganiu lisów i przekształcaniu przy użyciu śrutu aerodynamicznie upośledzonych ptaków w kłębki bezładnie wirujących piór, nie wykazując przy tym większej aktywności umysłowej ponad to, co niezbędne do lektury „*The Times*” lub gry w karty, odkrył w sobie zainteresowanie skałami i w zaskakującym tempie stał się tytanem geologii.

Do klubu należał także doktor James Parkinson, który w młodości był socjalistą i autorem wielu prowokacyjnych broszur o takich tytułach jak *Revolution without Bloodshed*. W 1794 roku był zamieszany<sup>10</sup> w spisek o nieco zwariowanej nazwie „Pop-gun plot”, którego celem było uśmiercenie króla Jerzego III przez ugodzenie go zatrutą strzałką w szyję w trakcie przedstawienia teatralnego. Parkinson został doprowadzony przed Privy Council\* i ledwie uniknął wysłania w kajdanach do Australii, lecz zarzuty przeciwko niemu zostały w końcu po cichu wycofane. Przyj ąwszy bardziej konserwatywne nastawienie do życia, zainteresował się geologią i został jednym z założycieli Geological Society oraz autorem ważnego artykułu geologicznego zatytułowanego *Organic Remains of a Former World*, który ukazywał się drukiem przez ponad pół wieku. Parkinson do końca życia nie dał się już wciągnąć w żadne kłopoty. Dzisiaj pamiętamy go głównie dzięki przełomowemu studium przypadłości zwanej wówczas drżączką porażną, a obecnie znanej pod nazwą choroby Parkinsona<sup>11</sup>. (Parkinson może się pochwalić jeszcze jednym, być może nieco egzotycznym powodem do chwały. W 1785 roku stał się zapewne jedyną w historii osobą, która wygrała na loterii muzeum historii naturalnej. Muzeum, położone na Leicester Square w Londynie, założył sir Ashton Lever, którego nieokiełznana skłonność do kolekcjonowania cudów natury doprowadziła do bankructwa. Parkinson był właścicielem muzeum przez dwadzieścia lat. W 1805 roku, nie mając środków na utrzymanie muzeum, zamknął je, a kolekcję podzielił i sprzedał).

Zapewne nie dorównywał innym pod względem osobowości, lecz bardziej wpływową osobistością niż wszyscy pozostali razem wzięci był

\* Królewski komitet doradczy pełniący funkcję sądu odwoławczego (przyp. tłum.).

Charles Lyell. Urodził się w tym samym roku, w którym zmarł Hutton, w odległości zaledwie 70 mil, w wiosce Kinnordy. Był rdzennym Szkotem, lecz wychował się w południowej Anglii, w New Forest w hrabstwie Hampshire,

ponieważ jego matka uważała Szkotów za naród niedoleźnych pijaków<sup>12</sup>. Jak większość dziewiętnastowiecznych uczonych-dżentelmenów, Lyell pochodził z zamożnej rodziny, w której przymioty intelektu były cenione na równi z cechami charakteru. Jego ojciec, również Charles, wyróżniał się jako czołowy autorytet w dziedzinie poezji Dantego oraz botaniki mchów (od jego nazwiska pochodzi *Orthotricum lyelli*, na którym prędzej czy później usiadzie każdy, kto wybierze się na wycieczkę po Anglii). Po ojcu młody Lyell odziedziczył zainteresowanie historią naturalną, lecz dopiero w Oksfordzie, pod wpływem wilebnego Williama Bucklanda (tego od wycieczek w todzie), odnalazł swe powołanie i poświęcił całe życie geologii.

Buckland był czarującym dziwakiem. Przypisuje mu się wiele osiągnięć, lecz pamiętany jest zazwyczaj co najmniej w takim samym stopniu dzięki swej ekscentryczności, której jednym z pomniejszych przejawów była menażeria dzikich zwierząt, niekiedy całkiem dużych i niebezpiecznych, które poruszały się swobodnie po jego domu i ogrodzie. Miał także zamiłowanie do egzotycznych potraw, jakby chciał popróbować smaku wszystkich stworzeń pod Słońcem. Zależnie od kaprysu i dostępności gościom Bucklanda serwowano pieczone świnki morskie, myszy w cieście, smażone jeże lub gotowane południowoazjatyckie ślimaki morskie. W każdym z nich Buckland potrafił znaleźć jakąś zaletę, z wyjątkiem pospolitego kreta, którym pogardzał. Trudno się dziwić, że przy okazji stał się czołowym autorytetem w dziedzinie koprolitów - skamieniałych odchodów - i miał stół wykonany w całości z posiadanych przez siebie próbek.

Nawet w czasie prowadzenia poważnych badań Buckland na ogół zachowywał się nietypowo. Pani Buckland została kiedyś w środku nocy obudzona<sup>13</sup> przez swego męża, który z podnieceniem wykrzykiwał: „Moja droga, wydaje mi się, że ślady stóp *Cheirotherium* są niewątpliwie podobne do śladów zółwia”. Oboje pospieszyli w nocnych koszulach do kuchni, gdzie pani Buckland sporządziła ciasto z mąki, które następnie rozwałkowała na stole, a w

tym czasie wielebny udał się na poszukiwania swego żółwia. Umieściwszy zwierzę na stole, skłonili go do marszu przez mąkę. Ku zachwytowi obojga widzów żółw zostawił ślady, które pasowały do badanych przez Bucklanda skamieniałości. Charles Darwin uważał Bucklanda za bufona (użył dokładnie tego określenia), lecz Lyell miał o nim znacznie lepsze mniemanie i polubił go do tego stopnia, że w 1824 roku wybrał się wraz z nim na wycieczkę po Szkocji. Wkrótce po tej wspólnej wyprawie Lyell zdecydował się porzucić prawo i poświęcił się całkowicie geologii. Lyell był krótkowidzem i miał zezę. Obie wady wzroku były na tyle poważne, że widoczne były nawet w nieco zakłopotanym wyrazie jego twarzy (pod koniec życia całkowicie stracił wzrok). Miał dość nietypowy zwyczaj<sup>4</sup> przyjmowania nieprawdopodobnych pozycji, gdy zawładnęła nim jakaś nagła myśl<sup>15</sup> - kładł się na dwóch krzesłach lub „stojąc, opierał głowę na siedzisku krzesła”, jak wspomina jego przyjaciel Darwin. Często siedział na krześle w taki sposób, że jego pośladki niemal dotykały podłogi. Jego jedyną prawdziwą posadą była profesura geologii w King's College w Londynie w latach 1831-1833. Mniej więcej w tym samym czasie napisał *The Principles of Geology*, opublikowane w trzech tomach w okresie 1830-1833. Dzieło to pod wieloma względami stanowiło rozszerzenie i uzupełnienie koncepcji sformułowanych w poprzednim pokoleniu przez Huttona (Lyell nigdy nie przeczytał Huttona w oryginale, lecz pilnie przestudiował wersję Playfaira).

Między epoką Huttona i Lyella w geologii pojawiła się nowa kontrowersja, która w znacznym stopniu zastąpiła poprzedni spór między neptunistami i plutonistami. Obie dysputy są często ze sobą mylone, mimo że zasadniczo odnoszą się do odmiennych kwestii. W czasach Lyella spór dotyczył wyboru między katastrofizmem i uniformitaryzmem. Mimo nieciekawych nazw była to istotna i długotrwała dysputa. Katastrofiści, jak się można domyślić, uważali, że Ziemia została ukształtowana przez gwałtowne zdarzenia o charakterze kataklizmów, głównie powodzie - dlatego katastrofizm i neptu-



są często błędnie utożsamiane ze sobą. Katastrofizm był szczególnie atrakcyjną teorią dla osób duchownych, jak Buckland, ponieważ umożliwiał włączenie biblijnego potopu do poważnych dyskusji naukowych. Uniformitarysty uważali natomiast, że zmiany powierzchni Ziemi zachodziły stopniowo i że niemal wszystkie te procesy odbywały się bardzo powoli, zajmując niezmiernie długi czas. Autorem tej koncepcji był w większym stopniu Hutton niż Lyell, lecz większość ludzi czytała Lyella<sup>16</sup>, i to właśnie jego - zarówno w owych czasach, jak i obecnie - uznano za ojca nowoczesnej geologii.

Lyell sądził, że zmiany zachodzące na Ziemi były jednorodne i trwałe, co oznaczało między innymi, że wszystko, co zdarzyło się w przeszłości, może zostać wyjaśnione przez zjawiska, które nadal trwają. Lyell i jego zwolennicy nie tylko odrzucali katastrofizm, lecz wręcz go nie znosili. Katastrofiści uważali, że wymierania stanowiły serię raptownych zdarzeń, w trakcie których zwierzęta były zmiotane z powierzchni Ziemi i zastępowane przez nowy zestaw. Przyrodnik T.H. Huxley drwiąco porównywał ten pogląd do „serii rozdań w wista, po których gracze zmiotają karty i zaczynają grę nową talią”<sup>17</sup>. Był to zbyt wygodny sposób wyjaśnienia nieznanego. „Żaden dogmat nie był w takim stopniu obliczony na krzewienie indolencji<sup>18</sup> i na tępienie ostrza ciekawości” - skomentował sarkastycznie Lyell.

Przeoczeń Lyella nie można zaliczyć do drobiazgów. Nie zdołał przekonywająco wyjaśnić, w jaki sposób powstały pasma górskie<sup>19</sup>. Przeoczył rolę lodowców jako czynników zmian. Odmówił uznania idei zlodowaceń Agassiza, które określał terminem „globalna lodówka”<sup>20</sup>. Był przekonany, że ssaki „zostaną znalezione nawet w najstarszych stanowiskach archeologicznych”. Odrzucił koncepcję nagłych wymierań zwierząt i roślin<sup>21</sup>. Uważał, że wszystkie główne grupy zwierząt - ssaki, gady, ryby i tak dalej - współistniały od początku czasu. We wszystkich wyżej wymienionych kwestiach był w błędzie.

Mimo to nie można nie doceniać wpływu Lyella na geologię. The

Principles of Geology miały dwanaście wydań w ciągu jego życia i zawierały koncepcje, które kształtowały rozwój geologii jeszcze przez znaczną część dwudziestego wieku. Darwin zabrał egzemplarz pierwszego wydania w podróż na „Beagle” i odnotował później, że „wielka zaleta Principles polegała na tym, że w tak ogromnym stopniu odmieniały umysł czytelnika, iż widząc rzecz nigdy niewidzianą przez samego Lyella, widział ją częściowo jakby jego oczami”<sup>22</sup>. Krótko mówiąc, Darwin uważał Lyella za półboga, podobnie jak wielu jemu współczesnych. Jako symboliczny testament i dowód wpływów Lyella może posłużyć historia z lat osiemdziesiątych zeszłego wieku: gdy geolodzy musieli odrzucić część teorii Lyella, aby uwzględnić impaktową teorię wymierań, był to dla nich niemal śmiertelny cios. To jednak inny rozdział.

Tymczasem geologia miała mnóstwo rzeczy do rozstrzygnięcia i nie wszystko poszło gładko. Od początku geolodzy próbowali kategoryzować skały według okresów, w których powstały, lecz często zdarzały się poważne spory co do linii podziału. Najpoważniejszy przykład stanowi długotrwała debata, która stała się znana jako „wielka dewońska kontrowersja”. Problem powstał, gdy wielebny Adam Sedgwick z Cambridge przypisał do okresu kambryjskiego warstwę skał, które Roderick Murchison słusznie zaliczył do syluru. Dysputa trwała wiele lat i z czasem stała się bardzo ożywiona. „De la Beche to wściekły pies”<sup>23</sup> - w typowym dla siebie napadzie furii napisał do przyjaciela Murchison.

Poziom emocji można ocenić na podstawie lektury samych tytułów rozdziałów doskonałej, aczkolwiek nieco przygnębiającej relacji Martina J.S. Rudwicka, *The Great Devonian Controversy*. Zaczyna się od niewinnie brzmiących tytułów, takich jak „Areny dżentelmeńskiej debaty”, „Odkrycie szarogłazu”, aby następnie przejść do „Szarogłaz atakowany i broniony”, „Zarzuty i rekryminacje”, „Szerzenie szpetnych pogłosek”, „Weaver odwołuje swoje herezje”, „Przywołanie prowincjusza do porządku” oraz (aby rozwiązać wszelkie wątpliwości, co do charakteru debaty) „Murchison zaczyna kampanię w Nadrenii”. Wojna została ostatecznie rozstrzygnięta w 1879 roku przez

banalnie proste rozwiązanie - wstawienie nowego okresu, ordowiku, między kambr i sylur.

Brytyjczycy byli najbardziej aktywni we wczesnych latach rozwoju nowej dyscypliny, dlatego też w geologicznym leksykonie dominują angielskie nazwy. De von pochodzi oczywiście od angielskiego hrabstwa Devon, kambr od łacińskiej nazwy Walii, ordowik i sylur odwołują się do starożytnych celtyckich plemion, Ordowików i Sylurów. W miarę rozszerzania geologicznych poszukiwań na inne kraje zaczęły się pojawiać również i nazwy spoza Wielkiej Brytanii. Jura pochodzi od gór Jura na granicy Francji i Szwajcarii, perm od rosyjskiej guberni Permna Uralu. Nazwę okresu kredy zawdzięczamy belgijskiemu geologowi o oryginalnym nazwisku J.J. d'Omalius d'Halloy<sup>24</sup>.

Początkowo geologiczna historia Ziemi była podzielona na cztery okresy: pierwszo rzędowy, drugorzędowy, trzeciorzędowy, czwartorzędowy. System był zbyt prosty, aby mógł długo przetrwać. Niebawem geolodzy zaczęli wprowadzać dodatkowe podziały, niekiedy eliminując poprzednie. Pierwszorzęd i drugorzęd całkowicie wyszły z użycia, niektórzy odrzucili czwartorzęd, aczkolwiek występuje on nadal w pewnych klasyfikacjach. Obecnie jedynie trzeciorzęd jest w powszechnym użyciu, chociaż nie stanowi już trzeciego okresu w żadnym systemie.

Lyell w swoich *Principles* wprowadził dodatkowe jednostki zwane epokami lub seriami, na które podzielił okres od ery dinozaurów; między innymi plejstocen („najbardziej niedawny”), pliocen („bardziej niedawny”), miocen („umiarkowanie niedawny”) oraz dość pieszczotliwie nieokreślony oligocen („trochę niedawny”). Początkowo używał końcówki „-synchroniczny”<sup>25</sup>, obdarzając nas takimi nazwami jak mejosynchroniczny i plejosynchroniczny, lecz wielebny William Whewell, bardzo wpływowa osobistość, wniósł obiekcje natury etymologicznej i zasugerował końcówkę „-owy”, co dałoby takie nazwy jak mejowy i plejowy. Końcówka „-cen” stanowiła pewnego rodzaju kompromis.

Obecnie czas geologiczny jest podzielony, najogólniej rzecz ujmując, na cztery wielkie części, zwane erami: prekambryjską, paleozoiczną (od greckiego określenia „stare życie”), mezozoiczną („średnie życie”) i kenozoiczną („nowe życie”). Każda z czterech er jest z kolei podzielona na pewną liczbę - od dwunastu do dwudziestu - mniejszych odcinków, zwanych okresami lub niekiedy systemami. Większość z nich jest także dość dobrze znana: kreda, jura, trias, sylur i tak dalej\*.

Następnie idą epoki Lyella - plejstocen, miocen i tak dalej - które dotyczą tylko ostatnich (lecz bardzo istotnych dla paleontologów) 65 milionów lat; na koniec mamy jeszcze mnóstwo drobniejszych podziałów na tak zwane piętra lub wieki. Większość z nich pochodzi od nazw geograficznych i brzmi dość dziwnie: Illinoian, Desmoinesian, Croixian, Kimmeridgian i dalej w tym stylu. Według Johna McPhee leksykon tych nazw idzie w „dziesiątki tuzinów”<sup>26</sup>. Na szczęście, jeżeli twoim powołaniem nie będzie geologia, nigdy więcej nie napotkasz tych nazw.

Dodatkowe zamieszanie w nazewnictwie wynika z faktu, że piętra i wieki w Ameryce Północnej noszą inne nazwy niż w Europie, a na dodatek zazwyczaj nie pokrywają się ze sobą w czasie. Tak więc północnoamerykański Cincinnati odpowiada w Europie większej części Ashgillian wraz z małym kawałkiem Caradocian.

Całe to nazewnictwo zmienia się jeszcze od podręcznika do podręcznika i od geologa do geologa. Niektóre autorytety opisują siedem ostatnich epok, podczas gdy inne zadowolają się czterema. W niektórych książkach trzeciorzęd i czwartorzęd ustępują na rzecz mających rozmaite długości okresów zwanych paleogenem oraz neogenem. Niektórzy autorzy dzielą

\* Nie przewidujemy tu testów, lecz gdybyś kiedykolwiek musiał nauczyć się tych nazw na pamięć, możesz kierować się radą Johna Wilforda, aby myśleć o erach (prekam-bryjskiej, paleozoicznej, mezozoicznej, kenozoicznej) jak o porach roku, a o okresach (peim, trias, jura itp.) jak o miesiącach. erę

prekambryjską na dwie ery: dawniejszy archaik oraz nowszy proterozoik. Niekiedy możesz spotkać określenie fanerozoik, obejmujący łącznie erę kenozoiczną, mezozoiczną oraz paleozoiczną.

Powyższa terminologia odnosi się wyłącznie do jednostek czasu. Skały są podzielone na oddzielne części<sup>27</sup> zwane formacjami, warstwami, piętrami, systemami czy poziomami. Istnieje także rozróżnienie na późne i wczesne (odnoszące się do czasu) oraz górne i dolne (odnoszące się do warstw skał). Wszystko to może przyprawić laika o ból głowy, lecz dla geologa są to sprawy o żywotnym znaczeniu. „Widziałem dorosłych ludzi rozpalonych do białości z furii<sup>28</sup> wywołanej tą metaforyczną milisekundą w historii życia” - napisał brytyjski paleontolog Richard Fortey w odniesieniu do całkiem niedawnej, wieloletniej dysputy dotyczącej granicy między kambrem i ordowikiem.

Dzisiaj możemy zastosować zaawansowane techniki datowania, lecz dziewiętnastowieczni geolodzy mogli jedynie zgadywać. Potrafili ustawić w kolejności powstawania różne warstwy skał i skamielin, lecz nie mieli pojęcia, ile czasu trwały procesy nawarstwiania. Gdy Buckland spekulował<sup>29</sup> na temat wieku szkieletu ichtiozaura, mógł jedynie sugerować, że gatunek ten żył nie mniej niż „10 tysięcy” i nie więcej niż „10 tysięcy razy 10 tysięcy” lat temu.

Mimo braku wiarygodnych metod datowania nie brakowało chętnych, którzy podejmowali rozmaite próby. Najbardziej znaną, wczesną próbę<sup>10</sup> podjął w 1650 roku James Ussher, arcybiskup Kościoła irlandzkiego, który starannie przestudiował Biblię oraz inne historyczne źródła, po czym opublikował opasły tom pod tytułem *Annals of the Old Testament*, w którym ogłosił, że Ziemia została stworzona w południe 23 października 4004 roku przed naszą erą. Konkluzje Usshera nieodmiennie bawiły historyków nauki oraz autorów podręczników\*.

Utrzymuje się mit - podtrzymywany nawet przez niektóre poważne książki - że poglądy Usshera dominowały w nauce aż do dziewiętnastego stulecia i dopiero Lyell wszystko wyprostował. Stephen Jay Gould

\* Wprawdzie niemal wszystkie książki poświęcają Ussherowi przynajmniej jeden akapit, lecz zarazem uderzająco różnią się co do szczegółów. Większość autorów datuje ogłoszenie wyników badań Usshera na rok 1650, niektórzy na 1654, jeszcze inni na 1664. Wiele źródeł cytuje 26, a nie 23 października jako domniemaną datę powstania Ziemi. Przynajmniej w jednym przypadku nazwisko arcybiskupa jest przeliterowane jako „Usher”. Ciekawostka jest interesująco opisana w *Eight Little Piggies* Stephena Jaya Goulda. w *Time* 's Arrow cytuje typowy przykład z wydanej w latach osiemdziesiątych minionego stulecia popularnej książki: „Przed publikacją książki Lyella większość myślących ludzi akceptowała ideę, że Ziemia jest młoda”<sup>31</sup>. W rzeczywistości było zupełnie inaczej. Jak stwierdził Martin J.S. Rudwick, „żaden geolog, dowolnej narodowości, którego prace były poważnie traktowane<sup>32</sup> przez innych geologów, nie był zwolennikiem skali czasu ograniczonej przez dosłowną egzegezę Księgi Rodzaju”. Nawet wielebny Buckland<sup>33</sup>, osobnik pobożny na miarę dziewiętnastego stulecia, odnotował, że w żadnym miejscu Biblia nie sugeruje, iż Bóg stworzył Ziemię w pierwszym dniu, lecz jedynie „na początku”. Ten początek, jego zdaniem, mógł trwać „miliony milionów lat”. Wszyscy zgadzali się, że Ziemia jest stara. Pytanie brzmiało: Jak bardzo stara?

Jeden z lepszych wczesnych pomysłów pochodził od Edmonda Halleya, który w 1715 roku zauważył, że jeśli podzieli się całkowitą ilość soli zawartą w oceanach przez ilość soli, jaka przybywa w oceanach w ciągu roku, w wyniku otrzymania się liczbę lat, w czasie których istniały oceany, co może być uznane za przybliżony wiek Ziemi. Logika tej sugestii była bardzo pociągająca, lecz eksperyment okazał się niestety niewykonalny, ponieważ nikt nie wiedział, ile soli jest w oceanach ani ile przybywa rocznie.

Pierwszą próbę pomiaru, którą można od biedy uznać za naukową, podjął w latach siedemdziesiątych osiemnastego wieku Francuz Georges-Louis Leclerc, książę Buffon. Od dawna wiedziano, że Ziemia wydziela znaczne ilości

ciepła. Aby się o tym przekonać, wystarczy zejść do kopalni węgla. Nikt jednak nie wiedział, w jakim tempie ciepło się rozchodzi. Eksperyment Buffona polegał na podgrzewaniu do wysokich temperatur kul wykonanych z różnych materiałów, a następnie na szacowaniu tempa utraty ciepła przez dotykanie ich (z początku zapewne delikatnie) w trakcie schładzania. Na tej podstawie Buffon oszacował wiek Ziemi na 75 000 do 168 000 lat<sup>34</sup>. Był to oczywiście bardzo niedoszacowany wynik, lecz i tak okazał się bardzo radykalny, do tego stopnia, że Buffonowi groziła ekskomunika. Jako osobnik bardzo praktyczny natychmiast przeprosił za swoją bezmyślną herezję, po czym konsekwentnie ją powtarzał w kolejnych publikacjach.

W połowie dziewiętnastego stulecia większość wykształconych ludzi sądziła, że Ziemia liczy co najmniej kilka milionów lat, być może nawet kilkadziesiąt milionów, lecz nie więcej. Tym większe zaskoczenie wywołał Charles Darwin, gdy w 1859 roku, w swoim dziele *O powstawaniu gatunków* ogłosił, że procesy geologiczne, w wyniku których powstała „P Weald”, kraina w południowej Anglii, rozciągająca się od Kentu poprzez Sussex aż do Surrey, trwały, według jego obliczeń, 306 662 400 lat. Stwierdzenie było godne uwagi choćby z powodu nadzwyczajnej precyzji obliczeń\*, lecz w jeszcze większym stopniu dlatego, że kwestionowało powszechnie akceptowany wiek Ziemi. Okazało się zresztą na tyle sporne, że Darwin usunął je z trzeciego wydania. Problem jednak pozostał. Darwinowi i jego zwolennikom potrzebna była stara Ziemia, lecz nikt nie potrafił znaleźć na to sposobu.

Niefortunnym dla Darwina i dla postępu zbiegiem okoliczności okazał się fakt, że kwestia wieku Ziemi stała się przedmiotem uwagi wielkiego lorda Kelvina (który w owym czasie był już niewątpliwie wielki, lecz nazywał się jeszcze William Thomson; do godności para został podniesiony dopiero w 1892 roku, w wieku 68 lat, blisko końca swej naukowej kariery, będąc jednak przestrzegającym konwencji używania tytułu retroaktywnie). Kelvin był jedną z najwybitniejszych osobowości dziewiętnastowiecznej nauki, a właściwie

dowolnej epoki. Niemiecki uczony Hermann von Helmholtz<sup>36</sup>, również wybitny uczony, napisał, że Kelvin przewyższał „inteligencją, jasnością umysłu i szybkością myśli” wszystkich znanych mu ludzi. „Niekiedy czułem się przy nim, jakbym był tępym”, dodał z pewnym przygnębieniem. Uczucie jest zrozumiałe, ponieważ Kelvin rzeczywiście był swego rodzaju wiktoriańskim supermanem. Urodził się w 1824 roku w Belfaście, jako syn profesora matematyki w Royal Academical Institution, który niebawem przeniósł się do Glasgow. Jako cudowne dziecko Kelvin został w niezwykle młodym wieku (miał wtedy dziesięć lat) przyjęty na studia w Glasgow University. W wieku dwudziestu lat miał już za sobą studia w Londynie, Paryżu i Cambridge (gdzie zdobył główne nagrody w wioskowaniu i matematyce, znajdując jeszcze przy tym czas na założenie towarzystwa muzycznego), był członkiem college'u Peterhouse w Cambridge, napisał (po francusku i angielsku) tuzin niezwykle oryginalnych prac z dziedziny czystej i stosowanej matematyki. Opublikował je anonimowo<sup>37</sup>, ponieważ obawiał się, że ujawnienie nazwiska autora może wprawić

\* Darwin uwielbiał dokładne liczby. W późniejszej pracy ogłosił, że liczba robaków na przeciętnym akrze angielskiej ziemi wynosi 53 767. w zakłopotanie jego przełożonych. W wieku dwudziestu dwóch lat wrócił do Glasgow<sup>38</sup>, aby objąć posadę profesora filozofii naturalnej, którą zajmował przez kolejne pięćdziesiąt trzy lata.

W ciągu swej długiej kariery (zmarł w 1907 roku w wieku 83 lat) napisał 661 publikacji, zgłosił 69 patentów (które uczyniły go niezmiernie bogatym człowiekiem) i zdobył renomę w niemal każdej dziedzinie nauk fizycznych. Między innymi zasugerował metodę, która bezpośrednio doprowadziła do wynalezienia lodówki; zaproponował skalę temperatury, która nosi dziś jego imię; wynalazł urządzenia wzmacniające, które umożliwiły przesyłanie telegramów przez ocean; dokonał niezliczonych wynalazków w dziedzinie nawigacji i żeglugi, na przykład ulepszył kompas oraz wynalazł



głębokościomierz. To tylko niektóre z jego praktycznych osiągnięć.

Jego teoretyczne prace z dziedziny elektromagnetyzmu, termodynamiki i falowej teorii światła były równie rewolucyjne\*. Jedynym wynikiem Kelvina, który okazał się błędny, było jego oszacowanie wieku Ziemi. Kwestią tą zajmował się przez większą część drugiej połowy swej kariery, lecz nigdy nie zdołał uzyskać rezultatu, który choć w przybliżeniu byłby poprawny. W pierwszym artykule na ten temat, opublikowanym w popularnym czasopiśmie „Macmillan's”, oszacował wiek Ziemi na 98 milionów lat, lecz roztropnie przyjął znaczny margines błędu, uwzględniając, że wynik może się mieścić między 20 a 400 milionami lat. Z godną uwagi ostrożnością podkreślił, że jego obliczenia mogą okazać się błędne, „jeżeli obecnie nieznane nam źródła energii są ukryte w wielkim magazynie stworzenia”, aczkolwiek było jasne, że nie uważał takiej możliwości za prawdopodobną.

\* W szczególności opracował jedną z wersji drugiego prawa termodynamiki. Dyskusja tych praw mogłaby zająć osobną książkę, więc, aby oddać tylko ich sens, ograniczę się do zwięzłego podsumowania dokonanego przez chemika P.W. Atkinsa: „Są cztery Prawa termodynamiki. Najpierw odkryto trzecie z nich, zwane Drugim Prawem; pierwsze, zwane Zerowym Prawem, odkryto jako ostatnie; Pierwsze Prawo było drugie; Trzecie Prawo mogłoby właściwie nie być prawem w takim sensie jak pozostałe”. Najkrócej rzecz ujmując, drugie prawo mówi, że zawsze marnuje się trochę energii. Nie istnieje wiecznie działające urządzenie, perpetuum mobile, ponieważ zawsze będzie tracić trochę energii i w końcu się zatrzyma, niezależnie od swej sprawności. Pierwsze prawo mówi, że nic można stworzyć energii, a trzecie, że nie można osiągnąć temperatury absolutnego zera; zawsze będzie trochę resztkowego ciepła. Jak mówi Dennis Overbye, trzy główne prawa są niekiedy formułowane następująco: (1) nie możesz wygrać, (2) nie możesz wyjść na zero i (3) nie możesz wycofać się z gry.

Z biegiem czasu oszacowania Kelvina stawały się coraz śmielsze i

zarazem coraz bardziej błędne. Góma granica stopniowo zmniejszała się od początkowych 400 milionów, przez 100 milionów, 50 milionów i ostatecznie w 1897 roku do zaledwie 24 milionów lat. Nie był to w żadnym sensie naciągany wynik. W ówczesnej fizyce nie było mechanizmu, który mógłby wyjaśnić, w jaki sposób ciało o rozmiarach Słońca mogłoby się palić dłużej niż kilkadziesiąt milionów lat, nie wyczerpawszy paliwa. W rezultacie nieunikniony był wniosek, że Słońce i jego planety są względnie młode.

Problem polegał na tym, że przeczyły temu niemal wszystkie dowody kopalne, a w dziewiętnastym wieku pojawiło się mnóstwo dowodów kopalnych.

## Rozdział 6

### BRUTALNE BESTIE

W 1787 roku pewien mieszkaniec New Jersey (wydaje się, że jego nazwisko zostało zapomniane) odkrył olbrzymią kość udową, wystającą z brzegu strumienia w pobliżu Woodbury Creek. Było oczywiste, że kość nie należała do żadnego stworzenia z gatunku żyjącego wówczas w New Jersey. Obecnie przeważa opinia, że należała do hadrozaura, dużego dinozaura przypominającego dziobaka, lecz w owym czasie nikt nie wiedział nic o dinozaurach.

Kość wysłano doktorowi Casparowi Wistarowi, czołowemu amerykańskiemu anatomowi, który opisał ją na jesiennym posiedzeniu American Philosophical Society<sup>1</sup> w Filadelfii. Wistar niestety zupełnie nie docenił znaczenia znaleziska i ograniczył się do kilku nieistotnych uwag, z których wynikało, że kość rzeczywiście należała do olbrzymiego zwierzęcia. Stracił w ten sposób szansę odkrycia dinozaurów o pół wieku wcześniej. W istocie kość wywołała tak nikłe zainteresowanie, że została umieszczona w magazynie, a po pewnym czasie zaginęła. Pierwsza odkryta kość dinozaura okazała się zarazem pierwszą zaginioną kością dinozaura.

Brak zainteresowania znaleziskiem z Woodbury Creek dziwi tym bardziej, że w owym czasie w Ameryce panowało ogromne podniecenie związane z pozostałościami dużych zwierząt. Przyczynę tego podniecenia stanowiła zadziwiająca opinia wybitnego francuskiego przyrodnika, księcia de Buffon<sup>2</sup> - tego od podgrzewanych kul z poprzedniego rozdziału - który stwierdził, że zwierzęta Nowego Świata niemal pod każdym względem ustępują zwierzętom Starego Kontynentu. Buffon napisał w swej obszernej i cenionej *Histoire naturelle*, że Ameryka jest lądem, gdzie wody są zastale, gleba jałowa,

zwierzęta drobne i nieruchawe, a ich organizmy osłabione przez „szkodliwe wyziewy” gnijących moczarów i pozbawionych słońca lasów. W takim środowisku nawet rdzennym mieszkańcom brakowało wigoru. Indianie „nie mieli brody ani owłosienia na ciele”, nie przejawiali „pożądania wobec kobiet”, a ich narządy reprodukcyjne były „małe i kiepskie”, autorytatywnie ocenił Buffon.

Spostrzeżenia Buffona znalazły zadziwiająco silny oddźwięk wśród innych autorów, zwłaszcza takich, których twórczości nie komplikowała; znajomość tematu. Holender Corneille de Pauw<sup>3</sup> ogłosił w popularnej książce, zatytułowanej *Recherches philosophiques sur les americains*, że rdzenni mieszkańcy Ameryki płci męskiej byli nie tylko upośledzeni w sensie reprodukcyjnym, lecz „do tego stopnia pozbawieni męskości, że mieli mleko w piersiach”. Te i podobne poglądy przetrwały niewiarygodnie długo; można je było znaleźć w europejskich tekstach jeszcze pod koniec dziewiętnastego stulecia.

Ameryka ostro zareagowała na te oszczerstwa. Thomas Jefferson zamieścił pełną oburzenia (jeśli się nie zna kontekstu, to można uznać, że dość oszalałamiącą) odpowiedź w swoich *Notes on the State of Virginia* i namówił swego przyjaciela z New Hampshire, generała Johna Sullivana, aby wysłał dwudziestu żołnierzy do północnych lasów w celu znalezienia samca łosia, który miałby zostać sprezentowany Buffonowi jako dowód imponującej postury i majestatu amerykańskich czworonogów. Po dwóch tygodniach poszukiwań żołnierze znaleźli odpowiedniego kandydata, lecz po ustrzeleniu go okazało się, że rogi nie są dostatecznie imponujące i zapewne nie spełnią wymagań Jeffersona. Sullivan przewidująco dołączył zestaw jelenich rogów wraz z sugestią, aby zastąpić nimi oryginalne rogi łosia. W końcu który Francuz zauważy różnicę?

Tymczasem w Filadelfii - ^ mieście doktora Wistara - przyrodnicy zaczęli składać szkielet gigantycznej istoty przypominającej słonia, początkowo znanej

jako „wielki amerykański incognitum”, lecz później zidentyfikowanej, nie całkiem poprawnie, jako mamut. Jej kości odkryto najpierw w pobliżu miejsca zwanego Big Bone Lick w Kentucky, lecz niebawem okazało się, że można je znaleźć prawie wszędzie i że Ameryka była niegdyś domem prawdziwie imponujących istot, które niewątpliwie mogły obalić niemądre, galijskie uprzedzenia Buffona.

Wydaje się, że filadelfijscy przyrodnicy dali się nieco ponieść chęci zademonstrowania domniemanej potęgi i grozy incognitum. Sześciokrotnie zawyżyli jego rozmiary, dali mu imponujące kły, które w rzeczywistości pochodziły od Megalonyxa, znalezionej nieopodal gigantycznego naziemnego leniwca. Ulegli złudnemu przekonaniu, że zwierzę charakteryzowała „żywoć i agresywność tygrysa”, i portretowali je na ilustracjach, jak z kocią zręcznością rzuca się z góry na swe ofiary. Gdy znaleziono kły, przytwierdzano je do czaszki zwierzęcia na różne sposoby, niekiedy całkiem nowatorskie i pomysłowe. Jeden z rekonstruktorów wkręcił je dołem do góry, jak u szablonowego kota, co nadało zwierzęciu zadowalająco agresywny wygląd. Inny odkrywca ustawił kły w taki sposób, że były wygięte do tyłu - uczynił to na podstawie zajmującej teorii, zgodnie z którą był to gatunek wodny, a kłów używał do kotwiczenia wśród gałęzi drzew w czasie snu. Najważniejszy okazał się jednak fakt, że incognitum stanowiło gatunek wymarły, co Buffon radośnie wykorzystał jako niepodważalny dowód jego zdegenerowanej natury.

Buffon zmarł w 1788 roku, lecz kontrowersja trwała nadal. W roku 1795 kolekcja kości dotarła do Paryża, gdzie została przeegzaminowana przez wschodzącą gwiazdę paleontologii, młodego arystokratę Georges'a Cuviera. Mimo młodego wieku Cuvier wyrobił sobie już reputację geniusza, który z kupki rozrzuconych kości umie odtworzyć kształt zwierzęcia. Krążyły opinie, jakoby opisywał wygląd i cechy zwierząt na podstawie pojedynczego zęba lub fragmentu szczęki, a przy okazji potrafił odgadnąć gatunek i rodzaj. Zorientowawszy się, że nikt w Ameryce na to nie wpadł, Cuvier sporządził

formalny opis potężnej bestii i stał się jej oficjalnym, formalnym odkrywcą. Nazwał ją *mastodontem* (co oznacza „sut-ko-zęby” - nieco zaskakujące określenie).

Zainspirowany przez nieustający spór, w 1796 roku Cuvier opublikował przełomowy artykuł<sup>4</sup>, zatytułowany *Note on the Species of Living and Fossil Elephants*, w którym po raz pierwszy została podana formalna teoria wymierań. Cuvier sądził, że od czasu do czasu Ziemia doświadczała globalnych katastrof, które zmiatały z powierzchni planety niektóre grupy zwierząt. Dla ludzi wierzących, łącznie z samym autorem, implikacje jego teorii były trudne do wyjaśnienia, ponieważ sugerowała ona niewytłumaczalną przypadkowość ze strony Opatrzności. Po co Bóg stwarzałby gatunki, skoro później je unicestwiał? Sugestia Cuviera była sprzeczna z wierzeniem w Wielki Łańcuch Istot, zgodnie z którym świat jest starannie uporządkowany, a każda żywa istota ma, zawsze miała i zawsze będzie miała swoje miejsce i swój cel. Jefferson nie potrafił dopuścić myśli, że całe gatunki miałyby zniknąć<sup>5</sup> (ani, co za tym idzie, ewoluować). Gdy uświadomiono mu, że zbadanie północnoamerykańskiego kontynentu poza Missisipi może mieć znaczenie zarówno naukowe, jak i polityczne, entuzjastycznie poparł ideę wysłania ekspedycji, mając nadzieję, że nieustraszeni poszukiwacze znajdą stada mastodontów i innych ponadwymiarowych<sup>6</sup> istot pasących się na bezkresnych preriach. Wyprawą dowodzili William Clark, główny przyrodnik ekspedycji, oraz Meriwether Lewis, zaufany sekretarz i przyjaciel Jeffersona. W wyprawie uczestniczył także doradca, który miał wskazywać, czego należy szukać zarówno wśród żywych, jak i wymarłych zwierząt. W tej roli wystąpił nie kto inny, tylko znany nam już Caspar Wistar.

W tym samym roku - a nawet w tym samym miesiącu - w którym w Paryżu słynny Cuvier ogłosił swoje teorie wymierań, po drugiej stronie kanału La Manche pewien nieznany Anglik doznał olśnienia, które odegrało istotną rolę w geologii. William Smith był młodym nadzorcą przy budowie Somerset Coal

Canal. Wieczorem 5 stycznia 1796 roku, siedząc w gospodzie dla dyliżansów w Somerset<sup>6</sup>, zanotował pewne spostrzeżenie, które miało w przyszłości ugruntować jego reputację. Aby interpretować skały, potrzebna jest jakaś metoda tworzenia korelacji, na podstawie której można by stwierdzić, że karbońskie skały z Devonu są młodsze od kambryjskich skał z Walii. Smith uświadomił sobie, że odpowiedź stanowią skamieniałości. Każdej zmianie warstw skalnych towarzyszy znikanie skamielin pewnych gatunków, podczas gdy inne gatunki istnieją dalej w późniejszych warstwach. Porównując gatunki znajdujące w różnych warstwach skał, można oceniać względny wiek skał, niezależnie od ich położenia geograficznego. Opierając się na swojej dotychczasowej wiedzy i doświadczeniach jako geodety, Smith sporządził mapę warstw skalnych Wielkiej Brytanii, która po wielu próbach została opublikowana w 1815 roku i stała się kamieniem węgielnym nowoczesnej geologii (historię tę szczegółowo przedstawił Simon Winchester w popularnej książce *The Map that Changed the World*).

Dokonawszy tego odkrycia, Smith nie wykazał jednak zainteresowania, dlaczego warstwy skał zostały ułożone w taki, a nie inny sposób. „Pozostawiłem zagadkę pochodzenia warstw, kontentując się tym, co wiedziałem - zanotowałem. SPytania o przyczyny i skutki nie należą do dziedziny poszukiwacza minerałów”<sup>7</sup>.

Rewelacje Smitha jeszcze bardziej uwypukliły moralny aspekt wymierań. Po pierwsze, potwierdziły fakt, że Bóg unicestwiał gatunki, i to wielokrotnie, co stawiało Go w sytuacji istoty nie tylko beztroskiej, lecz wręcz wrogiej. Potrzebne było także wyjaśnienie, dlaczego niektóre gatunki wymierały, a inne zdołały przetrwać i żyły nadal w późniejszych epokach.

Stało się jasne, że ekstynkcje gatunków to coś znacznie poważniejszego niż jeden biblijny potop. Cuvier rozwiązał ten problem na własny użytek<sup>8</sup>, sugerując, że Księga Rodzaju dotyczy jedynie ostatniej powodzi. Najwyraźniej Bóg nie chciał straszyć Mojżesza wiadomościami o wcześniejszych,

nieistotnych wymieraniach.

Tak więc w początkach dziewiętnastego wieku skamieniałości zyskały status istotnych dowodów geologicznych, co stawia przeoczenie przez Wistara kości dinozaura w jeszcze bardziej niekorzystnym świetle. Kości pojawiały się tu i ówdzie, Amerykanie mieli jeszcze kilka okazji, aby odkryć dinozaury, lecz wszystkie zmarnowali. W 1806 roku ekspedycja Lewisa i Clarka dotarła do formacji Heli<sup>9</sup> Creek w Montanie, gdzie późniejsi poszukiwacze skamieniałości będą dosłownie stąpać po kościach dinozaurów. Lewis i Clark zbadali nawet coś, co ewidentnie było wystającym ze skały fragmentem kości dinozaura, lecz nie wyciągnęli z tego znaleziska żadnych wniosków. Inne kości i skamieliny odkryto w dolinie rzeki Connecticut w Nowej Anglii, po tym jak syn farmera Plinus Moody wyśledził skamieniałe ślady stóp na skalnej półce w South Hadley w Massachusetts. Niektóre z nich ostatecznie przetrwały, między innymi szkielet anchizaura, należący obecnie do kolekcji Peabody Museum w Yale. Znalezione w 1818 roku kości zostały zbadane i zachowane, lecz dopiero w 1855 rokuje zidentyfikowano. W tym samym 1818 roku zmarł Caspar Wistar, który w dość nieoczekiwany sposób został unieśmiertelniony, gdy botanik Thomas Nuttall nazwał jego imieniem pewne drzewiaste pnącze. Niektórzy botanicy nadal upierają się, że prawidłowa nazwa brzmi wistaria.

Tymczasem nastąpił jednak znaczny postęp po drugiej stronie oceanu. W 1812 roku pewna niezwykła mieszkanka miejscowości Lyme Regis - jedenasto-, dwunasto-lub trzynastoletnia, zależnie od tego, czyją relację przeczytasz - Mary Anning znalazła w stromym, niebezpiecznym klifie na wybrzeżu w Dorset dziwnego, skamieniałego morskiego potwora, długiego na 17 stóp, obecnie znanego jako ichtiozaur.

Był to początek zadziwiającej kariery panny Anning, która następne 35 lat spędziła na poszukiwaniach skamieniałości, sprzedając je turystom. (Mary Anning jest powszechnie uważana za bohaterkę popularnego łamańca językowego<sup>10</sup> - zdania, które należy wypowiedzieć jednym tchem, nie



pomyliwszy ani jednej sylaby: „She sells sea-shells on the sea shore” [ona sprzedaje morskie muszle na brzegu morza]). Oprócz ichtiozaura znalazła również po raz pierwszy innego morskiego potwora, plezjozaura, a także jeden z pierwszych i najlepiej zachowanych egzemplarzy pterodak-tyła. Z punktu widzenia współczesnej klasyfikacji żaden z nich nie należy do dinozaurów, lecz wówczas nie miało to wielkiego znaczenia, ponieważ nikt wtedy nie wiedział nic o dinozaurach. Wystarczyła świadomość, że niegdyś istniały stwory uderzająco niepodobne do jakichkolwiek obecnie żyjących istot.

Mary Anning miała nie tylko niedościgniony talent do odnajdywania skamielin, lecz potrafiła je także wydobywać bez uszkodzeń. Jeżeli kiedykolwiek będziesz miał okazję odwiedzić oddział prehistorycznych gadów morskich w Natural History Museum w Londynie, gorąco zachęcam, aby je obejrzeć, bo tylko w ten sposób można docenić piękno i skalę osiągnięć tej młodej damy, pracującej właściwie bez żadnej pomocy, przy użyciu jedynie podstawowych narzędzi, w warunkach niemal uniemożliwiających jakąkolwiek pracę. Sam plezjozaur zajął jej dziesięć lat cierpliwej pracy” wykopaliskowej. Mimo braku wykształcenia potrafiła również wykonać dokładne rysunki i opisy dla naukowców. Istotne odkrycia były jednak rzadkością i nawet talent oraz osiągnięcia nie pomogły Mary Anning wydobyć się z biedy.

Trudno byłoby znaleźć osobę bardziej zapoznaną w historii paleontologii niż Mary Anning, lecz w istocie był ktoś jeszcze, kto również został prawie całkowicie zapomniany. Nazywał się Gideon Algernon Mantell i był wiejskim lekarzem w Sussex.

Osobowość doktora Mantella stanowiła rzadkie połączenie wad i zalet - był próżny, samolubny, zarozumiały, zaniedbywał rodzinę, lecz trudno byłoby wskazać bardziej zapalonego paleontologa amatora. Jego szczęściem było posiadanie oddanej i posłusznej żony. Pewnego dnia w 1822 roku, gdy doktor został wezwany do pacjenta, pani Mantell wybrała się na spacer. W pobliżu ścieżki, w stercie śmieci i gruzu, pozostawionej do wyrównywania wybojów,

odkryła dziwnie wyglądający obiekt - okrągły brązowy kamień o rozmiarach małego orzecha. Znając zainteresowania swego męża skamielinami, przyniosła znalezisko do domu. Mantell natychmiast się zorientował, że ma do czynienia ze skamieniałym zębem<sup>12</sup> i po krótkich badaniach doszedł do wniosku, że należał on do roślinożernego gada o ogromnych rozmiarach - długiego na dziesiątki stóp - z okresu kredowego. Były to bardzo odważne sugestie, ponieważ nikt wcześniej nie widział ani nawet nie wyobrażał sobie czegoś podobnego, lecz wszystkie wnioski Mantella okazały się słuszne.

W pełni świadom, że jego odkrycie stanowi poważne wyzwanie dla dotychczasowych poglądów na temat przeszłości, ostrzegany przez swego przyjaciela, wielebnego Williama Bucklanda - tego od wędrówek w tozce i kulinarnych eksperymentów - aby postępować z rozwagą, Mantell spędził trzy pracowite lata na poszukiwaniach dalszych dowodów dla swoich hipotez. Wysłał znalezioną przez panią Mantell skamielinę do Paryża Cuvierowi, lecz wielki Francuz stwierdził, że ząb należy do hipopotama (później gorąco przeproszał za swój niefortunny błąd). Pewnego dnia, w trakcie wizyty w Hunterian Museum w Londynie, Mantell nawiązał konwersację z pewnym badaczem południowoamerykańskich iguan, który stwierdził, że ząb wydaje się pasować do uzębienia tropikalnej jaszczurki. Podobieństwo zostało szybko potwierdzone i w ten sposób potwór Mantella został nazwany iguanodonem, mimo że nie był wcale spokrewniony z iguaną

Mantell przygotował publikację dla Royal Society. Tak się jednak złożyło, że inny dinozaur został w tym czasie odkryty w trakcie polowania w Oxfordshire i został formalnie opisany... przez wielebnego Bucklanda, tego samego, który jeszcze niedawno przestrzegał Mantella przed nadmiernym pośpiechem. Był to megalozaur. Nazwę zasugerował Bucklandowi jego przyjaciel, doktor James Parkinson<sup>13</sup>, znany nam już radykał i eponim choroby Parkinsona. Buckland, jak już wspomniałem, był przede wszystkim geologiem, co wyraźnie widać w jego pracy dotyczącej megalozaura. W swoim raporcie

dla „Transactions of the Geological Society of London” odnotował, że zęby zwierzęcia nie były bezpośrednio połączone z kością szczękową, jak u jaszczurek, lecz osadzone w zębodołach, jak u krokodyli. Nie poszedł jednak dalej i nie wyciągnął z tego spostrzeżenia wniosku, że mianowicie megalozaur stanowił całkowicie nowy typ istot żywych. Chociaż raport nie grzeszył bystrością ani nie zawierał żadnych istotnych konkluzji, stanowił pierwszy opublikowany opis dinozaura, dzięki czemu pierwszeństwo w odkryciu tej linii zwierząt przypisuje się właśnie Bucklandowi, a nie Mantellowi, który zdecydowanie bardziej zasłużył na to wyróżnienie.

Nieświadomy, że rozczarowanie będzie towarzyszyć mu przez całe życie, Mantell kontynuował poszukiwania skamieniałości - w 1833 roku znalazł kolejnego giganta, hylaeozaura. Zaczął także odkupywać je od uczestników polowań i farmerów. W pewnym momencie był prawdopodobnie w posiadaniu największej kolekcji skamieniałości w całej Anglii, i Mantell był doskonałym lekarzem i równie utalentowanym poszukiwaczem skamielin, lecz nie potrafił równoległe eksploatować obu swoich talentów. W miarę jak narastała jego mania kolekcjonera, zaczął zaniedbywać swoją praktykę lekarską. Skamieniałości zaczęły stopniowo zapełniać jego dom w Brighton i pochłaniać jego dochody, których znaczna część szła również na wydawanie książek, nie znajdujących zbyt wielu czytelników. *Illustrations of the Geology of Sussex*, opublikowane w 1827 roku, sprzedały się w zaledwie 50 egzemplarzach, ze stratą 300 funtów, co jak na owe czasy było znaczną sumą.

W akcie desperacji Mantell zdecydował się przekształcić swój dom w muzeum. Zamierzał pobierać opłaty, lecz ponieważ doszedł do wniosku, że na taki merkantylny akt nie pozwala jego pozycja społeczna uczonego-dżentelmena. W rezultacie pozwolił zwiedzać dom za darmo. Zwiedzający walili drzwiami i oknami, dzień w dzień, kompletnie rujnując jego praktykę lekarską oraz życie rodzinne. Ostatecznie został zmuszony do sprzedaży większości swej kolekcji, aby spłacić długi<sup>14</sup>. Wkrótce potem opuściła go żona,

zabierając ze sobą czwórkę ich dzieci.

Wbrew pozorom, w tym momencie kłopoty doktora Mantella dopiero się zaczęły.

W dzielnicy Sydenham w południowej części Londynu, w miejscu zwanym Crystal Palace Park, można zobaczyć niecodzienny widok: naturalnej wielkości modele dinozaurów. Od dawna nie przyciągają tłumów, lecz niegdyś była to jedna z największych turystycznych atrakcji Londynu, a także - jak zwrócił uwagę Richard Fortey - pierwszy na świecie park tematyczny<sup>15</sup>. Niektóre szczegóły nie są anatomicznie poprawne, na przykład kciuk iguanodona został umieszczony na jego nosie, jako pewnego rodzaju róg. Sam iguanodon stoi na czterech sztywnych nogach, przypominając raczej tłustego, nienaturalnie wyrosniętego psa (w rzeczywistości iguanodony były dwunożne). Patrząc na nie teraz, trudno uwierzyć, że te dziwaczne, niezdarne zwierzęta siały niegdyś postrach i niepodzielnie panowały na Ziemi. Żadna inna grupa bestii w historii naturalnej naszej planety nie była zapewne źródłem równie silnej i długotrwałej nienawiści jak dinozaury.

W czasach, gdy powstawała wystawa, Sydenham było przedmieściem Londynu, a jego przestronny park został uznany za idealne miejsce na rekonstrukcję słynnego Crystal Palace, ogromnej struktury ze szkła i żelaza, siedziby Wystawy światowej w 1851 roku, od której nowy park wziął swą nazwę. Betonowe dinozaury miały stanowić dodatkową atrakcję. W przeddzień Nowego Roku 1853 wewnątrz niewykończonego iguanodona odbył się słynny obiad dla 21 prominentnych naukowców. Nie było wśród nich Gideona Mantella, człowieka, który odkrył i zidentyfikował iguanodona. U szczytu stołu zasiadała największa gwiazda rodzącej się nowej nauki, paleontologii, Richard Owen, który do tego czasu poświęcił już kilka produktywnych lat, aby zamienić życie Gideona Mantella w piekło.

Owen wychował się w Lancaster, w północnej części Anglii. Z zawodu był lekarzem, lecz jego pasją była anatomia, której oddawał się z takim

zaangażowaniem, że niekiedy wykradał kończyny, narządy i inne części ciała<sup>16</sup> nieboszczyków i zabierał je do domu w celu dokonania sekcji. Pewnego dnia niósł torbę zawierającą odciętą głowę czarnoskórego żeglarza, pośliznął się na mokrym bruku, upuścił swój ładunek i po chwili patrzył z przerażeniem, jak głowa podskakuje na pochyłej drodze i wpada przez otwarte drzwi przydrożnego domu, gdzie w końcu zatrzymała się na środku salonu. Możemy tylko sobie wyobrazić, co pomyśleli mieszkańcy domu na widok odciętej głowy u swoich stóp. Zapewne nie doszli do nadmiernie zaawansowanych konkluzji, zwłaszcza że chwilę później w ślad za głową do salonu wpadł młody, wystraszony mężczyzna, bez słowa porwał głowę i uciekł.

W 1825 roku, w wieku 21 lat, Owen przeniósł się do Londynu, gdzie został zatrudniony przez Royal College of Surgeons w celu uporządkowania olbrzymiej kolekcji medycznych i anatomicznych okazów i próbek. Większość z nich pozostawił John Hunter, wybitny chirurg i niezmordowany kolekcjoner medycznych ciekawostek, jednak nigdy nie zostały one skatalogowane ani nawet uporządkowane, głównie dlatego, że cała dokumentacja i opisy zaginęły wkrótce po śmierci ofiarodawcy.

Owen szybko dał się poznać jako znakomity organizator, przy okazji przejawiając także niemałe umiejętności dedukcyjne, lecz zasłynął przede wszystkim jako anatom. Pod względem instynktu i umiejętności rekonstrukcyjnych przewyższał go tylko genialny Cuvier w Paryżu. Owenowi przysługiwało prawo pierwokupu padłych zwierząt z londyńskiego zoo, które dostarczano do jego domu. Pewnego dnia żona Owena zastała w holu martwego nosorożca<sup>17</sup>. Owen bardzo szybko stał się czołowym ekspertem od wszystkich żyjących i wymarłych zwierząt, od dziobaków, kolczatek i innych niedawno odkrytych torbaczy po nieszczęsnego dodo i gigantyczne nowozelandzkie moa, które wymarły po zaludnieniu Nowej Zelandii przez Maorysów i przy ich wydatnej pomocy. Owen pierwszy opisał archeopteryksa po jego odkryciu w Bawarii w 1861 roku, a także pierwszy napisał formalne epitafium ptaka dodo.

Łącznie opublikował imponującą liczbę około 600 artykułów anatomicznych.

Owen jest jednak pamiętany przede wszystkim dzięki swoim pracom na temat dinozaurów. To on w 1841 roku wprowadził określenie dinosauria, które oznacza „straszliwego jaszczura” i niezupełnie odzwierciedla prawdziwy stan rzeczy. Dzisiaj wiemy, że nie wszystkie dinozaury były takie straszne - niektóre były nie większe od królika<sup>18</sup> i zapewne równie strachliwe - i z całą pewnością nie były jaszczurkami<sup>19</sup>, których ewolucyjna linia zaczęła się około 30 milionów lat wcześniej. Owen doskonale wiedział, że dinozaury były gadami, i miał do dyspozycji grecki termin herpe-ton, lecz z jakiegoś powodu nie zdecydował się go użyć. Kolejny, łatwiej wybaczalny błąd (zważywszy na niewielką liczbę dostępnych wówczas okazów) polegał na przeoczeniu faktu, że dinozaury stanowiły nie jeden, lecz dwa rzędy gadów<sup>20</sup>: ze stawami biodrowymi typu ptasiego (ptasio-miedniczne, Ornithischia) oraz z biodrami typu gądziego (gadziomied-niczne, Saurischia).

Owen nie był atrakcyjną osobą ani pod względem wyglądu, ani temperamentu. Jego fotografia, wykonana, gdy był w średnim wieku, przedstawia go jako ponurego, groźnie wyglądającego osobnika, przypominającego czarne charaktery wiktoriańskich melodramatów, z długimi, prostymi włosami, wyłupiastymi oczami i twarzą idealnie nadającą się do straszenia dzieci. Miał zimny charakter, władcze maniere i nie przejawiał żadnych skrupułów przy realizacji swoich ambicji. Był jedyną osobą, o której wiadomo, że nienawidził jej Charles Darwin<sup>21</sup>. Nawet jego własny syn (który zresztą popełnił samobójstwo) stwierdził, że Owen był osobą „o zimnym, nieczułym sercu”<sup>22</sup>.

Jego niewątpliwe uzdolnienia i osiągnięcia jako anatoma pozwalały mu unikać konsekwencji i odpowiedzialności za całą serię bezczelnych oszustw. W 1857 roku przyrodnik T.H. Huxley przeglądał nowe wydanie Churchill 's Medical Directory<sup>23</sup> i spostrzegł, że Owen jest wymieniony jako profesor anatomii porównawczej i fizjologii w Government School of Mines, co było o

tyle dziwne, że posadę tę zajmował właśnie Huxley. Na pytanie, dlaczego popełniono tak elementarny błąd, Huxley uzyskał odpowiedź, że informacja pochodziła od samego doktora Owena. Przyrodnik

Hugh Falconer przyłapał Owena na przypisywaniu sobie jednego z jego własnych odkryć. Inni oskarżali Owena o pożyczanie okazów, a następnie wypieranie się tego w żywe oczy. Nawet z dentystą królowej Owen toczył zażarty spór o autorstwo pewnej teorii dotyczącej fizjologii zębów.

Nie wahał się przed ściganiem i prześladowaniem ludzi, których nie lubił. W początkach swej kariery użył swoich wpływów w Zoological Society, aby przeszkodzić w karierze młodego, obiecującego anatoma, Roberta Granta. Pewnego dnia Grant odkrył, ku swemu zaskoczeniu, że zabroniono mu dostępu do anatomicznych próbek niezbędnych do prowadzenia badań. Pozbawiony możliwości dalszej pracy popadł w zrozumiąle zapomnienie.

Nikt jednak w większym stopniu nie ucierpiał w wyniku starcia z Owenem niż nieszczęsny Gideon Mantell. Po odejściu żony z dziećmi, zaprzestaniu praktyki medycznej i stracie większości swej kolekcji Mantell przeniósł się do Londynu. W 1841 roku - tym samym roku, w którym Owen osiągnął szczytowy punkt swej kariery, identyfikując i nadając nazwę dinozaurom - Mantell stał się ofiarą tragicznego wypadku. Jadąc powozem przez Clapham Common, spadł z kozła, zaplątał się w lejce, a spłoszone konie zaczęły go ciągnąć galopem po nierównym bruku. W wyniku wypadku doznał uszkodzenia kręgosłupa i do końca życia pozostał kaleką, poruszał się zgięty i odczuwał chroniczne bóle.

Wykorzystując stan Mantella, Owen zaczął systematycznie usuwać w cień jego prace i osiągnięcia, nadawać nowe nazwy gatunkom dawno nazwanym przez Mantella i przypisywać sobie ich odkrycie. Mantell próbował nadal prowadzić oryginalne badania, lecz Owen użył swoich wpływów w Royal Society i spowodował, że większość prac Mantella była odrzucana. W 1852 roku, nie mogąc dłużej znieść bólu i prześladowań, Mantell odebrał sobie życie.

Jego uszkodzony kręgosłup został wypreparowany i przesłany do Royal College of Surgeons<sup>24</sup>, gdzie, o ironio, został oddany pod opiekę Richarda Owena, dyrektora Hunterian Museum.

Nie był to jednak koniec zniewag, jakie spotkały Mantella. Wkrótce po jego śmierci w „Literary Gazette” ukazał się zadziwiająco niezyczliwy nekrolog, w którym Mantell został przedstawiony jako mierny anatom, którego mizerne przyczynki do paleontologii były ograniczone przez „dążenie do precyzji”. Nekrolog odbierał także Mantellowi zasługę odkrycia iguanodona i przypisywał je między innymi Cuvierowi i Owenowi. Notka nie była podpisana, lecz styl zdradzał Owena, i świat nauk przyrodniczych nie miał wątpliwości co do jej autorstwa.

W tym czasie nad Owenem zaczęły jednak gromadzić się czarne chmury. Czara się przelała, gdy komitet Royal Society - którego zresztą sam Owen był przewodniczącym - zdecydował o przyznaniu mu swego najwyższego odznaczenia, Medalu Królewskiego, za publikację na temat wymarłego mięczaka z podrzędu belemnitów. „Jednakże - jak pi-sze Deborah Cadbury w swej doskonałej historii owej epoki, *Terrible U-zard* - praca ta nie była w pełni oryginalna”<sup>23</sup>. Okazało się, że belemnita odkrył cztery lata wcześniej przyrodnik amator Channing Pearce, który ogłosił raport o swoim odkryciu na posiedzeniu Geological Society. Owen uczestniczył w owym posiedzeniu, lecz nie wspomniał o tym, gdy prezentował własny raport (w którym, zapewne nieprzypadkowo, przechrzcil} mięczaka i nazwał go *Belemnites owenii*, od własnego nazwiska) dla Royal Society. Owenowi pozwolono zatrzymać przyznany medal, lecz epizod ten zostawił trwałą rysę na jego reputacji, nawet wśród jego nielicznych zwolenników.

W końcu Huxley zdołał uczynić z Owenem to, co Owen uczynił z wieloma innymi: doprowadził do usunięcia go z władz obu towarzystw - Zoological Society oraz Royal Society. Rachunki zostały w pełni wyrównane, gdy Huxley został mianowany na stanowisko Hunterian Professor w Royal



College of Surgeons.

Owen zaprzestał prowadzenia badań naukowych, lecz drugą część swojej kariery poświęcił kolejnej swej idei, za zrealizowanie której powinniśmy jednak być mu wdzięczni. W 1856 roku został kierownikiem sekcji historii naturalnej British Museum. W czasie pełnienia tej funkcji odegrał główną rolę w stworzeniu Natural History Museum w Londynie<sup>26</sup>. Wspaniała gotycka budowla w South Kensington, ukończona i otwarta w 1880 roku, stanowi testament wizji Owena.

Przed Owenem muzea były przeznaczone niemal wyłącznie dla elity<sup>27</sup>, ale nawet ona miała trudności z dostępem. W początkach działalności British Museum potencjalny zwiedzający musiał najpierw złożyć pisemne podanie oraz odbyć krótką rozmowę w celu zweryfikowania, czy w ogóle zostanie wpuszczony. Następnie musiał zjawić się powtórnie, aby odebrać bilet - pod warunkiem, że wynik rozmowy okazał się pomyślny - i dopiero za trzecim razem mógł w końcu podziwiać skarby muzeum. Zwiedzający byli wpuszczani grupami, od których nie wolno było się odłączać w trakcie zwiedzania. Owen zamierzał zapraszać wszystkich, a nawet zachęcać ludzi pracujących w ciągu dnia do odwiedzania muzeum wieczorami. Chciał przeznaczyć większość powierzchni muzeum na ekspozycje. Wysunął także bardzo radykalną propozycję, aby na każdej ekspozycji został umieszczony opis<sup>28</sup>, dzięki czemu zwiedzający mogliby lepiej zrozumieć i docenić to, co widzą. W tym ostatnim punkcie napotkał raczej nieoczekiwany opór ze strony T.H. Huxleya, który uważał, że muzea powinny przede wszystkim stanowić instytucje o charakterze badawczym. Przekształcając Natural History Museum w instytucję dostępną dla każdego, Owen dokonał istotnej zmiany roli, jaką w życiu społecznym odgrywają muzea.

Jego altruizm w stosunku do ogółu nie wpłynął jednak na bardziej osobistą skłonność do rywalizacji. Jednym z jego ostatnich publicznych przedsięwzięć było działanie przeciwko propozycji ustawienia w Natural

History Museum pomnika Charlesa Darwina. Nie zdołał wprowadzić temu zapobiec, lecz w jakimś sensie udało mu się jednak postawić na swoim. Statua Richarda Owena zajmuje dziś prominentne miejsce w holu Natural History Museum, natomiast Darwin i T.H. Huxley zostali relegowani do muzealnej kawiarenki, gdzie milcząco spoglądają nad stolikami i głowami pałaszujących ciasteczka gości.

Można by sądzić, że niskie pobudki i małostkowe rywalizacje Richarda Owena stanowiły niechlubny wyjątek dziewiętnastowiecznej paleontologii, lecz w rzeczywistości były jedynie preludium do tego, co miało jeszcze nastąpić, tym razem za oceanem. Ostatnie dekady dziewiętnastego stulecia były świadkiem jeszcze bardziej jadowitej, aczkolwiek nie tak destrukcyjnej rywalizacji. Jej negatywnymi bohaterami byli dwaj Amerykanie, Edward Drinker Cope i Othniel Charles Marsh.

Pod pewnymi względami byli do siebie podobni. Obaj byli bezwzględni, zepsuci, zawzięci, samolubni, kłótniwi, zazdrośni, nieufni; przy tym wszystkim byli także nieszczęśliwymi dziwakami. Lecz mimo to Edward Drinker Cope i Othniel Charles Marsh zrewolucjonizowali paleontologię.

Początkowo byli przyjaciółmi. Ich wzajemny szacunek i uznanie odzwierciedla między innymi fakt, że niektórym kopalnym gatunkom jeden nadawał nazwy pochodzące od nazwiska drugiego i vice versa. W 1868 roku spędzili wspólnie miły tydzień, lecz wkrótce zdarzyło się między nimi coś - nikt już nie wie dokładnie, o co chodziło - co spowodowało, że w kolejnym roku przyjaźń zamieniła się w nieprzyjaźń, która w ciągu następnych trzech dekad rozwinęła się we wszechogarniającą nienawiść.

Można bezpiecznie stwierdzić, że w historii nauk przyrodniczych nie było dwóch ludzi, którzy bardziej gardziliby sobą.

Marsh, z krótko przyciętą brodą, starszy o osiem lat, był skromnym, małomównym, nienarzucającym się mołem książkowym o wytwornych manierach. Rzadko zapuszczał się w teren, a jeszcze rzadziej zdarzało mu się

coś znaleźć. W czasie wizyty w słynnych wykopaliskach Como Bluff w stanie Wyoming nie dostrzegł ani jednej kości, mimo że, jak ujął to pewien historyk, „leżały wszędzie wokół jak kłody”<sup>29</sup>. Miał jednak środki wystarczające do kupienia niemal wszystkiego, na co miał ochotę. Pochodził wprawdzie z rodziny o przeciętnych możliwościach finansowych - jego ojciec był farmerem w północnej części stanu Nowy Jork - lecz jego wujem był wyjątkowo bogaty i zarazem niezwykle dla siostrzeńca pobłażliwy finansista, George Peabody. Gdy Marsh okazał zainteresowanie historią naturalną, Peabody zbudował w Yale muzeum i sfinansował wyposażenie go we wszystko, czego Marsh zapragnął.

Cope również nie mógł narzekać na pochodzenie - był synem bogatego biznesmena z Filadelfii. W porównaniu z Marshem miał znacznie bardziej awanturniczy charakter. Latem 1876 roku w Montanie, w tym samym czasie gdy pod Little Big Horn Indianie wycinali w pień oddział generała George’a Armstronga Custer, niedaleko od pola bitwy Cope poszukiwał wykopalisk. Gdy zwrócono mu uwagę, że nie jest to prawdopodobnie najlepszy moment na poszukiwanie skarbów na terenach należących do Indian, Cope wahał się tylko przez minutę, zanim podjął decyzję, aby jednak nie przerywać poszukiwań. Sezon był zbyt pomyślny, aby przejmować się Indianami. W pewnym momencie Cope wpadł na grupę podejrzliwych wojowników ze szczepu Crow, lecz zdołał ich udobruchać, wielokrotnie wyjmując i wkładając swoją sztuczną szczękę<sup>30</sup>.

Animoszja między Marshem i Cope’em mniej więcej przez dziesięć lat miała formę cichego współzawodnictwa, lecz w 1877 roku urosła do groteskowych, nieoczekiwanych rozmiarów, gdy pewien nauczyciel, Arthur Lakes, w czasie wędrowki po górach w pobliżu Morrison w stanie Kolorado odkrył kości „gigantycznego gada”. Zdając sobie sprawę z wagi swego znaleziska, Lakes wysłał próbki zarówno do Marsha, jak i do Cope’a. Zachwycony Cope wysłał Lakesowi 100 dolarów i poprosił go, aby nikomu nie wspominał o swoim odkryciu, zwłaszcza Marshowi. Skonfundowany Lakes

poprosił Marsha, aby odesłał kości Cope'owi. Marsh zastosował się do prośby, lecz nigdy nie zapomniał tego afrontu<sup>31</sup>.

Incydent ten stanowił początek wojny między Marshem i Cope'em - wojny, która stopniowo stawała się coraz bardziej wszechogarniająca, zażarta i podstępna. Niekiedy dochodziło do komicznych incydentów na granicy śmieszności, gdy na przykład robotnicy jednego z adwersarzy rzucali kamieniami w drugi zespół. Pewnego razu Cope został złapany na niszczeniu skrzyń należących do ekipy Marsha. Obaj panowie obrzucali się błotem w druku i podważali nawzajem swoje wyniki. W historii nauki rzadko (a być może nigdy) zdarzały się takie sytuacje, aby nauka rozwijała się równie szybko i z takim rozmachem na skutek wzajemnych animozji. W ciągu kolejnych kilku lat Marsh i Cope łącznie (aczkolwiek bynajmniej nie wspólnie) zwiększyli liczbę znanych w Ameryce gatunków dinozaurów od 7 do prawie 150<sup>32</sup>. Niemal każdy powszechnie znany dinozaur<sup>33</sup> - stegozaur, bronto-zaur, diplodok, triceratops - został odkryty przez jednego z nich\*. Obaj pracowali w tak szalonym pośpiechu, że często zdarzało im się przeoczyć przypadki powtórnego odkrycia tej samej istoty. Gatunek zwany *Uinlaihe-res anceps* „odkryli” łącznie nie mniej niż 22 razy<sup>34</sup>. Minęło wiele lat, nim uporządkowano zamieszanie, jakie wprowadzili do klasyfikacji, a niektóre przypadki do dzisiaj nie zostały rozstrzygnięte.

Naukowy dorobek Cope'a był znacznie większy niż Marsha. W trakcie swej zapierającej dech w piersi, wypełnionej pracą i pełnej poświęceń kariery Cope napisał około 1400 publikacji naukowych i opisał niemal 1300 nowych gatunków kopalnych (różnych, nie tylko dinozaurów); w obu przypadkach dorobek Marsha był ponad dwa razy mniejszy. Cope mógłby dokonać jeszcze więcej, gdyby nie zaszła dość niefortunna odmiana jego sytuacji materialnej. W 1875 roku odziedziczył rodzinny majątek, który zainwestował nierozsądnie w srebro i wszystko stracił. Pod koniec życia mieszkał w jednym pokoju w pensjonacie w Filadelfii, otoczony przez książki, papiery i kości. Natomiast

Marsh dożył swych dni w okazałej rezydencji w New Haven. Cope zmarł w 1897 roku, Marsh dwa lata później.

Pod koniec życia Cope'a ogarnęła jeszcze jedna interesująca obsesja. Zaprażył zostać okazem gatunku Homo sapiens. Oznaczało to ni mniej, ni więcej, że jego własne kości miałyby być uznane za oficjalny zestaw reprezentujący nasz gatunek. Zazwyczaj okaz danego gatunku stanowi pierwszy znaleziony szkielet. Nie istnieje jednak pierwszy zestaw kości Homo sa

\* Z jednym znanym wyjątkiem: Tyrannosaurus rex został odkryty przez Barnuma Browna w 1902 roku. piens, więc Cope zaprażył) zająć jego miejsce. Było to dość dziwaczne i nieco próżne życzenie, lecz nikt nie znalazł podstaw, aby mu się sprzeciwić. Cope zapisał swoje kości filadelfijskiemu towarzystwu naukowemu Wistar Institute, ufundowanemu przez potomków znanego nam już Caspara Wistara. Niestety, gdy szkielet został przygotowany i złożony, okazało się, że na kościach istnieją ślady wskazujące, że Cope chorował na syfilis. Nie jest to cecha, którą ktokolwiek chciałby demonstrować na reprezentacyjnym okazie własnego gatunku, więc petycja Cope'a została po cichu odrzucona, a kości odłożono na półkę. Oficjalny okaz człowieka nie istnieje do dzisiaj.

Spośród pozostałych bohaterów tego dramatu Owen zmarł w 1892 roku, kilka lat przed Cope'em i Marshem. Buckland oszalał i zakończył życie jako bełkoczący wrak człowieka w przytułku dla obłąkanych w Clapham, niedaleko miejsca, gdzie Mantell uległ tragicznemu wypadkowi. Skręcony kręgosłup Mantella pozostawał przez prawie sto lat na wystawie w Hunterian Museum, zanim został litościwie zniszczony przez niemiecką bombę<sup>35</sup> w czasie drugiej wojny światowej. Resztę kolekcji Mantella odziedziczyły jego dzieci. Znaczną jej część zabrał ze sobą syn Mantella, Walter<sup>36</sup>, który w 1840 roku wyemigrował do Nowej Zelandii, gdzie zrobił karierę polityczną - był między innymi ministrem ds. rdzennych mieszkańców. Najważniejsze okazy z kolekcji swego ojca, łącznie ze słynnym zębem iguanodona, podarował w 1865 roku Colonial Museum (obecnie Museum of New Zealand) w Wellington, gdzie pozostają do

dzisiaj. Ząb iguanodona, od którego wszystko się zaczęło - zapewne najważniejszy ząb w historii paleontologii - nie jest obecnie wystawiony na widok publiczny.

Odejście wybitnych dziewiętnastowiecznych łowców wykopalisk nie zakończyło oczywiście polowań na dinozaury. W rzeczywistości dopiero wtedy zaczęły się na dobre. W 1898 roku, rok po śmierci Cope'a i rok przed śmiercią Marsha, odkryto - a właściwie zauważono - stanowisko bogatsze niż wszystkie dotychczasowe znaleziska razem wzięte. W miejscu zwanym Bone Cabin Quarry, zaledwie kilka mil od głównego terenu poszukiwań Marsha w Como Bluff w stanie Wyoming, setki skamieniałych kości wylaniały się ze zboczy gór. Było ich tak wiele, że ktoś zbudował z nich chatę i stąd wzięła się nazwa stanowiska<sup>37</sup>. Tylko w czasie pierwszych dwóch sezonów wykopano w nim około pięćdziesięciu ton skamieniałych kości i niewiele mniej w kolejnych latach.

Na przełomie dziewiętnastego i dwudziestego wieku paleontolodzy mieli do dyspozycji wiele ton starych kości, lecz nie mieli bladego pojęcia, ile lat liczyły. Co gorsza, oszacowania wieku Ziemi w żaden sposób nie były do pogodzenia z liczbą eonów, epok i wieków, które przeszłość musiała bez wątpienia pomieścić. Jeżeli Ziemia rzeczywiście liczyła zaledwie około 20 milionów lat, jak autorytatywnie orzekł wielki lord Kelvin, całe rządy dawno wymarłych istot musiałyby powstawać i ginąć właściwie w tym samym geologicznym momencie. W tym wszystkim trudno było się doszukać sensu.

Inni uczeni również próbowali oszacować wiek Ziemi, uzyskując wyniki, które jeszcze bardziej powiększyły zamieszanie. Samuel Haughton, wybitny geolog z Trinity College w Dublinie, ogłosił, że wiek Ziemi wynosi 2300 milionów lat - znacznie więcej, niż ktokolwiek ośmieliłby się przypuścić. Gdy zwrócono mu uwagę na rozbieżność, powtórzył obliczenia na podstawie tych samych danych i uzyskał wynik równy 153 milionom lat. John Joly, również z Trinity, próbował zrealizować pomysł Halleya z solą morską, lecz jego metoda

była oparta na tylu fałszywych przesłankach, że uzyskał całkowicie błędny rezultat. Według jego obliczeń Ziemia liczyła 89 milionów lat<sup>38</sup>, wystarczająco blisko wyniku Kelvina, lecz niestety beznadziejnie daleko od rzeczywistości.

Pod koniec dziewiętnastego wieku zapanowało takie zamieszanie<sup>39</sup>, że - zależnie od autora - liczbę lat, które upłynęły od powstania wyższych, złożonych form życia w okresie kambryjskim, szacowano na 3 miliony, 18 milionów, 600 milionów, 794 miliony, 2,4 miliarda lat oraz jeszcze kilka innych liczb z tego zakresu. Jeszcze w 1910 roku, według jednego z częściej cytowanych źródeł autorstwa Amerykanina George'a Beckera, wiek Ziemi wynosił zaledwie 55 milionów lat.

Dokładnie wtedy, gdy wydawało się, że w żaden sposób nie da się rozstrzygnąć narastającej kontrowersji, pojawił się kolejny wyjątkowy osobnik z nowatorskim podejściem. Był nim prostoduszny, lecz błyskotliwy syn nowozelandzkiego farmera, Ernest Rutherford, który znalazł niepodważalne dowody, że Ziemia liczy co najmniej kilkaset milionów lat, a prawdopodobnie jeszcze o wiele więcej.

Paradoksalnie, dowody Rutherforda były oparte na alchemii - naturalnej, prostej, wiarygodnej naukowo i całkowicie pozbawionej magii - ale jednak alchemii. Okazało się, że Newton nie mylił się aż tak bardzo. A jak dokładnie wyglądały te dowody? To oczywiście materiał na inną historię.

## Rozdział 7

### ELEMENTARZ MATERII

Początek chemii jako poważnej i szanowanej nauki datuje się zwykle na rok 1661, gdy Robert Boyle z Oksfordu opublikował *The Sceptical Chymist* - pierwszą pracę, w której pojawiło się rozróżnienie między chemią i alchemią - lecz transformacja była powolna i niepozbawiona nieoczekiwanych zwrotów. Jeszcze w osiemnastym wieku obie dziedziny były traktowane równie poważnie. Niemiecki uczyony Johann Becher, który opublikował rzeczową i merytorycznie nienaganną pracę z mineralogii, zatytułowaną *Physica Subterranea*, zarazem był przekonany, że mógłby stać się niewidzialny<sup>1</sup>, gdyby dysponował odpowiednimi materiałami.

Zapewne nic w lepszym stopniu nie ilustruje, jak dziwne i często przypadkowe były początkowe etapy rozwoju chemii, niż odkrycie dokonane w 1675 roku przez Niemca Henniga Branda. Był on przekonany, że złoto można uzyskać z ludzkiego moczu (wydaje się, że podobieństwo kolorów w pewnym stopniu przyczyniło się do tej oryginalnej konkluzji). Brand zgromadził 50 wiader ludzkiego moczu, który przechowywał przez wiele miesięcy w piwnicy. Stosując różne tajemnicze procesy, zdołał przekształcić mocz najpierw w niezdrową substancję o konsystencji ciasta, a następnie w przezroczystą, woskową masę. Nie uzyskał oczywiście złota, lecz zaobserwował dziwną i interesującą właściwość końcowego produktu. Po pewnym czasie substancja zaczęła się jarzyć, a wystawiona na działanie powietrza często spontanicznie ulegała samozapaleniu.

Komercyjny potencjał odkrytej przez Branda substancji - która wkrótce stała się znana pod nazwą fosforu, od greckiego określenia oznaczającego „niosący światło” - był oczywisty dla każdego, lecz trudności związane z



pozyskiwaniem surowca nie pozwalały na eksploatację wynalazku na masową skalę. Uncja fosforu kosztowała w handlu detalicznym 6 gwinei<sup>2</sup> - w przeliczeniu na dzisiejsze ceny stanowiłoby to równowartość około 300 funtów - czyli więcej niż złoto.

Początkowo surowiec pozyskiwano od poborowych, lecz taki system dostaw nie sprzyjał przemysłowej produkcji fosforu. W latach pięćdziesiątych osiemnastego wieku szwedzki chemik Karl (lub Carl) Scheele odkrył sposób masowej produkcji fosforu bez konieczności wężania moczu, dzięki czemu Szwecja stała się, i do dziś pozostaje, czołowym producentem zapalek.

Scheele był wyjątkowym osobnikiem, i zarazem wyjątkowo pechowym. Skromny, pozbawiony zaawansowanej aparatury aptekarz odkrył osiem pierwiastków - chlor, fluor, mangan, bar, molibden, wolfram, azot i tlen - lecz w każdym przypadku zasługi przypisano komuś innemu<sup>3</sup>, albo przez przeoczenie, albo w wyniku powtórnego, niezależnego odkrycia przez innego badacza, które zostało wcześniej opublikowane. Scheele odkrył także wiele związków chemicznych, między innymi amoniak, glicerynę oraz kwas taninowy; jako pierwszy dostrzegł komercyjalny potencjał chloru jako wybielacza. Wszystkie te odkrycia przyniosły fortunę... komuś innemu.

Scheele miał jeszcze jedną niefortunną przypadłość, mianowicie zadziwiająca skłonność do smakowania wszystkich substancji, które badał, wliczając takie znane (obecnie) trucizny, jak rtęć, fluorowodór i cyjanowodór (inaczej kwas pruski, jedno z jego licznych odkryć). Trujące właściwości tej ostatniej substancji są tak powszechnie znane, że 150 lat później Erwin Schrödinger wybrał kwas pruski jako truciznę w swym słynnym myślowym eksperymencie (zob. s. 159). Niefrasobliwość w końcu stała się przyczyną zguby Scheelego. W 1786 roku, przeżywszy zaledwie 43 lata, został znaleziony martwy w swej pracowni, otoczony przez trujące substancje, z których niejedna mogła być przyczyną zaskoczenia i grozy widocznej na jego twarzy.

Gdyby świat był sprawiedliwy i szwedzkogęzyczny, Scheele zapewne

cieszyłyby się powszechnym uznaniem, lecz w rzeczywistości sława stała się udziałem kilku innych osób, w większości z krajów anglojęzycznych. Scheele odkrył tlen w 1772 roku, lecz z różnych, skomplikowanych i zarazem pożałowania godnych powodów nie zdołał na czas opublikować swego odkrycia i został wyprzedzony przez Josepha Priestleya, który odkrył ten sam pierwiastek niezależnie, lecz dwa lata później, latem 1774 roku. Jeszcze bardziej godny uwagi jest fakt, że niemal wszystkie podręczniki przypisują odkrycie chloru Humphry'emu Davy'emu, który rzeczywiście dokonał tego odkrycia... 36 lat później niż Scheele.

Chemia poczyniła ogromne postępy w ciągu stulecia, które dzieliło Newtona i Boyle'a od Scheelego, Priestleya i Henry'ego Cavendisha, lecz znacznie więcej było jeszcze do zrobienia. Jeszcze pod koniec osiemnastego stulecia (a w przypadku Priestleya nawet nieco później) liczni uczeni poszukiwali, a niekiedy nawet „znajdowali” różne nieistniejące substancje: skażone powietrze, niepalne kwasy morskie, floksy, popioły, ziem-no-wodne wyziewy, a przede wszystkim flogiston, substancję uważaną za czynnik odpowiedzialny za spalanie. Gdzieś wśród tego wszystkiego krążył również elan vital, tajemnicza siła, za sprawą której materia nieożywiona stawała się źródłem życia. Nikt nie wiedział, gdzie mieściła się owa ulotna, eteryczna esencja życia, lecz dwie rzeczy wydawały się dość prawdopodobne: że można ją pobudzić impulsem elektryczności (co w pełni wykorzystwała Mary Shelley w swej powieści Frankenstein) i że ukrywa się w pewnych określonych substancjach, lecz nie jest obecna w innych, dzięki czemu mamy dziś dwie gałęzie chemii<sup>4</sup> - organiczną (zajmującą się tymi substancjami, o których sądzono, iż zawierają elan vitat) oraz nieorganiczną (zajmującą się wszystkimi pozostałymi substancjami).

Aby skierować chemię na tory prowadzące ku jej nowoczesnej formie, potrzebny był ktoś obdarzony wyobraźnią i wizją; osobę tę zawdzięczamy Francji. Był to Antoine Laurent Lavoisier, urodzony w 1743 roku arystokrata

(tytuł kupił jego ojciec). W 1768 roku Lavoisier nabył udziały w powszechnie znienawidzonej instytucji, zwanej Ferme Generale, która zajmowała się egzekwowaniem podatków i opłat w imieniu francuskiego rządu. Aczkolwiek sam Lavoisier był bez wątpienia porządnym człowiekiem o łagodnym charakterze, nie można tego samego powiedzieć o firmie, dla której pracował. Ferme Generale pozostawiała bogaczy w spokoju, a ściągała podatki wyłącznie z biedaków, często dość arbitralnie ustalając ich wysokość. Z punktu widzenia Lavoisiera stanowiła wygodne źródło dochodów, które pozwalały mu zajmować się tym, co stanowiło jego główną pasję - nauką. W szczytowym okresie jego osobiste dochody osiągały 150 000 liwrów rocznie, co dzisiaj stanowiłoby równowartość około 12 milionów funtów<sup>5</sup>.

Trzy lata po uzyskaniu tej lukratywnej posady Lavoisier ożenił się z czternastoletnią córką jednego ze swych przełożonych<sup>6</sup>. Małżeństwo okazało się spotkaniem serc i umysłów - madame Lavoisier była osobą o wybitnym intelekcie, podzielała zainteresowania swego męża i brała aktywny udział w jego pracach. Niezależnie od spraw zawodowych męża oraz ożywionego życia towarzyskiego małżonków oboje potrafili prawie codziennie poświęcać nauce około pięciu godzin - dwie wczesnym rankiem oraz trzy wieczorem - jak również całe niedziele, które nazywali między sobdjour de bonheur<sup>1</sup> (dniami szczęścia). Lavoisier zdołał jeszcze znaleźć czas na pełnienie funkcji komisarza prochu strzelniczego, nadzorował budowę wokół Paryża muru, którego zadaniem było ograniczenie przemytu, pomagał w ustanowieniu systemu metrycznego, a także był współautorem podręcznika Methode de Nomenclature Chimique, która stała się biblią jednolitego nazewnictwa pierwiastków chemicznych.

Jako jeden z czołowych członków Królewskiej Akademii Nauk miał także obowiązek uczestniczenia w bieżącej działalności akademii, niezależnie od tego, czy temat dnia stanowił hipnotyzm, reforma więzień, oddychanie owadów czy system zaopatrzenia Paryża w wodę. Występując w tej właśnie roli, w 1780

roku wypowiedział parę krytycznych uwag<sup>8</sup> o nowej teorii spalania, wysuniętej przez młodego, ambitnego uczonego. Teoria była rzeczywiście błędna, lecz jej autor nigdy nie wybaczył Lavoisierowi. Nazywał się Jean Paul Marat.

Lavoisier nigdy nie odkrył pierwiastka chemicznego. W czasach, gdy nowe pierwiastki odkrywał niemal każdy, kto dysponował szklaną zlewką lub kolbą, palnikiem i jakimś interesującym proszkiem; gdy około dwóch trzecich pierwiastków oczekiwało na swych odkrywców - Lavoisier nie odkrył ani jednego<sup>9</sup>. Z pewnością nie z braku kolb i zlewek. Posiadał najlepsze i najlepiej wyposażone prywatne laboratorium chemiczne na świecie, w którym dysponował absurdalną liczbą 13 tysięcy kolb i zlewek.

Zamiast odkrywać pierwiastki, Lavoisier analizował odkrycia innych i wyciągał z nich wnioski. Odrzucił koncepcję flogistonu i gazów nieetycznych. Zidentyfikował tlen oraz wodór i nadał im ich współczesne nazwy. Krótko mówiąc, wprowadził do chemii rygor, jasność i ścisłość.

Wyszukana aparatura Lavoisiera rzeczywiście okazała się bardzo pożyteczna. Przez wiele lat wspólnie z żoną wykonywał niezwykle dokładne badania, wymagające bardzo precyzyjnych pomiarów. Małżonkowie Lavoisier stwierdzili na przykład, wbrew powszechnemu przekonaniu, że rdzewiejący obiekt nie traci, lecz przybiera na wadze. Odkrycie to stanowiło dowód, że w jakiś sposób rdzewiejące przedmioty przyciągają elementarne cząstki z powietrza i że materia może ulegać przekształceniom, lecz nie można jej unicestwić. Gdybyś w tej chwili spalił tę książkę, jej materia zamieni się w dym i popiół, lecz ogólna ilość materii we wszechświecie nie ulegnie zmianie. Odkrycie tej rewolucyjnej koncepcji, która stała się znana jako zasada zachowania masy, zbiegło się w czasie z inną rewolucją, w której Lavoisier znalazł się niestety po niewłaściwej stronie.

Nie tylko był członkiem zniechęconej Ferme Generale, ale także entuzjastycznie poparł koncepcję muru otaczającego Paryż i kierował jego budową. Budowla ta była zniechęcona do tego stopnia, że stała się pierwszym

obiektem ataku zbuntowanych mieszkańców miasta. Wykorzystując te okoliczności, Marat, wówczas jeden z liderów Konwentu Narodowego, w 1791 roku publicznie potępił Lavoisiera i domagał się jego śmierci, stwierdzając, że dawno minęła pora, aby go powiesić. Wkrótce potem Ferme Generale została rozwiązana. Marat został wprawdzie zamordowany we własnej wannie przez żądną zemsty młodą kobietę o nazwisku Charlotte Corday, lecz los Lavoisiera był już wówczas przesądzony.

W 1793 roku Trybunał Rewolucyjny jeszcze bardziej nasilił rządy terroru. W październiku królowa Maria Antonina została zgilotynowana. Lavoisier i jego żona planowali ucieczkę do Szkocji, lecz zanim zdążyli zrealizować swoje plany, miesiąc po śmierci królowej Lavoisier został aresztowany. W maju następnego roku, wraz z grupą 31 współpracowników z Ferme Gécncrale, Lavoisier został postawiony przed Trybunałem Rewolucyjnym (w sali sądowej, nad którą prezydowało popiersie Marata). Ośmiu podsądnych zostało uniewinnionych, lecz Lavoisiera i pozostałych skazano i bezpośrednio z sali sądu przewieziono na Place de la Revolution (obecnie Place de la Concorde), gdzie stało najwięcej gilotyn w całej Francji. Lavoisier patrzył na egzekucję swego teścia, po czym sam musiał stawić czoło swemu przeznaczeniu. Niecałe trzy miesiące później, 27 lipca, ten sam los w tym samym miejscu spotkał Robespierre'a i niebawem skończyły się rządy terroru.

Sto lat po śmierci Lavoisiera w Paryżu wzniesiono jego pomnik. Powszechne uznanie dla tej inicjatywy zakłócił jedynie brak podobieństwa do pierwowzoru, na co niebawem zwrócono uwagę. Przesłuchany na tę okoliczność rzeźbiarz przyznał, że wykorzystał głowę matematyka i filozofa markiza de Condorceta - najwyraźniej posiadał zbędną kopię - mając nadzieję, że nikt nie zauważy, a nawet jeśli zauważy, to nie powie głośno. W tym ostatnim względzie miał rację^ Lavoisier-cum-Condorcet pozostał na miejscu przez kolejne półwiecze, aż do drugiej wojny światowej, gdy został przetopiony na armaty<sup>10</sup>.

W początkach dziewiętnastego stulecia w Anglii pojawiła się moda na wdychanie podtlenku azotu, czyli gazu rozweselającego, po tym, jak odkryto „wysoce przyjemne wrażenia towarzyszące jego użyciu”<sup>1</sup>. Później następnym półwieczem był to powszechny wśród młodych ludzi narkotyk. Jedno z towarzystw naukowych, Askesian Society, przez pewien czas nie zajmowało się niczym innym. Teatry organizowały „wieczory z gazem rozweselającym”<sup>12</sup>, w trakcie których ochotnicy mogli odświeżyć swe płuca odpowiednią dawką, aby następnie bawić widownię komicznymi skutkami odurzenia.

Dopiero w 1846 roku odkryto bardziej praktyczne zastosowanie tego gazu. Bóg jeden wie, ile dziesiątek tysięcy nieszczęśników niepotrzebnie cierpiało pod nożem chirurga, ponieważ nikt nie wpadł na oczywisty pomysł użycia podtlenku azotu jako środka znieczulającego.

Wspominam o tym, aby zwrócić uwagę, że po ogromnych postępach w osiemnastym wieku, w początkowych dekadach kolejnego stulecia chemia straciła impet, podobnie jak geologia sto lat później. Częściowo z powodu braku aparatury - na przykład wirówkę, bez której nie da się przeprowadzić wielu rodzajów eksperymentów, wynaleziono dopiero w drugiej połowie stulecia. W pewnym stopniu przyczyny zastoju miały także charakter socjologiczny. Chemia była, ogólnie rzecz biorąc, nauką dla ludzi biznesu, którzy zajmowali się węglem, potażem, barwnikami, a nie dla dżentelmenów, którzy skłaniali się raczej ku geologii, historii naturalnej i fizyce (w kontynentalnej części Europy to rozróżnienie było zapewne nieco mniej wyraźne niż w Wielkiej Brytanii). Może się wydawać symptomatyczne, że jednego z najważniejszych odkryć dziewiętnastego stulecia, dzięki któremu zidentyfikowano i określono naturę molekuł, dokonał nie chemik, lecz botanik, szkocki uczyony Robert Brown (w 1827 roku Brown stwierdził<sup>13</sup>, że maleńkie pyłki roślin zawieszane w wodzie pozostają w nieustannym ruchu niezależnie od tego, jak długo czekał, aby się ustatkowały. Przyczyna tego wiecznego ruchu - mianowicie działanie niewidocznych molekuł - bardzo długo pozostawała tajemnicą).

Sprawy miałyby się jeszcze gorzej, gdyby nie wyjątkowo oryginalny osobnik, hrabia Rumford, który, wbrew wspaniałemu tytułowi przed nazwiskiem, urodził się w 1753 roku w Woburn, w stanie Massachusetts, jako Benjamin Thompson. Thompson był ambitnym, dziarskim, „przystojnym i układnym”, niekiedy odważnym, lecz częściej rozważnym, wyjątkowo bystrym i całkowicie pozbawionym skrupułów młodym człowiekiem. W wieku dziewiętnastu lat ożenił się z czternaście lat starszą od siebie bogatą wdową. Gdy wybuchła amerykańska rewolucja, nierozsądnie przystał do lojalistów, przez pewien czas szpiegując na ich rzecz. W 1776 roku, w obliczu grożącego mu aresztowania za „obojętność wobec kwestii wolności”<sup>14</sup>, porzucił żonę oraz dziecko i zbiegł, o włos unikając spotkania z rozjuszoną tłumem uzbrojonych w wiadra z gorącą smołą oraz worki pierza antyrojalistów ogarniętych nieodpartym pragnieniem wykąpania Thompsona w smole i wytarzania w pierzu.

Thompson wylądował w Anglii, lecz niebawem przeniósł się do Niemiec, gdzie służył jako wojskowy doradca rządu Bawarii. Wywarł na władzach takie wrażenie, że w 1791 roku nadano mu tytuł von Rumford, Reichsgraf des Heiligen Römischen Reiches\*. Słynny Ogród Angielski w Monachium został zaprojektowany i założony przez Rumforda.

W chwilach wolnych od tych wszystkich obowiązków znalazł jeszcze czas na prowadzenie solidnych badań naukowych. Stał się czołowym autorytetem w dziedzinie termodynamiki i odkrył zasady konwekcji oraz cyrkulacji prądów morskich. Wynalazł wiele pożytecznych przedmiotów, między innymi imbryk do parzenia kawy, ocieplaną bieliznę oraz rodzaj kominka znany dzisiaj jako kominek Rumforda. Podczas pobytu we Francji zabiegał o względy madame Lavoisier, wdowy po Antoine, którą poślubił w 1805 roku. Małżeństwo niebawem się rozpadło, lecz Rumford pozostał we Francji do śmierci w 1814 roku, poważany przez wszystkich, z wyjątkiem byłych żon.

Wspominam o nim głównie dlatego, że w 1799 roku, podczas względnie krótkiego angielskiego interludium, założył w Londynie Royal Institution, jedno z licznych towarzystw naukowych, które pojawiały się jak grzyby po deszczu w całej Wielkiej Brytanii na przełomie osiemnastego i dziewiętnastego stulecia. Przez pewien czas była to jedyna poważna instytucja, która aktywnie popierała nową, rozwijającą się dziedzinę nauki - chemię, prawie wyłącznie dzięki błyskotliwemu młodemu człowiekowi o nazwisku Humphry Davy, który wkrótce po założeniu Royal Institution został zatrudniony na stanowisku profesora chemii i niebawem dał się poznać jako wyjątkowo utalentowany wykładowca i zdolny eksperymentator.

\* Hrabia Świętego Cesarstwa Rzymskiego (przyp. tłum.). m

Wkrótce po objęciu swego stanowiska Davy zaczął seryjnie odkrywać nowe pierwiastki - potas, sód, magnez, wapń, stront, aluminium (lub aluminum, zależnie od wersji języka angielskiego, którą preferujesz\*). Większości tych odkryć dokonał dzięki kolejnemu ze swoich genialnych pomysłów, mianowicie przepuszczaniu prądu elektrycznego przez ciekłe substancje. Zjawisko to jest dziś znane jako elektroliza. Davy odkrył łącznie tuzin pierwiastków, co stanowiło jedną piątą całkowitej liczby ówczesnie znanych pierwiastków. Prawdopodobnie osiągnąłby jeszcze lepszy wynik, lecz jako młody człowiek zbyt często oddawał się przyjemnościom towarzyszącym wdychaniu podtlenku azotu i stopniowo uległ tak silnemu uzależnieniu, że pod koniec życia pociągał nie mniej niż trzy lub cztery razy dziennie. Uzależnienie prawdopodobnie stało się przyczyną jego przedwczesnej śmierci w 1829 roku.

Na szczęście kilka innych osób zdołało zachować bardziej trzeźwe podejście. W 1808 roku pewien nieznany kwakier, John Dalton, dokonał odkrycia, które stanowiło pierwszy wyraźny dowód istnienia atomów (o czym bardziej szczegółowo opowiem nieco dalej), a w 1811 roku Włoch o wspaniale operowym nazwisku Lorenzo Romano Amadeo Carlo Avogadro, conte di Quaregna e di Cerreto, sformułował hipotezę, która ostatecznie stała się bardzo



ważnym twierdzeniem w chemii i fizyce. Stwierdził mianowicie, że dwie jednakowe objętości dowolnych dwóch gazów utrzymywane w jednakowej temperaturze i pod jednakowym ciśnieniem zawierają jednakowe liczby molekuł.

Dwie kwestie są istotne w tej uderzająco prostej hipotezie, znanej obecnie jako prawo Avogadra. Po pierwsze, stanowiła ona podstawę bardziej dokładnych pomiarów mas oraz rozmiarów atomów. Wykorzystując prawo Avogadra, uczeni mogli między innymi stwierdzić, że średnica przeciętnego atomu wynosi około  $0,00000008$  centymetra<sup>1 s</sup>, czyli rzeczywiście

\* Zamieszanie wokół nazwy pierwiastka [w języku polskim zwanego także glinem] powstało w wyniku dość nietypowego braku zdecydowania ze strony Davy\*ego. Gdy w 1808 roku po raz pierwszy wyizolował nowy pierwiastek, nazwał go alumium. Po dłuższym namyśle zmienił zdanie i cztery lata po odkryciu zmienił nazwę na aluminum. Amerykanie posłusznie przyjęli nową nazwę, lecz wielu Brytyjczykom nowa nazwa nie przypadła do gustu, ponieważ zrywała z końcówką - ium, obowiązującą przy nadawaniu nazw poprzednio odkrytym pierwiastkom - sodium, calcium, strontium, więc dodali samogłoskę i w ten sposób powstało aluminium. Wśród innych osiągnięć Davy'ego należy wspomnieć bezpieczną lampę górniczą. niewiele. Po drugie, niemal nikt nie wiedział o istnieniu prawa Avogadra przez prawie 50 lat od jego odkrycia\*.

Częściowo winę za to ponosi sam Avogadro, który był skromnym, nieśmiałym człowiekiem, pracował samotnie, bardzo rzadko korespondował z innymi uczonymi, nie uczestniczył w żadnych posiedzeniach naukowych (zapewne dlatego, że nikt nie organizował takich spotkań) i opublikował zaledwie kilka artykułów (ponieważ istniało tylko kilka czasopism akceptujących artykuły o tematyce chemicznej). To zadziwiające, lecz rewolucję przemysłową w znacznym stopniu napędzały postępy w dziedzinie chemii, tylko że chemia jako zorganizowana nauka niemal nie istniała przez całe

dziesięciolecia.

The Chemical Society of London założono dopiero w 1841 roku, a jego oficjalne czasopismo zaczęło wychodzić dopiero w 1848 roku, w okresie, gdy większość towarzystw naukowych w Wielkiej Brytanii - geologiczne, geograficzne, zoologiczne, ogrodnicze i Linneuszowe (dla przyrodników i botaników) - istniała już od co najmniej dwudziestu lat, a w kilku przypadkach znacznie dłużej. Konkurencyjny Institute of Chemistry powstał dopiero w 1877 roku, rok po założeniu American Chemical Society. Instytucjonalizacja chemii postępowała na tyle powoli, że informacja o przełomowym odkryciu Avogadra z 1811 roku stała się powszechnie znana dopiero po pierwszym międzynarodowym kongresie chemicznym, który odbył się w 1860 roku w Karlsruhe.

Dopóki chemicy pracowali we względnym odosobnieniu, nie istniały powszechnie przyjęte standardy. Aż do drugiej połowy dziewiętnastego wieku wzór  $H_2O_2$  dla jednego chemika mógł oznaczać wodę, a dla innego nadtlenek wodoru. Symbol  $C_2H_4$  mógł oznaczać etylen lub gaz bagienny. Prawie żadna molekula nie miała powszechnie przyjętego symbolu chemicznego.

\* Od prawa Avogadra wywodzi się także tak zwana liczba Avogadra, podstawowa jednostka w chemii, nazwana jego imieniem wiele lat po jego śmierci. Jest ona równa liczbie molekuł znajdujących się w 2,016 grama gazowego wodoru (lub odpowiedniej objętości jakiegokolwiek innego gazu) i wynosi  $6,0221367 \times 10^{23}$ , co jest naprawdę ogromną liczbą. Studenci chemii od dawna bawią się obliczaniem rozmaitych równoważników liczby Avogadra, więc mogę w tym miejscu zacytować, że jest ona równa liczbie ziaren popcornu potrzebnych do pokrycia Stanów Zjednoczonych warstwą grubą na dziewięć mil, liczbie kubków wody w Oceanie Spokojnym lub liczbie aluminiowych puszek na napoje, które pokryłyby całą powierzchnię Ziemi do wysokości 200 mil. Liczba pensów równa liczbie Avogadra uczyniłaby bilionerów ze wszystkich mieszkańców Ziemi.

Chemicy stosowali oszłamiającą liczbę rozmaitych symboli oraz skrótów, nierzadko wyłącznie na własny użytek. Dopiero szwedzki uczonec J.J. Berzelius wprowadził pewną miarę porządku do tego chaosu, gdy zaproponował, aby pierwiastki były oznaczane symbolami pochodzącymi od pierwszych liter greckich lub łacińskich nazw. Dlatego symbol żelaza stanowi skrót Fe (od łacińskiego ferrum), srebra Ag (od łacińskiego argen-tum). Wiele skrótów pokrywa się z angielskimi nazwami (N - nitrogen, O - oxygen, H - hydrogen\*), lecz nie wynika to z wyróżnionego statusu angielszczyzny, lecz z bliskiego pokrewieństwa języka angielskiego z łaciną. Dla oznaczenia liczby atomów w cząsteczce Berzelius stosował zapis w indeksie górnym, jak we wzorze H<sup>2</sup>O. Użycie indeksu dolnego, tak jak w przypadku H<sub>2</sub>O, stało się modne nieco później i chyba bez szczególnego powodu<sup>16</sup>.

Niezależnie od okazjonalnych porządków w drugiej połowie dziewiętnastego wieku w chemii nadal panował mniejszy lub większy chaos. Kres położył mu dopiero ekscentryczny (zarówno ze względu na zachowanie, jak i wygląd) profesor uniwersytetu w Sankt Petersburgu, Dymitr Iwanowicz Mendelejew.

Mendelejew urodził się w 1834 roku w Tobolsku, w zachodniej Syberii, w wykształconej, względnie dobrze sytuowanej, licznej rodzinie dyrektora lokalnej szkoły. Rodzina była tak liczna, że historia straciła rachubę, ilu dokładnie było Mendelejewów - niektóre źródła podają, że rodzina liczyła czternaścioro dzieci, inne mówią o siedemnaścioru. W każdym razie panuje zgoda co do tego, że Dymitr był najmłodszy. Szczęście nie zawsze uśmiechało się do rodziny Mendelejewów<sup>17</sup>. Gdy Dymitr był małym chłopcem, jego ojciec ośleplł i matka musiała podjąć pracę. Była to niewątpliwie wyjątkowa niewiasta, ponieważ bardzo szybko doszła do posady dyrektora dużej fabryki szkła. Wszystko szło dobrze aż do roku 1848, gdy fabryka spłonęła i rodzina popadła w nędzę. Zdeterminowana, aby zapewnić najmłodszemu synowi odpowiedni poziom edukacji, nieugięta pani Mendelejew wyruszyła wraz z młodym

Dymitrem na zachód. Korzystając wyłącznie z przygodnych środków komunikacji, przebyła 4000 mil - odpowiednik odległości z Londynu do Gwinei Równikowej - aby dowieźć syna do Instytutu Pedagogicznego w Petersburgu. Trudy podróży okazały się jednak ponad jej siły, ponieważ zmarła wkrótce potem.

\* Po polsku odpowiednio: azot, tlen, wodór (przyp. tłum.).

Mendelejew posłusznie ukończył studia i ostatecznie wyładował na miejscowym uniwersytecie, gdzie dał się poznać jako kompetentny chemik<sup>18</sup>, lecz bardziej znany był dzięki swej dzikiej brodzie oraz fryzurze, które przycinał tylko raz w roku, niż dzięki swym talentom w laboratorium.

W 1869 roku, w wieku 35 lat, zaczął swą słynną zabawę w układanie pierwiastków. W owym czasie wszystkie pierwiastki były zwykle grupowane na jeden z dwóch sposobów: albo według masy atomowej (przy użyciu prawa Avogadra), albo według podobieństw właściwości (na przykład gazy, metale i tak dalej). Odkrycie Mendelejewa polegało na tym, że połączył on oba te sposoby, tworząc jedną tabelę dla wszystkich pierwiastków.

Jak to się często zdarza w nauce, zasada, którą kierował się Mendelejew, została w rzeczywistości przewidziana trzy lata wcześniej przez angielskiego chemika amatora o nazwisku John Newlands, który zauważył, że gdy pierwiastki ułoży się według wzrastającej masy, pewne właściwości powtarzają się co osiem pozycji. Newlands nadał swemu odkryciu nieco nierozsądną nazwę<sup>19</sup> - prawo oktaw - i porównał układ do oktaw na klawiaturze fortepianu. Być może sposób prezentacji przez Newlandsa także odegrał jakąś rolę, ponieważ jego idea została uznana za całkowicie absurdalną i stała się częstą przyczyną powszechnych drwin. Niektórzy bardziej skłonni do żartów słuchacze prosili niekiedy Newlandsa, aby skłonił pierwiastki do zagrania jakiejś melodii. Zniechęcony Newlands przestał rozpowszechniać swoje odkrycie i niebawem całkowicie zniknął z pola widzenia.

Mendelejew zastosował trochę inne podejście, grupując pierwiastki po

siedem, lecz oparł się na takiej samej ogólnej zasadzie. Jego idea okazała się błyskotliwa i zarazem cudownie prosta. Właściwości pierwiastków powtarzają się okresowo, więc wynalazek Mendelejewa określa się często mianem tablicy okresowej lub układu okresowego.

Mendelejewa zainspirowała podobno gra w karty znana w Ameryce Północnej pod nazwą solitera, a na innych kontynentach jako pasjans, w której karty układa się poziomo według kolorów, a pionowo według wartości. Gdy ułoży się pierwiastki w poziomych rzędach zwanych okresami i w pionowych kolumnach zwanych grupami, natychmiast stają się widoczne dwa zestawy podobieństw: wzdłuż rzędów i wzdłuż kolumn. W szczególności, w kolumnach pojawiają się pierwiastki o podobnych właściwościach, na przykład miedź znajduje się nad srebrem, a srebro nad złotem ze względu ich przynależność do metali - wszystkie trzy są metalami o podobnych właściwościach chemicznych i fizycznych; z kolei hel, neon i argon znajdują się w kolumnie złożonej z gazów (faktycznym wyróżnikiem uporządkowania jest walencyjna struktura poszczególnych atomów; aby dokładnie poznać i zrozumieć to pojęcie, trzeba ukończyć uniwersytecki kurs chemii). Wzdłuż poziomych rzędów pierwiastki układają się według rosnącej liczby protonów w jądrach, zwanej liczbą atomową.

Struktura atomów i znaczenie protonów zostaną wyjaśnione w następnym rozdziale. Na razie wystarczy, jeżeli ograniczymy się do sformułowania zasady regulującej organizację tablicy okresowej: wodór ma tylko 1 proton, jego liczba atomowa wynosi 1, a zatem trafia na pierwsze miejsce; uran ma 92 protony, więc trafia pod sam koniec tablicy z liczbą atomową równą 92. W tym sensie, jak stwierdził Philip Bali, chemia sprowadza się do umiejętności liczenia<sup>20</sup> w zakresie do 100 (nie należy mylić liczby atomowej z masą atomu; ta ostatnia jest równa łącznej liczbie protonów oraz neutronów w jądrze danego pierwiastka).

Mimo niewątpliwego sukcesu i wagi odkrycia Mendelejewa wiele kwestii pozostało nieznanymi lub niezrozumianymi. Najbardziej rozpowszechnionym

we wszechświecie pierwiastkiem jest wodór, lecz przez kolejne trzydzieści lat nikt o tym nie wiedział. Hel, drugi po wodorze pod względem rozpowszechnienia, został odkryty zaledwie rok przed publikacją Mendelejewa (wcześniej jego istnienia nawet nie podejrzewano), i to nie na Ziemi, lecz na Słońcu, gdzie wykryto go za pomocą spektroskopu w czasie zaćmienia Słońca - dlatego nazwano go na cześć greckiego boga Słońca, Heliosa. Na Ziemi hel został wyizolowany dopiero w 1895 roku. Mimo wszystko dzięki odkryciu Mendelejewa chemia zyskała solidne podstawy.

Większość z nas podziwia tablicę okresową w kategoriach abstrakcyjnego piękna, lecz dla chemików stanowi ona podstawę porządku i jasności, które trudno przecenić. „Układ okresowy pierwiastków chemicznych jest bez wątpienia najbardziej elegancką organizacyjną tablicą w dziejach cywilizacji”<sup>21</sup> - napisał Robert E. Krebs w książce *The History and Use of Our Earth's Chemical Elements*, a podobne sformułowania można znaleźć niemal w każdym podręczniku do historii chemii.

Dzisiaj mamy „120 lub coś koło tego” znanych pierwiastków<sup>22</sup> - 92 w stanie naturalnym plus około dwóch tuzinów wytworzonych sztucznie. Dokładna liczba stanowi dość delikatną kwestię, ponieważ jądra niektórych bardzo ciężkich pierwiastków wyprodukowano tylko w kilku egzemplarzach, które rozpadły się prawie natychmiast po ich wytworzeniu.

W czasach Mendelejewa znane były tylko 63 pierwiastki, lecz dzięki swemu ojczajowi Mendelejew uświadomił sobie, że nie tworzą one kompletnego układu gdyż niektóre miejsca w tablicy były puste. W ten sposób potrafił me tylko stwierdzić, gdzie powinny trafić nieznanne jeszcze pierwiastki, lecz także z godną podziwu dokładnością przewidział niektóre ich właściwości

Nikt me wie, ile pierwiastków może istnieć w przyrodzie. Najcięższe sztucznie wytwarzane jądra pierwiastków przemierzają obecnie tak zwaną wyspę stabilności, dla której magiczne liczby wynoszą 114 protonów i 184 neutrony. Pewne teoretyczne przesłanki wydają się wskazywać, że możliwe

sajeszczycie cięższe jądra, lecz na razie są to „czyste spekulacje”<sup>23</sup>. Pewne jest tylko to, że każdy atom znajdzie swoje miejsce w wielkim schemacie Mendelejewa.

Wiek dziewiętnasty trzymał w zanadrzu jeszcze jedną zagadkę. Ujawnił ją w pewne niedzielne popołudnie 1896 roku, gdy Henri Becquerel sięgnął do szuflady swego biurka, w której uprzednio pozostawił kawałek soli uranowej, położony przypadkiem na zawiniętej w papier płycie fotograficznej. Okazało się, że sól pozostawiła na płycie ślad, dokładnie tak, jakby płyta została wystawiona na działanie światła. Sól emitowała jakieś promienie.

Rozważając implikacje swego odkrycia, Becquerel wykonał dość dziwne posunięcie: zlecił dalsze szczegółowe badania komuś innemu. Osobą, która podjęła pracę nad jego odkryciem, była doktorantka Becquerela, imigranka z Polski, Maria Skłodowska-Curie. Pracując wspólnie ze swym świeżo poślubionym mężem, Pierre’em Curie, odkryła, że pewne rodzaje minerałów nieustannie wydzielają ogromne ilości energii, nie zmniejszając przy tym swoich rozmiarów ani nie zmieniając się w żaden wykrywalny sposób. Ani ona, ani jej mąż nie mogli wiedzieć - nie wiedział tego nikt, dopóki Einstein nie odkrył (kilka lat później) równoważności masy i energii - że w minerałach zachodzi bardzo wydajna przemiana masy w energię. Maria Curie nazwała odkryte zjawisko „promieniotwórczością”<sup>24</sup>. W trakcie dalszej pracy małżonkowie Curie odkryli także dwa nowe pierwiastki - polon, nazwany na cześć ojczyzny Marii, oraz rad. Wraz z Becquerelem, Nagrodę Nobla z fizyki (w 1911 drugą Nagrodę Nobla, tym razem z chemii, i do dziś pozostaje jedyną osobą nagrodzoną przez komitet noblowski z chemii i fizyki).

Tymczasem Ernest Rutherford, wspomniany wcześniej młody Nowozelandczyk, przeniósł się do Kanady, gdzie na McGill University w Montrealu zainteresował się nowo odkrytymi materiałami radioaktywnymi. Wraz z Frederickiem Soddy odkrył, że w niewielkich ilościach niektórych minerałów kryją się ogromne rezerwy energii i że radioaktywne rozpady tych

atomów mogą być odpowiedzialne za większość wydzielanego przez Ziemię ciepła. Obaj odkryli również, że atomy radioaktywnych pierwiastków rozpadają się na atomy innych pierwiastków. Jednego dnia możesz mieć, powiedzmy, atom uranu, a nazajutrz ołowiu. Było to niezwykle zjawisko czysta i prosta alchemia - nikt nie wyobrażał sobie, że coś takiego może zachodzić spontanicznie w przyrodzie.

Jak zawsze pragmatyczny, Rutherford szybko zdał sobie sprawę, że jego odkrycie może mieć istotne praktyczne zastosowania, gdy spostrzegł, że każda próbka radioaktywnego materiału zawsze potrzebuje tyle samo czasu, aby połowa próbki uległa rozpadowi. Odkrył w ten sposób tak zwany okres połowicznego zaniku\*. Stałe, niezmiennie tempo rozpadu pierwiastków promieniotwórczych może zostać wykorzystane jako pewnego rodzaju zegar. Wiedząc (czyli na ogół mierząc), jaka część materiału uległa rozpadowi, i znając okres połowicznego zaniku, można obliczyć (przeliczając okresy wstecz w czasie) wiek próbki. Rutherford zbadał kawałek blendy smolistej, najbardziej rozpowszechnionej rudy uranu, i stwierdził, że miała 700 milionów lat, znacznie więcej, niż większość ludzi byłaby skłonna przypisać naszej planecie.

Wiosną 1904 roku Rutherford przybył do Londynu, aby wygłosić wykład w Royal Institution, czcigodnej organizacji, którą hrabia Rumford

\* Jeżeli kiedykolwiek zastanawiałeś się, w jaki sposób atomy decydują, które 50 procent ma się rozpaść, a które przeżyją do następnej sesji, odpowiedź jest następująca; czas połowicznego zaniku jest wielkością statystyczną, pewnego rodzaju pierwiastkową tablicą ubezpieczeniową. Jeżeli, powiedzmy, czas połowicznego zaniku dla jakiegoś materiału wynosi 30 sekund, to nie jest tak, że każdy atom w próbce będzie istniał dokładnie 30 sekund lub 60 sekund, lub 90 sekund, lub przez jakąś inną z góry i ściśle określoną wielokrotność tego okresu. Dla każdego atomu czas przetrwania jest czysto przypadkową wielkością i na ogół nie ma nic wspólnego z wielokrotnościami 30 sekund; atom może istnieć dwie sekundy, lecz może także przetrwać całe lata lub nawet



stulecia. Nikt nie wie tego z góry. Możemy jedynie powiedzieć, że dla próbki jako całości tempo rozpadu jest takie, że połowa atomów znika po 30 sekundach. Inaczej mówiąc, jest to średnie tempo i można je zastosować do każdej dostatecznie dużej próbki. Ktoś policzył kiedyś na przykład, że amerykańskie dziesięciocentówki mają okres połowicznego zaniku równy około 30 lat. założył 105 lat wcześniej, w jakże odległych czasach, gdy chemię uprawiali aptekarze w perukach, mieszający w szklanych kolbach rozmaite podejrzane proszki. Z perspektywy pewnych siebie, gotowych do nowych wyzwań uczonych późnej epoki wiktoriańskiej czasy von Rumforda mogły wydawać się odległe o całe eony. Rutherford miał zamiar mówić o swej nowej teorii rozpadu radioaktywnego. Taktownie (wykładu wysłuchał między innymi lord Kelvin, aczkolwiek ze względu na podeszły wiek niekiedy przysypiał) zwrócił uwagę, iż sam Kelvin zasugerował niegdyś, że odkrycie jakiegoś nowego źródła ciepła może obalić uprzednie oszacowania wieku Ziemi. Rutherford właśnie znalazł to źródło - w postaci kawałka blendy smolistej, którą równocześnie zademonstrował słuchaczom. Dzięki radioaktywności Ziemia może być - i najwyraźniej jest - znacznie starsza niż 24 miliony lat, które przewidywały ostatnie obliczenia Ketoina.

Kelvin promieniał w obliczu respektu okazanego przez Rutherforda, lecz nie zmienił zdania. Nigdy nie przyjął do wiadomości nowych oszacowań<sup>25</sup> i do końca życia uważał prace na temat wieku Ziemi za swoje najważniejsze odkrycia naukowe, znacznie ważniejsze niż publikacje dotyczące termodynamiki.

Podobnie jak w przypadku większości rewolucji naukowych, nowe odkrycia Rutherforda nie od razu zostały powszechnie zaakceptowane. John Joly z Dublina konsekwentnie, aż do swojej śmierci w 1933 roku, twierdził, że Ziemia nie ma więcej niż 89 milionów lat. Inni uważali, że Rutherford przecenił wiek swoich próbek. Jednak nawet przy użyciu datowania radiometrycznego (jak nazwano metodę opartą na idei Rutherforda) błąd oszacowania faktycznego

wieku Ziemi zmniejszył się poniżej miliarda lat dopiero po kilkudziesięciu latach od pierwszego odkrycia Rutherforda. Nauka znalazła się na właściwym tropie, lecz potrzebowała jeszcze wiele czasu.

Kelvin zmarł w grudniu 1907 roku. Mendelejew w lutym tego samego roku. Podobnie jak Kelvin, swój produktywny okres miał dawno za sobą, lecz końcowe lata jego życia były znacznie bardziej burzliwe. W miarę jak się starzał, stawał się coraz bardziej ekscentryczny i trudny w obejściu. Nie uznał istnienia ani promieniotwórczości, ani elektronu i kwestionował prawie wszystkie nowe odkrycia. W ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat życia Mendelejewa większość wykładów i dyskusji z jego udziałem w wielu miejscach Europy kończyła się w ten sposób, że w furii opuszczał laboratorium lub salę wykładową. Na jego cześć w 1955 roku pierwiastkowi o liczbie atomowej 101 nadano nazwę mendelejew. „Bardzo stosownie - stwiercił Paul Strathern. - To jest niestabilny pierwiastek »

Tymczasem promieniotwórczość kontynuowała swoją karierę, niekiedy w sposób, którego nikt nie przeczuwał. Na początku dwudziestego wieku u Pierre'a Curie pojawiły się symptomy - tępe bóle kości i chroniczne migreny - które prawdopodobnie rozwinęłyby się w chorobę popromienną, gdyby nie to, że w 1906 roku Pierre zginął na jednej z paryskich ulic pod kołami rozpędzonego zaprzęgu konnego.

Marie Curie kontynuowała swą karierę naukową. Była współzałożycielką słynnego Instytutu Radowego przy Uniwersytecie Paryskim. Mimo dwóch Nagród Nobla nigdy nie została wybrana do Francuskiej Akademii Nauk, w znacznym stopniu na skutek romansu, jaki po śmierci Pienia nawiązała z zamężnym fizykiem. Kochankowie zachowywali się na tyle niedyskretnie, że skandal wzburzył nawet Francuzów, a w każdym razie podstarzałych członków Akademii.

Długi czas sądzono, że coś emanującego tak niezwykle ilości energii jak promieniotwórczość musi mieć wyłącznie dobroczynne właściwości. Przez

wiele lat producenci pasty do zębów oraz środków przeczyszczających faszerowali swoje wyroby radioaktywnym torem. Jeszcze w latach dwudziestych hotel Glen Springs w rejonie Finger Lakes koło Nowego Jorku (i bez wątpienia wiele innych) z dumą reklamował terapeutyczne właściwości swoich „radioaktywnych źródeł mineralnych”<sup>27</sup>. Dopiero w 1938 roku zakazano stosowania substancji radioaktywnych<sup>28</sup> w produktach powszechnego użytku. Dla Marii Curie było już jednak za późno ~~ zmarła na białaczkę w 1934 roku. Promieniotwórczość potrafi być tak trwała i tak zgubna w skutkach, że nawet dzisiaj papiery Marii z lat dziewięćdziesiątych dziewiętnastego wieku - a nawet jej książki kucharskie - są zbyt niebezpieczne. Jej laboratoryjne notesy są zamknięte w ołowianych skrzyniach<sup>29</sup>, a ich oglądanie jest możliwe wyłącznie w ubraniu ochronnym.

JES\* PCI DemU?niC zawsze świad<sup>o</sup>niemu poświęceniu pionierów ba-  
E”lP;~tworzością na początku dwudziestego wieku stało się

SSS^MSttasss

### **Część III**

SWIT NOWEJ y

Fizyk jest sposobem myślenia atomów o atomach.

Anonim

## Rozdział 8

### WSZECHŚWIAT EINSTEINA

W miarę jak dziewiętnasty wiek dobiegał kresu, uczeni mogli z satysfakcją skonstatować, że rozwikłali większość zagadek fizycznego świata. Elektryczność, magnetyzm, gazy, optyka, akustyka, mechanika, termodynamika - aby wymienić tylko kilka przykładów - odsłoniły przed nimi swoje tajemnice. Odkryli promienie X, promienie katodowe, elektron, promieniotwórczość. Om, wat, kelwin, dżul, amper i erg miały już swoje 'miejsce w podręcznikach, wśród wielu innych jednostek.

Jeżeli coś dało się przyspieszyć, zaburzyć, destylować, łączyć, ważyć, oscylować, odparować, uczeni zrobili to i przy okazji odkryli wiele praw przyrody tak potężnych, uniwersalnych i majestatycznych, że nadal piszemy je z dużej litery\*: Electromagnetic Theory of Light [elektromagnetyczna teoria światła], Richter's Law of Reciprocal Proportions [prawo stosunków równoważnikowych Richtera], Charles's Law of Gases [prawo izochory Charlesa], Law of Combining Volumes [prawo stosunków objętościowych Gay-Lussaca], Zeroth Law [zerowa zasada termodynamiki], Laws of Mass Actions [prawa działania mas] i wiele innych. Stworzone przez fizyków instrumenty i urządzenia zmieniły cały świat, który przyjął to wszystko z niekłamany entuzjazmem. Na przełomie stuleci wielu uczonych sądziło, że w nauce nie zostało wiele do zrobienia.

W 1875 roku, gdy młody mieszkaniec Kilonii o nazwisku Max Planck musiał zdecydować, czy poświęcić się matematyce czy fizyce, stanowczo odradzano mu fizykę, ponieważ wszystkie ważne odkrycia zostały już dokonane. Nadchodzące stulecie nie miało być świadkiem przełomów, lecz wyłącznie konsolidacji i polerowania szczegółów. Planck nie posłuchał.

1 W języku angielskim wszystkie rzeczowniki pisano niegdyś z dużej

liter. Obecnie zwyczaj ten przetrwał głównie w pisowni tytułów i nazw (przyp. tłum.).

Studiował fizykę teoretyczną i zajął się badaniami entropii\*, jednego z głównych pojęć termodynamiki, które wydawało się obiecującym tematem dla młodego, ambitnego badacza. W 1891 roku opracował wyniki, po czym ku swej konsternacji odkrył, że wszystkie istotne prace na temat entropii zostały już opublikowane przez nikomu nie znanego, skromnego profesora Yale University o nazwisku J. Willard Gibbs.

Gibbs jest prawdopodobnie najbardziej utalentowanym i błyskotliwym przedstawicielem tych uczonych, o których większość ludzi nigdy w życiu nie słyszała. Skromny do granic możliwości, prawie całe życie - wyłączając trzy lata studiów w Europie - spędził wewnątrz ograniczonego do trzech bloków obszaru, którego granicę z jednej strony wyznaczał jego własny dom, a z drugiej - kampus Yale University w New Haven, w stanie Connecticut. Przez pierwsze dziesięć lat pracy w Yale nie zadbał nawet, aby pobierać pensję (posiadał niezależne źródło utrzymania). Od 1871 roku, gdy został profesorem Yale, do śmierci w 1903 roku na jego wykłady uczęszczał średnio nieco więcej niż jeden student na semestr<sup>1</sup>. Jego opublikowane prace były trudne do zrozumienia, zwłaszcza że stosował w nich własną notację, która dla niektórych jego czytelników była całkowicie nie do pojęcia, lecz jego publikacje przyniosły światu wiele błyskotliwych i zarazem fundamentalnych odkryć w dziedzinie termodynamiki.

W latach 1875-1878 Gibbs opublikował serię artykułów zatytułowanych *On the Equilibrium of Heterogeneous Substances*, w których sformułował termodynamiczne podstawy - no cóż, niemal wszystkiego<sup>2</sup>: „gazów, roztworów, powierzchni, ciał stałych, przemian fazowych [...] reakcji chemicznych, komórek elektrochemicznych, sedymentacji i osmozy”, aby zacytować Williama H. Croppera. W gruncie rzeczy Gibbs pokazał, że termodynamika nie stosuje się wyłącznie do ciepła i energii<sup>3</sup> w ogromnej i hałaśliwej skali silnika lokomotywy,

lecz jest także obecna i odgrywa istotną rolę nawet na poziomie reakcji chemicznych. Eguilibrium zostało

\* Entropia stanowi miarę przypadkowości lub nieuporządkowania układu fizycznego. Darrell Ebbing w swoim podręczniku General Chemistry wysuwa bardzo pouczającą analogię z talią kait. Świeżo zakupionej talii, jeszcze w pudełku, ułożonej według kolorów i figur, można przypisać stan pełnego uporządkowania. Gdy potasujesz karty, talia znajdzie się w stanie nieuporządkowania. Entropia stanowi miarę tego nieuporządkowania oraz sposób szacowania prawdopodobieństwa określonych rozkładów kart po kolejnych tasowaniach. Aby w pełni zrozumieć entropię, trzeba jednak zaliczyć uniwersytecki kurs termodynamiki, lecz ogólna idea sprowadza się do zliczania możliwych stanów układu. później nazwane „Principiami termodynamiki”<sup>5</sup>, lecz z powodów, których nie sposób pojąć, Gibbs opublikował te przełomowe wyniki w „Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences”, czasopiśmie, które nawet w rodzimym stanie Connecticut było całkowicie nieznane, więc nic dziwnego, że Planck tak późno dowiedział się o pracach Gibbsa\*.

Niezrażony (no cóż, być może jednak lekko zniechęcony) Planck zajął się innymi zagadnieniami. Wrócimy do niego za moment, najpierw jednak musimy zrobić nic wielką (lecz istotną!) dygresję i wybrać się do Cleveland w stanie Ohio, do instytucji nazywającej się wówczas Case School of Applied Science, gdzie w latach osiemdziesiątych dziewiętnastego wieku fizyk Albert Michelson, wspólnie z chemikiem Edwardem Morleyem, wykonali serię eksperymentów, których zadziwiająco i niepokojąco wyniki będą miały istotne konsekwencje dla dalszego biegu tej historii.

Michelson i Morley planowali zmierzyć tak zwany dryf eteru, lecz ostateczny rezultat ich eksperymentów, którego bynajmniej nie przewidywali, podważył sam fakt istnienia eteru - niewidocznego, nieważkiego, nieruchomego, pozbawionego tarcia, wyimaginowanego ośrodka, o którym sądzono, że

przenika cały wszechświat. Wymyślony przez Kartezjusza, poparty przez Newtona i od tego czasu akceptowany przez niemal wszystkich, eter pełnił centralną funkcję w fizyce jako metoda wyjaśnienia ruchu światła w pustej przestrzeni. Szczególnie potrzebny okazał się w drugiej połowie dziewiętnastego wieku, gdy światło i elektromagnetyzm były postrzegane jako fale. Fala z natury swej oznacza drgania, więc powstaje pytanie, czym jest drgający ośrodek dla fali elektromagnetycznej. Dla dziewiętnastowiecznych fizyków ośrodkiem tym był właśnie eter. Jeszcze w 1909 roku, ponad cztery lata po odkryciu niepodważalnych dowodów, że eter nie istnieje, wybitny brytyjski fizyk J.J. Thomson stwierdził: „Eter nie jest fantastycznym wynikiem spekulacji filozofa; jest równie istotny

\*Plancka często dotykały niepowodzenia i nieszczęścia, także w życiu osobistym. Jego pierwsza żona zmarła młodo w 1909 roku, a młodszy z jego dwóch synów zginął w czasie pierwszej wojny światowej. Planck miał także dwie ukochane córki bliźniaczki. Jedna z nich zmarła w czasie porodu. Druga podjęła się opieki nad dzieckiem, zakochała się w mężu swej zmarłej siostry i wyszła za niego. Dwa lata później także i ona zmarła w czasie porodu. W 1944 roku, gdy Planck miał 85 lat, aliancka bomba trafiła w jego dom, w wyniku czego utracił wszystko - papiery, dzienniki, dorobek całego życia. Jego syn wziął udział w nieudanym zamachu na życie Hitlera, został schwytyany i zamordowany przez hitlerowców na początku 1945 roku. dla nas jak powietrze, którym oddychamy”. Krótko mówiąc, fizycy byli | silnie przywiązani do eteru.

Gdyby ktoś chciał zilustrować ideę dziewiętnastowiecznej Ameryki jako krainy nieograniczonych możliwości, trudno byłoby znaleźć lepszy przykład niż życiorys Alberta Michelsona. Urodzony w 1852 roku w Strzelnie na Pomorzu w rodzinie ubogiego żydowskiego kupca, w wieku trzech lat wraz całą rodziną przybył do Stanów Zjednoczonych. Dzieciństwo i młodość spędził w Kalifornii, gdzie jego ojciec zajmował się handlem w obozach poszukiwaczy złota<sup>6</sup>. Zbyt ubogi, aby zapłacić za studia, Albert przybył do Waszyngtonu i wałęsał się w

pobliżu Białego Domu, mając nadzieję, że Ulysses S. Grant zwróci na niego uwagę podczas swego codziennego spaceru (były takie czasy). Michelson do tego stopnia wkradł się w łaski Granta, że prezydent obiecał zapewnić mu darmowe studia w Akademii Marynarki Wojennej. To tam Michelson uczył się fizyki.

Dziesięć lat później, już jako profesor Case School w Clevelandzie, Michelson podjął próbę zbadania i zmierzenia zjawiska zwanego dryfem eteru, czyli hipotetycznego ruchu eteru względem obiektu poruszającego się w przestrzeni. Newtonowska fizyka przewidywała, że zmierzona prędkość światła powinna zależeć od tego, czy i w jakim kierunku obserwator porusza się względem eteru, lecz nikt nie znał sposobu zmierzenia tego efektu. Michelson uświadomił sobie, że krążąca wokół Słońca Ziemia porusza się w przestrzeni dostatecznie szybko, aby efekt był mierzalny. Jeżeli bardzo precyzyjnie zmierzy się prędkość światła, gdy porusza się ono w tę samą stronę co Ziemia, i porówna z prędkością światła poruszającego się w przeciwną stronę, to za różnicę będzie odpowiedzialny dryf eteru względem Ziemi. W wyniku krążenia wokół Słońca Ziemia nieustannie zmienia kierunek ruchu w przestrzeni, więc pomiar należy powtórzyć w różnych porach roku, aby uwzględnić ewentualny ruch całego Układu Słonecznego względem eteru.

Michelson nakłonił Alexandra Grahama Bella, wynalazcę telefonu, który zdążył już zbić fortunę na swoim wynalazku, aby sfinansował budowę pomysłowego i czułego przyrządu wymyślonego przez samego Michelsona i nazwanego interferometrem, za pomocą którego można bardzo precyzyjnie mierzyć różnice prędkości światła. W pierwszej, niezbyt dokładnej wersji eksperyment wykonał sam Michelson w 1881 roku. Następnie wraz z Morleyem przez kilka lat wspólnie pracowali nad wymagającym ogromnej precyzji i pracochłonnym eksperymentem, z przerwą na poważne, lecz szczęśliwie krótkie załamanie nerwowe Michelsona. W 1887 roku uzyskali ostateczny wynik, który okazał się zupełnie odmienny od ich oczekiwań.



Jak napisał astrofizyk Kip S. Thorne z Caltechu: „Prędkość światła okazała się taka sama we wszystkich kierunkach we wszystkich porach roku”<sup>7</sup>. Była to pierwsza od 200 lat - w istocie dokładnie od 200 lat - wskazówka, że prawa Newtona być może nie stosują się zawsze i wszędzie. Jak powiedział William H. Cropper, doświadczenie Michelsona-Morleya dało „prawdopodobnie najślynniejszy negatywny wynik w historii fizyki”<sup>8</sup>. W 1907 roku, dwadzieścia lat po swym wielkim odkryciu, Michelson otrzymał Nagrodę Nobla z fizyki jako pierwszy Amerykanin. W tym czasie fizycy musieli się zmierzyć z nieoczekiwanymi i w jakimś sensie nieprzyjemnymi konsekwencjami eksperymentów Michelsona-Morleya.

Mimo wagi swego odkrycia na przełomie stuleci Michelson nadal uważał się za konserwatywnego fizyka i podobnie jak większość z nich sądził, że koniec nauki jest bliski<sup>9</sup>, a pozostało jedynie „dodanie kilku wieżyczek i poprawienie kilku dachówek”, jak ujął to autor artykułu w „Naturę”.

W rzeczywistości świat wkraczał właśnie w stulecie nauki. Stulecie, w którym wielu ludzi nie rozumie niczego i nie ma nikogo, kto rozumiałby wszystko. Niebawem naukowcy odkryli dziwne morze cząstek i anty-cząstek, pojawiających się i znikających w tak krótkich odstępach czasu, że w porównaniu z nimi nanosekunda może wydawać się wiecznością. Nauka przechodziła transformację od świata makrofizyki, której obiekty można zobaczyć, dotknąć i zmierzyć, do świata mikrofizyki, gdzie zdarzenia zachodzą w niewiarygodnym tempie i w skali daleko poniżej granic ludzkiej percepcji. Zaczynała się era kwantów, a pierwszą osobą, która uchyliła drzwi, był Max Planck.

W 1900 roku, już jako profesor fizyki teoretycznej na uniwersytecie w Berlinie, i w dość zaawansowanym wieku 42 lat, Planck sformułował „teorię kwantową”, zgodnie z którą światło nie jest zjawiskiem ciągłym, jak płynąca woda, lecz rozchodzi się w pojedynczych pakietach, które Planck nazwał kwantami. Była to nowatorska koncepcja, która na dłuższą metę przyniosła

zaskakujące owoce i stała się fundamentem całej współczesnej fizyki, mimo że Planck za jej pomocą próbował jedynie wyjaśnić pewną zagadkę związaną z widmem promieniowania ciała doskonale czar-nego. Tak czy inaczej, była pierwszą jaskółką odkryć, jakie niebawem miały zmienić świat.

Kolejny przełom - i zarazem świt nowej ery ^nastąpił w 1905 roku, gdy w niemieckim czasopiśmie fizycznym „Annalen der Physik” ukazała się seria artykułów młodego szwajcarskiego urzędnika, który nie miał żadnej uniwersyteckiej afiliacji, nie miał dostępu do laboratorium ani do żadnej biblioteki oprócz podręcznego księgozbioru urzędu patentowego w Bernie, gdzie pracował jako ekspert patentowy trzeciej klasy (podanie o awans do klasy drugiej zostało właśnie odrzucone).

Nazywał się Albert Einstein i w tym jednym bogatym w wydarzenia roku 1905 wysłał do „Annalen der Physik” pięć artykułów, z których trzy, według C.P. Snowa, „należały do największych w historii fizyki”<sup>10</sup>. W jednym z nich analizował zjawisko fotoelektryczne w ramach nowej teorii kwantów Plancka, w drugim poruszenia drobnych cząstek zawiesiny (zwane ruchami Browna), w trzecim sformułował szczególną teorię względności.

Pierwsza praca, w której wyjaśnił naturę światła (co między innymi utorowało drogę do wynalazku telewizji) przyniosła autorowi Nagrodę Nobla\*. Druga dostarczyła dowodów na istnienie atomów, co nawet wtedy stanowiło jeszcze przedmiot debaty. Trzecia zmieniła świat\*\*.

\* Nagrodę przyznano Einsteinowi, za „zasługi dla fizyki teoretycznej”, dopiero w 1921 roku, szesnaście lat po oddaniu owych zasług. Dość późno, zważywszy na wszystkie okoliczności, lecz to jeszcze nic w porównaniu z Frederickiem Reinesem, który odkrył neutrino w 1957 roku, a Nagrodę Nobla za swe odkrycie otrzymał 38 lat później, w 1995 roku, lub z Niemcem o nazwisku Ernst Ruska, który wynalazł mikroskop elektronowy w 1932 roku, a Nagrodę Nobla otrzymał w 1986, ponad pół wieku później. Komitetowi noblowskiemu nie wolno przyznawać nagród pośmiertnie, więc w wyścigu do Nobla

długowieczność może się okazać równie istotnym czynnikiem jak geniusz.

\*\* Autor powieła dość powszechne wśród popularyzatorów nauki przekonanie, że teoria względności „zmieniła świat”. Z pewnością jest to prawda w kontekście naszego postrzegania wszechświata jako całości, lecz jeżeli przez „świat” rozumie się Ziemię i to, co dzieje się na jej powierzchni, teoria względności jak dotąd odgrywa istotną rolę wyłącznie w kilku marginalnych zjawiskach (na przykład w funkcjonowaniu GPS-ów), ponieważ żaden makroskopowy obiekt na Ziemi nie porusza się na tyle szybko, aby efekty teorii względności miały jakieś praktyczne znaczenie. Natomiast pierwsza z wyżej wymienionych prac Einsteina położyła podwaliny pod niemal całą nowoczesną technologię, od komputerów i telekomunikacji po kuchenki mikrofalowe i biotechnologię (przyp. tłum.)-

Einstein urodził się w 1879 roku w Ulm, w południowych Niemczech, ale dorastał w Monachium. Niemal nic w jego młodości nie wskazywało na późniejsze sukcesy. Niektórzy z jego biografów utrzymują, że zaczął mówić dopiero w wieku trzech lat. W 1894 roku, gdy po niepowodzeniach w interesach rodzina przeniosła się do Mediolanu, Albert wybrał Szwajcarię, gdzie zamierzał kontynuować edukację. W pierwszym podejściu nie zdał wprawdzie egzaminów wstępnych, lecz w końcu w 1896 roku na politechnice w Zurychu rozpoczął czteroletnie studia, których program przewidywał kształcenie nauczycieli szkół średnich. W tym samym roku zrezygnował z obywatelstwa niemieckiego, aby uniknąć służby wojskowej. Był bystrym studentem, lecz nie wyróżniał się niczym szczególnym.

Ukończył studia w 1900 roku i już po kilku miesiącach zaczął publikować w „Annalen der Physik”. Jego pierwszy artykuł dotyczył fizyki cieczy w cienkich rurkach<sup>11</sup> (słomkach do picia) i ukazał się w tym samym numerze co teoria kwantowa Plancka. W latach 1902-1904 przedstawił serię publikacji z mechaniki statystycznej, po czym odkrył, że J. Willard Gibbs w Connecticut bez rozgłosu wykonał tę samą pracę<sup>12</sup> i opublikował w 1901 roku jako Elementary

Principles of Statistical Mechanics.

Albert zakochał się w studentce z roku, Milevie Marić, z pochodzenia Serbce. W 1901 roku Mileva urodziła nieślubne dziecko Alberta, dziewczynkę, która została po cichu oddana do adopcji. Albert nigdy nie zobaczył swojej córki. Dwa lata później Mileva i Albert wzięli ślub. Tymczasem, w 1902 roku, Albert podjął pracę w urzędzie patentowym w Bernie, gdzie przepracował kolejne siedem lat. Posada zapewniała utrzymanie, była dostatecznie interesująca, lecz nie na tyle absorbująca, aby przeszkodzić mu w zajmowaniu się fizyką. W takich okolicznościach Einstein stworzył szczególną teorię względności.

O elektrodynamice ciał w ruchu jest jedną z najbardziej niezwykłych publikacji w całej historii nauki<sup>13</sup>, zarówno ze względu na treść, jak i na sposób prezentacji. Nie ma w niej żadnych przypisów ani cytatów, nie zawiera prawie żadnej matematyki, nie odwołuje się do żadnej wcześniejszej pracy. Zawiera podziękowania tylko dla jednej osoby, przyjaciela Einsteina z urzędu patentowego, Michele Besso. Jak napisał C.P. Snow, praca sprawia wrażenie, jakby Einstein „doszedł do swoich konkluzji wyłącznie na drodze rozumowej, bez żadnej pomocy<sup>14</sup>, nie słuchając opinii innych. To stwierdzenie niemal dokładnie odzwierciedla rzeczywistość”.

Jego słynne równanie,  $E = mc^2$ , nie pojawiło się w tej pracy, lecz jako niewielkie uzupełnienie kilka miesięcy później. Jak wszyscy wiemy ze szkoły,  $E$  oznacza energię,  $m$  masę, a  $c^2$  prędkość światła podniesioną do drugiej potęgi.

Najkrócej rzecz ujmując, równanie mówi, że masa i energia są równo\* ważne. Stanowią dwie formy tej samej rzeczy: energia jest uwolnioną materią, materia jest energią oczekującą na uwolnienie. Podniesiona do drugiej potęgi prędkość światła,  $c^2$ , jest naprawdę dużą liczbą, więc równanie mówi również, że w każdym kawałku materii ukryta jest ogromna - naprawdę ogromna - porcja energii\*.

Jeśli jesteś dorosłym osobnikiem o przeciętnej posturze, to twoje ciało

stanowi równowartość nic mniej niż  $7 \times 10^7$  dzuli potencjalnej energii<sup>13</sup>. Nawet jeżeli nie czujesz się szczególnie silny, możesz eksplodować z siłą 30 bardzo dużych bomb wodorowych (zakładając, że wiesz, jak uwolnić tę energię, i rzeczywiście życzysz sobie pochówku z takimi fajerwerkami). Każda porcja materii stanowi równoważnik pewnej energii, aczkolwiek całkowite jej uwolnienie nie jest wcale taką prostą sprawą. Nawet bomba uranowa - potężne narzędzie zniszczenia wyprodukowane przez człowieka - uwalnia mniej niż 1 procent całkowitej energii, którą zawiera<sup>16</sup>.

Teoria Einsteina wyjaśniła między innymi, w jaki sposób działa promieniotwórczość: dlaczego kawałek uranowej rudy nieustannie emituje strumienie wysokoenergetycznych cząstek, nic topiąc się przy tym jak kostka lodu (odbywa się to na zasadzie niezwykle wydajnej konwersji masy w energię, tu  $E \sim mc^2$ ). Wyjaśniła, dlaczego gwiazdy świecą przez miliardy lat, oszczędnie gospodarując swoim wodorowym paliwem (jak wyżej). Za jednym zamachem, w jednym krótkim wzorze Einstein dał geologom i astronomom luksus miliardów lat. Lecz przede wszystkim szczególna teoria względności pokazała, że prędkość światła jest stała i najwyższa. Nic nie może go wyprzedzić. Teoria rzuciła światło (gra słów niezamierzona) na nasze rozumienie wszechświata. Przy okazji, lecz nieprzypadkowo i elegancko rozwiązała także problem eteru, pokazując, że eter nic istnieje. Einstein dał nam wszechświat, który nic potrzebuje eteru.

\* Nie jest jasne, w jaki sposób litera c stała się symbolem prędkości światła. David Dodania sugeruje, że prawdopodobnie pochodzi od łacińskiego słowa *celeritas* oznaczającego szybkość. Ówczesna wersja słownika Oxford English Dictionary, która ukazała się dziesięć lat przed teorią Einsteina, podaje c jako symbol kilku różnych rzeczy, od węgla do krykieta, lecz nie łączy go ani ze światłem, ani z prędkością.

Nie jest oczywiście zwyczajem fizyków zwracanie nadmiernej uwagi na to, co mają do powiedzenia szwajcarscy urzędnicy patentowi, więc publikacje

Einsteina początkowo przeszły niemal bez echa. Rozwiąawszy kilka spośród najgłębszych tajemnic wszechświata, Einstein złożył podanie o posadę wykładowcy uniwersyteckiego. Podanie zostało odrzucone. Następnie złożył podanie o posadę nauczyciela w szkole średniej. Podanie zostało odrzucone, więc wrócił do pracy jako urzędnik patentowy trzeciej klasy. Nic przestał jednak myśleć. Można nawet powiedzieć, że dopiero zaczął.

Ody poeta Paul Valéry zapytał kiedyś Einsteina, czy posiada notanik, w którym zapisuje swoje pomysły, Einstein spojrzał nań nieco zdziwiony i odparł: „Och, nic ma takiej potrzeby. Pomysły rzadko mi się zdarzają”<sup>17</sup>. Nie trzeba dodawać, że gdy już wpadał na jakiś pomysł, to na ogół na dobry. Następny pomysł Einsteina stał się jedną z największych idei w historii, lub wręcz tą największą, jak piszą Boorse, Motz i Weaver w swojej wnikliwej historii fizyki atomowej. „Jako dzieło pojedynczego umysłu, stanowi bez wątpienia największe intelektualne osiągnięcie ludzkości”<sup>18</sup> - trudno byłoby lepiej i zwięźlej wyrazić uznanie dla geniuszu Einsteina.

W 1907 roku Einstein zobaczył robotnika spadającego z dachu i zaczął rozmyślać o grawitacji. Jak wiele dobrych historii, ta także jest prawdopodobnie apokryficzna, w każdym razie sam Einstein stwierdził, że problem grawitacji przyszedł mu do głowy, gdy siedział wygodnie na krześle<sup>19</sup>.

To, co przyszło Einsteinowi do głowy, było czymś więcej niż tylko samym problemem - raczej był to zarys rozwiązania problemu, ponieważ od samego początku było dla niego jasne, że jednym z brakujących elementów szczególnej teorii względności była właśnie grawitacja. Przymiotnik „szczególna” w tej teorii oznaczał, że opisywała ona wyłącznie ciała poruszające się ruchem jednostajnym. Co się jednak stanie, gdy poruszający się obiekt - a w szczególności światło - napotka przeszkodę w postaci grawitacji? To pytanie absorbowало Einsteina przez ponad dziesięć lat od powstania szczególnej teorii. W 1917 roku ukazał się rezultat tych rozmyślań w postaci publikacji zatytułowanej *Kosmologi-sche Betrachtungen zur allgemeinen*

Relativitätstheorie<sup>10</sup>. Szczególna teoria względności z 1905 roku była oczywiście bardzo ważną pracą o istotnych implikacjach, lecz, jak ujął to C.P. Snow, gdyby Einstein jej nie odkrył, zrobiłby to ktoś inny, prawdopodobnie w ciągu nie więcej niż pięć - ■ ciu lat. Była to idea, którą prędzej czy później sformułowałby któryś z ówczesnych uczonych. Lecz ogólna teoria względności to zupełnie inna historia. „Bez Einsteina prawdopodobnie do dzisiaj nie mielibyśmy ogólnej teorii”<sup>21</sup>, napisał w 1979 roku Snow.

Einstein był na tyle wybitną postacią, zarówno w sensie osobowości, jak również wyglądu i zachowania (aby wspomnieć jego słynną fajkę oraz burzliwą fryzurę, lecz także skłonność do unikania rozgłosu), że w 1919 roku, gdy minął już koszmar pierwszej wojny światowej, świat nagle go odkrył. Niemal natychmiast jego teorie względności zyskały opinię niemożliwych do zrozumienia dla przeciętnego człowieka, do czego w znacznym stopniu przyczyniły się środki masowego przekazu. David Bodanis, w swej doskonałej książce  $E = mc^2$ , opisuje, jak „New York Times” zdecydował się zamieścić artykuł i - z przyczyn, które wciąż nie przestają zadziwiać - wysłał swego sprawozdawcę sportowego (a ściślej, specjalistę od golfa), o nazwisku Henry Crouch, aby przeprowadził wywiad z uczonym.

Crouch znalazł się oczywiście na zbyt głębokich wodach i niemal wszystko zrozumiał błędnie<sup>22</sup>. Niektóre z jego pomyłek okazały się na tyle odporne na upływ czasu, że pokutują do dzisiaj, na przykład twierdzenie, że Einstein zdołał znaleźć wydawcę tak odważnego, że wypuścił na rynek książkę, którą tylko dwanaście osób „na całym świecie było w stanie zrozumieć”. Nie było ani takiej książki, ani wydawcy, ani tuzina uczonych mężów, lecz mit pozostał. Niebawem liczba osób, które mogły zrozumieć teorię względności, została w powszechnej wyobraźni zredukowana do trzech. Trzeba przy tym przyznać, że świat nauki nie uczynił zbyt wiele, aby rozwiązać te naiwne wyobrażenia.

Gdy pewien dziennikarz zapytał brytyjskiego astronoma, sir Arthura

Eddingtona, czy to prawda, że jest on jedną z trzech osób na całym świecie, które potrafią zrozumieć teorie względności Einsteina, Eddington przez chwilę zwlekał z odpowiedzią, zanim odparł: „Próbuję odgadnąć, kim jest ta trzecia osoba”<sup>23</sup>. W rzeczywistości problem polegał nie tyle, albo nie tylko na tym, że teoria względności opiera się na równaniach różniczkowych, transformacjach Lorentza oraz innych skomplikowanych pojęciach i operacjach matematycznych (do pewnego stopnia była to prawda - nawet sam Einstein potrzebował pomocy matematyka), ile na tym, że tak bardzo nie poddawała się intuicji.

Teoria względności mówi, że przestrzeń nie jest absolutna, lecz zależy zarówno od obserwatora, jak i od obserwowanego obiektu - im szybciej się poruszają, tym bardziej rosną efekty relatywistyczne<sup>24</sup>. Nikt nie może rozpędzić się do prędkości światła, a im bardziej się stara (im szybciej się porusza), tym bardziej staje się zniekształcony względem zewnętrznego obserwatora.

Popularyzatorzy nauki niemal natychmiast zaczęli starania, aby przedstawić te koncepcje w sposób zrozumiały dla przeciętnego czytelnika. Jedną z bardziej udanych prób - w każdym razie z komercyjnego punktu widzenia - stanowiła książka *The ABC of relativity* matematyka i filozofa Bertranda Russella, z której pochodzi wielokrotnie później powtarzany obraz pociągu o długości 100 jardów, poruszającego się wzdłuż peronu z prędkością równą 60 procentom prędkości światła. Dla obserwatora stojącego na peronie długość pociągu będzie równa jedynie 80 jardom i wszystko w nim będzie podobnie skrócone. Gdyby mógł usłyszeć pasażerów pociągu, ich głosy brzmiałyby niżej i wolniej, jak płyta gramofonowa puszczona w wolniejszym tempie, a ich ruchy również wydawałyby się wolniejsze. Nawet zegary znajdujące się w pociągu z punktu widzenia zewnętrznego obserwatora szłyby o 20 procent wolniej niż z punktu widzenia pasażerów pociągu.

Lecz pasażerowie pociągu nie widzieliby ani nie odczuwaliby tych zniekształceń. Dla nich wszystko, co znajduje się w pociągu, wyglądałoby zupełnie normalnie. Natomiast peron i inne obiekty na zewnątrz pociągu



wydawałyby się im dziwnie skrócone i spowolnione. Jak widać, wszystko sprowadza się do względnego ruchu oraz wzajemnego położenia poruszających się ciał.

Taki efekt zachodzi za każdym razem, gdy się poruszasz. Gdy wysiadasz z samolotu po przelocie w poprzek Stanów Zjednoczonych, jesteś o kwantyzylionową część sekundy młodszy niż ktoś, kto pożegnał cię na lotnisku. Nawet gdy przechodzisz z pokoju do pokoju we własnym domu, w pewnym (bardzo nieznacznym, ale jednak) stopniu zmieniasz swoje poczucie przestrzeni i czasu. Piłka baseballowa lecąca z prędkością 160 kilometrów na godzinę jest cięższa o 0,000000000002 grama<sup>25</sup>. Efekty relatywistyczne są realne i zostały zmierzone. Z naszego punktu widzenia zmiany te są zbyt małe, abyśmy w jakikolwiek sposób mogli je odczuć, lecz dla innych obiektów we wszechświecie - światła, grawitacji, wszechświata jako całości - mają one istotne konsekwencje.

Idee teorii względności wydają się nam dziwne, lecz tylko dlatego, że w codziennym, normalnym życiu nie doświadczamy tego rodzaju oddziaływań. Nietrudno jednak znaleźć przykłady innego rodzaju względności, których doświadczamy na co dzień. Cytując ponownie Bodanisa<sup>26</sup>: jeżeli jesteś w parku i ktoś słucha radia nastawionego na jakąś nieznośną muzykę, wiesz, że możesz przenieść się na bardziej oddaloną ławkę, gdzie hałas będzie się wydawać słabszy. Nie dlatego, że radio jest cichsze, lecz dlatego, że twoje położenie względem radia uległo zmianie. Dla kogoś zbyt małego lub zbyt powolnego, aby mógł powtórzyć ten eksperyment - na przykład dla ślimaka - idea, zgodnie z którą radio może produkować różne poziomy dźwięku dla dwóch różnych obserwatorów równocześnie, może się wydawać niewiarygodna.

Najtrudniejszą do pojęcia i niepoddającą się intuicji koncepcją teorii względności jest równoważność czasu i przestrzeni. Nasz instynkt podpowiada nam, że czas jest wieczny, absolutny, niezmienny; nic nie może zakłócić jego jednostajnego biegu. Według Einsteina czas jest zmienny. Co więcej, posiada

nawet kształt. Jest związany - „nierozzerwalnie spleciony”, aby użyć określenia Stephena Hawkinga - z trzema wymiarami przestrzeni, dając łącznie dziwny twór zwany czasoprzestrzenią.

Zakrzywienie czasoprzestrzeni jest zwykle tłumaczone przez porównanie jakiegoś płaskiego, lecz giętkiego obiektu - materaca lub rozciągniętej warstwy gumy - na którym spoczywa ciężki, okrągły obiekt, na przykład żelazna kula. Ciężar kuli powoduje lekkie ugięcie i rozciągnięcie materiału, na którym kula spoczywa, co stanowi analogię do efektu, jaki każdy masywny obiekt, na przykład Słońce (odpowiednik żelaznej kuli), wywiera na czasoprzestrzeń (materac): uginają i zakrzywiają. Jeżeli teraz po powierzchni materaca toczy się mała kulka, która stara się podążać wzdłuż linii prostej, jak wymagają prawa Newtona, w pobliżu ciężkiego obiektu natrafia na ugięcie materaca i stacza się w dół, nieuchronnie ulegając przyciąganiu bardziej masywnego ciała. To jest grawitacja rezultat ugięcia czasoprzestrzeni.

Każdy obiekt posiadający masę powoduje powstanie pewnego ugięcia przestrzeni wokół siebie. W rezultacie wszechświat, jak ujął to Dennis Overbye, stanowi „ostateczny, uginający się materac”<sup>27</sup>. W tym ujęciu grawitacja jest nie tyle bytem, co raczej rezultatem; „nie »siłą«, lecz ubocznym produktem ugięcia czasoprzestrzeni - jak pisze fizyk Michio Kaku, który dodaje jeszcze: - W pewnym sensie grawitacja nie istnieje<sup>28</sup>; planety i gwiazdy porusza ugięcie czasoprzestrzeni”.

Analogia z materacem może nas doprowadzić tylko do tego miejsca, ponieważ nie uwzględnia efektu czasu. Co więcej, nasze umysły mogą nas doprowadzić tylko do tego miejsca, ponieważ niemal niemożliwe jest wyobrażenie sobie przestrzeni, której trzy wymiary mają charakter przestrzenny, a jeden wymiar czasowy, i wszystkie są splecione jak nitki w materiale w szkocką kratę. Tak czy inaczej, sądzę, że możemy to wszystko uznać za śmiały pomysł, zważywszy na to, że jego autorem był młody człowiek wyglądający przez okno urzędu patentowego w stolicy Szwajcarii.

Jedną z konsekwencji ogólnej teorii względności Einsteina był wniosek, że wszechświat musi się albo rozszerzać, albo kurczyć. Einstein nie był jednak kosmologiem i akceptował obowiązujący wówczas paradygmat nieruchomego i wiecznego wszechświata. Aby pogodzić swoją teorię z koncepcją niezmiennego wszechświata, dodał do swoich równań element zwany stałą kosmologiczną, który w arbitralny sposób przeciwdziałał skutkom grawitacji, pełniąc funkcję pewnego rodzaju matematycznego odpowiednika klawisza pauzy. Historycy zawsze usprawiedliwiają i wybaczą Einsteinowi to posunięcie, lecz on sam doskonale zdawał sobie sprawę, że przeoczył możliwość odkrycia ekspansji wszechświata na drodze teoretycznej i w późniejszym czasie nazywał stałą kosmologiczną „największą pomyłką swego życia”.

Tak się złożyło, że mniej więcej w tym samym czasie, gdy Einstein doklejał stałą kosmologiczną do swych równań, w Lowell Observatory w Arizonie pewien astronom o radośnie intergalaktycznym nazwisku Vesto Slipher (który jednakowoż pochodził ze stanu Indiana) produkował spektrogramy odległych gwiazd i odkrywał, że większość gwiazd oddala się od nas. Wszechświat nie jest statyczny. Gwiazdy, które oglądał Slipher, zdradzały nieomylnie oznaki przesunięcia Dopplera, tego samego zjawiska, które powoduje charakterystyczną zmianę wysokości dźwięku iii-ooo w chwili, gdy mija nas pędzący z dużą prędkością samochód\*. Zjawisko to

\* Zjawisko to opisał w 1842 roku austriacki fizyk Johann Christian Doppler. Gdy poruszający się obiekt zbliża się do nieruchomego obserwatora, jego fale dźwiękowe nadciągają nieco stłoczone do odbiornika (czyli na przykład twojego ucha), tak jakby ktoś je popychał od tyłu w twoim kierunku. To stłoczenie jest postrzegane przez słuchacza jako podwyższenie tonu dźwięku (<70. Gdy źródło dźwięku minie obserwatora i zacznie się oddalać, fale dźwiękowe są rozciągane i wydłużają się, powodując raptowne obniżenie tonu (000). dotyczy także światła. W przypadku oddalających się galaktyk jest znane pod nazwą przesunięcia ku czerwieni (ponieważ światło oddalającego się

obiektu przesuwa się w kierunku czerwonego krańca widma; gdy obiekt się zbliża, mówimy o przesunięciu ku błękitowi).

Slipher pierwszy spostrzegł ten efekt i zdał sobie sprawę z jego znaczenia i konsekwencji dla dynamiki wszechświata. Niestety, nikt nie zwrócił uwagi na jego odkrycie. Lowell Observatory, jak już wspomniałem, nieco podupadło na skutek obsesji Percivala Lowella na punkcie kanałów marsjańskich i w pierwszych latach dwudziestego wieku nie należało do czołówki obserwatoriów astronomicznych na świecie. Slipher nic nie wiedział o teorii względności Einsteina, a świat równie wiele wiedział o Slipherze. Jego odkrycie nie zostało zauważone.

Chwała odkrywcy przypadła w udziale potężnej osobowości o nazwisku Edwin Hubble. Hubble urodził się w 1889 roku, dziesięć lat po Einsteinie, w miejscowości Marshfield, w stanie Missouri, w rodzinie zamożnego dyrektora firmy ubezpieczeniowej<sup>29</sup>. Młodość spędził w Marshfield oraz w Wheaton, w stanie Illinois, w pobliżu Chicago. Wyrósł na silnego, utalentowanego, wysportowanego, bystrego, czarującego adonisa, według jednego z jego admiratorów; „przystojnego niemal do granic możliwości”, według opisu Williama H. Croppera. Autobiografia Hubble’a obfituje również w przykłady męstwa - ratowanie tonących pływaków, akty odwagi na polach bitewnych Francji, upokarzanie światowej klasy bokserów przez nokautujące uderzenia w czasie pokazowych walk. Wszystko razem wyglądało zbyt pięknie, aby mogło być prawdziwe. I nie było. Oprócz swych niewątpliwych talentów Hubble był także niepoprawnym kłamcą.

Było to o tyle dziwne, że Hubble od wczesnej młodości rzeczywiście odnosił niewątpliwe sukcesy na wielu polach, niekiedy całymi seriami. W szkolnych zawodach sportowych w 1906 roku<sup>30</sup> wygrał skok o tyczce, pchnięcie kulą, rzut dyskiem, rzut młotem, skok wzwyż z miejsca, skok wzwyż z rozbiegu, należał do zwycięskiej sztafety w biegu na jedną milę - siedem pierwszych miejsc w jednym dniu - i zajął jeszcze trzecie miejsce w skoku w

dal. W tym samym roku ustanowił rekord stanu Illinois w skoku wzwyż.

Równie dobrze radził sobie w szkole. Bez trudu dostał się na studia fizyki i astronomii na University of Chicago (szefem wydziału był w tym czasie Albert Michelson), gdzie jako jeden z pierwszych zdobył prestiżowe stypendium Rhodesa, dzięki któremu spędził trzy lata w Oksfordzie. Pobyt w Anglii ewidentnie przewrócił mu w głowie, ponieważ gdy w 1913 roku wrócił do Wheaton, nosił szkocką pelerynę Invemess, palił fajkę i mówił z dość szczególnym akcentem - niezupełnie angielskim, lecz wystarczająco zbliżonym - który przyswoił sobie na resztę życia. Większość drugiej dekady dwudziestego wieku przepracował jako nauczyciel w liceum i trener koszykówki w New Albany, w stanie Indiana (aczkolwiek później twierdził, że praktykował prawo w Kentucky), aby następnie wrócić do nauki i zrobić doktorat. W tym samym czasie wstąpił do wojska i na miesiąc przed zawieszeniem broni znalazł się we Francji (prawdopodobnie nie oddał ani jednego wystrzału, pomijając wiwaty).

W 1919 roku, w wieku 30 lat, przeniósł się do Kalifornii i podjął pracę w Mount Wilson Observatory w pobliżu Los Angeles. Baitizo szybko i dość nieoczekiwanie stał się najwybitniejszym astronomem dwudziestego stulecia.

W tym miejscu warto zwrócić uwagę, jak niewiele wiedziano w tych czasach o kosmosie. Obecnie astronomowie uważają, że istnieje około 140 miliardów galaktyk w widzialnej części wszechświata. To olbrzymia liczba, znacznie większa, niż wygląda na pierwszy rzut oka. Astrofizyk Bruce Gregory policzył, że gdyby galaktyki zamienić w ziarnka grochu, wypełniłyby pokaźne audytorium, na przykład Boston Garden lub Royal Albert Hall. W 1919 roku, gdy Hubble po raz pierwszy przyłożył oko do okularu teleskopu, liczba znanych galaktyk wynosiła dokładnie jeden - była to Droga Mleczna. Wszystko inne było uważane albo za część samej Drogi Mlecznej, albo za peryferyjne obłoki gazu. Hubble szybko wykazał, jak błędne były te poglądy.

W ciągu następnej dekady Hubble zmierzył się z dwoma fundamentalnymi pytaniami dotyczącymi wszechświata: Jaki jest duży i jaki jest

stary? Aby na nie odpowiedzieć, trzeba poznać dwie wielkości: jak daleko pewne galaktyki się znajdują oraz jak szybko się od nas oddalają (ta druga wielkość jest znana jako prędkość ucieczki galaktyk). Przesunięcie ku czerwieni ujawnia prędkość, z jaką galaktyki się oddalają, lecz nic nie mówi, w jakiej są odległości. Aby mierzyć odległości galaktyk, potrzebne są tak zwane świece standardowe - gwiazdy, których jasność można w jakiś sposób wyznaczyć, aby następnie użyć ich do mierzenia jasności (a zatem także względnych odległości) innych gwiazd.

Szczyśliwy traf sprawił, że Hubble znalazł się w Mount Wilson wkrótce po tym, jak pewna pomysłowa niewiasta znalazła sposób na znajdowanie tych gwiazd. Henrietta Swan Leavitt pracowała w Harvard College Observatory jako komputer. Nazwa jest nieco myląca, ponieważ do zadań komputerów należało analizowanie płyt fotograficznych i wykonywanie obliczeń na podstawie tych analiz. To mozolne zajęcie stanowiło jedyną formę udziału w badaniach astronomicznych dostępną w tych czasach dla kobiet na Harvardzie, a właściwie gdziekolwiek na świecie. System ten, jakkolwiek niesprawiedliwy, miał pewne nieoczekiwane korzyści: połowa najlepszych umysłów zajmowała się pracą, która w przeciwnym razie nie przyciągnęłaby uwagi drugiej części populacji; w ten sposób kobiety często zdobywały wiedzę na temat struktury kosmosu, która umykała ich męskim odpowiednikom.

Annie Jump Cannon, jeden z harwardzkich komputerów, wykorzystwała swoją znajomość gwiazd do zaprojektowania systemu klasyfikacji gwiazd<sup>31</sup>, który okazał się tak użyteczny, że jest stosowany do dzisiaj. Odkrycie Leavitt, które miało mieć jeszcze poważniejsze konsekwencje, dotyczyło pewnego typu gwiazd zwanych cefeidami (od gwiazdozbioru Cefeusza, gdzie pierwsza taka gwiazda została zidentyfikowana), które pulsują w regularnym rytmie, zmieniając okresowo swoją jasność. Cefeidy są dość rzadkie, lecz przynajmniej jedna z nich jest znana każdemu z nas - jest nią Gwiazda Polarna.

Obecnie wiemy, że cefeidy pulsują, ponieważ są to stare gwiazdy, które

minęły już fazę tak zwanego głównego ciągu<sup>32</sup> i stały się czerwonymi olbrzymami. Mechanizm, który jest odpowiedzialny za funkcjonowanie cefeid, jest dość skomplikowany (wymaga między innymi poznania właściwości pojedynczo zjonizowanego helu), lecz dla naszych celów wystarczy powiedzieć, że spalanie pozostałego paliwa powoduje rytmiczne, bardzo stabilne zmiany jasności - naprzemienne ściemnianie i rozjaśnianie. Leavitt odkryła, że istnieje prosty związek między częstością zmian jasności cefeid a ich bezwzględną jasnością, dzięki czemu porównanie względnych jasności cefeid może posłużyć do wyliczenia ich względnych odległości od Ziemi<sup>33</sup>. Metoda pozwalała wyznaczać jedynie względne, a nie absolutne odległości, lecz mimo to stanowiła pierwszy użyteczny sposób mierzenia odległości w znacznie większej skali niż uprzednio stosowane metody.

(Aby spojrzeć na te odkrycia z właściwej perspektywy, warto w tym miejscu wspomnieć, że w tym samym czasie, gdy Leavitt i Cannon wyciągały fundamentalne wnioski na temat kosmosu na podstawie niewyraźnych plamek na płytach fotograficznych, astronom z Harvardu, William H. Pickering, który mógł oczywiście spoglądać w okular pierwszorzędного teleskopu tak często, jak tylko chciał, rozwijał swoją przełomową teorię ciemnych plam na Księżycu, za które odpowiedzialne były roje sezonowo migrujących owadów<sup>34</sup>).

Wykorzystując równocześnie kosmiczną miarkę Leavitt oraz przesunięcia ku czerwieni Sliphera, Hubble zaczął mierzyć odległości różnych interesujących obiektów na niebie. W 1923 roku wykazał, że niewyraźny obłok w konstelacji Andromedy, znany jako M31, nie jest wcale obłokiem gazu<sup>35</sup>, lecz osobną galaktyką szeroką na 100 tysięcy lat świetlnych i odległą od Ziemi co najmniej o 900 tysięcy lat świetlnych. Wszechświat okazał się większy - o wiele większy, niż ktokolwiek mógł przypuszczać. W 1924 roku Hubble opublikował przełomowy artykuł, zatytułowany *Cepheids in Spiral Nebulae*, w którym wykazał, że wszechświat składa się nie tylko z galaktyki Drogi Mlecznej, lecz także z wielu innych, niezależnych galaktyk - „wyspowych wszechświatów” -

niektóre z nich są znacznie większe niż Droga Mleczna i znacznie bardziej odległe niż najdalsze krańce naszej galaktyki (Hubble używał określenia „mgławice” - nebulae, od łacińskiego słowa oznaczającego chmury).

Odkrycie to samo w sobie wystarczyłoby, aby zapewnić Hubble’owi sławę i ugruntować jego reputację, lecz Hubble nie spoczął na laurach. Zaczął sięgać coraz dalej w głąb wszechświata i dokonał jeszcze bardziej uderzającego odkrycia. Badał widma odległych galaktyk - kontynuując pracę zaczęta w Arizonie przez Sliphera - za pomocą nowego nabytku obserwatorium w Mount Wilson, stalowego teleskopu Hookera, stosując przy tym sprytne metody szacowania odległości coraz dalej położonych obiektów. W początkach lat trzydziestych stwierdził, że wszystkie galaktyki (z wyjątkiem kilku naszych najbliższych sąsiadek) oddalają się od nas. Co więcej, ich prędkości i odległości są proporcjonalne do siebie: im dalej od nas, tym szybciej dana galaktyka się oddala.

To było prawdziwe zaskoczenie. Wszechświat się rozszerza równomiernie i jednakowo we wszystkich kierunkach. Nie potrzeba wielkiej wyobraźni, aby dojść do wniosku, że wszechświat musiał zacząć się rozszerzać w jakimś momencie od jakiegoś centralnego punktu. Zamiast stabilnej, nieruchomej, wiecznej pustki, którą każdy sobie wyobrażał, pojawił się wszechświat, który miał jakiś początek; być może będzie także miał koniec.

Zaskoczenie było tym większe - jak zauważył Stephen Hawking - iż nikt wcześniej nie wpadł na pomysł rozszerzającego się wszechświata<sup>16</sup>. Statyczny wszechświat musiałby prędzej czy później zapaść się sam w sobie, co od czasów Newtona powinno być oczywiste i dla niego samego, i dla każdego myślącego astronoma. Ponadto, gdyby w statycznym wszechświecie gwiazdy świeciły nieprzerwanie i nieskończenie długo, uczyniłyby cały wszechświat niemiłosiernie gorącym, a w każdym razie o wiele za gorącym dla jakichkolwiek istot podobnych do nas. Rozszerzający się wszechświat za jednym zamachem rozwijał wszystkie te problemy.



Hubble był znacznie lepszym obserwatorem niż myślicielem i nie od razu docenił pełne implikacje swego odkrycia, częściowo z tego powodu, że był całkowicie nieświadomy istnienia ogólnej teorii względności Einsteina. Skądinąd była to zadziwiająca ignorancja, zważywszy, że i Einstein, i jego teoria od co najmniej dziesięciu lat cieszyli się światową sławą. Co więcej, w 1929 roku Albert Michelson - już nie pierwszej młodości, lecz nadal jako jeden z czołowych amerykańskich fizyków - przyjął propozycję pracy w Mount Wilson, gdzie miał zamiar mierzyć prędkość światła za pomocą swego słynnego interferometru. Trudno sobie wyobrazić, aby Michelson przynajmniej nie wspomniał Hubble'owi o Einsteinie, w kontekście jego własnych badań i odkryć.

Tak czy inaczej, Hubble przegapił szansę na wywołanie fermentu wśród teoretyków, zostawiając ją belgijskiemu księdzu, uczonemu (z doktoratem w MIT), o nazwisku Georges Lemaitre, który połączył dwie nici w jedną i stworzył własną „teorię fajerwerku”. W ramach tej teorii wszechświat zaczął się od geometrycznego punktu, „pierwotnego atomu”, który w pewnym momencie wybuchnął i od tego czasu się rozszerza. Idea ta stworzyła podstawy współczesnej koncepcji wielkiego wybuchu, lecz wyprzedziła ją tak znacznie, że wzmianki o księdzu Lemaitrze rzadko przekraczają dwa zdania, które poświęciliśmy mu powyżej. Dopiero po kilkudziesięciu latach i nieoczekiwanym odkryciu kosmicznego promieniowania tła dzięki szumiącej antenie Penziasa i Wilsona koncepcja wielkiego wybuchu zmieniła status z interesującej hipotezy na powszechnie uznaną teorię.

Zapewne trudno byłoby z góry odgadnąć, jaki miał być ich dalszy udział w tej epickiej historii, lecz ani Hubble, ani Einstein bezpośrednio nie uczestniczyli w jej dalszych etapach.

W 1936 roku Hubble opublikował książkę popularnonaukową zatytułowaną *The Realm of the Nebulae*<sup>37</sup>, w której w dość pochlebnym świetle przedstawił własne, skądinąd poważne osiągnięcia. W końcu udowodnił także,

że zaznajomił się z teorią Einsteina, aczkolwiek poświęcił jej tylko cztery strony na ogólną liczbę około dwustu.

Hubble zmarł na atak serca w 1953 roku. Z jego śmiercią wiąże się jeszcze jedna osobliwa historia. Z nikomu nie znanych powodów żona Hubble'a odmówiła ujawnienia szczegółów pogrzebu i nigdy nie zdradziła miejsca pochówku. Pół wieku po śmierci miejsce wiecznego spoczynku największego astronoma dwudziestego wieku nadal pozostaje nieznaną. Jego symboliczny pomnik znajduje się na niebie, w postaci Teleskopu Kosmicznego umieszczonego w 1990 roku na orbicie wokółziemskiej i nazwanego jego imieniem.

## Rozdział 9

### POTEŹNY ATOM

Podczas gdy Einstein i Hubble produktywnie pracowali nad strukturą przestrzeni w skali całego kosmosu, inni uczeni próbowali zrozumieć obiekt znacznie mniejszy, lecz w pewnym sensie równie oddalony: maleńki i nieodmiennie tajemniczy atom.

Słynny fizyk Richard Feynman stwierdził kiedyś, że gdyby zaszła potrzeba zredukowania całej historii nauki do jednego zdania, to brzmiałoby ono: „Wszystkie rzeczy są zrobione z atomów”<sup>4</sup>. Atomy są wszędzie i stanowią elementy wszystkiego, co nas otacza. Rozejrzyj się wokół siebie. To wszystko są atomy. Nie tylko solidne przedmioty, takie jak ściany, stoły i sofy, lecz także powietrze między nimi składa się z atomów. I to w ilościach, które przekraczają wszelkie wyobrażenia.

Podstawowy układ atomów stanowi cząsteczka, zwana także molekułą (od łacińskiego określenia oznaczającego małą masę). Molekuła składa się z dwóch lub więcej atomów, ułożonych w stabilnej konfiguracji: połącz dwa atomy wodoru i jeden atom tlenu, a otrzymasz molekułę wody. Chemicy traktują molekuły, a nie atomy, jako podstawowe elementy budowy materii, podobnie jak pisarze myślą w kategoriach słów, a nie liter, lecz nawet w kategoriach molekuł mamy do czynienia z ogromnymi liczbami. Na poziomie morza w temperaturze 0 stopni Celsjusza jeden centymetr sześcienny powietrza (czyli objętość mniej więcej kostki cukru) zawiera 45 miliardów miliardów molekuł<sup>2.1</sup> mniej więcej tyle samo jest w każdym centymetrze sześciennym, który widzisz wokół siebie. Pomyśl, ile centymetrów sześciennych powietrza znajduje się za twoim oknem - ile „kostek cukru” potrzeba do wypełnienia tego widoku - a następnie wyobraź sobie, ile potrzeba do zbudowania wszechświata.

Krótko mówiąc, atomy są bardzo liczne i rozpowszechnione.

Są także fantastycznie trwałe. Większość z nich żyje tak długo, że niemal każdy atom twojego ciała przeszedł przez kilka gwiazd oraz miliony organizmów, zanim trafił do ciebie. Nasze ciała są zbudowane z tak dużej liczby atomów, a po śmierci są tak energicznie poddawane redystrybucji, że znaczna liczba atomów każdego z nas - mówimy w tym momencie o liczbie rzędu miliarda atomów<sup>3</sup> - należała kiedyś do Szekspira. Kolejny miliard przypada na Buddę, Dżyngis-chana, Beethovena i dowolną postać historyczną, którą masz ochotę wymienić (osoby te nie muszą oczywiście być sławne, lecz muszą pochodzić z wystarczająco odległej historii, ponieważ procesy recyklingu potrzebują kilkudziesięciu lat, aby dokonać równomiernej redystrybucji; niestety nie jesteś jeszcze tożsamy z Elvisem Presleyem).

Tak więc wszyscy jesteśmy reinkarnacjami, aczkolwiek krótkotrwałymi. Gdy umieramy, nasze atomy rozdzielają się i znajdują sobie inne miejsca - w liściu trawy, w innej istocie ludzkiej, w kropli rosy. My ginimy, ale nasze atomy są praktycznie niezniszczalne<sup>4</sup>. Nikt nie wie, jak długo przeciętny atom potrafi żyć. Według Martina Reesa co najmniej  $10^{35}$  lat - ta liczba jest tak duża, że nawet ja zadowolę się przedstawieniem jej w postaci wykładniczej.

Atomy są nie tylko trwałe, lecz także niezwykle małe. Pół miliona atomów ustawionych w szeregu nie wystarczyłoby do pokrycia szerokości ludzkiego włosa. Rozmiarów pojedynczego atomu nie sposób sobie wyobrazić, lecz możemy oczywiście próbować.

Zacznijmy od milimetra - czyli od linii o długości równej np. dywizo-wi (-). Teraz podzielmy tę linię na tysiąc jednakowych części. Każda z tych części ma długość jednego mikrona. To jest skala mikroorganizmów. Na przykład pantofelek - mała, jednokomórkowa żyjąca w wodzie istota - ma rozmiary około 2 mikronów, czyli 0,002 milimetra. Gdybyś chciał gołym okiem zobaczyć pływającego w kropli wody pantofelka<sup>5</sup>, musiałbyś powiększyć tę kroplę do średnicy 12 metrów. Gdybyś w tej samej kropli wody chciał zobaczyć któryś z

atomów, kropla musiałaby mieć 24 kilometry.

Inaczej mówiąc, atomy istnieją w skali o wiele mniejszej niż jakiegokolwiek żywe istoty. Aby osiągnąć tę skalę, każdy z owych mikronowych fragmentów naszego dywizu należałoby z kolei podzielić na 10 tysięcy części. To jest skala atomu: dziesięciomilionowa część milimetra. To oczywiście przekracza możliwości naszej wyobraźni, lecz możemy wyrobić sobie pewne pojęcie proporcji, jeżeli uświadomimy sobie, że jeden atom ma się tak do milimetra jak grubość kartki papieru do wysokości Empire State Building.

Rozpowszechnienie i niezwykła trwałość atomów nie zmienia faktu, że tak trudno je wykryć, a jeszcze trudniej zrozumieć. Koncepcja atomowej struktury materii - wszystko jest zbudowane z tych małych, licznych, praktycznie niezniszczalnych cegiełek - przebiła się do powszechnej świadomości dopiero w osiemnastym wieku, i to nie za sprawą Antoine'a Lavoisiera, jak można by oczekiwać, ani nawet Henry'ego Cavendisha lub Humphry'ego Davy'ego, lecz dzięki niepozornemu i słabo wykształconemu kwakrowi o nazwisku John Dalton, którego spotkaliśmy już w rozdziale 7.

Dalton urodził się w 1766 roku w Eaglesfield w pobliżu Cockermouth, w rodzinie ubogich tkaczy i zarazem gorliwych kwaków (cztery lata później do kwaków w Cockermouth dołączył poeta William Wordsworth). Był wyjątkowo bystrym uczniem, do tego stopnia, że w nieprawdopodobnie młodym wieku dwunastu lat kierował już lokalną szkołą. Być może świadczy to bardziej o poziomie szkoły niż o uzdolnieniach Daltona, lecz z jego pamiętników wiemy również, że mniej więcej w tym samym czasie czytał *Principia Newtona* w oryginalnym łacińskim wydaniu, a także inne, równie ambitne dzieła. W wieku piętnastu lat, nadal kierując szkołą, podjął pracę w pobliskiej miejscowości Kendal, a dziesięć lat później przeniósł się do Manchesteru, skąd nie ruszał się prawie wcale przez pozostałe 50 lat życia. Również w Manchesterze zapracował na reputację tytana intelektu, pisząc książki i artykuły na rozmaite tematy, od meteorologii po gramatykę. Badał między innymi ślepotę barw, schorzenie,

które dotknęło jego samego i które od niego nosi nazwę daltonizm. Reputację Daltona ugruntowała jednak opasła książka zatytułowana *A New System of Chemical Philosophy*, która ukazała się w 1808 roku.

Jeden niewielki rozdział, liczący zaledwie pięć stron (spośród 900) Dalton poświęcił atomom. Jego prosta, lecz dalekosiężna idea polegała na tym, że cała materia składa się z niezmiernie małych, niezniszczalnych cząstek. „Równie dobrze moglibyśmy próbować wprowadzić nową planetę do Układu Słonecznego<sup>6</sup> lub anihilować jedną z obecnie istniejących, jak stworzyć lub zniszczyć atom wodoru”, napisał Dalton.

Ani sama idea atomów, ani nawet nazwa nie była nowa. Jedno i drugie stworzyli starożytni Grecy. Wkład Daltona polegał na tym, że badał on względne rozmiary i cechy atomów, a także ich związki. Wiedział na przykład, że wodór jest najlżejszym pierwiastkiem, więc przypisał mu masę atomową równą 1. Sądził również, że woda składa się z tlenu i wodoru w proporcji 7:1, więc przypisał tlenowi masę równą 7. W ten sposób zdołał ustalić względne masy znanych wówczas pierwiastków. Wyniki jego badań nie zawsze były oszałamiająco dokładne - masa tlenu wynosi w rzeczywistości 16, a nie 7 - lecz zasada okazała się słuszna i stała się podstawą całej chemii i w ogóle całej współczesnej nauki.

Prace Daltona uczyniły go sławnym, co jednak w niewielkim stopniu zmieniło jego życie osobiste. W 1826 roku francuski chemik P.J. Pelletier przybył do Manchesteru<sup>7</sup>, aby spotkać atomowego bohatera. Spodziewał się zapewne, że znajdzie go w jakiejś szacownej instytucji, więc z prawdziwym zaskoczeniem przyjął fakt, że Dalton uczy małych chłopców podstaw arytmetyki w niewielkiej kwakerskiej szkole w bocznej uliczce. Według historyka nauki E.J. Holmyarda skonfundowany Pelletier wybąkał<sup>8</sup>:

„Est-ce que j'ai l'honneur de m'adresser à Monsieur Dalton?”, ponieważ nie mógł uwierzyć własnym oczom, widząc światowej sławy chemika, jak uczy czterech działań arytmetycznych. „Tak - odparł rzeczowo

zagadnięty. - Czy zechciałby waszmość usiąść, a w tym czasie ja zadam temu chłopcu zadanie z arytmetyki?”.

Dalton starał się unikać rozgłosu i zaszczytów, lecz został mimo to i wbrew swej woli wybrany do Royal Society, obsypany gradem medali i obdarzony hojną rządową pensją. Gdy w 1844 roku zmarł, 40 tysięcy ludzi modliło się przy jego trumnie, a kondukt pogrzebowy rozciągał się na dwie mile<sup>9</sup>. Jego notka biograficzna w Dictionary of National Biography należy do najdłuższych, ustępując jedynie biogramom Darwina i Lyella.

Przez ponad wiek od sformułowania przez Daltona jego teorii<sup>10</sup> miała ona czysto hipotetyczny status, a całkiem spora liczba uczonych powątpiewała lub wręcz kwestionowała istnienie atomów - między innymi wiedeński fizyk Ernst Mach, od którego nazwiska pochodzi jednostka prędkości równa prędkości dźwięku. „Atomy nie mogą być postrzegane zmysłami [...] są one jedynie produktami umysłu”, napisał Mach. Sceptycyzm wobec atomowej teorii budowy materii był tak duży, zwłaszcza wśród niemieckojęzycznych uczonych, że miał jakoby odegrać istotną rolę w samobójczej śmierci wielkiego fizyka i entuzjasty atomów, Ludwiga Boltzmanna<sup>11</sup>, który odebrał sobie życie w 1906 roku.

Pierwszego bezspornego dowodu na istnienie atomów dostarczył w 1905 roku Einstein w swoim artykule na temat ruchów Browna. Artykuł nie zwrócił niczyjej uwagi, a sam Einstein niebawem zajął się czymś innym (konstruowaniem ogólnej teorii względności), więc prawdziwym bohaterem ery atomowej, jeśli nie najwybitniejszym w ogóle, został Ernest Rutherford.

Rutherford urodził się w 1871 roku na farmie w Nowej Zelandii. Jego rodzice wyemigrowali ze Szkocji. W nowej ojczyźnie zajmowali się produkcją lnu na niewielką skalę oraz produkcją dzieci na większą<sup>12</sup> (parafrazując Stevena Weinberga). Dorastając w odległym zakątku małej wyspy położonej na końcu świata, Rutherford był najdalej, jak to tylko możliwe, od głównego nurtu nauki, lecz w 1895 roku wygrał stypendium, dzięki czemu znalazł się w Cavendish Laboratory w Cambridge, które właśnie miało stać się głównym ośrodkiem

fizyki na świecie.

Fizycy są znani z protekcyjnego stosunku do przedstawicieli innych nauk. Gdy żona wielkiego austriackiego fizyka Wolfganga Pauliego opuściła go dla innego uczonego, ten nie mógł otrząsnąć się ze zdumienia. „Zrozumiałbym, gdyby wybrała toreadora - powiedział jednemu z przyjaciół. - Ale chemika...”<sup>13</sup>

Rutherford w pełni podzielał to przekonanie<sup>14</sup>. „Wszelka nauka to jest albo fizyka, albo filatelistyka” - to słynne stwierdzenie Rutherforda było później wielokrotnie cytowane i pozostaje w dość zabawnym kontraście z faktem, że Rutherford otrzymał w 1908 roku Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii, a nie fizyki.

Rutherford miał szczęście. Nie tylko dlatego, że był geniuszem, lecz także i z tego powodu, że w jego czasach fizyka i chemia były tak ekscytujące i tak bardzo spokrewnione (niezależnie od jego własnych przekonań). Już nigdy nie będą się tak wygodnie przekrywać.

Mimo swoich niewątpliwych sukcesów Rutherford nie był wyjątkowo błyskotliwym naukowcem, a jego zdolności matematyczne pozostawiały sporo do życzenia. W czasie wykładów często do tego stopnia gubił się we własnych równaniach, że poddawał się w połowie ich wyprowadzania i zostawiał resztę do dokończenia samym studentom<sup>15</sup>. Według jego długoletniego współpracownika, odkrywcy neutronu, Jamesa Chadwicka, Rutherford nie był również wyjątkowo uzdolnionym eksperymentatorem. Był po prostu wytrwały i miał otwarty umysł. Niedostatki bystrości nadrabiał przenikliwością i śmiałością. Według jednego z biografów umysł Rutherforda „zawsze kierował się w stronę granic tak daleko, jak tylko potrafił<sup>16</sup>, czyli znacznie dalej niż większość ludzi”. Postawiony przed nierozwiązywalnym problemem był gotów pracować nad nim dłużej i ciężiej niż inni. Był bardziej otwarty na nieortodoksyjne rozwiązania. Swoje wielkie odkrycia zawdzięczał w znacznej mierze gotowości do poświęcenia wielu nudnych godzin na spoglądanie w ekran i liczenie scyntylacji (tak nazwano błyski wywoływane przez cząstki alfa) -



pracy, którą zazwyczaj zleca się komuś innemu. Był jednym z pierwszych, a być może nawet pierwszym człowiekiem, który dostrzegł<sup>17</sup>, że energia ukryta w atomie może zostać wykorzystana do zbudowania bomb o mocy wystarczającej, aby „cały ten świat poszedł z dymem”.

Fizycznie był zwalistym osobnikiem o tubalnym, onieśmielającym głosie. Jeden z jego kolegów, na wieść o planowanej transmisji radiowej przez Atlantyk z udziałem Rutherforda, zapytał z poważną miną: „A po co radio?”<sup>18</sup>. Sam Rutherford również nie był pozbawiony poczucia humoru, z dodatkiem odpowiedniej dozy pewności siebie. Gdy ktoś zwrócił mu uwagę, że zawsze znajduje się na fali, odparł: „No cóż, w końcu to ja wywołałem tę falę”. C.P. Snow wspomina uwagę Rutherforda podsłuchaną u krawca w Cambridge: „Każdego dnia rosnę w pasie. I w głowie”<sup>19</sup>.

Zarówno obwód pasa, jak i sława były jeszcze daleko przed nim, gdy w 1895 roku zjawił się w Cavendish Laboratory\*. Trafił na wyjątkowo płodny okres w nauce. W tym samym roku, w którym Rutherford przybył do Cambridge, Wilhelm Roentgen z uniwersytetu w Wurzburgu w Niemczech odkrył promienie X; w następnym roku Henri Becquerel odkrył promieniotwórczość. Przed laboratorium Cavendisha otwierała się długa era epokowych odkryć. W 1897 roku w tymże laboratorium J.J. Thomson odkrył elektron, w 1911 C.T.R. Wilson skonstruował pierwszy detektor cząstek (do którego jeszcze wrócimy), a w 1932 James Chadwick odkrył neutron. W jeszcze dalszej przyszłości, w 1953 roku, James Watson i Francis Crick odkryją w Cavendish strukturę DNA.

Początkowo Rutherford pracował nad falami radiowymi, osiągając zresztą pewne wymierne sukcesy - zdołał przesłać wyraźny sygnał na odległość jednej mili, co było wówczas całkiem rozsądnym wynikiem - lecz

\* Nazwa pochodzi od tej samej rodziny, które dała światu Henry'ego. Tym razem był to William Cavendish, siódmy diuk Devonshire, utalentowany matematyk i zarazembaron przemysłu stalowego wiktoriańskiej Anglii, który w

1870 roku ofiarował Cambridge University 6300 funtów na budowę laboratorium badawczego. porzucił tę dziedzinę, gdy jeden ze starszych kolegów przekonał go, że radio nie ma przyszłości<sup>20</sup>. Mając poczucie, że nie rozwija się w Cavendish, Rutherford przeniósł się na McGill University w Montrealu, gdzie zaczęła się jego droga do wielkości. Zanim otrzymał Nagrodę Nobla („za badania nad rozpadami pierwiastków oraz nad chemią substancji radioaktywnych”, według oficjalnego uzasadnienia), wrócił do Anglii, na uniwersytet w Manchesterze i właśnie tam wykonał swoje najważniejsze prace nad strukturą i naturą atomu.

Na początku dwudziestego wieku było już wiadomo, że atomy są zbudowane z części - przesądziło o tym odkrycie elektronu przez J.J. Thomsona - lecz nikt nie wiedział, z ilu części, w jaki sposób te części się łączą ani jaki kształt mają atomy. Niektórzy fizycy sądzili, że atomy mogą mieć kształt sześcianu<sup>21</sup>, ponieważ sześciany można zgrabnie upakować, nie zostawiając pustej przestrzeni. Większość skłaniała się jednak do poglądu, że atom przypomina kształtem bułkę z rodzynkami lub pudding śliwkowy: gęstą, dodatnio naładowaną masę, nadziewaną ujemnymi elektronami, jak rodzyнки w cieście.

W 1909 roku Rutherford, wraz z dwoma współpracownikami, Hansem Geigerem (który później miał wynaleźć detektor promieniowania noszący obecnie nazwę licznik Geigera\*) oraz Ernestem Marsdenem, strzelali cząstkami alfa, czyli zjonizowanymi atomami helu, w cienką folię wykonaną ze złota. Ku zaskoczeniu ich wszystkich niektóre cząstki alfa odbijały się od folii. To po prostu nie mogło się zdarzyć. Według słów Rutherforda było to równie nieprawdopodobne, jakby piętnastocalowa kula armatnia odbiła się od kartki papieru. Po długim namyśle doszedł jednak do wniosku, że istnieje jedno możliwe wyjaśnienie: cząstki, które uległy odbiciu, musiały trafić w coś bardzo małego i twardego, co znajduje się w samym sercu atomu, natomiast pozostałe cząstki pędziły obok bez przeszkód. Rutherford zdał sobie sprawę, że atom

stanowi w większości pustą przestrzeń, z bardzo gęstym jądrem w środku. Było to niezwykle obiecujące odkrycie, lecz wedle wszelkich praw konwencjonalnej fizyki prowadziło do konkluzji, że atomy nie powinny w ogóle istnieć.

\*

Geiger został później sympatykiem nazistów, bez wahania wydając im swoich żydowskich kolegów, łącznie z tymi, z którymi uprzednio współpracował.

Zróbmy małą przerwę i rozważmy strukturę atomu według naszej obecnej wiedzy. Każdy atom jest zbudowany z trzech rodzajów cząstek: protonów, które mają dodatni ładunek elektryczny, elektronów, które mają ujemny ładunek elektryczny, i neutronów, które nie mają ładunku. Protony i neutrony są stłoczone w jądrze, natomiast elektrony krążą dookoła. Liczba protonów decyduje o chemicznej tożsamości atomu<sup>22</sup>. Atom z jednym protonem jest atomem wodoru, atom z dwoma protonami - helu, z trzema - litu i tak dalej. Za każdym razem, gdy dodamy jeden proton, otrzymujemy atom innego pierwiastka (liczba protonów w neutralnym atomie jest zawsze równa liczbie elektronów, zatem równie dobrze można by definiować pierwiastki, podając liczbę elektronów; elektrony tworzą wiązania chemiczne, więc z pewną dozą poetyckiej przesady wytłumaczono mi to w ten sposób, że protony decydują o tożsamości, a elektrony o osobowości atomów).

Neutrony nie mają wpływu na tożsamość atomu, lecz decydują o jego masie. Liczba neutronów w atomie jest zwykle zbliżona do liczby protonów, lecz atomy określonego pierwiastka mogą mieć różne liczby neutronów, w pewnym niewielkim zakresie. Dodanie lub zabranie neutronu z jądra atomu zmienia izotop<sup>23</sup>, lecz nie zmienia pierwiastka. Atom o określonej liczbie protonów i określonej liczbie neutronów przynależy do określonego izotopu danego pierwiastka. Techniki datowania stosowane w archeologii często wykorzystują istnienie różnych izotopów określonego pierwiastka - na przykład węgiel C-14 jest izotopem, którego jądra atomowe zawierają sześć protonów

oraz osiem neutronów (co w sumie daje czternaście).

Neutrony i protony mieszczą się w jądrze atomu. Jądro jest bardzo małe - zajmuje zaledwie jedną milionową z miliardowej części objętości całego atomu<sup>24</sup> ~ lecz fantastycznie gęste, ponieważ zawiera prawie całą masę atomu. Jak ujął to Cropper, gdyby powiększyć atom do rozmiarów katedry, jądro wciąż byłoby nie większe niż mucha, lecz wiele tysięcy razy cięższe niż katedra<sup>23</sup>. Ta zupełnie nieoczekiwana przestrzenna struktura atomu, który składa się niemal wyłącznie z pustej przestrzeni, w 1910 roku najbardziej zaskoczyła Rutherforda.

Świadomość, że atomy są w zasadzie puste, a poczucie twardości i sztywności większości otaczających nas przedmiotów stanowi iluzję, nawet dzisiaj jest zdumiewająca. Gdy dwa przedmioty się stykają - w tym kontekście najczęściej odwołujemy się do obrazu zderzających się kul bilardowych - w rzeczywistości nie dochodzi do bezpośredniego zetknięcia, lecz, jak ujął to Timothy Ferris, „pola elektryczne ujemnie naładowanych ładunków powodują ich wzajemne odpychanie [...] [G]dyby nie ich ładunki elektryczne, kule przeniknęłyby przez siebie nienaruszone, jak galaktyki”<sup>26</sup>. Gdy siedzisz na krześle, w rzeczywistości nie siedzisz, lecz le-witujesz nad nim na wysokości jednego angstroma (jednej stumilionowej części centymetra), a twoje elektrony i elektrony krzesła nieugięcie odmawiają bardziej intymnego zbliżenia.

Obraz atomu, jaki prawie każdy z nas przechowuje w pamięci, przedstawia jeden lub dwa elektrony krążące wokół jądra, jak planety wokół Słońca. Taki obraz po raz pierwszy zasugerował, a właściwie odgadł, japoński fizyk Hantaro Nagaoka w 1904 roku. Obraz ten jest zarówno trwały, jak i fałszywy. Isaac Asimow lubił powtarzać, że planetarny obraz atomu inspirował całe pokolenia autorów powieści fantastycznonaukowych do tworzenia światów wewnątrz światów, w których atomy stanowiły maleńkie, zamieszkane układy słoneczne, lub nasz Układ Słoneczny był przedstawiany jako mały kłębek w znacznie większym systemie. CERN, Europejskie Laboratorium Fizyki Cząstek, do dzisiaj używa obrazu Nagaoki jako logo swej strony internetowej, mimo że

fizycy od dawna wiedzą, iż elektrony raczej nie są podobne do krążących wokół gwiazdy planet, lecz do wirujących śmigieł wiatraczka, wypełniających całą przestrzeń swoich orbit (lecz z tą bardzo istotną różnicą, że śmigła tylko robią wrażenie, jakby znajdowały się równocześnie w każdym miejscu orbity, natomiast elektrony rzeczywiście tam są).

W 1910 roku jeszcze tego oczywiście nie wiedzano. Odkrycie Rutherforda postawiło przed fizykami wiele poważnych problemów. W szczególności, zgodnie z konwencjonalną elektrodynamiką krążący elektron powinien bardzo szybko tracić energię, zbliżając się spiralnym ruchem w kierunku jądra, aby po krótkiej - bardzo krótkiej, jak okamgnienie - chwili zderzyć się z nim, z katastrofalnymi konsekwencjami dla obu stron. Do rozwiązania był także problem, w jaki sposób protony, z ich dodatnimi ładunkami, mogą stłoczyć się razem w jądrze, zamiast rozbiec się na wszystkie strony pod wpływem elektrycznego odpychania. Stopniowo zaczęto zdawać sobie sprawę, że w świecie atomów nie rządzą te same prawa co w świecie makroskopowym, do którego jesteśmy przyzwyczajeni.

W miarę jak fizycy zaczęli się zagłębiać w rzeczywistość subatomowych cząstek, odkrywali, że nie jest ona jedynie inna niż wszystko, co dotychczas wiedzieli, lecz przekracza granice wszystkiego, co kiedykolwiek sobie wyobrażali. „Zachowania w świecie atomów są tak odmienne od naszych zwykłych doświadczeń<sup>27</sup> - stwierdził kiedyś Richard Feynman - że bardzo trudno jest się z nimi oswoić; dotyczy to zarówno nowicjuszy, jak i doświadczonych fizyków”. Gdy Feynman wypowiedział tę uwagę, fizycy mieli już za sobą pół wieku na oswojenie się z dziwnymi właściwościami i zachowaniami atomów. Możemy tylko sobie wyobrażać, jakie wrażenie musiały one zrobić na Rutherfordzie i jego kolegach w początkach pierwszej dekady dwudziestego wieku, gdy wszystko to stanowiło absolutną nowość.

Jednym ze współpracowników Rutherforda był miły i spokojny Duńczyk o nazwisku Niels Bohr. W 1913 roku Bohr wpadł na pewien pomysł, który

wydał mu się tak ekscytujący, że odłożył swoją podróż poślubną, aby napisać artykuł, który niebawem stał się przełomową publikacją w dziedzinie fizyki mikroświata.

Fizycy nie mogli oczywiście na własne oczy oglądać czegoś tak małego jak atom, więc musieli próbować odgadywać jego strukturę na podstawie zachowania atomów poddawanych rozmaitym torturom, takim jak na przykład strzelanie cząstkami alfa w złotą folię. Wyniki tych eksperymentów były niekiedy zaskakujące i zagadkowe. Jedną takich zagadek stanowiło tak zwane widmo promieniowania wodoru. Były to diagramy wskazujące, że atomy wodoru promieniują tylko na kilku określonych długościach fal, a nigdy nie promieniują na pozostałych. Wyglądało to tak, jakby ktoś pozostający pod obserwacją pojawiał się w kilku określonych miejscach, lecz nigdy nie widziano go przemieszczającego się między nimi. Nikt nie rozumiał, dlaczego tak się dzieje.

To właśnie w trakcie rozważania tej zagadki Bohr znalazł rozwiązanie, które opisał w swoim słynnym artykule zatytułowanym *On the Constitution of Atoms and Molecules*, gdzie wysunął sugestię, że elektrony nie spadają na jądra, ponieważ mogą zajmować tylko ściśle określone orbity. Według teorii Bohra elektron przemieszczający się między orbitami znika z jednej z nich i natychmiast pojawia się na drugiej, nie zajmując przestrzeni między nimi. Ta idea - słynny „kwantowy skok” - była oczywiście całkowicie sprzeczna ze zdrowym rozsądkiem, lecz okazała się zbyt użyteczna, aby można ją było z miejsca odrzucić. Nie tylko powstrzymywała elektrony przed opadaniem na jądro, lecz także wyjaśniała zagadkowe zachowanie i niezrozumiałe właściwości widma promieniowania atomów wodoru. Elektrony pojawiały się tylko na określonych orbitach, ponieważ istniały tylko na określonych orbitach. Odkrycie to stanowiło przełom w fizyce i przyniosło Bohrowi Nagrodę Nobla w 1922 roku, rok po nagrodzie dla Einsteina.

Tymczasem niezmordowany Rutherford, który wrócił do Cambridge i

objął stanowisko szefa Cavendish Laboratory po przejściu J. J. Thomsona na emeryturę, sformułował model, który wyjaśniał, dlaczego jądra atomów nie rozpadają się pod wpływem odpychania elektrycznych ładunków protonów. Rutherford rozumował w ten sposób, że elektryczne oddziaływanie protonów musi być w pewien sposób znoszone przez jakieś neutralne cząstki, które nazwał neutronami. Idea była prosta i pociągająca, lecz niełatwa do udowodnienia. Współpracownik Rutherforda, James Chadwick, spędził jedenaście pracowitych lat na polowaniu na neutrony, zanim w końcu w 1932 roku dopiął swego. Trzy lata później również on otrzymał Nagrodę Nobla. Jak zauważy Boorse i jego koledzy w swojej historii tych odkryć, zwłoka w odkryciu neutronów miała także pozytywne skutki, ponieważ opóźniła badania, które ostatecznie doprowadziły do skonstruowania bomby atomowej (neutrony nie mają ładunku elektrycznego, więc nie są odpychane przez pola elektryczne atomów, dzięki czemu można nimi strzelać, jak torpedami, w sam środek atomu, uruchamiając proces zwany rozszczepieniem). Zwrócili oni uwagę, że gdyby neutron został zidentyfikowany w latach dwudziestych<sup>28</sup>, to, jest bardzo prawdopodobne, że bomba atomowa zostałaby najpierw skonstruowana w Europie, niemal na pewno przez Niemców”.

Sprawy potoczyły się jednak w taki sposób, że Europejczycy najpierw zajęli się dziwnym zachowaniem elektronu. Główny problem, jaki mieli do rozwiązania, polegał na tym, że elektron czasami zachowuje się jak cząstka, a czasami jak fala. Ta niemożliwa do pojęcia dualność przez całą dekadę opierała się próbom wyjaśnienia przez najtęższe umysły całej Europy. Przełom nastąpił na początku lat dwudziestych, gdy Louis Victor de Broglie, potomek książęcej rodziny, opublikował hipotezę, zgodnie z którą cząstki materii w pewnych sytuacjach rzeczywiście zachowują się jak fale. Publikacja de Broglie’a zainspirowała Austriaka Erwina Schrödingera, który wprowadził kilka pomysłowych uzupełnień i sformułował matematyczny model zwany mechaniką falową. W tym samym czasie niemiecki fizyk Werner Heisenberg stworzył

konkurencyjną teorię, zwaną mechaniką macierzową. Była ona oparta na koncepcji macierzy, która była znana tak niewielu osobom, że początkowo niemal nikt nie rozumiał w pełni implikacji nowej teorii, łącznie z samym Heisenbergiem (który w pewnym momencie poskarżył się przyjacielowi: „Nie wiem nawet, czym jest macierz”<sup>29</sup>). Teoria Heisenberga wyjaśniała jednak pewne rzeczy, których nie tłumaczyła mechanika falowa Schrödingera.

W rezultacie fizycy, którzy przez całą dekadę bez powodzenia poszukiwali nowej teorii atomu, nagle znaleźli się w sytuacji, w której mieli dwie teorie oparte na całkowicie odmiennych przesłankach, lecz dające identyczne rezultaty. Taka sytuacja nie mogła oczywiście trwać w nieskończoność.

W 1926 roku, dzięki wspólnym wysiłkom wielu wybitnych umysłów, powstała kompromisowa teoria łącząca elementy obu wyżej wymienionych i nazwana mechaniką kwantową. Wśród tych elementów była słynna zasada nieoznaczoności Heisenberga, a także założenie, że elektron jest cząstką, lecz opisywaną w kategoriach fal. Zasada nieoznaczoności stwierdza, że możemy znać trajektorię, wzdłuż której elektron w danej chwili się porusza, lub możemy znać jego aktualne położenie, lecz nie możemy znać jednego i drugiego równocześnie\*. Każda próba zmierzenia jednej z tych wielkości prowadzi w nieunikniony sposób do zaburzenia drugiej i nie wynika to z braku dostatecznie precyzyjnych przyrządów<sup>30</sup>, lecz stanowi nieodłączną i niezmienną właściwość wszechświata.

W praktyce oznacza to, że nie da się z góry przewidzieć, gdzie elektron się znajdzie w określonym momencie. Można jedynie określić prawdopodobieństwa jego różnych możliwych położzeń. Jak ujął to Dennis Overbye, elektron nie istnieje, zanim nie zostanie zaobserwowany. Inaczej mówiąc, dopóki nie zostanie zaobserwowany, dopóty musi być traktowany, jakby był „równocześnie wszędzie i nigdzie”<sup>31</sup>.

Jeżeli wydaje ci się, że trudno się w tym wszystkim połączyć, to może



\* Zasada Heisenberga nazywana jest także niekiedy zasadą nieokreśloności lub (rzad: ko) niepewności. W innych językach również panuje niepewność co do użycia odpowiedniego słowa. Michael Frayn pisze w posłowie do swej sztuki *Copenhagen*, że w języku niemieckim funkcjonuje kilka określeń - *Unsicherheit*, *Unschärfe*, *Ungenauigkeit* oraz *Unbestimmtheit* - z których żadne nie odpowiada ściśle angielskiemu *uncertainly* [niepewność]. Frayn sugeruje, że *Indeterminacy* [nieokreśloność] byłoby lepszym tłumaczeniem, a *indeterminability* [niemożność określenia] jeszcze lepszym. Sam Heisenberg na ogół używał terminu *Unbestimmtheit*. pociesz cię fakt, że podobnie czuli się sami fizycy. Overbye pisze: „Bohr stwierdził kiedyś, że każdy, kto początkowo nie uważał mechaniki kwantowej za obrazę zdrowego rozsądku, w rzeczywistości jej nie zrozumiał”<sup>32</sup>, Heisenberg zapytany, w jaki sposób należy wyobrażać sobie atom, odparł: „Nawet nie próbuj”<sup>33</sup>.

Atom okazał się odmienny od wyobrażeń większości ludzi. Elektron nie fruwa wokół jądra jak planeta wokół swego słońca, lecz przypomina raczej nieco amorficzną chmurę. „Powłoka” atomu nie stanowi błyszczącej, twardej powierzchni, jak sugerują niektóre ilustracje, lecz jest po prostu tożsama z najbardziej zewnętrzną spośród tych rozmytych chmur elektronowych. Sama chmura jest w zasadzie jedynie obszarem statystycznego prawdopodobieństwa<sup>34</sup>, poza który elektron wychyla się bardzo niechętnie. Gdybyśmy mogli zobaczyć atom, przypominałby raczej spracowaną piłkę tenisową, a nie twardą kulę bilardową (a właściwie ani jedno, ani drugie, ponieważ mamy tu do czynienia ze światem bardzo odmiennym od tego, który postrzegamy zmysłami).

Wydawało się, że zagadki i tajemnice nie mają końca. Jak stwierdził James Trefil, uczeni po raz pierwszy natknęli się na „aspekt wszechświata, do którego zrozumienia nasze mózgi po prostu nie są stworzone”<sup>35</sup>, lub, jak ujął to Richard Feynman, „rzeczy w małej skali zachowują się z upełnie inaczej niż rzeczy w dużej skali”<sup>36</sup>. W miarę jak fizycy poznawali rzeczy w małej skali, uświadamiali sobie coraz jaśniej, że znaleźli świat, w którym elektrony nie tylko

przeskakują z orbity na orbitę, nie wkraczając w przestrzeń między nimi, lecz mogą także pojawiać się znikąd<sup>37</sup>, „pod warunkiem, że równie szybko znikną”, według określenia Alana Lightmana z MIT.

Zapewne największą z kwantowych zagadek jest idea splątania wynikająca z zasady wykluczania, sformułowanej w 1925 roku przez Wolfganga Pauliego. Pewne pary subatomowych cząstek „wiedzą” o sobie nawzajem nawet wtedy, gdy są oddalone na dowolnie duże odległości. Cząstki posiadają pewną cechę zwaną spinem. Zgodnie z teorią kwantową w momencie, gdy zmierzysz spin jednej cząstki z takiej pary, spin drugiej z nich natychmiast staje się całkowicie określony i przeciwny do spinu pierwszej z nich niezależnie od tego, jak daleko od siebie cząstki się znajdują.

Przypomina to sytuację, w której dwie identyczne piłki plażowe<sup>38</sup>, jedna w Ohio, a druga na Fidżi, wiedzą nawzajem o tym, w którym kierunku każda z nich wiruje. W momencie, gdy ktoś zobaczy jedną z nich, druga natychmiast zaczyna wirować w przeciwnym kierunku. Zjawisko to zostało potwierdzone w wielu eksperymentach<sup>39</sup>, między innymi w 1997 roku fizycy z uniwersytetu w Genewie posyłali fotony na siedem mil w przeciwnych kierunkach i zademonstrowali, że zarejestrowanie jednego z nich powoduje natychmiastową reakcję u drugiego.

Wróćmy jednak do lat dwudziestych. Po początkowym okresie niepewności sprawy zaczęły rozwijać się w takim tempie i w takim kierunku, że na jednej z konferencji Bohr, komentując pewną nową teorię, rzucił uwagę, że kwestia polega nie na tym, czy teoria jest szalona, lecz na tym, czy jest dostatecznie szalona. Aby zilustrować nieintuicyjną naturę kwantowego świata, Schrödinger sformułował swój słynny eksperyment myślowy, w którym hipotetyczny kot został umieszczony w pudle razem z pojedynczym atomem radioaktywnego pierwiastka oraz fiolką cyjanowodoru. Jeżeli w ciągu godziny atom ulegnie radioaktywnemu rozpadowi, uruchomi zapadkę, która rozbije fiolkę, uśmiercając kota. Jeżeli atom się nie rozpadnie, kot przeżyje. Nie

zaglądając do pudła, nie możemy jednak z pewnością stwierdzić, czy atom się rozpadł, więc musimy uważać kota równocześnie za martwego w 50 procentach i żywego w 50 procentach. Jak zauważył Stephen Hawking z nutką zrozumiałego podniecenia, nie można „przewidzieć dokładnie przyszłych zjawisk<sup>40</sup>, skoro nie da się nawet precyzyjnie zmierzyć obecnego stanu wszechświata!”.

Na skutek tych wszystkich dziwacznych właściwości mikroświata wielu fizyków kwestionowało teorię kwantową w całości lub niekiedy tylko pewne jej aspekty. Najbardziej prominentnym jej przeciwnikiem był sam Einstein, co ma o tyle ironiczny wydźwięk, że to właśnie on, w roku cudów 1905, przekonująco wyjaśnił, w jaki sposób fotony mogą czasami zachowywać się jak cząstki, a kiedy indziej jak fale, kładąc tym samym podwaliny nowej fizyki. „Teoria kwantowa jest z pewnością godna uwagi - stwierdził kiedyś uprzejmie, lecz w rzeczywistości był odmiennego zdania. - Bóg nie gra w kości”. To stwierdzenie trwale zapisało się w historii teorii kwantowej\*.

Einstein nie mógł uwierzyć, że Bóg stworzył wszechświat, w którym pewne rzeczy są zawsze niewiadome. Co więcej, idea działania na od-

\* W każdym razie w takiej formie jest zwykle powtarzane. W rzeczywistości cytata brzmi: „Trudno jest zajrzeć Bogu w karty. Ale w to, że Bóg gra w kości i stosuje »telepa-tyczne« metody [...] nie wierzę ani przez chwilę”.

Ięgłość - zgodnie z którą jedna cząstka może w sposób natychmiastowy 1 oddziaływać na drugą, odległą o tryliony mil - była sprzeczna ze szczególną teorią względności. Nic nie może przekroczyć prędkości światła, a tymczasem są fizycy, którzy upierają się, że na poziomie subatomowym informacja w jakiś sposób przedostaje się natychmiast od jednej cząstki do drugiej. (Nikt nigdy nie wyjaśnił, w jaki sposób ten przekaz się odbywa. Według fizyka Yakira Aharonova naukowcy załatwili ten problem, „nie myśląc o tym”<sup>41</sup>).

Najpoważniejszym problemem, jaki stworzyła fizyka kwantów, był jednak pewnego rodzaju nieporządek, dość nieoczekiwany i raczej niemile

widziany. Nagle okazało się, że do opisu wszechświata potrzebne są dwa zestawy praw: teoria kwantowa, która funkcjonuje na poziomie mikroświata, oraz teoria względności na poziomie makroświata. Teoria grawitacji, wbudowana w ogólną teorię względności, doskonale opisuje i wyjaśnia, dlaczego planety krążą wokół słońca i dlaczego galaktyki łączą się w klaster, lecz nie odgrywa żadnej roli na poziomie cząstek. Dla wyjaśnienia struktury atomów potrzebne były inne siły i w latach trzydziestych odkryto dwie: tak zwane silne oddziaływanie jądrowe oraz słabe oddziaływanie jądrowe. Silne oddziaływanie utrzymuje protony i neutrony w jądrze atomowym, natomiast słabe oddziaływanie jest między innymi odpowiedzialne za rozpady radioaktywne.

Nieco wbrew swej nazwie słabe oddziaływanie jądrowe jest 10 miliardów miliardów razy silniejsze od grawitacji<sup>42</sup>, a silne oddziaływanie jest jeszcze (o wiele rzędów wielkości) mocniejsze, lecz zasięg ich obu jest ograniczony do bardzo małych odległości. Silne oddziaływanie funkcjonuje do odległości około jednej stutysięcznej średnicy atomu<sup>43</sup>. To właśnie dlatego jądra atomowe są upakowane w tak małych objętościach i są tak gęste. Z tego samego powodu jądra bardzo ciężkich pierwiastków są niestabilne - oddziaływanie między najbardziej odległymi protonami słabnie wraz ze wzrostem objętości jądra.

W rezultacie fizyka dorobiła się dwóch zestawów praw - innego dla mikroświata i innego dla makroświata, aż do skali całego wszechświata - prowadzących całkowicie odrębne życie. Dla Einsteina było to nie do przyjęcia i przez resztę swojego życia<sup>44</sup> poszukiwał sposobu połączenia tych dwóch zestawów w jeden, który miałby się stać tak zwaną teorią wielkiej unifikacji. Ani on, ani nikt inny po nim nie zdołał tego dokonać. W miarę upływu czasu Einstein stopniowo usuwał się z głównego nurtu nauki. Jak pisze Snow” jego koledzy, niemal bez wyjątku, sądzili i nadal sądzą, że zmarnował drugą połowę życia”.

Rozwój fizyki kwantowej, raz zaczęty, postępował dalej i przybierał na sile. W latach czterdziestych fizycy w dobitny i spektakularny sposób zademonstrowali poziom swej wiedzy o atomach, gdy skonstruowali bomby zrzucone w sierpniu 1945 roku na Hiroszimę i Nagasaki.

Wbrew temu, co można było wówczas sądzić, era fizyki cząstek dopiero się zaczynała. Niebawem miało się okazać, że struktura i zjawiska mikroświata są o wiele bardziej skomplikowane, niż mogło się wydawać fizykom, którzy właśnie dokonali podboju atomu. Zanim przejdziemy do tej nieco wyczerpującej historii, musimy uaktualnić inny wątek naszej opowieści, w którym przypadki skapstwa, zdrady, oszustwa i niepotrzebnej śmierci towarzyszą ostatecznemu określeniu wieku Ziemi.

## Rozdział 10

### NIEPOŻĄDANY OŁÓW

Pod koniec lat czterdziestych dwudziestego wieku pewien doktorant University of Chicago, Clair Patterson (wbrew imieniu nie był córką, lecz synem farmera ze stanu Iowa), próbował wyznaczyć wiek Ziemi, stosując nową metodę pomiaru zawartości ołowiu w skałach. Wszystkie jego próbki były niestety zanieczyszczone, i to na ogół w znacznym stopniu. Większość z nich wykazywała zawartość ołowiu około 200 razy wyższą od naturalnego poziomu. Dopiero po wielu latach Patterson zdał sobie sprawę, że winą za ten pożałowania godny stan rzeczy należy obciążyć pewnego wynalazcę z Ohio o nazwisku Thomas Midgley Młodszy.

Midgley był z wykształcenia inżynierem i gdyby pozostał przy tym fachu, świat byłby bez wątpienia bezpieczniejszym miejscem, lecz Midgley interesował się także przemysłowymi zastosowaniami chemii. W 1921 roku, gdy pracował w General Motors Research Corporation w Dayton, w stanie Ohio, badał związek zwany czteroetylkami ołowiu i odkrył, że substancja ta posiada właściwości przeciwstukowe - w znacznym stopniu redukuje przedwczesny, niepożądany zapłon w silniku spalinowym.

Ołów był od dawna znany jako niebezpieczna substancja, lecz na początku dwudziestego wieku powszechnie stosowano go w produktach konsumpcyjnych. Konserwy zamykano za pomocą lutu zawierającego ołów. Woda była przesyłana i przechowywana w zbiornikach zawierających ołów. Ortoarsenian trójosiowy był stosowany jako pestycyd do ochrony owoców przez szkodnikami. Nawet do pasty do zębów dodawano ołów. Prawie każdy produkt codziennego użytku zawierał jakąś dawkę ołowiu, lecz żaden z nich nie spowodował poważniejszych skutków niż paliwo do silników samochodowych.

Ołów jest neurotoksyną. Nadmierna dawka może spowodować nieodwracalne zmiany i uszkodzenia mózgu oraz centralnego układu nerwowego. Wśród wielu symptomów i skutków zatrucia ołowiem należy wymienić ślepotę, bezsenność, niedomagania nerek, utratę słuchu, nowotwory, paraliż i konwulsje<sup>1</sup>. W swej najbardziej ostrej formie zatrucie ołowiem powoduje nagle, przerażające halucynacje, wstrząsające zarówno dla ofiary, jak i dla świadków, które na ogół doprowadzają do śpiączki i kończą się śmiercią. Ołów naprawdę potrafi być groźny.

Z drugiej strony ołów jest niezwykle łatwy w wydobyciu oraz obróbce i niemal zawstydzająco zyskowny w produkcji na skalę przemysłową, a czteroetylek ołowiu rzeczywiście posiada właściwości przeciwstukowe, więc w 1923 roku trzy spośród największych amerykańskich korporacji, General Motors, Du Pont oraz Standard Oil z New Jersey, utworzyły przedsiębiorstwo pod nazwą Ethyl Gasoline Corporation (później skrócono nazwę do Ethyl Corporation), którego zadaniem było produkowanie czteroetylku ołowiu w takich ilościach, jakie świat byłby skłonny kupić. Okazało się, że świat jest gotów kupić całkiem spore ilości. Producenci nazwali swój produkt „etylek”, ponieważ taka nazwa miała bardziej neutralny, mniej toksyczny i mniej groźny wydźwięk niż określenie zawierające słowo „ołów”. W dniu 1 lutego 1923 roku etylek został wprowadzony do powszechnego użytku (w szerszym znaczeniu, niż większość ludzi zdawała sobie sprawę).

Niemal natychmiast u pracowników zatrudnionych bezpośrednio przy produkcji pojawiły się objawy charakterystyczne dla zatrucia ołowiem, jak chwiejny krok oraz inne zaburzenia, i niemal natychmiast Ethyl Corporation zaczęła stosować politykę cichego, lecz nieugiętego zaprzeczania, która miała jej dobrze służyć przez całe dziesięciolecie. Jak pisze Sharon Bertsch McGrayne w swojej poruszającej historii chemii przemysłowej *Prometheans in the Lab*, gdy u pracowników w jednej z fabryk pojawiły się nieodwracalne halucynacje, rzecznik fabryki bez mrugnięcia okiem poinformował reporterów, że „ci ludzie

prawdopodobnie postradali zmysły, ponieważ zbyt ciężko pracowali”<sup>2</sup>. Co najmniej piętnaście osób zmarło w początkowym okresie produkcji benzyny ołowiowej. Liczba osób, które zachorowały na skutek kontaktu z ołowiem, nie jest znana, ponieważ firma niemal zawsze potrafiła ukryć przypadki wycieków i wywołanych przez nie zatruc. Zdarzały się jednak sytuacje niemożliwe do zatuszowania, na przykład w 1924 roku, gdy w ciągu kilku dni pięć osób zmarło, a trzydzieści pięć zamieniło się w żyjące wraki w wyniku wadliwej wentylacji w jednej z fabryk.

Gdy pogłoski o zagrożeniach związanych z nowym produktem zaczęły zataczać coraz szersze kręgi, Thomas Midgley, wynalazca etylku, zwołał konferencję prasową, aby rozproszyć rosnące niepokoje. W trakcie zapewnień o dbałości firmy o bezpieczeństwo pracowników Midgley oblał czteroetylkciem ołowiu swoje ręce, a następnie przez 60 sekund trzymał nos nad zawierającym go naczyniem, twierdząc przy tym, że mógłby tę procedurę powtarzać codziennie bez uszczerbku dla zdrowia. W rzeczywistości Midgley doskonale wiedział o zagrożeniach związanych z zatruciem ołowiem<sup>3</sup>: kilka miesięcy wcześniej sam zachorował i od tego czasu - pomijając wspomnianą demonstrację dla dziennikarzy - unikał ołowiu jak ognia.

Zachęcony sukcesem benzyny ołowiowej Midgley zajął się z kolei innym technologicznym problemem swojej epoki. W latach dwudziestych lodówki były często przyczyną poważnych wypadków, ponieważ stosowano w nich zdradliwy i niebezpieczny gaz, który często się ulatniał. W 1929 roku wyciek gazu z lodówki w szpitalu w Cleveland, w stanie Ohio, kosztował życie ponad 100 ludzi<sup>4</sup>. Midgley zabrał się do poszukiwania gazu, który byłby chemicznie obojętny, niepalny, niepowodujący korozji i niegroźny dla zdrowia. Jego niesamowity instynkt niebawem zaowocował wynalezieniem chlorofluorowęglowodorów, związków znanych obecnie pod skrótem CFC.

Niewiele produktów przemysłowych znalazło tak szybko tak liczne zastosowania. Związki CFC zaczęto produkować na początku lat trzydziestych.



Zawierały je tysiące produktów codziennego użytku, od klimatyzatorów samochodowych po dezodoranty. Pół wieku później okazało się, że niszczą one warstwę ozonu w stratosferze, co, jak wszyscy wiemy, ma dość niebezpieczne konsekwencje.

Ozon stanowi jedną z form tlenu. Molekuła ozonu tym się różni od zwykłego tlenu, którym oddychamy, że składa się z trzech atomów tlenu, a nie z dwóch. Na powierzchni Ziemi ozon jest niebezpieczny, gdyż powoduje niedomagania i schorzenia układu oddechowego, lecz wysoko w atmosferze jego obecność jest ze wszech miar pożądana, ponieważ bardzo skutecznie pochłania promieniowanie ultrafioletowe, mimo że jego stężenie w stratosferze jest bardzo niewielkie, właściwie znikome. Gdyby cały ozon występujący w atmosferze ziemskiej przenieść w pobliże powierzchni Ziemi, utworzyłby warstwę o grubości zaledwie dwóch milimetrów. Dlatego tak łatwo udało nam się zaburzyć planetarne zasoby ozonu. Chlorofluorowęglowodory również nie występują w atmosferze w dużych ilościach - stanowią około jednej miliardowej części atmosfery ziemskiej - lecz są niezwykle destrukcyjne. Jeden kilogram CFC potrafi schwytać i zniszczyć 70 000 kilogramów atmosferycznego ozonu<sup>5</sup>. Związki CFC są również bardzo trwałe - średnio licząc, molekuła CFC może przetrwać w atmosferze około 100 lat, przez cały czas niszcząc ozon. Działają także jako bardzo skuteczne gazy cieplarniane. Jako czynnik wzmacniający efekt cieplarniany molekuła CFC jest około 10 000 razy skuteczniejsza od dwutlenku węgla<sup>6</sup>, który też nie jest ostatni w tej konkurencji. Krótko mówiąc, chlorofluorowęglowodory mają spore szanse na tytuł najbardziej niebezpiecznego wynalazku dwudziestego wieku.

Midgley nigdy się o tym nie dowiedział, ponieważ zmarł na długo przed tym, zanim odkryto destrukcyjne właściwości związków CFC. Jego śmierć była równie wyjątkowa<sup>7</sup> jak całe jego życie. Aby częściowo zaradzić swemu kalectwu, które pozostało mu po przebyciu choroby Heinego-Medina, wynalazł i skonstruował zbudowany z wielokrążków mechanizm, który automatycznie

podnosił lub obracał go na łóżku. W 1944 roku Midgley zaplątał się w linki i udusił.

Mniej więcej w tym samym czasie na University of Chicago Willard Libby pracował nad metodą datowania techniką radioaktywnego węgla, wynalazkiem, który miał umożliwić naukowcom określanie wieku kości oraz innych organicznych pozostałości. Wcześniejsze oszacowania dat nie sięgały dalej niż okres I dynastii egipskiej<sup>8</sup>- czyli około 3000 lat p.n.e. Nikt nie mógł z pewnością stwierdzić, kiedy na przykład skończyła się ostatnia epoka lodowcowa lub kiedy ludzie z kultury Cro-Magnon dekorowali jaskinie w Lascaux we Francji.

Idea Libby'ego okazała się tak pożyteczna, że w 1960 roku otrzymał za nią Nagrodę Nobla. Opierała się na prostym spostrzeżeniu, że wszystkie żywe organizmy zawierają węgiel C-14, izotop węgla liczący sześć protonów i osiem neutronów w jądrze atomowym. W momencie śmierci danego organizmu stężenie tego izotopu w tkance zaczyna się zmniejszać, ponieważ węgiel C-14 jest radioaktywny i rozpada się z czasem połowicznego zaniku równym około 5600 lat (czyli po upływie 5600 lat połowa atomów węgla C-14 zniknie). Jeżeli zmierzy się aktualną zawartość węgla C-14 w danej próbce, można oszacować, kiedy proces rozpadu się zaczął, czyli wiek próbki, lecz tylko w pewnym zakresie czasowym. Metoda jest skuteczna i wiarygodna, dopóki w próbce istnieje wystarczająca ilość radioaktywnego izotopu węgla. Po upływie ośmiu okresów połowicznego zaniku pozostaje tylko 0,39 procent pierwotnej ilości<sup>9</sup> węgla C-14, zbyt mało, aby pomiar był wiarygodny. Z tego powodu datowanie metodą radioaktywnego węgla jest wiarygodne tylko dla obiektów liczących nie więcej niż około 40 tysięcy lat.

Wynalazek Libby'ego bardzo szybko się rozpowszechnił, lecz po pewnym czasie odkryto pewne niedostatki jego metody. Po pierwsze, okazało się, że jeden z podstawowych elementów wzoru Libby'ego, czas połowicznego zaniku węgla C-14, w rzeczywistości jest większy o około 3 procent. Do tego

czasu wykonano jednak tysiące pomiarów na całym świecie. Aby nie powiększać zamieszania, naukowcy zdecydowali się pozostawić poprzednią, zaniżoną wartość stałej. „Zatem - jak pisze Tim Flannery - opublikowany wiek każdej próbki wyznaczony metodą radiowęglową jest zaniżony o około 3 procent”<sup>10</sup>. To jednak nie był jedyny problem. Równie szybko okazało się, że próbki węgla C-14 łatwo ulegają zanieczyszczeniu z innych źródeł, na przykład małymi skrawkami roślinności, które zostały zebrane wraz z właściwą próbką i niezauważone dostały się do dalszej obróbki. Dla młodszych próbek - mniej więcej poniżej 20 tysięcy lat - niewielkie zanieczyszczenie nie ma zwykle dużego znaczenia, lecz dla znacznie starszych próbek może stanowić poważny problem, ponieważ niewiele radioaktywnych atomów pozostało do policzenia. By przywołać ponownie Flannery’ego - w pierwszym przypadku błąd można porównać do pomyłki o jednego dolara, gdy ma się w ręku tysiąc”. W drugim przypadku, gdy w ręku trzymamy dwa dolary, pomyłka o jednego dolara jest bardziej istotna.

Metoda Libby’ego była również oparta na założeniu, że stężenie węgla C-14 w atmosferze oraz tempo jego absorpcji przez organizmy żywe były takie same w całym okresie, który metoda obejmuje. W rzeczywistości wcale tak nie było. Obecnie wiemy, że stężenie węgla C-14 w atmosferze zmienia się w zależności od tego, jak skutecznie ziemskie pole magnetyczne odchyła promieniowanie kosmiczne, a to ostatnie podlegało dość znacznym zmianom w interesującym nas okresie. Oznacza to, że niektóre daty wyznaczone metodą węgla C-14 są jeszcze bardziej wątpliwe niż cała reszta. W szczególności dotyczy to okresu, gdy Ameryka została po raz pierwszy zaludniona<sup>12</sup>, co stanowi jeden z powodów, że kwestia ta jest przedmiotem nieustającej debaty.

Wyniki mogą także zostać zniekształcone przez pozornie nieistotne i dość nieoczekiwane czynniki, na przykład przez dietę istot, których kości stanowią obiekt badań. Jeden z niedawnych przypadków dotyczył długotrwałej debaty nad pochodzeniem syfilisu, a w szczególności pytania, czy pojawił się w

Nowym czy w Starym Świecie<sup>13</sup>. Archeolodzy z Hull odkryli ślady syfilisu na kościach mnichów spoczywających na cmentarzu tamtejszego klasztoru. Początkowe odczyty wskazywały, że kości pochodzą z czasów przed Kolumbem. Konkluzja ta została jednak podważona, gdy badacze stwierdzili, że dieta mnichów była bogata w ryby, co może spowodować zafałszowanie pomiarów wykonywanych metodą węgla C-14 - kości wydają się wtedy starsze, niż są w rzeczywistości. Mnisi mogli naprawdę chorować na syfilis, lecz nadal nie wiadomo, w jaki sposób i kiedy się zarazili.

Niedostatki metody radiowęglowej spowodowały, że naukowcy zaczęli stosować inne techniki datowania, między innymi metodę termoluminescencyjną, w której mierzy się emisję promieniowania przez elektrony uwięzione w próbkach, metodę elektronowego rezonansu spinowego, w której bombarduje się próbkę falami elektromagnetycznymi i mierzy wibracje elektronów. Lecz nawet najlepsza z tych metod nie nadaje się do badania próbek starszych niż około 200 tysięcy lat. Nie można za ich pomocą wyznaczać wieku materiałów nieorganicznych, na przykład skał, co oczywiście wyklucza możliwość pomiaru wieku naszej planety.

Problemy związane z datowaniem skał były jeszcze poważniejsze niż w przypadku materiałów organicznych. W pewnym okresie zagadnienie to zostało prawie całkowicie zepchnięte na drugi plan. Nie zostało jednak zupełnie zapomniane, a jego odrodzenie nastąpiło dzięki zdeterminowanemu profesorowi geologii Arthurowi Holmesowi.

Swoje niewątpliwe osiągnięcia Holmes zawdzięcza w znacznym stopniu uporowi, z jakim prowadził badania geologiczne w czasach, gdy geologia przestała być modna. W latach dwudziestych, w szczytowym okresie jego kariery zawodowej, modna była fizyka; nakłady na geologię zmniejszyły się drastycznie, zwłaszcza w Anglii, skądinąd będącej kolebką geologii. Na uniwersytecie w Durham Holmes przez wiele lat był jedynym pracownikiem wydziału geologii. Aby kontynuować swoje badania nad radiometrycznym

datowaniem skał, często musiał pożyczać lub łątać aparaturę. W pewnym momencie był zmuszony zawiesić na rok obliczenia w oczekiwaniu na prostą maszynę do dodawania. Niekiedy musiał całkowicie wstrzymać swoją działalność naukową, aby dorobić na utrzymanie rodziny. Przez pewien czas prowadził sklep z osobliwościami w Newcastle upon Tyne. W niektórych latach nie było go stać na opłatę członkowską Geological Society w wysokości pięciu funtów.

Technika stosowana przez Holmesa wywodziła się bezpośrednio z odkryć Ernesta Rutherforda, który w 1904 roku zaobserwował, że atomy pewnych pierwiastków ulegają rozpadom i przekształcają się w atomy innych pierwiastków. Znając tempo, z jakim potas K-40 zamienia się w argon Ar-40, i mierząc zawartości izotopów obu pierwiastków w próbce, można wyznaczyć wiek próbki. Holmes próbował zmierzyć tempo przemiany uranu w ołów, aby móc mierzyć wiek skał, a w konsekwencji także wiek Ziemi.

Teoretycznie metoda jest prosta, lecz wymaga pokonania wielu technicznych problemów. Do mierzenia zawartości pierwiastków w bardzo małych próbkach niezbędna jest dość skomplikowana aparatura, podczas gdy Holmes miał trudności z pozyskaniem nawet tak prostych urządzeń jak maszyna licząca. W tym kontekście tym bardziej trzeba docenić jego osiągnięcia oraz upór i konsekwencję w ich realizacji. Gdy w 1946 roku ogłosił wyniki swoich badań, z których wynikało, że Ziemia liczy co najmniej trzy miliardy lat, a możliwe, że znacznie więcej, napotkał kolejną przeszkodę<sup>14</sup> w postaci oporu ze strony konserwatywnej większości swoich kolegów po fachu. Wielu z nich doceniało wprawdzie jego metodologię, lecz kwestionowało ostateczny rezultat, twierdząc, że Holmes nie zmierzył wieku samej Ziemi, lecz jedynie materiałów, z których Ziemia jest zbudowana.

Mniej więcej w tym samym czasie Hanson Brown z University of Chicago opracował nową metodę mierzenia zawartości ołowiu w skałach metamorficznych (czyli tych, które powstają pod wpływem wysokiej

temperatury w wyniku działania procesów wulkanicznych, a nie osadowych). Spodziewając się, że jej realizacja będzie wyjątkowo nudnym przedsięwzięciem, powierzył je młodemu Clairowi Pattersonowi jako pracę dyplomową. Wieść niesie, że skusił swego młodego współpracownika obietnicą, że zmierzenie wieku Ziemi nową metodą będzie zadaniem prostym i szybkim. W rzeczywistości trwało kilka lat.

Patterson zaczął pracę nad projektem w 1948 roku. W porównaniu z wynalazkami i barwnymi przedsięwzięciami Thomasa Midgleya na drodze do postępu odkrycie wieku Ziemi przez Pattersona robi wrażenie nieco mniej ekscytującego przedsięwzięcia. Przez siedem lat, najpierw na University of Chicago, a następnie w California Institute of Technology (dokąd przeniósł się w 1952 roku), pracował w sterylnym laboratorium, wykonując bardzo precyzyjne pomiary zawartości ołowiu i uranu w starannie wyselekcjonowanych próbkach starych skał.

Problem polegał między innymi na tym, że potrzebne były bardzo stare skały, zawierające związki ołowiu oraz uranu, które powstały mniej więcej w tym samym czasie co sama planeta, ponieważ młodsze skały dałyby oczywiście fałszywe, zaniżone wyniki. Bardzo stare skały są niezwykle rzadkie na Ziemi, aczkolwiek w latach czterdziestych nikt jeszcze nie rozumiał dlaczego. Trudno w to uwierzyć, lecz dopiero w erze podboju kosmosu ludzkość poznała przyczyny oraz mechanizmy, które powodują usuwanie starych skał z powierzchni Ziemi (tym mechanizmem jest oczywiście tektonika płyt, do której jeszcze wrócimy). Patterson był zdany na własne siły, próbując wywnioskować coś sensownego z ograniczonego zasobu materiałów, którymi dysponował. W końcu wpadł na genialny pomysł, w jaki sposób można obejść problem niedostatku skał w badaniach, których ostatecznym celem ma być wyznaczenie wieku Ziemi - trzeba użyć skał spoza Ziemi.

Patterson założył - to dość odważne przypuszczenie, lecz okazało się słuszne - że meteoryty stanowią w większości materiały budowlane z

początkowego okresu istnienia, a właściwie formowania się Układu Słonecznego, a zatem powinny zachować mniej więcej nienaruszony, pierwotny skład chemiczny. Wystarczy zmierzyć wiek tych kosmicznych wędrowców, aby otrzymać także przybliżony wiek Ziemi.

Jak zwykle jednak nie jest tak proste i łatwe, jak mogłoby wynikać z tego krótkiego opisu. Meteoryty także nie występują powszechnie na Ziemi i nie jest łatwo znaleźć próbki do badań. Co więcej, technika pomiarowa Browna wymagała wielu drobiazgowych przygotowań i zabiegów. Przede wszystkim jednak okazało się, że próbki skał były w nieodwracalny i nieprzewidywalny sposób zanieczyszczane przez znaczne dawki atmosferycznego ołowiu za każdym razem, gdy były wystawione na kontakt z powietrzem. To właśnie z tego powodu Patterson został w końcu zmuszony do zbudowania sterylnego laboratorium<sup>15</sup> - prawdopodobnie pierwszego na świecie.

Siedem lat cierpliwej pracy zajęło Pattersonowi znalezienie odpowiednich skał i wykonanie wstępnych pomiarów. Wiosną 1953 roku zabrał swoje próbki do Argonne National Laboratory w stanie Illinois, gdzie przyznano mu czas na najnowszy model spektrografu masowego, urządzenia pozwalającego wykryć i zmierzyć niewielkie ilości uranu i ołowiu związanych w kryształach i wraz z nimi uwięzionych w skałach. Gdy w końcu uzyskał ostateczne wyniki, był tak podniecony, że pojechał prosto do swojego rodzinnego domu w stanie Iowa i kazał matce zawieźć się do szpitala, ponieważ sądził, że ma atak serca.

Wkrótce potem, w czasie konferencji w Wisconsin, Patterson ogłosił definitywny wiek Ziemi: 4550 milionów lat (plus minus 70 milionów) - „liczba, która pozostaje aktualna po 50 latach”<sup>16</sup>, jak z podziwem zauważyła McGrayne. Po 200 latach prób Ziemia w końcu otrzymała metrykę urodzenia.

Niemal natychmiast po zakończeniu badań nad wiekiem skał i Ziemi Patterson zajął się kwestią obecności ołowiu w atmosferze. Ku swemu zaskoczeniu odkrył, że prawie nic nie wiadomo o biologicznych skutkach obecności związków ołowiu w środowisku, a prawie wszystko to, co było

wiadome, okazało się błędne lub mylące. Taki stan rzeczy nie powinien jednak dziwić, ponieważ przez 40 lat wszystkie badania biologicznych i medycznych skutków ołowiu były finansowane wyłącznie przez producentów związków ołowiu.

W jednym z takich badań lekarz nie mający wykształcenia w dziedzinie patologii<sup>17</sup> prowadził pięcioletnie badania, w ramach których ochotnicy wdychali lub wypijali substancje zawierające wysokie dawki związków ołowiu, a następnie badano ich mocz i kał. Niestety, badacz prawdopodobnie nie wiedział, że ołów nie jest wydalany przez organizm, ponieważ odkłada się we krwi i w kościach - i dlatego jest tak niebezpieczny. Ani krwi, ani kości jednak nie badano. Zdrowotne konsekwencje obecności ołowiu w organizmie były nieznane lub ignorowane przez kilkadziesiąt lat.

Patterson bardzo szybko stwierdził, że w atmosferze ziemskiej występował ołów - i występuje nadal, ponieważ bardzo trudno go usunąć - i że około 90 procent jego stężenia prawdopodobnie pochodzi z rur wydechowych samochodów<sup>18</sup>. Aby to udowodnić, potrzebował danych dotyczących stężenia ołowiu w atmosferze przed 1923 rokiem, gdy czteroosobowe samochody po raz pierwszy zaczęły produkować na skalę przemysłową, aby móc je porównać ze stanem obecnym. Odpowiedź znalazł w lodowcu.

Śnieg na Grenlandii nie topnieje, lecz ulega akumulacji i tworzy pokrywę lodu, którą można podzielić na roczne warstwy, ponieważ sezonowe zmiany temperatury powodują niewielkie zmiany odcienia lodu w okresie między zimą a latem. Odkopując odpowiednią liczbę warstw i mierząc ilość ołowiu w każdej z nich, Patterson potrafił określić stężenie ołowiu w atmosferze setki, a nawet tysiące lat wstecz. Zapoczątkował dziedzinę badań nad rdzeniami lodowymi, która stanowi podstawę większości współczesnych prac klimatologicznych<sup>19</sup>.

Patterson odkrył, że przed 1923 rokiem w atmosferze nie było prawie w ogóle związków ołowiu, a od tego czasu ich stężenie stale i niebezpiecznie rośnie. Usunięcie ołowiu z benzyny stało się jego życiowym celem, a on sam



stał się głośnym i uporczywym krytykiem tej gałęzi przemysłu petrochemicznego oraz jej interesów.

Okazało się, że zadarł z nie byle kim. W tym czasie Ethyl był już potężną, globalną korporacją i miał wielu wysoko postawionych przyjaciół i popleczników (wśród dyrektorów koncernu byli między innymi sędzia amerykańskiego Sądu Najwyższego Lewis Powell oraz Gilbert Grosvenor z National Geographic Society). Nagle okazało się, że fundusze na badania są znacznie trudniejsze do zdobycia lub wręcz wycofywane. American Petroleum Institute zerwał kontrakt badawczy z Pattersonem, podobnie jak United States Public Health Service, agencja rządowa, co do której można by domniemywać, że w najgorszym razie powinna zachować neutralność.

Patterson z roku na rok stawał się coraz większym obciążeniem dla swojej macierzystej instytucji. Przedstawiciele przemysłu łożwiowego wywierali coraz silniejszą presję na władze Caltechu, aby uciszyły lub zwolniły Pattersona. W roku 2000 w czasopiśmie „The Nation” ukazał się artykuł Jamiego Lincolna Kitmana, w którym pisze on, że dyrektorzy koncernu Ethyl zaproponowali, iż ufundują katedrę na Caltechu, Jeżeli Patterson zostanie wyrzucony”<sup>20</sup>. W 1971 roku Patterson został wyłączony z komisji powołanej przez National Research Council do zbadania niebezpieczeństw oraz skutków zatrucia łożwiem atmosferycznym, mimo że w owym czasie był on już niekwestionowanym autorytetem i czołowym amerykańskim ekspertem w tej dziedzinie.

Patterson nigdy się nie ugiął. Jego wysiłki doprowadziły w końcu do uchwalenia słynnej ustawy Clean Air Act\* z 1970 roku i ostatecznie do

\* Uchwała o czystym powietrzu (przyp. tłum.). wprowadzenia w 1986 roku zakazu sprzedaży benzyny łożwiowej w Stanach Zjednoczonych. Niemal natychmiast poziom łożwiu we krwi Amerykanów spadł o 80 procent<sup>21</sup>. Raz wypuszczony łów pozostaje w powietrzu na zawsze, dlatego żyjący dzisiaj Amerykanie mają około 625 razy wyższe stężenie łożwiu we krwi niż ich przodkowie 100 lat temu<sup>22</sup>. Ilość łożwiu w atmosferze nadal rośnie, całkowicie

legalnie, o około 100 tysięcy ton rocznie<sup>23</sup> głównie za sprawą kopalń, przetwórstwa metali oraz kilku innych gałęzi przemysłu. Stany Zjednoczone wprowadziły także zakaz użycia ołowiu w artykułach malarskich do użytku wewnętrznego „44 lata później niż większość Europy”<sup>24</sup>, jak pisze McGrayne. Biorąc pod uwagę ich wyjątkową toksyczność, trzeba uznać za godne uwagi, że konserwy i inne pojemniki lutowane przy użyciu materiałów zawierających ołów zostały wycofane ze sprzedaży w Ameryce dopiero w 1993 roku.

Ethyl Corporation nadal ma się nieźle, aczkolwiek General Motors, Standard Oil oraz Du Pont nie posiadają już jego akcji (sprzedały je w 1962 roku firmie Albemarle Paper). Według McGrayne jeszcze w lutym 2001 roku Ethyl podtrzymywał twierdzenie, „że badania nie wykazały, aby etylina ołowiowa stwarzała zagrożenie dla ludzkiego zdrowia<sup>23</sup> lub dla środowiska”. Historia firmy zamieszczona na jej stronie internetowej nie wspomina o ołowiu - ani o Thomasie Midgleyu - lecz określa oryginalny produkt jako zawierający „pewną mieszankę związków chemicznych”.

Ethyl nie produkuje już benzyny ołowiowej, aczkolwiek - ■ według sprawozdania z 2001 roku - sprzedaż czteroetylku ołowiu (w skrócie TEL, od angielskiej nazwy tetraethyl lead) przyniosła w 2000 roku 25,1 miliona dolarów (na ogólną sumę 795 milionów), nieco więcej niż 24,1 miliona w 1999 roku, lecz znacznie mniej niż 117 milionów w 1998. Firma podkreśliła w sprawozdaniu swoją determinację mającą na celu „maksymalizowanie dochodów pochodzących ze sprzedaży czteroetylku ołowiu, mimo spadku zużycia na całym świecie”. Ethyl rozprowadza czteroetylek ołowiu na cały glob dzięki współpracy z angielską firmą Associated Octel Ltd.

Jeśli chodzi o drugą plagę, którą pozostawił nam Thomas Midgley, chlorofluorowęglowodory, ich sprzedaż została zakazana w Stanach Zjednoczonych w 1974 roku, lecz wszystko, co wcześniej wypuszczono do atmosfery (między innymi z dezodorantów i lakierów do włosów), pozostanie w niej i będzie pochłaniać ozon jeszcze długo po tym, jak ty i ja przestaniemy

pochłaniać tlen<sup>26</sup>. Co gorsza, nadal co roku wypuszcza się do atmosfery olbrzymie ilości związków CFC<sup>27</sup>. Według Wayne'a Biddle'a ponad 27 milionów kilogramów, o wartości 1,5 miliarda dolarów, co roku trafia na światowy rynek. Kto to produkuje? My sami, a ściślej, wiele dużych korporacji nadal produkuje związki CFC w fabrykach położonych w innych krajach. W niektórych krajach Trzeciego Świata zakaz ich produkcji wejdzie w życie dopiero w roku 2010.

Clair Patterson zmarł w 1995 roku. Nie otrzymał Nagrody Nobla za swoją pracę. Geologia nie należy do kategorii, w których przyznaje się Nobla. Nieco bardziej dziwny jest fakt, że nie zyskał sławy, uznania, ani nawet zainteresowania ze strony mediów za swoje bezsporne osiągnięcia naukowe oraz pół wieku wytrwałej, bezinteresownej pracy na rzecz środowiska. Można by bronić tezy, że był najbardziej wpływowym geologiem dwudziestego wieku, ale kto kiedykolwiek słyszał nazwisko Clair Patterson. Większość podręczników geologii nawet o nim nie wspomina. Dwie niedawno wydane popularnonaukowe książki o historii datowania skał i Ziemi podają jego nazwisko z błędem<sup>28</sup>. Na początku 2001 roku recenzent prestiżowego czasopisma „Nature” zrobił dodatkowy, zdumiewający błąd, sądząc, że Clair był płci żeńskiej<sup>29</sup>.

Tak czy inaczej, dzięki pracom Claira Pattersona w 1953 roku Ziemia miała w końcu metrykę urodzenia, na którą wszyscy mogliby przystać, gdyby nie to, że nasza planeta okazała się starsza niż cały wszechświat.

## Rozdział 11

### KWARKI MUSTER MARKA

W 1911 roku brytyjski fizyk C.T.R. Wilson<sup>1</sup> prowadził badania chmur, wspinając się regularnie na szczyt góry Ben Nevis, znanej w całej Szkocji ze swej wilgotnej atmosfery, dopóki nie przyszło mu do głowy, że musi być jakiś prostszy sposób. Wróciwszy do Cavendish Laboratory w Cambridge, Wilson zbudował komorę mgłową, proste urządzenie, w którym mógł zmieniać wilgotność i obniżać temperaturę, stwarzając rozsądny model chmur w warunkach laboratoryjnych.

Urządzenie bardzo dobrze spisywało się w tej roli, lecz okazało się, że ma jeszcze inne, nieoczekiwane zastosowania. Gdy Wilson rozpędził cząstkę alfa i przepuścił ją przez swoją komorę, cząstka zostawiła widoczny ślad, przypominający smugi kondensacyjne pozostawiane przez samoloty. Wilson wynalazł detektor, który niebawem dostarczył przekonujących dowodów istnienia innych subatomowych cząstek.

Dwadzieścia lat później dwaj inni naukowcy z Cavendish Laboratory wynaleźli urządzenie przyspieszające protony, a w Kalifornii Ernest Lawrence skonstruował swój słynny cyklotron, jedno z pierwszych urządzeń do rozbijania atomów. Wszystkie one działały, a właściwie działają do dziś na mniej więcej takiej samej zasadzie polegającej na przyspieszaniu protonów lub innych naładowanych cząstek do ekstremalnie dużych prędkości w komorze próżniowej (niekiedy kołowej, niekiedy liniowej), a następnie zderzaniu ich z innymi cząstkami i badaniu rozbiegających się na wszystkie strony szczątków. Nie jest to najbardziej subtelny sposób uprawiania nauki, lecz na ogół dość skuteczny. Urządzenia te są zwykle określane mianem akceleratorów, a niekiedy także zderzaczy.

Fizycy budowali coraz większe i coraz ambitniejsze maszyny, przy użyciu

których zaczęli odkrywać coraz więcej cząstek, a nawet rodzin cząstek, których liczba wydawała się nie mieć końca: mionów, pionów, hiperonów, mezonów, kaonów, bozonów Higgsa, wektorowych bozonów

174 pośredniczących, barionów, tachionów. Nawet fizycy zaczęli odczuwać pewien dyskomfort. „Młody człowieku - odpowiedział Enrico Fermi, gdy student zapytał go o nazwę cząstki - gdybym potrafił zapamiętać nazwy tych wszystkich cząstek, byłbym botanikiem”<sup>2</sup>.

Współczesne akceleratory noszą nazwy, których Flash Gordon\* mógłby użyć w bitwie: Super Proton Synchrotron, Large Electron-Positron Collider, Large Hadron Collider, Relativistic Heavy Ion Collider. Zużywając olbrzymie ilości energii (niektóre działają tylko w nocy, aby mieszkańcom okolicznych miejscowości nie migotały żarówki w wyniku spadków napięcia w sieci energetycznej), potrafią doprowadzić cząstki do takich prędkości, że na przykład elektron robi 47 000 okrążeń 7-kilometrowego tunelu w czasie poniżej jednej sekundy<sup>3</sup>. Swego czasu pojawiły się nawet obawy, że w wyniku swego entuzjazmu fizycy cząstek niechętnie wyprodukują czarne dziury lub nawet tak zwane dziwne kwarki, których oddziaływania z innymi subatomowymi cząstkami mogą, przynajmniej teoretycznie, rozprzestrzeniać się lawinowo i doprowadzić do niekontrolowanej reakcji łańcuchowej. Jeżeli czytasz ten tekst, to znaczy, że jeszcze im się nie udało.

Detekcja cząstek subatomowych wymaga pewnej dozy koncentracji. Niektóre z nich są nie tylko małe i szybkie, lecz także dość efemeryczne. Potrafią pojawiać się i zniknąć w czasie krótszym niż 0,000000000000000000000001 sekundy ( $10^{-24}$  sekundy). Nawet najbardziej leniwe<sup>4</sup> spośród niestabilnych cząstek istnieją nie dłużej niż 0,0000001 sekundy ( $10^{-7}$  sekundy).

Niektóre cząstki są niewiarygodnie nietowarzyskie. W każdej sekundzie Ziemię odwiedza 10 tysięcy bilionów bilionów maleńkich, niemal pozbawionych masy neutrin (większość z nich pochodzi z reakcji zachodzących

wewnątrz Słońca) i prawie wszystkie przechodzą na wylot przez planetę i wszystko inne, na co natrafiają po drodze, łącznie z tobą i ze mną, jakby nas w ogóle nie było. Aby schwytać przynajmniej kilka z nich, naukowcy budują olbrzymie zbiorniki (największy ma objętość 57 000 metrów sześciennych) na ciężką wodę (czyli z dużą zawartością deuteru) umieszczone głęboko pod ziemią (zwykle w opuszczonych kopalniach), aby zminimalizować wpływ innych rodzajów promieniowania.

Od czasu do czasu jedno z przelatujących neutrin zderza się z jądrem atomowym cząsteczki wody i produkuje wiązkę wtórnych cząstek, które są

\* Bohater komiksów SF, wymyślony przez Alexa Raymonda i tytułowy bohater filmu z 1980 roku (przyp. tłum.).

175 rejestrowane przez detektory otaczające zbiornik. Naukowcy liczą te zderzenia i w ten sposób próbują zrozumieć fundamentalne właściwości wszechświata. W 1998 naukowcy badający neutrina w japońskiej kopalni Kamiokande ogłosili, że neutrino posiada masę<sup>5</sup> niewielką, lecz niezerową: około jednej dziesięciomilionowej masy elektronu.

W dzisiejszych czasach szukanie cząstek wymaga pieniędzy, i to w sporych ilościach. Istnieje nawet zadziwiająca, odwrotna proporcjonalność 'j. między rozmiarami poszukiwanego obiektu i rozmiarami urządzeń przeznaczonych do jego poszukiwania. CERN w ciągu kilkudziesięciu lat swego istnienia rozrosło się do rozmiarów niewielkiego miasta zbudowanego po obu stronach granicy Francji i Szwajcarii. Jego powierzchnię liczy się w kilometrach kwadratowych, pracują w nim 3000 ludzi oraz wiązka magnesów o łącznej wadze przekraczającej wagę wieży Eiffla umieszczona w tunelu o długości 26 kilometrów.

Rozbijanie atomów jest łatwe<sup>6</sup>. Robisz to za każdym razem, gdy włączasz fluorescencyjną żarówkę. Rozbijanie jąder atomowych wymaga nieco więcej wysiłku, pieniędzy i odpowiedniego źródła energii elektrycznej. Dojście do poziomu kwarków - cząstek, z których zbudowane są między innymi protony i

neutrony - jest jeszcze trudniejsze: wymaga bilionów woltów i nakładów finansowych porównywalnych z budżetem niewielkiego środkowoamerykańskiego państewka. Duży Zderzacz Hadronów, który ma zacząć funkcjonować w CERN-ie w 2007 roku, będzie rozpędzał cząstki do energii 14 bilionów elektronowoltów<sup>7</sup>, a jego konstrukcja ma kosztować nieco ponad 1,5 miliarda dolarów\*.

Powyższe liczby błędą w porównaniu z przewidywanymi możliwościami, a także z kosztami urządzenia, które nosiło nazwę Nadprzewodzący Superzderzacz i zaczęło powstawać w latach osiemdziesiątych w Waxahachie, w stanie Teksas, zanim samo doznało superzderzenia z Kongresem Stanów Zjednoczonych. Za jego pomocą naukowcy zamierzali badać „ostateczną naturę materii”, jak to się zwykle określa, dzięki odtworzeniu warunków, jakie panowały we wszechświecie w pierwszej jednej dziesięciotysięcznej z miliardowej części sekundy od wielkiego wybuchu. Plan polegał na rozpędzaniu cząstek wzdłuż długiego na 84 kilome

\* Istnieją także praktyczne pożytki tych olbrzymich nakładów. World Wide Web, internetowa sieć komputerowa, stanowi uboczny produkt CERN-u. Wynalazł ją w 1989 roku naukowiec z CERN-u, Tim Bęrnars-Lee.

176 try tunelu do energii 99 bilionów elektronowoltów. Koszt budowy opiewał na 8 miliardów dolarów (ostatecznie miał przekroczyć 10 miliardów) plus setki milionów rocznie na eksploatację.

Dając prawdopodobnie najlepszy w historii przykład pompowania pieniędzy podatników do dziury w ziemi, Kongres wydał na budowę 2 miliardy dolarów, po czym w 1993 roku, po wykonaniu 22 kilometrów tunelu, wstrzymał dalsze finansowanie i zlikwidował cały projekt. Teksas może się obecnie pochwalić posiadaniem najdroższej dziury w całym wszechświecie. Jeff Guinn z gazety „Fort Worth Star-Telegram” opisał mi ją jako „w zasadzie puste, olbrzymie pole z łańcuszkiem zawieszonych miasteczek na obwodzie”<sup>8</sup>.

Od czasu niepowodzenia z superzderzaczem fizycy cząstek nieco

zmniejszyli swoje apetyty, lecz nawet względnie skromne projekty bywają niesamowicie kosztowne w porównaniu z niemal każdą inną dziedziną. Proponowany detektor neutrin<sup>9</sup> w starej kopalni Homestake w miejscowości Lead, w Dakocie Południowej, ma kosztować 500 milionów dolarów, mimo że kopalnia już jest przecież wykopana. Nie licząc kosztów eksploatacji, przewidziano także 281 milionów dolarów na „ogólne koszty konwersji”. Tymczasem na przebudowę akceleratora cząstek w laboratorium Fermilab w stanie Illinois wydano 260 milionów dolarów<sup>10</sup>.

Jak widać, fizyka cząstek stanowi dość kosztowne przedsięwzięcie, aczkolwiek trzeba również przyznać, że produktywnie. Obecnie liczba wykrytych cząstek przekracza już 150<sup>11</sup>, a dalsze 100 czeka na swoich odkrywców, lecz, jak ujął to Richard Feynman, „bardzo trudno jest zrozumieć powiązania między wszystkimi tymi obiektami, po co natura je wszystkie stworzyła, a także związki między poszczególnymi cząstkami”. Za każdym razem, gdy uda nam się otworzyć pudełko, znajdujemy w środku kolejne zamknięte pudełko. Niektórzy naukowcy sądzą, że w przyrodzie mogą istnieć cząstki poruszające się szybciej od światła, tak zwane ta-chiony<sup>12</sup>. Inni próbują znaleźć grawitony - nośniki grawitacji. Niełatwo stwierdzić, w którym momencie osiągniemy nieredukowalne dno. Carl Sagan w książce Kosmos odwołał się do tych wszystkich opowieści science fiction z lat pięćdziesiątych, zwracając uwagę na możliwość, że gdybyśmy znaleźli się we wnętrzu elektronu, okazałoby się, że zawiera on własny wszechświat. „W jego obrębie znajdowałyby się, zorganizowane w lokalne odpowiedniki galaktyk i mniejszych struktur, ogromne liczby innych, znacznie drobniejszych cząstek elementarnych, które byłyby wszechświa-

177 tanu kolejnego szczebla, i tak dalej w dół nieskończonej drabiny<sup>13</sup>. Podobnie wyglądałby drugi kierunek, ku coraz większym wszechświatom”.

Dla większości z nas świat cząstek przekracza granice zrozumienia,,: Aby przeczytać choćby najbardziej elementarny przewodnik po fizyce cząstek,



musisz przebrnąć przez leksykalny gąszcz wyrażen w rodzaju: „naładowany pion oraz antypion rozpadają się odpowiednio<sup>14</sup> na mion plus antyneutrino oraz na antymion plus neutrino ze średnim czasem życia  $2,603 \times 10^{-8}$  sekundy; neutralny pion rozpada się na dwa fotony z czasem życia około  $0,8 \times 10^{-16}$  sekundy; mion i antymion rozpadają się odpowiednio na...”. I tak dalej, a była to tylko popularna książka dla laików napisana przez jednego z najbardziej utalentowanych popularyzatorów nauki, Stevena Weinberga.

W latach sześćdziesiątych fizyk z Caltechu, Murray Gell-Mann, próbując wnieść trochę porządku do mikroświata, wynalazł nową klasę cząstek, aby, jak ujął to Steven Weinberg, „przywrócić trochę ekonomii w świecie hadronów”<sup>15</sup>. Protony, neutrony oraz inne cząstki podlegające silnemu oddziaływaniu są obejmowane kolektywną nazwą hadronów. Według teorii Gell-Manna wszystkie hadrony są złożone z jeszcze mniejszych, bardziej fundamentalnych cząstek. Richard Feynman chciał nazwać te nowe podstawowe cząstki partonami<sup>16</sup>, lecz ostatecznie utrzymała się nazwa zaproponowana przez Gell-Manna - kwarki.

Gell-Mann zapożyczył to słowo z Finnegan 's Wake Joyce'a: „Three quarks for Muster Mark!”. (Fizycy wymawiają je podobnie jak storks - bociany, a nie jak larks - skowronki, mimo że sam Joyce niemal na pewno miał na myśli wymowę zbliżoną do skowronków). Fundamentalna prostota kwarków nie utrzymała się zbyt długo. W miarę jak poznawaliśmy je coraz lepiej, konieczne okazało się wprowadzenie dalszych podziałów. Kwarki, które są oczywiście zbyt małe, aby mieć kolor, smak lub jakąkolwiek inną fizyczną cechę rozpoznawalną za pomocą ludzkich zmysłów, zostały podzielone na sześć rodzajów - kwark górny, dolny, dziwny, powabny, denny, szczytowy; początkowo wymiennie funkcjonowały nazwy piękny/denny oraz prawdziwy/szczytowy, o których fizycy przewrotnie mówią jako o „zapachach”, oraz na trzy „kolory”: czerwony, zielony i niebieski (można podejrzewać, że istnieje jakiś związek tego nazewnictwa z faktem, że wszystko to działo się w Kalifornii w epoce psychodelicznej).

Z tego wszystkiego wyłonił się tak zwany model standardowy<sup>17</sup> cząstek, który w zasadzie stanowi pewnego rodzaju zestaw części zamiennych subatomowego świata. Składa się z sześciu kwarków, sześciu leptonów, pięciu znanych bozonów oraz hipotetycznego, szóstego, bozonu Higgsa (od nazwiska szkockiego fizyka Petera Higgsa) wraz z trzema spośród czterech znanych sił: silnego i słabego oddziaływania oraz elektromagnetyzmu.

Model w zasadzie opiera się na założeniu, że podstawowymi elementami składowymi materii są kwarki oraz leptony. Kwarki, utrzymywane razem przez cząstki zwane gluonami, tworzą protony oraz neutrony, które z kolei tworzą jądra atomowe. Do leptonów zaliczają się elektrony oraz neutrino. Kwarki oraz leptony są łącznie nazywane fermionami. Bozony (nazwane na cześć hinduskiego fizyka S.N. Bosego) są cząstkami, które przenoszą oddziaływania<sup>18</sup>; należą do nich fotony oraz gluony. Nie wiemy jeszcze, czy istnieje bozon Higgsa; został on wprowadzony jako sposób obdarzenia cząstek masą.

Jak widać, to wszystko razem jest trochę zbyt skomplikowane jak na model podstawowej struktury materii, lecz jest to najprostszy model wyjaśniający wszystko, co się dzieje w świecie cząstek. Większość fizyków cząstek uważa, że modelowi standardowemu brak elegancji i prostoty. Jak stwierdził Leon Lederman w 1985 roku w programie telewizyjnym: „Jest zbyt skomplikowany. Zawiera za dużo arbitralnych parametrów. Nie wydaje nam się, aby Stwórca rzeczywiście kręcił dwudziestoma pokrętłami, aby stworzyć taki wszechświat, jaki widzimy”<sup>19</sup>. Fizyka jest niczym innym jak poszukiwaniem ostatecznej prostoty, lecz na razie mamy coś w rodzaju eleganckiego bałaganu lub, jak ujął to Lederman: „Istnieje głębokie przekonanie, że ten obraz nie jest piękny”.

Model standardowy jest nie tylko niezgrabny, lecz także niekompletny. Po pierwsze, nie obejmuje grawitacji. Nie mówi ani słowa, dlaczego położony na stole kapelusz posłusznie leży, a nie unosi się swobodnie ku sufitowi. Nie wyjaśnia pojęcia masy, jak już stwierdziliśmy powyżej. Aby przypisać cząstkom

jakąkolwiek masę, musimy wprowadzić hipotetyczny bozon Higgsa<sup>20</sup>; kwestia istnienia cząstki Higgsa pozostaje do rozstrzygnięcia przez fizykę dwudziestego pierwszego stulecia. Jak radośnie zauważył Feynman: „Mamy zatem teorię i nie wiemy, czy jest słuszna czy błędna, ale wiemy, że jest troszkę błędna, a w każdym razie niekompletna”<sup>21</sup>.

W ramach prób połączenia wszystkiego razem fizycy stworzyli tak zwaną teorię superstrun, której centralnym paradygmatem<sup>22</sup> jest założenie, że wszystkie te małe obiekty - kwarki, leptony i cała reszta - o których uprzednio sądziliśmy, że są cząstkami, w rzeczywistości są „strunami”, drgającymi włóknami energii, oscylującymi w jedenastu wymiarach, Z tych jedenastu trzy już znamy, czwartym jest czas, a pozostałe siedem wymiarów jest dla nas niedostępne. Struny są bardzo małe, na tyle małe, że z powodzeniem udają cząstki punktowe<sup>21</sup>.

Dzięki wprowadzeniu dodatkowych wymiarów teoria superstrun umożliwia fizykom połączenie praw kwantowych oraz grawitacji w jedną, w miarę uporządkowaną strukturę. Z drugiej strony wszystko, co naukowcy mają do powiedzenia na temat tej teorii, zaczyna brzmieć na tyle niepokojąco dla laika, że gdyby usłyszał to od nieznajomego na ławce w parku, to na wszelki wypadek zmieniłby ławkę. Oto jak fizyk Michio Kaku wyjaśnia strukturę wszechświata z perspektywy superstrun:

Struna heterotyczna jest zamkniętą struną z dwoma typami drgań, zgodnie i przeciwnie do kierunku ruchu wskazówek zegara, które są traktowane oddzielnie. Drgania zgodne z kierunkiem ruchu wskazówek zegara odbywają się w dziesięcio wymiarowej przestrzeni, natomiast drgania w przeciwnym kierunku wypełniają dwudziestosześciodymiarową przestrzeń, w której szesnaście wymiarów uległo kompaktyfikacji (jak pamiętamy, w oryginalnej, pięciowymiarowej przestrzeni Kaluzy piąty wymiar był skompaktyfikowany przez zwinięcie do okręgu) \*■

I tak dalej, na 350 stronach.

Teoria strun zrodziła jeszcze dalej idącą hipotezę, zwaną teorią M<sup>25</sup>, która rozpatruje obiekty zwane membranami - lub po prostu branami w żargonie fizyków. Obawiam się, że w tym miejscu na drodze do wiedzy znajduje się przystanek, na którym większość z nas wysiada. Na koniec jeszcze cytaty z „New York Timesa” wyjaśniający czytelnikom powstawanie bran tak prostym językiem, jak to tylko możliwe:

Ekpyrotyczny proces zaczyna się w nieskończonej przeszłości od pary płaskich pustych bran, umieszczonych równolegle do siebie w zakrzywionej pięciowymiarowej przestrzeni [...]. Dwie brany, które tworzą ściany piątego wymiaru, mogły pojawić się z nicości jako kwantowa fluktuacja w jeszcze bardziej odległej przeszłości, a następnie się rozsunęły<sup>26</sup>.

Nic dodać, nic ująć. Nic nie zrozumieć. Nawiasem mówiąc, określenie „ekpyrotyczny” pochodzi od greckiego słowa oznaczającego pożar.

Sprawy zaszły tak daleko, że, jak zauważył Paul Davies w „Naturę”, „z punktu widzenia laika niemal nie sposób odróżnić normalnych dziwaków od zwyczajnych czubków”<sup>27</sup>. Problem zaistniał w ciekawy sposób<sup>28</sup> jesienią 2002 roku, gdy dwaj francuscy fizycy, Igor i Griszka Bogdanowo-wie, wymyślili ambitną teorię obejmującą takie pojęcia, jak „urojony czas” oraz „warunek Kuba-Schwingera-Martina” i opisującą nicość, która była wszechświatem przed wielkim wybuchem, w okresie, który zawsze uważany był za niepoznawalny (ponieważ poprzedzał narodziny fizyki i jej właściwości).

Niemal natychmiast wśród fizyków rozgorzała dyskusja, czy teoria braci Bogdanovów jest pozbawioną sensu paplaniną, dziełem geniuszu, kpina, czy oszustwem. „Z naukowego punktu widzenia jest ewidentnie kompletnym nonsensem - powiedział „New York Timesowi” fizyk Peter Woit z Columbia University - lecz w dzisiejszych czasach to jeszcze nie wyróżnia jej spośród sporej części całej literatury”.

Karl Popper, którego Steven Weinberg określił mianem „dziekana współczesnych filozofów nauki”, zasugerował niegdyś, że w rzeczywistości

ostateczna teoria fizyczna może nie istnieć<sup>29</sup>, lecz każde wyjaśnienie będzie wymagać dalszego wyjaśnienia, dając w efekcie „nieskończony ciąg coraz bardziej fundamentalnych zasad”. Inna możliwość polega na tym, że taka wiedza może po prostu być poza zasięgiem naszych umysłów. „Na szczęście, jak dotąd nie wydaje się, abyśmy osiągnęli szczyt naszych intelektualnych możliwości”<sup>30</sup> - napisał Steven Weinberg w książce *Dreams of a Final Theory*, Niemal na pewno dziedzina ta będzie świadkiem dalszych postępów ludzkiej myśli i niemal na pewno myśli te będą poza zasięgiem większości z nas.

Podczas gdy fizycy w dwudziestym wieku ze zdumieniem spoglądali w mikroświat, astronomowie z równym zdumieniem odkrywali wszechświat w skali makro.

Gdy ostatnio spotkaliśmy Edwina Hubble’a, stwierdził on, że prawie wszystkie galaktyki w naszym polu widzenia uciekają od nas, a ich odległości oraz prędkości ucieczki są do siebie proporcjonalne; im dalej od nas galaktyka jest położona, tym szybciej się od nas oddala. Hubble wyraził to w postaci prostego równania,  $H_0 = v/d$  (gdzie  $H_0$  jest stałą,  $v$  prędkością galaktyki, a  $d$  jej odległością od nas), //o jest znana jako stała Hubble’a, a całość jako prawo Hubble’a. Dzięki swemu równaniu Hubble obliczył wiek wszechświata, uzyskując wynik około 2 miliardów lat<sup>31</sup>, rezultat dość kłopotliwy, ponieważ pod koniec lat dwudziestych przybywało coraz więcej dowodów, że we wszechświecie istnieje wiele starszych obiektów - wliczając prawdopodobnie Ziemię. Uściślanie wyniku Hubble’a stało się jednym z celów kosmologii.

Niemal jedyną stałą cechą stałej Hubble’a jest panująca wśród astronomów niezgoda co do jej wartości. W 1956 roku astronomowie odkryli, że gwiazdy zmiennne, cefeidy, są bardziej zmiennne, niż początkowo sądzono - istnieją dwa rodzaje cefeid, a nie jeden. Musieli powtórnie przeliczyć wyniki obserwacji i uzyskali nową wartość dla wieku wszechświata, mieszczącą się gdzieś między 7 i 20 miliardami lat<sup>32</sup> - niezbyt precyzyjny wynik, ale na tyle duży, że przynajmniej obejmował wiek Ziemi.

W późniejszych latach rozgorzała dysputa, trwająca właściwie do dziś<sup>33</sup>, między Allanem Sandage'em, następcą Hubble'a w Mount Wilson, a Gerardem de Vaucouleurs, pochodzącym z Francji astronomem z University of Texas. Sandage, po wielu latach obserwacji i obliczeń, otrzymał dla stałej Hubble'a wartość 50, co przekłada się na wiek wszechświata równy 20 miliardom lat. De Vaucouleurs był równie pewny swego, lecz jego wynik wynosił 100\*, co oznaczało rozmiary oraz wiek wszechświata o połowę mniejsze, niż sądził Sandage - 10 miliardów lat. Kolejny zwrot nastąpił w 1994 roku, gdy zespół z Carnegie Observatories w Kalifornii, wykorzystując obserwacje wykonane za pomocą Teleskopu Hubble'a, ogłosił, że wszechświat może być jeszcze młodszy - zaledwie 8 miliardów lat.

\* Masz oczywiście prawo się dziwić, co dokładnie oznacza „stała równa 50” lub „stała równa 100”. Przy obliczaniu wartości stałej Hubble'a astronomowie stosują oczywiście astronomiczne jednostki miary, jednak nie używają do tego lat świetlnych, lecz parseków (nazwa jednostki jest skrótem od słów parallax i second [paralaksa i sekunda]). Parsek jest oparty na powszechnej w astronomii mierze, zwanej paralaksą gwiazdową, i odpowiada mu 3,26 roku świetlnego. Naprawdę duże odległości, także porównywalne z rozmiarami całego wszechświata, są podawane w megaparsekach: 1 megaparsek = 1 milion parseków. Stałą Hubble'a podaje się w jednostkach równych kilometrowi na sekundę na megaparsek. Wartość stałej równa 50 oznacza więc „50 kilometrów na sekundę na megaparsek”. Dla większości z nas jest to oczywiście równie trudne do wyobrażenia jak pozostałe miary stosowane w astronomii. mów lat; nawet sami autorzy tego wyniku przyznali, że niektóre gwiazdy są starsze. W lutym 2003 roku zespół z NASA<sup>34</sup> oraz z ośrodka Goddard Space Flight Center w stanie Maryland, korzystając z obserwacji wykonanych przez Wilkinson Microwave Anisotropy Probe, ogłosił, że wiek wszechświata wynosi 13,7 miliarda lat plus minus 100 milionów lat. Większość astronomów wydaje się obecnie akceptować ten wynik.

Trudności w obliczaniu wieku wszechświata biorą się stąd, że istnieją pewne obszary podlegające interpretacji. Wyobraź sobie, że stoisz w nocy na polu i usiłujesz zmierzyć, jak daleko od ciebie położone są dwie elektryczne żarówki. Stosując względnie proste astronomiczne metody pomiarowe, możesz dość łatwo sprawdzić, że żarówki mają jednakową moc i że jedna z nich jest, powiedzmy, o 50 procent bardziej oddalona. Nie możesz jednak być pewien, czy bliższa z nich ma moc dajmy na to 58 watów i jest oddalona o 37 metrów, czy też moc wynosi 61 watów, a odległość 36,5 metra. Dodatkowo musisz także uwzględnić zniekształcenia światła spowodowane przez atmosferę Ziemi, przez pył międzygwiazdny, przez światło innych gwiazd znajdujących się w tle oraz wiele innych czynników. W rezultacie twoje obliczenia są oparte na serii zazębiających się założeń, z których każde może być źródłem błędu. Istnieje także problem dostępu do kosztownych teleskopów, a pomiary przesunięć ku czerwieni są znane z czasochłonności. Nierzadko jeden pomiar trwa całą noc. W rezultacie astronomowie byli niekiedy zmuszeni (lub skłonni) do wyciągania wniosków z wyjątkowo skąpych danych. Jak ujął to dziennikarz Geoffrey Carr, mamy w kosmologii „Mount Everest teorii oparty na krecim kopczyku danych”<sup>33</sup>, a Martin Rees następująco wyraził podobne przekonanie: „Nasze obecne zadowolenie [ze stanu naszego zrozumienia] odzwierciedla raczej ubóstwo danych niż doskonałość teorii”<sup>36</sup>.

Tak się składa, że niepewność dotyczy zarówno względnie bliskich obiektów, jak i najdalszych krańców wszechświata. Jak pisze Donald Goldsmith, gdy astronomowie mówią, że galaktyka M87 jest oddalona o 60 milionów lat świetlnych, w rzeczywistości mają na myśli<sup>37</sup>, że odległość mieści się gdzieś między 40 i 90 milionami lat świetlnych („lecz rzadko zwracają na to uwagę szerszej publiczności”), co niezupełnie oznacza to samo. W skali całego wszechświata niepewności ulegają oczywiście odpowiedniemu powiększeniu. Niezależnie od splendoru otaczającego najnowsze doniesienia daleko nam jeszcze do pełnej jednomyślności.

Jedna z niedawno ogłoszonych teorii sugeruje, że wszechświat nie jest aż tak duży, jak nam się wydaje; gdy spoglądamy daleko w przestrzeń, niektóre z obserwowanych galaktyk mogą być w rzeczywistości jedynie złudzeniami, widmami powstałymi na skutek odbicia światła.

Faktem jest, że nie wiemy jeszcze wielu rzeczy, nawet na całkiem fundamentalnym poziomie, na przykład z czego zbudowany jest wszechświat. Gdy naukowcy liczą ilość materii niezbędną do utrzymania galaktyk w całości, zawsze otrzymują beznadziejnie zaniżony wynik. Okazuje się, że co najmniej 90 procent wszechświata, a może nawet 99 procent składa się z ciemnej materii Fritza Zwicky'ego, która z natury rzeczy jest dla nas niewidoczna. Trochę irytująca jest myśl, że żyjemy we wszechświecie, którego większej części nie możemy zobaczyć, lecz tak się właśnie sprawy mają. Możemy się przynajmniej pocieszać, że mamy dwóch podejrzanych, o dość interesujących nazwach: jednym z nich jest WIMP\* (czyli cząstki niewidocznej materii pozostałe po wielkim wybuchu), drugim MACHO\*\* (określenie obejmujące czarne dziury, brązowe karły oraz inne bardzo słabo świecące gwiazdy).

Fizycy cząstek raczej faworyzują cząstki, WIMP-y, natomiast astrofizycy preferują gwiazdne wyjaśnienie ciemnej materii, czyli MACHO. MACHO przez pewien czas prowadziły w rywalizacji, lecz nie znaleziono ich w wystarczającej ilości, więc ostatnio więcej uwagi poświęca się WIMP-om, aczkolwiek w ich przypadku istnieje pewien problem, mianowicie dotychczas nie znaleziono ani jednego. Z natury swej są to cząstki słabo oddziałujące, więc bardzo trudno je zidentyfikować (jeśli w ogóle istnieją). Promieniowanie kosmiczne powoduje zbyt silne zakłócenia przy próbach identyfikacji WIMP-ów, więc w ich poszukiwaniu naukowcy muszą zejść bardzo głęboko pod ziemię (kilometr pod powierzchnią gruntu promieniowanie kosmiczne jest około miliona razy słabsze niż na powierzchni). Nawet jeżeli uwzględnimy wszystkie odkryte formy ciemnej

\* Gra słów: wimp oznacza mięczaka lub słabeusza. (Weakly Interacting



Massive Par-ticles - Słabo Oddziałujące Masywne Cząstki). W terminologii komputerowej WIMP oznacza skrót od słów window, icon, menu, pointing device, co łącznie stanowi synonim graficznego interfejsu użytkownika. W żargonie komputerowym terminem wimp określa się osobę, która potrafi posługiwać się komputerem wyłącznie za pomocą w/w graficznego interfejsu, natomiast tradycyjny sposób komunikacji, za pomocą klawiatury i wiersza poleceń, przekracza jej możliwości (przyp. tłum.).

\* MAAssive Compact Halo Object. Gra słów: macho oznacza silnego faceta - przeciwieństwo mięczaka lub słabeusza (przyp. tłum.). materii, „w bilansie wciąż brakuje dwóch trzecich wszechświata”<sup>38</sup>, jak ujął to pewien komentator. Na razie równie dobrze moglibyśmy nazwać je DUNNOS\*.

Najnowsze obserwacje wydają się wskazywać, że galaktyki nie tylko oddalają się od nas, lecz tempo ich ucieczki ulega przyspieszeniu, co stanowi dość zaskakujący i nieoczekiwany rezultat. Gdyby tak było w rzeczywistości, mogłoby to oznaczać, że wszechświat jest wypełniony nie tylko przez ciemną materię, lecz również przez ciemną energię, którą naukowcy określają także mianem energii próżni lub kwintesencją. Czymkolwiek ona jest, wydaje się, że napędza ekspansję wszechświata, gdyż w inny sposób nie daje się wytłumaczyć przyspieszenia ekspansji. Hipoteza ciemnej energii przewiduje, że pusta przestrzeń nie jest bynajmniej taka pusta<sup>39</sup>, lecz wypełniona cząstkami i antycząstkami materii, które pojawiają się z niczego i niemal natychmiast znikają, a ich łączny efekt jest taki, że przyspieszają ekspansję wszechświata. Jakkolwiek niewiarygodnie to brzmi, jednak jest prawdą, że wszystko to rozwiązuje stała kosmologiczna<sup>40</sup>, pewien matematyczny element, który Einstein włączył do równań ogólnej teorii względności, aby powstrzymać domniemaną ekspansję wszechświata, której nikt wówczas nie podejrzewał. Einstein nazwał stałą kosmologiczną „największą pomyłką swego życia”, a teraz okazuje się, że być może miał jednak rację.

Z tego wszystkiego wynika wniosek, że żyjemy otoczeni przez gwiazdy,

których odległości od nas i od siebie nawzajem nie znamy; we wszechświecie, którego wieku nie potrafimy dokładnie obliczyć; wypełnionym przez materię, której nie potrafimy zidentyfikować; funkcjonującym zgodnie z prawami przyrody, które nie w pełni rozumiemy.

Po tej raczej mało uspokajającej uwadze wróćmy na naszą planetę i zajmijmy się czymś, co rozumiemy, aczkolwiek zapewne nie jest zaskakująca informacja, że nie w pełni, a nawet to, co rozumiemy, jest całkiem świeżej daty.

\* Dark Unknown Nonreflective Nondetectable Objects Somewhere - Ciemne Nieznane Nieodbijające Niewykrywalne Obiekty Gdzieś. Gra słów: dunno stanowi żargonowy odpowiednik zwrotu don't/ know, oznaczającego „nie wiem”. „DUNNOS” - liczba mnoga od „DUNNO” (przyp. tłum.).

## Rozdział 12

### ZIEMIA SIĘ PORUSZA

Niedługo przed swą śmiercią w 1955 roku Albert Einstein napisał krótką, acz entuzjastyczną przedmowę do książki *Earth 's Shifting Crust: A Key to Some Basic Problems of Earth Science*. Jej autorem był geolog Charles Hapgood, który stanowczo i zdecydowanie rozprawił się z ideą ruchu kontynentów. Pisząc z pozycji pobłażliwej drwiny<sup>1</sup>, Hapgood stwierdza, że kilka naiwnych dusz zauważyło „pozorne podobieństwo kształtów między pewnymi kontynentami”. Wydaje im się, że „Ameryka Południowa mogłaby pasować do Afryki i tak dalej [...]. Twierdzi się nawet, że formacje skał po obu stronach Atlantyku pasują do siebie”.

Hapgood kategorycznie odrzucił wszelkie tego rodzaju pomysły, zwracając uwagę, że geolodzy K.E. Caster i J.C. Mendes wykonali zakrojone na szeroką skalę prace polowe po obu stronach Atlantyku i stwierdzili bez jakichkolwiek wątpliwości, że nie ma żadnych podobieństw. Bóg jeden wie, jakie odkrywki badali panowie Caster i Mendes, ponieważ w rzeczywistości liczne formacje po obu stronach Atlantyku nie tylko są podobne, lecz są to same formacje.

Idee i wnioski wyciągane na podstawie podobieństw między kontynentami nie były jednak zbyt popularne wśród geologów w czasach Hapgooda. Teorię, którą Hapgood dezawuował w swojej książce, po raz pierwszy wysunął w 1908 roku amerykański geolog amator Frank Bursley Taylor. Taylor pochodził z bogatej rodziny i był niezależny od wszelkich akademickich uwarunkowań, więc mógł prowadzić niekonwencjonalne badania. Był jednym z wielu ludzi, którzy sądzili, że podobieństwo linii brzegowej Afryki i Ameryki Południowej nie jest dziełem przypadku. Taylor sformułował

ideę, zgodnie z którą kontynenty niegdyś stykały się ze sobą, i zasugerował - jak się okazało, słusznie - że łańcuchy górskie na Ziemi to skutek zderzania kontynentów. Nie znalazł jednak wielu dowodów, a jego teoria została uznana za zbyt ekstrawagancką, aby traktować ją poważnie.

Teorię Taylora potraktował poważnie niemiecki meteorolog z uniwersytetu w Marburgu, Alfred Wegener. Zbadał on liczne przypadki anomalii występujących wśród współczesnych roślin oraz zwierząt kopalnych, które trudno było wytłumaczyć na gruncie standardowego modelu historii Ziemi, i zdał sobie sprawę, że bardzo niewiele z tych zjawisk ma sens w ramach konwencjonalnej interpretacji. Szczątki kopalnych gatunków zwierząt często występowały po dwóch stronach oceanów, ewidentnie za szerokich do przepłynięcia. Wegener zastanawiał się, w jaki sposób torbacze przedostały się z Ameryki Południowej do Australii. Dlaczego identyczne ślimaki występowały w Skandynawii i w Nowej Anglii? I wreszcie, w jaki sposób można wytłumaczyć pokłady węgla oraz inne pozostałości se mi tropikalnego klimatu w tak zimnych miejscach jak Spitsbergen, ponad 600 kilometrów na północ od Norwegii, jeżeli w jakiś sposób nie migrowały one z cieplejszych obszarów?

Wegener sformułował teorię, zgodnie z którą ziemskie kontynenty istniały niegdyś jako jeden ląd (nazwał go Pangeą), na którym flora i fauna mogły się swobodnie przemieszczać, zanim zostały rozdzielone i zaczęły dryfować w kierunku swojego obecnego położenia. Wegener opublikował swoją ideę w książce zatytułowanej *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. Niemieckie wydanie ukazało się w 1912 roku, a angielskie tłumaczenie, *The Origin of Continents and Oceans*, trzy lata później, mimo że w tym czasie wybuchła pierwsza wojna światowa.

Dopóki trwała wojna, teoria Wegenera nie wywołała większego zainteresowania, lecz w 1920 roku, gdy opublikował poprawione i rozszerzone wydanie, szybko stała się przedmiotem ożywionej dyskusji. Wszyscy się zgadzali, że kontynenty się poruszały, ale pionowo, a nie poziomo. Pionowe

ruchy kontynentów, w ramach koncepcji zwanej izostazją, stanowiły kanon geologicznej wiedzy dla całych pokoleń, chociaż nie istniała żadna dobra teoria, która tłumaczyłaby przyczyny oraz mechanizmy tych procesów. Jedną z idei, która przetrwała w podręcznikach jeszcze do czasów, gdy chodziłem do szkoły, opierała się na koncepcji „pieczonego jabłka”, sformułowanej przez Austriaka Eduarda Suessa tuż przed końcem dziewiętnastego wieku. Według jego teorii, gdy gorąca planeta się schłodziła, na jej powierzchni powstawały zmarszczki, podobnie jak na skórce pieczonego jabłka, tworząc baseny oceanów oraz łańcuchy górskie. Hipoteza Suessa ignorowała wcześniejsze prace Jamesa Huttona, który wykazał, że taki statyczny układ zostałby prędzej czy później zredukowany do pozbawionej wszelkich nierówności sferoidy, ponieważ erozja zniósłaby wszystkie wzniesienia i wypełniłaby zagłębienia. Na początku dwudziestego wieku pojawił się także problem, ujawniony przez Rutherforda i Soddy’ego, że ziemskie pierwiastki stopniowo uwalniają olbrzymie rezerwy energii, o wiele za duże, aby dopuścić do procesów ochładzania i kurczenia sugerowanych przez Suessa. Tak czy inaczej, gdyby teoria Suessa była prawdziwa, góry byłyby jednorodnie i równomiernie rozłożone na całej powierzchni Ziemi i miałyby mniej więcej taki sam wiek; rozkład gór na Ziemi ewidentnie nie jest równomierny, a w początkach dwudziestego wieku było już wiadomo, że niektóre łańcuchy górskie, na przykład Ural i Appalachy, są o setki milionów lat starsze od innych, na przykład od Alp i Gór Skalistych. Stopniowo stawało się jasne, że nadchodzi pora na nową teorię, lecz Alfred Wegener nie był niestety osobą, od której geolodzy chcieliby się jej uczyć.

Po pierwsze, jego radykalne poglądy kwestionowały najbardziej fundamentalne elementy ich dyscypliny, co rzadko stanowi skuteczny sposób na przychylnie nastawienie audytorium. Takie wyzwanie byłoby dostatecznie bolesne ze strony zawodowego geologa, lecz Wegener nie miał wykształcenia geologicznego. Był meteorologiem, do diaska! Niemieckim meteorologiem, człowiekiem od przepowiadania pogody. To nie były uleczalne niedostatki.

Geolodzy użyli wszelkich dostępnych środków, aby podważyć jego dowody i odrzucić sugestię. Aby obejść problem podobieństw szczątków kopalnych, postulowali istnienie dawnych „mostów lądowych” wszędzie, gdzie tylko były potrzebne<sup>2</sup>. Gdy okazało się, że Hipparion, kopalny koń, żył w tym samym czasie we Francji oraz na Florydzie, most lądowy został poprowadzony w poprzek Atlantyku. Gdy stwierdzono, że dawne tapiry żyły równocześnie w Ameryce Południowej oraz w południowo-wschodniej Azji, również tam został poprowadzony most lądowy. Niebawem mapy prehistorycznych mórz były pełne hipotetycznych mostów lądowych, od Ameryki Północnej do Europy, od Brazylii do Afryki, od południowo-wschodniej Azji do Australii, od Australii do Antarktydy. Te wygodne połączenia nie tylko wyrastały wszędzie tam, gdzie zaistniała potrzeba przeniesienia żywego organizmu z jednego lądu na inny, lecz także posłusznie znikły, nie pozostawiając ani śladu swej obecności. Istnienia żadnego z tych mostów nie potwierdzał oczywiście choćby nikły dowód - ■ w przypadku tak ewidentnie błędnych hipotez trudno o dowody - lecz stanowiły one geologiczną ortodoksję przez następne półwiecze.

Nawet mosty lądowe nie mogły jednak wyjaśnić wszystkiego<sup>3</sup>. Pewien gatunek trylobita, dobrze znany w Europie, został także znaleziony na Nowej Fundlandii... lecz tylko z jednej strony. Nikt nie potrafił przekonująco wyjaśnić, w jaki sposób zdołał pokonać 3000 kilometrów oceanu, a nie znalazł sposobu na przedostanie się na drugą stronę trzystukilometrowej wyspy. Jeszcze bardziej niewytłumaczalne i niewygodne okazały się terytorialne upodobania innego gatunku trylobitów, który został znaleziony w Europie i na pacyficznym skrawku północno-zachodniej Ameryki, lecz nigdzie indziej pomiędzy tymi dwoma obszarami, co wymagałoby mostu, ale nie lądowego, tylko powietrznego. Mimo to jeszcze w 1964 roku Encyclopaedia Britannica - w dyskusji na temat konkurencyjnych teorii - właśnie hipotezie Wegenera zarzucała, że jest pełna „licznych, poważnych trudności teoretycznych”<sup>4</sup>. Wegener popełniał oczywiście błędy. Stwierdził na przykład, że Grenlandia

przemieszcza się na zachód w tempie około 1,6 kilometra na rok, co jest oczywistym nonsensem (tempo także mierzy się raczej w centymetrach na rok). Przede wszystkim jednak nie potrafił podać przekonującego wyjaśnienia, w jaki sposób masy lądowe się przemieszczają. Akceptując jego teorię, należało równocześnie przyjąć do wiadomości, że potężne kontynenty w jakiś sposób przepychały się przez twardą skorupę Ziemi, niczym pług przez pole, nie zostawiając jednak żadnej bruzdy. Za pomocą ówczesnie znanych zjawisk w żaden sposób nie dało się wyjaśnić, co napędza te potężne ruchy.

Sugestia przyszła ze strony Arthura Holmesa, angielskiego geologa, który w znacznym stopniu przyczynił się do wyznaczenia wieku Ziemi. Holmes był pierwszym naukowcem, który zdał sobie sprawę, że ciepło wydzielane przez radioaktywne pierwiastki może wywoływać prądy konwekcyjne wewnątrz Ziemi, które, przynajmniej teoretycznie, powinny być dostatecznie silne, aby popychać kontynenty po powierzchni. W 1944 roku Holmes opublikował podręcznik *Principles of Physical Geology*. Sformułował w nim teorię dryfu kontynentalnego, która w zasadniczej części pozostaje słuszna do dzisiaj, a sam podręcznik stał się bardzo popularnym i wpływowym źródłem. W swoim czasie była to jednak bardzo radykalna sugestia i spotkała się z powszechną krytyką, zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych, gdzie opozycja wobec koncepcji dryfu utrzymywała się dłużej niż gdziekolwiek indziej. Jeden z tamtejszych krytyków martwił się zupełnie poważnie, iż Holmes przedstawił swoje argumenty tak jasno i przekonująco, że studenci mogą rzeczywiście dać się przekonać<sup>5</sup>. Jednak poza Ameryką teoria Holmesa stopniowo zdobywała uznanie i ostrożne poparcie. W 1950 roku głosowanie na dorocznej konferencji *British Association for the Advancement of Science* wykazało, że około połowy uczestników akceptuje ideę dryfu kontynentalnego<sup>6</sup> (wkrótce potem Hapgood cytował wynik głosowania jako dowód, że brytyjscy geolodzy dali się uwieść niefortunnej idei). Sam Holmes nie był w pełni przekonany do słuszności swej teorii i w 1952 roku wyznał: „Nigdy nie uwolniłem się od uporczywego uprzedzenia wobec teorii

kontynentalnego dryfu; w moich geologicznych kościach, jeżeli można tak powiedzieć, tkwiło poczucie, że to dość fantastyczna hipoteza<sup>77</sup>.

Kontynentalny dryf nie był całkowicie pozbawiony poparcia nawet w Stanach Zjednoczonych. Popierał go Reginald Dały z Harvardu, lecz był to ten sam Dały, który wysunął hipotezę, że Księżyc powstał w wyniku kosmicznego zderzenia, więc jego idee były uważane za interesujące, ale nieco zbyt ekscentryczne, aby traktować je w pełni poważnie. Większość amerykańskich naukowców pozostawała przy przekonaniu, że kontynenty zawsze zajmowały swe obecne pozycje, a ich powierzchniowe struktury powstały w wyniku innych procesów niż poziome przemieszczenia.

Geolodzy pracujący dla firm naftowych od dawna wiedzieli<sup>8</sup>, że poszukiwania ropy warto prowadzić tam, gdzie występują dokładnie takie ruchy powierzchniowe jakie przewiduje tektonika płyt. Lecz geolodzy z firm petrochemicznych nie piszą artykułów naukowych, tylko szukają ropy.

Pozostał jeszcze jeden poważny problem z teoriami dotyczącymi Ziemi, którego nikt nie rozwiązał ani nawet nie poruszył, a mianowicie kwestia, co się stało z osadami. Każdego roku ziemskie rzeki niosą do mórz olbrzymie ilości produktów erozji, na przykład 500 milionów ton wapnia. Jeżeli pomnoży się tempo, z jakim materiał ten jest deponowany na dnie mórz, przez geologiczny czas, w którym proces zachodził, otrzymuje się dość niepokojący wynik: na dnie oceanów powinno być około 20 kilometrów osadów. Inaczej mówiąc, dna oceanów powinny obecnie znajdować się na znacznej wysokości ponad tak zwany poziom morza. Początkowo naukowcy uporali się z tym paradoksem w najprostszy możliwy sposób - zignorowali go - lecz w pewnym momencie musieli się nim zająć.

W czasie drugiej wojny światowej jednym z amerykańskich okrętów transportowych, USS „Cape Johnson”, dowodził mineralog z Princeton

University, Harry Hess. Okręt był wyposażony w nowiutki egzemplarz najlepszego wówczas modelu echosondy<sup>9</sup>, urządzenia do pomiarów głębokości,



którego głównym przeznaczeniem było ułatwienie manewrowania w trakcie lądowania wojsk na plażach. Hess zdał sobie sprawę, że jego echosonda równie dobrze może posłużyć do czysto naukowych celów i nigdy jej nie wyłączał, ani na pełnym morzu, ani nawet w trakcie bitew. Odczyty, jakie uzyskał, okazały się zupełnie nieoczekiwane. Gdyby dna oceanów były bardzo stare, jak wszyscy sądzili, powinny być przykryte grubą warstwą osadów, podobnie jak muł pokrywa dno rzeki lub jeziora. Lecz dane Hessa wskazywały, że na dnie oceanu jest wszystko, tylko nie gładkie połacie odwiecznych osadów - są tam kaniony, rowy, szczeliny, wulkaniczne wzgórza, które Hess nazwał gujotami<sup>10</sup>, od nazwiska geologa z Princeton, Arnolda Guyota. Wszystkie te odkrycia stanowiły zagadkę, lecz Hess miał wojnę do wygrania, więc odłożył te myśli na później.

Po wojnie wrócił do zajęć dydaktycznych na Princeton, ale tajemnice morskiego dna nie przestawały zaprzętać jego umysłu. Tymczasem w latach pięćdziesiątych oceanografowie zaczęli prowadzić zakrojone na coraz szerszą skalę badania dna mórz i odkryli jeszcze większą niespodziankę: najpotężniejszy i najbardziej rozległy łańcuch górski na Ziemi, położony w przeważającej części pod wodą, ułożony wzdłuż linii biegnącej po dnie oceanów i przypominający wzór na piłce tenisowej. Poczynając od Islandii, biegnie on na południe po dnie Atlantyku, wokół południowego końca Afryki, w poprzek Oceanu Indyjskiego, po czym poniżej Australii wychodzi na Pacyfik; tam wykonuje zygzak, początkowo kierując się wprost na Baja California, aby następnie wystrzelić wzdłuż zachodniego wybrzeża Stanów Zjednoczonych w kierunku Alaski. Od czasu do czasu niektóre z jego szczytów wystają nad powierzchnię wody, na przykład Azory i Wyspy Kanaryjskie na Atlantyku, Hawaje na Pacyfiku, lecz w większości pozostaje głęboko pod tysiącami sążni słonych mórz, nieznanymi i nieoczekiwany. Gdy dodano długości wszystkich jego odgałęzień, okazało się, że cała sieć rozciąga się na 75 000 kilometrów.

Niektóre, lecz bardzo nieliczne fragmenty były znane wcześniej. Ludzie

układający w dziewiętnastym wieku podmorskie kable zdawali sobie sprawę z istnienia pewnego rodzaju wzniesienia na środku Atlantyku, lecz rozciągała natura oraz skala łańcucha podmorskich gór stanowiła całkowite zaskoczenie. Co więcej, łańcuch obfitował w trudne do wyjaśnienia fizyczne anomalie. Wzdłuż Grzbietu Śródatlantyckiego biegnie kanion - ryft - o szerokości sięgającej 20 kilometrów i długości 19 000 kilometrów. Jego istnienie zdawało się sugerować, że Ziemia rozszczepia się wzdłuż szwów, jak orzech wyłaniający się ze skorupki. Było to absurdalne i niepokojące przypuszczenie, lecz dowody były niepodważalne.

W 1960 roku wykonano badania próbek dna i okazało się, że dno oceanu jest całkiem młode na środku Atlantyku, lecz staje się coraz starsze w miarę oddalania się od środka na wschód lub na zachód. Harry Hess doszedł do wniosku, że może to oznaczać tylko jedną rzecz: po obu stronach centralnego ryftu tworzy się nowa skorupa, która jest następnie odpychana na boki, a na jej miejsce przychodzi kolejna porcja. Dno Atlantyku składa się z dwóch pasów transmisyjnych, z których jeden przenosi skorupę w kierunku Ameryki Północnej, a drugi w kierunku Europy. Proces stał się znany jako rozszerzanie dna morskiego.

Gdy skorupa dociera do celu swej podróży na granicy kontynentu, zanurza się ponownie w głąb Ziemi, w procesie zwanym subdukcją. To odkrycie wyjaśnia, co się stało z osadami - zostały zwrócone do wnętrza Ziemi - oraz tłumaczy względnie młody wiek dna oceanów. Nigdzie nie znaleziono dowodów, aby dno oceanu miało więcej niż około 175 milionów lat, co było o tyle dziwne, że wiek kontynentalnych skał często liczy się w miliardach lat. Hess znalazł rozwiązanie. Oceaniczne skały istnieją tylko tak długo, ile potrzeba czasu, aby mogły dotrzeć do brzegu. Była to piękna teoria, która wiele wyjaśniała, więc Hess rozwinął swoje argumenty w publikacji, która jednak została niemal powszechnie zignorowana. Niekiedy świat nie jest gotowy na przyjęcie dobrej idei.

W tym czasie dwaj inni badacze, pracujący niezależnie od siebie, dokonali uderzającego odkrycia opartego na pewnych dziwnych faktach z historii Ziemi opisanych kilkadziesiąt lat wcześniej przez francuskiego fizyka, Bernarda Brunhesa. Brunhes odkrył, że ziemskie pole magnetyczne od czasu do czasu zmienia kierunek, a zapis tych zmian jest utrwalony w pewnych typach skał. W szczególności maleńkie kryształy rudy żelaza ustawiają się wzdłuż aktualnego kierunku pola magnetycznego w momencie formowania się skały, po czym - gdy skała, w której są zanurzone, ostygnie i stwardnieje - pozostają na zawsze ustawione w tym kierunku. W rezultacie „pamiętają” kierunek pola magnetycznego z czasów, gdy powstawała ich macierzysta skała. Przez wiele lat odkrycie to stanowiło jedynie ciekawostkę, lecz gdy w latach pięćdziesiątych Patrick Blackett z University of London oraz S.K. Runcorn z University of Newcastle zbadali układ

192 pól magnetycznych wmrózonych w brytyjskie skały, doznali - oględnie mówiąc - wstrząsu. Wyniki wskazywały, że w pewnym okresie w przeszłości Brytania kręciła się wokół osi oraz przemieszczała w kierunku północnym, jakby urwała się z uwięzi. Co więcej, gdy sporządzili mapy z układami pól magnetycznych Europy oraz Ameryki z tego samego okresu, odkryli, że pasują do siebie jak dwie połówki przeciętej kartki papieru. To było niesamowite, lecz również te odkrycia zostały zignorowane.

Wszystkie nici połączył w końcu geofizyk Drummond Matthews z Cambridge University oraz jego doktorant Fred Vine. W 1963 roku, na podstawie badań pól magnetycznych dna Oceanu Atlantyckiego, wykazali oni, że dna oceanów przemieszczają się dokładnie w taki sposób, jak sugerował Hess, oraz że kontynenty także są w ruchu. Pechowy kanadyjski geolog, Lawrence Morley, doszedł do takiej samej konkluzji mniej więcej w tym samym czasie, lecz nie mógł znaleźć nikogo, kto chciałby opublikować jego artykuł. Do historii przeszedł afront, jaki spotkał go ze strony wydawcy czasopisma „Journal of Geophysical Research”, który odrzucił rękopis z następującym komentarzem:

„Takie spekulacje stanowią interesujący temat na przyjęcie, lecz nie powinny być rozpowszechniane pod egidą poważnego czasopisma naukowego”. Pewien geolog określił to później jako „prawdopodobnie najważniejszy odrzucony artykuł z dziedziny nauk o Ziemi<sup>11</sup>”.

Tak czy inaczej, era ruchomej skorupy w końcu nadeszła. W 1964 roku pod auspicjami Royal Society odbyło się w Londynie sympozjum, w którym wzięło udział wielu spośród najważniejszych przedstawicieli nauk o Ziemi, i nagle okazało się, że wszyscy się nawrócili. Uczestnicy sympozjum uzgodnili, że Ziemia stanowi mozaikę wzajemnie połączonych segmentów, a ich powolne przepychanki są odpowiedzialne za większość geologicznych zjawisk na powierzchni planety.

Określenie „dryf kontynentalny” zostało szybko zarzucone, gdy okazało się, że cała skorupa jest w ruchu, a nie tylko kontynenty, lecz upłynęło trochę czasu, zanim została uzgodniona nazwa dla poszczególnych segmentów. Początkowo nazywano je „blokami skorupowymi”, a niekiedy także „kamieniami brukowymi”. Dopiero w 1968 roku, wraz z publikacją artykułu trzech amerykańskich sejsmologów w czasopiśmie „Journal of Geophysical Research”, segmenty otrzymały nazwę, pod którą są znane do dzisiaj: płyty. W tym samym artykule nowa dziedzina została nazwana tektoniką płyt.

Stare idee nie umierają tak łatwo i nie wszyscy natychmiast się nawróci-

193 li na nową naukę. Jeszcze w latach siedemdziesiątych<sup>12</sup> jeden z najbardziej popularnych i wpływowych podręczników geologii, *The Earth*, autorstwa czcigodnego Harolda Jeffreysa, zdecydowanie stwierdzał, podobnie jak w pierwszym wydaniu z 1924 roku, że tektonika płyt stanowi fizyczną niemożliwość. Równie zdecydowanie odrzucał koncepcje konwekcji oraz rozszerzania się dna morskiego. W 1980 roku, w *Basin and Range*, John McPhee zwrócił uwagę, że co ósmy amerykański geolog nadal nie wierzy w tektonikę płyt<sup>13</sup>.

Dzisiaj wiemy, że powierzchnia Ziemi składa się z ośmiu do dwunastu

dużych płyt<sup>14</sup> (zależnie od tego, jak zdefiniuje się dużą płytę) oraz około dwudziestu mniejszych; wszystkie one poruszają się w różnych kierunkach i z różnymi prędkościami. Niektóre płyty są duże i dość mało aktywne, inne mniejsze, lecz energiczne. Ich związki z lądami są niekiedy dość przypadkowe, a niekiedy również dość burzliwe. Na przykład płyta północnoamerykańska jest znacznie większa niż kontynent, od którego wzięła nazwę. Jej zachodnia krawędź z grubsza pokrywa się z zachodnim wybrzeżem kontynentu (i z tego powodu obszar ten jest tak aktywny sejsmicznie - zachodzą tam procesy zderzania i zgniatania granic płyt), lecz całkowicie ignoruje wschodni brzeg i rozciąga się przez pół Atlantyku, aż po Grzbiet Śródatlantyki. Islandia jest podzielona na pół, co czyni ją w połowie Amerykanką i w połowie Europejką. Nowa Zelandia stanowi część ogromnej płyty indyjsko-australijskiej, mimo że nie leży nawet w pobliżu Oceanu Indyjskiego. Podobnie sprawy się mają z większością płyt.

Związki między współczesnymi i dawnymi lądami okazały się niśskończenie bardziej skomplikowane, niż ktokolwiek mógł przypuszczać<sup>15</sup>. Kazachstan był niegdyś połączony z Norwegią i Nową Anglią. Jeden fragment Staten Island, ale tylko fragment, jest europejski. Podobnie część Nowej Fundlandii. Weź do ręki jakiś kamyczek z plaży Massachusetts jego najbliższy krewniak jest w Afryce. Wyżyny Szkockie oraz większość Skandynawii są zasadniczo amerykańskie. Część pasma Shackletona na Antarktydzie prawdopodobnie należała kiedyś do Appalachów, obecnie położonych na wschodzie USA. Krótko mówiąc, skały lubią podróżować.

Nieustające przepychanki powstrzymują płyty przed sklejeniem w jedną, nieruchomą płytę. Zakładając, że wszystko potoczy się dalej podobnie jak obecnie, Atlantyk będzie się rozszerzał i w pewnym momencie przekroczy rozmiary Pacyfiku. Większość Kalifornii oderwie się od reszty kontynentu i stanie się czymś w rodzaju lustrzanego odbicia Madagaskaru.

Afryka będzie nacierać na Europę, ściskając po drodze Morze

Śródziemne, aż całkowicie je unicestwi, a następnie wypchnie do góry łańcuch górski na miarę Himalajów, rozciągający się od Paryża do Kalkuty. Australia skolonizuje wyspy po północnej stronie, tworząc lądowe połączenie z Azją w postaci wąskiego przesmyku. To sąprzyszłe skutki zjawisk, które trwają cały czas, obecnie, także teraz, gdy czytasz tę książkę. Kontynenty płyną jak liście na jeziorze. Dzięki pomiarom przy użyciu systemu GPS wiemy, że Europa i Ameryka Północna oddalają się od siebie mniej więcej z taką prędkością, z jaką rosną paznokcie<sup>16</sup> - około dwóch metrów w ciągu ludzkiego życia. Jeżeli ci się nie spieszy, to możesz się przejechać z Los Angeles aż do San Francisco. Nie dostrzegamy zmian tylko dlatego, że za krótko żyjemy, lecz to, co obecnie widzimy, to tylko migawka, ukazująca kształt kontynentów w ciągu zaledwie jednej dziesiątej procenta historii Ziemi<sup>17</sup>.

Wśród czterech skalnych planet jedynie na Ziemi aktywnie funkcjonuje tektonika płyt. Nie wiemy dlaczego. Nie jest to tylko kwestia rozmiarów lub gęstości - Wenus jest niemal bliźniaczo podobna do Ziemi zarówno pod względem rozmiarów, jak i gęstości, lecz mimo to nie ma tektoniki płyt. Być może istotny jest skład chemiczny i tylko Ziemia posiada właściwe materiały we właściwych ilościach. Istnieją przypuszczenia, aczkolwiek niczym nie potwierdzone, że tektonika odgrywa istotną rolę w organicznym życiu planety<sup>18</sup>. Jak ujął to fizyk i pisarz James Trefił, „trudno byłoby uwierzyć, że nieustanny ruch płyt tektonicznych nie wywiera żadnego wpływu na rozwój życia na Ziemi”. Sugeruje on również, że wyzwania stworzone przez tektonikę - na przykład zmiany klimatu - stanowiły istotny czynnik w rozwoju inteligencji. Inni badacze sądzą, że dryfowanie kontynentów mogło się przyczynić do przynajmniej niektórych przypadków wymierania na Ziemi. W listopadzie 2002 roku Tony Dickson z Cambridge University sporządził raport opublikowany w czasopiśmie „Science”, zawierający sugestię, że istnieje istotny związek między historią skał i historią życia<sup>19</sup>. Dickson stwierdził, że skład chemiczny ziemskich oceanów kilkakrotnie ulegał silnym i raptownym zmianom w ciągu ostatniego

pół miliarda lat. Zmiany te często korelują z ważnymi zdarzeniami w biologicznej historii planety, takimi jak potężny wysyp małych organizmów, które stworzyły kredowe klify na południowym wybrzeżu Anglii, nagła moda na muszle wśród organizmów morskich w okresie kambryjskim i tak dalej.

Tak czy inaczej, tektonika płyt wyjaśniła nie tylko powierzchnię dy -<sup>TM</sup> namikę Ziemi - na przykład, w jaki sposób prehistoryczny Hipparion dostał się z Francji na Florydę - lecz także wiele wewnętrznych zjawisk. Trzęsienia ziemi, łańcuchy wysp, cykl węglowy, położenie gór, okresy zlodowaceń, pochodzenie życia - trudno znaleźć zjawisko, na które ta zadziwiająca teoria nie wywarła bezpośredniego wpływu. Jak stwierdził McPhee, geolodzy nagle znaleźli się w przyprawiającej o zawrót głowy sytuacji, w której „cała ziemia nagle zaczęła mieć sens”<sup>20</sup>.

Ale tylko do pewnego stopnia. Rozkład kontynentów w poprzednich epokach jest znacznie słabiej znany, niż ludzie spoza geofizyki mogliby sądzić na podstawie budzących zaufanie podręczników, w których przedstawione są dawne masy lądowe noszące takie nazwy jak Laurazja, Gondwana, Rodinia i Pangea. Niekiedy są one oparte na konkluzjach, które niekoniecznie wytrzymają próbę czasu. Jak zauważył George Gaylord Simpson w *Fossils and the History of Life*, gatunki roślin i zwierząt z dawnego świata mają nieznośny zwyczaj pojawiać się tam, gdzie nie powinny, i nie pojawiać się tam, gdzie powinny<sup>21</sup>.

Kształt Gondwany, potężnego niegdyś kontynentu łączącego Australię, Afrykę, Antarktydę oraz Amerykę Południową, został w znacznym stopniu określony na podstawie rozkładów drzewiastych paproci nasiennych o językowatych liściach, zwanych *Glossopteris*, które znaleziono we wszystkich właściwych miejscach. Znacznie później znaleziono je jednak w innych częściach świata, które nie miały znanych połączeń z Gondwaną. Ta kłopotliwa rozbieżność została jednak zignorowana i nadal jest ignorowana. Podobnie sprawy się mają z lystrozaurem, triasowym gadem, którego znaleziono w całym obszarze od Antarktydy po Azję, co podtrzymuje ideę połączeń między tymi

kontynentami, lecz nie znaleziono go ani w Ameryce Południowej, ani w Australii, które miały przecież być częścią tego samego lądu w tym samym czasie.

Istnieje także wiele powierzchniowych zjawisk, których tektonika nie potrafi wyjaśnić<sup>22</sup>. Weźmy pod uwagę miasto Denver. Jak wszyscy wiedzą, Denver znajduje się na wysokości jednej mili nad poziomem morza, lecz wysokość ta jest stosunkowo świeżej daty. Gdy dinozaury stąpały po Ziemi, Denver było częścią dna oceanu, wiele tysięcy metrów niżej niż obecnie. Lecz skały, na których leży Denver, nie są popękane ani zdeformowane w taki sposób, w jaki byłyby, gdyby Denver zostało wyniesione do góry przez zderzające się płyty, nie mówiąc już o tym, że Denver jest zbyt daleko od krawędzi płyt, aby podlegać ich działaniom. Równie dobrze można by popychać krawędź dywanu w nadziei, że fałda wyrośnie w pobliżu przeciwnej krawędzi. Okazuje się, że Denver rosło przez miliony lat jak pączek w piekarniku na skutek działania jakichś tajemniczych, niewytłumaczalnych czynników. Podobnie rzecz się miała ze sporym kawałkiem południowej Afryki o średnicy około 1600 kilometrów. Podniósł się on o półtora kilometra w ciągu 100 milionów lat bez żadnej widocznej aktywności tektonicznej, którą można by obciążyć odpowiedzialnością. Mniej więcej w tym samym okresie Australia przekrzywiła się na bok i tonęła. W ciągu ostatnich stu milionów lat Australia dryfowała w kierunku Azji, a jej północna krawędź obniżyła się o 200 metrów. Wygląda na to, że Indonezja powoli tonie, pociągając za sobą Australię. Teoria tektoniki płyt nie potrafi wyjaśnić żadnego z powyższych zachowań.

Alfred Wegener nie dożył dnia, w którym jego idee zostały powszechnie uznane<sup>23</sup>. W 1930 roku, w trakcie ekspedycji na Grenlandię odłączył się od wyprawy w dniu swoich pięćdziesiątych urodzin, aby przetransportować skład zapasów, i nie wrócił. Kilka dni później znaleziono go zamrożonego na śmierć. Został pochowany tam, gdzie zginął, i spoczywa do dzisiaj w tym samym miejscu, aczkolwiek od tego czasu wraz z całą Grenlandią przybliżył się o metr



do Ameryki.

Einstein również nie zdążył się przekonać, że postawił na niewłaściwego konia. Zmarł w 1955 w Princeton, w stanie New Jersey, zanim nawet Charles Hapgood zdążył opublikować swą krytykę teorii kontynentalnego dryfu.

Harry Hess, jeden z głównych bohaterów batalii o tektonikę płyt, był również w Princeton w tym czasie i pozostał tam do końca swojej kariery. Jednym z jego studentów był bystry młody człowiek, Walter Alvarez<sup>24</sup>, który z czasem stał się również jednym z czołowych burzycieli starego porządku, aczkolwiek w nieco inny sposób.

Jeżeli chodzi o samą geologię, to kataklizmy dopiero się zaczynały i to właśnie młody Alvarez przyczynił się do uruchomienia całego procesu.

**Część**

**IV**

## **NIEBEZPIECZNA PLANETA**

Historia dolnej, ■ Ziemi jest, jak życie żołnierza: składa się z okresów nudy i krótkich chw, h strachu.

Brytyjski geolog Derek V. Ager

## Rozdział 13

### BUCH!

Mieszkańcy Manson w stanie Iowa od dawna wiedzieli, że w ziemi pod ich miastem jest coś dziwnego. W 1912 roku w trakcie wiercenia studni wydobyto na powierzchnię mnóstwo dziwnie zniekształconych skał?. Były tam między innymi „krytalobrekcja klas tyczna z zeszkliwionym matrik-sem” oraz „odwrócona powłoka ejektu”, jak zostało to później opisane w oficjalnym raporcie. Woda także była dziwna, prawie tak miękka jak deszczówka, mimo że naturalnie występująca miękka woda nie została nigdy uprzednio odkryta w stanie Iowa.

Dziwne skały i nietypowe źródła wody przez ponad 40 lat stanowiły jedynie ciekawostkę, zanim w końcu zespół geologów z University of Iowa zdołał wybrać się do Manson, niewielkiego miasta w północno-zachodniej części stanu liczącego około 2000 mieszkańców. W 1953 roku, po utopieniu kilku eksperymentalnych wiertel, uniwersyteccy geolodzy doszli do wniosku, że warunki są rzeczywiście anomalne, i przypisali zdeformowane skały jakiejś bliżej nieokreślonej, dawnej aktywności wulkanicznej. Konkluzja była zgodna z ówczesnie obowiązującym kanonem wiedzy, lecz okazała się całkowicie błędna.

Traumatyczna geologia Manson nie miała swego źródła wewnątrz Ziemi, lecz w odległości co najmniej 100 milionów mil od naszej planety. W bardzo odległej przeszłości, gdy Manson znajdowało się na brzegu płytkiego morza, kawałek skały o średnicy około półtorej mili, ważący 10 miliardów ton i poruszający się z prędkością zapewne około 200 razy większą od prędkości dźwięku, przeciął atmosferę i uderzył w Ziemię tak gwałtownie i z taką mocą, że trudno sobie to wyobrazić. W miejscu, gdzie obecnie znajduje się Manson, w jednej chwili powstał lej o głębokości trzech mil i szerokości ponad dwudziestu

mil. Wapień, który wszędzie w Iowa nadaje wodzie twardość i zdecydowanie mineralny charakter, został stopiony i zastąpiony przez zaburzone podłoże skały, które tak zaskoczyło wiertacza studzien w 1912 roku. Impakt w Manson stanowił największe wydarzenie, jakie kiedykolwiek zaszło na terenie kontynentalnych stanów USA. Jakiegokolwiek rodzaju. Kiedykolwiek. Krater, który pozostał po uderzeniu, jest tak olbrzymi, że gdybyś stanął na krawędzi, drugą stronę widziałbyś tylko w okresie dobrej widoczności. Wielki Kanion Kolorado wyglądałby przy nim jak karzełek. Miłośnicy cudów natury będą jednak srodze zawiedzeni, ponieważ wędrujące przez ostatnie 2,5 miliona lat lądolody wypełniły krater po same brzegi bogatą gliną zwałową, po czym gładko ją wyszlifowały. Dzisiejsze okolice Manson są gładkie jak stół na wiele mil wokół miasta. Dlatego nikt nigdy nie słyszał o kraterze w Manson.

W bibliotece w Manson z przyjemnością pokażą ci zbiór wycinków z gazet oraz kolekcję rdzeni skalnych, które pozostały po wierceniach prowadzonych w latach 1991-1992, lecz żadna z tych rzeczy nie jest na stałe wystawiona na widok publiczny. Aby je zobaczyć, musisz wiedzieć o ich istnieniu. Nigdzie w mieście nie ma żadnego znaku, niczego, co sygnalizowałoby geologiczną przeszłość tych okolic.

Dla większości mieszkańców Manson największe wydarzenie w ich życiu stanowiło tornado, które przeszło wzdłuż Main Street w 1979 roku, niszcząc doszczętnie dzielnicę handlową. Jedną z zalet tych płaskich okolic jest możliwość spostrzeżenia tego rodzaju zagrożenia z dużej odległości. Prawie wszyscy mieszkańcy miasta wylegli na ulice<sup>2</sup> i zgromadzili się na jednym z końców Main Street, skąd przez pół godziny obserwowali zbliżające się tornado, mając nadzieję, że zmieni kierunek. Gdy ruszyło prosto na nich, rozsądnie się rozproszyli, lecz cztery osoby nie były dostatecznie szybkie i zginęły. Co roku w czerwcu w Manson odbywają się tygodniowe obchody, tak zwane Dni Krateru, które zostały pomyślane jako sposób na zatarcie w zbiorowej pamięci nieszczęsnej rocznicy tornada. Nie mają one nic wspólnego z prawdziwym

kraterem. Nikt nie wymyślił sposobu, jak zarobić na impakcie, którego nie widać.

„Bardzo rzadko się zdarza, aby ktoś pytał, dokąd trzeba się udać, żeby zobaczyć krater<sup>3</sup>. Musimy wtedy odpowiadać, że nie ma nic do oglądania - mówi Anna Schlapkohl, miejska bibliotekarka. §|| Pytający wychodzą trochę zawiedzeni”. Lecz niewielu ludzi, nawet w Iowa, kiedykolwiek słyszało o kraterze w Manson. Nawet u geologów zasługuje on najwyżej na wzmiankę w przypisie. Lecz przez jeden krótki okres w latach osiem dziesiątych Manson stanowiło dla geologów najbardziej ekscytujące miejsce na Ziemi.

Historia zaczęła się w latach pięćdziesiątych, gdy Eugene Shoemaker, młody, bystry geolog, odwiedził Meteor Crater w Arizonie, który dzisiaj jest najslawniejszym kraterem impaktowym na Ziemi i stanowi popularną atrakcję turystyczną, lecz wówczas miał jeszcze niewielu gości i nosił nazwę Barringer Crater, od nazwiska bogatego inżyniera górnictwa, Daniela M. Barringera, który postawił nań całą swoją fortunę. Barringer sądził, że krater powstał na skutek uderzenia meteoru ważącego 10 milionów ton i bogatego w żelazo oraz nikiel. Całkowicie nieświadomy, że meteor natychmiast wyparował wraz z całą zawartością, Barringer był przekonany, że zbije fortunę. Nie tylko nie zbił, lecz zmarnował zarówno majątek, jak i dwadzieścia sześć lat, kopiąc tunele, w których nic nie znalazł.

W początkach dwudziestego wieku badania kraterów były, oględnie mówiąc, nieskomplikowane, przynajmniej według dzisiejszych standardów. Jeden z czołowych przedstawicieli tej dyscypliny, G.K. Gilbert z Columbia University<sup>4</sup>, modelował efekty impaktowe, wrzucając małe marmurowe kulki do talerza z owsianką (z powodów, których nie potrafię się domyślić, Gilbert nie prowadził tych eksperymentów w laboratorium uniwersytetu, lecz w pokoju hotelowym<sup>5</sup>). Wyciągnął z tych badań wniosek, że na Księżycu kratery rzeczywiście powstały w wyniku uderzeń - co samo w sobie stanowiło wówczas dość radykalną hipotezę - lecz na Ziemi nie. Większość uczonych nie była

skłonna uznać nawet tego połowicznego rozwiązania, kraterzy na Księżycu były dla nich dowodem istnienia dawnych wulkanów i niczego więcej. Nieliczne kraterzy, które pozostały ewidentnie widoczne na powierzchni Ziemi (większość zdążyła ulec erozji), były na ogół przypisywane innym przyczynom lub traktowane jako przypadkowe wyjątki.

Zanim pojawił się Shoemaker, panowało przekonanie, że Meteor Crater powstał w wyniku podziemnej eksplozji pary. Shoemaker nic nie wiedział na temat podziemnych eksplozji pary - i nie mógł wiedzieć, ponieważ takich zjawisk nie ma - lecz wiedział wszystko na temat skutków i stref oddziaływania naziemnych wybuchów. Jedną z pierwszych rzeczy, jakimi się zajmował po ukończeniu college'u, były badania skutków wybuchów jądrowych na pustyni Yucca Flats w stanie Nevada. Shoemaker doszedł do wniosku, podobnie jak przed nim Barringer, że nie ma żadnych dowodów, które sugerowałyby związek Meteor Crater z aktywnością wulkaniczną, natomiast istnieją w jego okolicach olbrzymie anomalie w rozkładach pewnych związków - głównie krzemionek i magnetytów - które wyraźnie wskazują na upadek ciała niebieskiego. Zaintrygowany Shoemaker zaczął w wolnym czasie studiować ten temat.

Pracując wspólnie z koleżanką, Eleanor Helin, a później ze swoją żoną Carolyn oraz ze współpracownikiem Davidem Levym, Shoemaker zaczął systematyczne badania wewnętrznych obszarów Układu Słonecznego. Jeden tydzień w każdym miesiącu spędzali w Palomar Observatory w Kalifornii, poszukując różnych obiektów, przede wszystkim asteroid, których trajektorie prowadzą do przecięcia z orbitą Ziemi.

„Do momentu, gdy zaczynaliśmy, tylko około tuzina takich obiektów zostało odkrytych<sup>6</sup> w całej historii astronomii - Shoemaker wspominał wiele lat później w wywiadzie telewizyjnym - w dwudziestym wieku astronomowie w zasadzie porzucili Układ Słoneczny. Ich uwaga przeniosła się na gwiazdy i galaktyki”.

Shoemaker i jego współpracownicy odkryli, że nasze najbliższe

sąsiedztwo jest znacznie mniej bezpieczne, niż ktokolwiek mógłby sobie wyobrazić.

Asteroidy są powszechnie znane jako skalne obiekty krążące swobodnie w pasie położonym między orbitami Marsa i Jowisza. Na ilustracjach są zawsze przedstawiane w postaci gęstego obwarzanka, lecz w rzeczywistości Układ Słoneczny jest dostatecznie przestronny i nie ma powodów do niepotrzebnego tłoku - przeciętna asteroida znajduje się w odległości około pół miliona kilometrów od swego najbliższego sąsiada. Astronomowie sądzą, że asteroidy stanowią materiał na planetę, która nie powstała, ponieważ nie pozwoliła jej na to grawitacja Jowisza, który nadal utrzymuje je wszystkie w rozsypce.

Gdy asteroidy zostały po raz pierwszy odkryte w dziewiętnastym wieku - pierwszą odkrył w pierwszym dniu nowego stulecia Sycylijczyk Giu-seppi Piazzi - uznano je za planety i pierwsze dwie nazwano Ceres i Pallas. Dopiero astronom William Herschel wydedukował, że ich rozmiary nijak się mają do rozmiarów planet. Nazwał je asteroidami, od łacińskiego określenia oznaczającego „gwiazdopodobne”, co także stanowi dość niefortunne określenie, ponieważ asteroidy mają jeszcze mniej wspólnych cech z gwiazdami. Obecnie są niekiedy określane znacznie bardziej prawidłową nazwą „planetoidy”.

Poszukiwanie asteroid stało się popularne w dziewiętnastym wieku i pod koniec stulecia znano już około 1000. Problem polegał na tym, że nikt nie prowadził systematycznego katalogu. Na początku dwudziestego wieku często nie sposób było stwierdzić, czy asteroida, która pojawiła się w polu widzenia, jest nowa, czy była już obserwowana, lecz później stracono jej ślad. Tymczasem astrofizyka poczyniła tak znaczne postępy, że niewielu astronomów było skłonnych poświęcić się czemuś tak nudnemu jak badania skalnych okruchów. Tylko kilku z nich interesowało się w ogóle Układem Słonecznym, między innymi Gerard Kuiper, pochodzący z Holandii astronom, od którego nazwiska pochodzi określenie „pas Kuipera”, siedlisko komet. Dzięki jego pracy w

McDonald Observatory w Teksasie, kontynuowanych później przez astronomów z Minor Planet Center w Cincinnati oraz przez uczestników projektu Spacewatch w stanie Arizona, długa lista zaginionych asteroid została stopniowo zredukowana; pod koniec dwudziestego wieku tylko jedna uprzednio widziana asteroida, znana pod nazwą 719 Albert, pozostawała do zlokalizowania. Uprzednio widziano ją w październiku 1911 roku. Została ponownie wysłędzona w 2000 roku, po 89 latach na liście zaginionych<sup>8</sup>.

Tak więc z punktu widzenia badań asteroid wiek dwudziesty stanowił w zasadzie długie ćwiczenie z księgowości. Dopiero w ciągu kilku ostatnich lat astronomowie zaczęli zwracać uwagę na pozostałe asteroidy. Do lipca 2001 roku zidentyfikowano i nazwano 26 000 asteroid<sup>9</sup>, z czego połowę w ciągu dwóch ostatnich lat. Istnieje około miliarda asteroid, więc można powiedzieć, że wszystko jeszcze przed nami.

Trzeba oczywiście pamiętać, że zidentyfikowanie asteroidy nie czyni jej automatycznie bezpieczną. Nawet gdyby każda asteroida w Układzie Słonecznym miała nazwę i znaną orbitę, trudno przewidzieć perturbacje, które mogą każdą z nich posłać w naszym kierunku. Nie potrafimy przewidzieć zaburzeń skał na powierzchni naszej własnej planety. Równie bezradni jesteśmy wobec tych z nich, które dryfują w przestrzeni. Wiemy jednak, że każda asteroida, która jest nam przeznaczona, w końcu znajdzie się na naszej drodze.

Wyobraź sobie Ziemię na orbicie jako jedyny pojazd na pewnego rodzaju autostradzie, regularnie przecinanej przez pieszych, którzy nie zwracają na nikogo uwagi przed wejściem na jezdnię. Nie znasz co najmniej 90 procent tych pieszych. Nie wiesz, gdzie mieszkają, jaki mają rozkład dnia, jak często wchodzą ci w drogę. Wiesz tylko, że w nieznanych nam miejscach, o nieokreślonych porach, przemykają przez drogę, po której pędzisz z prędkością 100 000 kilometrów na godzinę<sup>10</sup>. Jak ujął to Steven Ostro z Jet Propulsion Laboratory: „Przypuśćmy, że za naciśnięciem guzika możesz oświetlić wszystkie asteroidy o średnicy większej niż, powiedzmy, dziesięć metrów,

których trajektorie przecinają orbitę Ziemi - będzie ich ponad 100 milionów na niebie”. Krótko mówiąc, zobaczyłbyś nie parę tysięcy migających gwiazd, lecz miliony bliżej położonych obiektów, „zdolnych do zderzenia z Ziemią, poruszających się na wszystkie strony z różnymi prędkościami”. Byłby to dość niepokojący widok”. No cóż, niepokój jest tak czy inaczej uzasadniony, mimo że nie możemy ich zobaczyć.

Ocenia się - aczkolwiek jest to tylko oszacowanie oparte na ekstrapolacji tempa powstawania kraterów na Księżycu - że wśród asteroid regularnie przecinających naszą orbitę około 2000 ma na tyle duże rozmiary, że mogą one unicestwić naszą cywilizację. Lecz nawet mniejsza asteroida, na przykład o rozmiarach domu, może zniszczyć całe miasto. Liczba takich maluchów, które przecinają orbitę Ziemi, niemal na pewno sięga setek tysięcy, a może nawet milionów, a śledzenie ich jest właściwie niemożliwe.

Pienysza została zauważona dopiero w 1991 roku, i to dopiero wtedy, gdy nas minęła. Nazwana 1991 BA, minęła Ziemię w odległości 170 000 kilometrów - w kosmicznej skali odpowiadałoby to kuli, która przestrzeliła rękaw, nie dotykając ręki. Dwa lata później nieco większa asteroida minęła nas w odległości 145 000 kilometrów - najbliższe dotychczas zarejestrowane przejście - i również przybyła bez ostrzeżenia, a zauważona została dopiero po minięciu Ziemi. Timothy Ferris w artykule w „New Yorkerze” ocenia, że takie bliskie spotkania prawdopodobnie zdarzają się dwa do trzech razy w tygodniu i nie zostają zauważone<sup>12</sup>.

Asteroida o średnicy 100 metrów zostałaby zauważona przez ziemskie teleskopy dopiero na kilka dni przed kolizją, i to tylko wtedy, gdyby teleskop był wycelowany we właściwą stronę, co jest mało prawdopodobne, ponieważ nawet dzisiaj liczba osób poszukujących takich obiektów jest skromna. Często cytuje się interesujące porównanie, że liczba ludzi na świecie, którzy aktywnie uczestniczą w poszukiwaniach asteroid, jest mniejsza od załogi przeciętnej restauracji McDonald'sa (obecnie jest już trochę większa, lecz tylko trochę).



Podczas gdy Gene Shoemaker próbował zmobilizować ludzi do działania w obliczu potencjalnych niebezpieczeństw ze strony wewnętrznych obszarów Układu Słonecznego, w innej części świata inny badacz zajmował się zupełnie innym zagadnieniem, z pozoru całkowicie niezwiązanym z asteroidami. W początkach lat siedemdziesiątych Walter Alvarez, młody geolog z Columbia University Lamont Doherty Laboratory, prowadził prace polowe w uroczym wąwozie, zwanym Bottaccione Gorge, w pobliżu miasta Gubbio w Umbrii, we Włoszech. Jego uwagę zwróciła cienka warstewka czerwonej gliny, która oddzielała dwie warstwy wapienia - jedną z okresu kredy, drugą z trzeciorzędu. W geologii jest to tak zwana granica KT\*, która oznacza moment w przeszłości, 65 milionów lat temu, gdy dinozaury i wraz z nimi około połowy pozostałych gatunków zwierząt raptownie zniknęło z powierzchni Ziemi, a ich szczątki z wykopalisk. Alvarez zastanawiał się, jaki może być związek cienkiej, zaledwie sześć-milimetrowej warstwy gliny z tym dramatycznym momentem w historii Ziemi.

Obowiązujące wówczas poglądy na temat wymierania dinozaurów były takie same jak 100 lat wcześniej, w czasach Charlesa Lyella, mianowicie, że dinozaury wymarły w ciągu wielu milionów lat. Cienka warstwa gliny wyraźnie sugerowała jednak, że przynajmniej w Umbrii, jeżeli nie gdzie indziej, zdarzyło się raczej coś bardziej raptownego. Niestety w latach siedemdziesiątych nie istniały jeszcze metody pozwalające określić, jak długo trwa akumulacja takiego osadu.

W normalnych warunkach Alvarez niemal na pewno musiałby pozostawić ten problem nierozwiązany i zająć się czymś innym, lecz tak się szczęśliwie złożyło, że miał dostęp do kogoś spoza swojej dziedziny, kto mógł udzielić mu pomocy - swego ojca, Luisa A. Alvaréza, prominentnego naukowca, zdobywcę Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki w poprzedniej dekadzie. Luis Alvarez z lekkim pobłażaniem traktował zamiłowanie swego syna do dźubania w skałach, lecz ten konkretny problem zaintrygował go, gdyż zdał sobie sprawę, że

odpowieź może ukrywać się w kosmosie.

Każdego roku na Ziemię opada około 30 000 ton kosmicznego pyłu<sup>13</sup>, który stanowiłby poważny problem, gdyby trafiał na jedno wysypisko,

\* Stosuje się skrót KT, a nie CT, ponieważ litera C została wcześniej zarezerwowana dla kambru. Zależnie od źródła K pochodzi albo od greckiego kreta, albo od niemieckiego Kreide. Oba słowa oznaczają krechę, podobne znaczenie ma angielskie określenie Creta-ceous.

I lecz tworzy niezmiernie cienką warstwę, gdy rozkłada się na całą po-P wierzchnię planety. Skład chemiczny tego pyłu jest dość charakterystyczny, w szczególności są w nim obecne egzotyczne pierwiastki, które na Ziemi występują w znikomych ilościach, między innymi iryd, który w kosmosie jest tysiąc razy bardziej rozpowszechniony niż w skorupie Ziemi (prawdopodobnie dlatego, że większość ziemskiego irydu dostała się do jądra w okresie formowania naszej planety).

Frank Asaro, kolega Luisa Alvareza w Lawrence Berkeley Laboratory w Kalifornii, opracował metodę bardzo precyzyjnego mierzenia składu chemicznego gliny, opartą na procesie tak zwanej aktywacji neutronowej. Metoda polega na bombardowaniu próbek neutronami z małego reaktora, a następnie zliczaniu emitowanych przez próbkę promieni gamma; technika ta wymaga ogromnej precyzji, lecz daje bardzo dokładne wyniki. Poprzednio Asaro użył tej metody do badania wyrobów ceramicznych, więc Alvarez rozumował w ten sposób, że jeżeli zmierzą ilość któregoś z egzotycznych pierwiastków w próbkach pobranych przez jego syna w Umbrii, a następnie porównają wyniki z rocznym tempem osadzania się tego pierwiastka, będą mogli obliczyć, jak długo powstawała warstwa czerwonej gliny na granicy KT. W pewne październikowe popołudnie w 1977 roku Luis i Walter Alvarezowie odwiedzili Franka Asaro, aby go poprosić o wykonanie testów.

Było to dość niezwykle zamówienie. Domagali się od Asaro, aby poświęcił wiele miesięcy pracy na pomiary geologicznych próbek tylko po to,

aby potwierdzić to, co z góry wydawało się oczywiste i ewidentne - że cienka warstwa gliny powstawała tak długo, jak wskazuje na to jej grubość. Z pewnością nikt nie oczekiwał, że to badanie spowoduje jakiś dramatyczny przełom.

„No cóż, byli bardzo mili i dość natrętni<sup>14</sup> - Asaro wspominał później w wywiadzie w 2002 roku. - Wydawało się, że to może być interesujące wyzwanie, więc się zgodziłem. Niestety miałem jeszcze wiele innych rzeczy do zrobienia, więc mogłem się do tego zabrać dopiero po ośmiu miesiącach. - Asaro sprawdza swoje notatki z tego okresu. - 21 czerwca 1978 roku o 13.45 włożyliśmy próbkę do detektora. Działał przez 224 minuty. Widzieliśmy, że dostajemy interesujące wyniki, więc wyłączyliśmy go, żeby się im przyjrzeć”.

Wyniki były w istocie tak nieoczekiwane, że trzech naukowcy początkowo sądzili, że muszą być błędne. Ilość irydu w próbce była ponad trzysta razy wyższa od normalnego poziomu - o wiele wyższe, niż mogliby się spodziewać. W ciągu kolejnych kilku miesięcy Frank Asaro oraz jego koleżanka Helen Michel pracowali bez wytchnienia (niekiedy po trzydzieści godzin - „Gdy już zacząłeś, to ciężko przestać”, wyjaśnia Asaro), analizując próbki i zawsze uzyskiwali taki sam rezultat. Wyniki testów na próbkach z innych regionów - Danii, Hiszpanii, Francji, Nowej Zelandii, Antarktydy - wskazywały, że anomalny poziom irydu jest powszechny i wszędzie podwyższony, niekiedy aż pięćset razy. Bez wątplenia coś dużego i raptownego, zapewne jakiś kataklizm, stanowiło przyczynę.

Alvarezowie doszli do wniosku, że najbardziej prawdopodobne wyjaśnienie - w każdym razie w ich mniemaniu - polega na tym, że w Ziemię uderzyła asteroida lub kometa.

Sama idea nie była całkiem nowa, mimo że obecnie często się ją tak przedstawia. Już wcześniej wysuwano hipotezy, że Ziemia mogła być od czasu do czasu wystawiona na kosmiczne uderzenia. W 1942 roku Ralph B. Baldwin, astrofizyk z Northwestern University, zasugerował taką możliwość w artykule

opublikowanym w czasopiśmie „Popular Astronomy”<sup>15</sup> (żadne akademickie czasopismo nie chciało go opublikować). Przynajmniej dwaj znani naukowcy, astronom Emst Ópik oraz chemik i zarazem laureat Nagrody Nobla Harold Urey, kilkakrotnie publicznie popierali tę koncepcję. Nie była ona nieznaną także wśród paleontologów. W 1956 roku profesor z Oregon State University, M.W. de Laubenfels, w zasadzie uprzedził teorię Alvarezów, sugerując w czasopiśmie „Journal of Paleontology”<sup>16</sup>, że śmiertelny cios zadany dinozaurom mógł pochodzić z kosmosu. W 1970 roku prezes American Paleontological Society, Dewey J. McLaren, wysunął na dorocznej konferencji sugestię, że przyczyną wcześniejszego przypadku wymierania, znanego jako kryzys na granicy frąnu i famenu, mogło być uderzenie spoza Ziemi<sup>17</sup>.

Jakby dla podkreślenia, że do tego czasu idea stała się całkiem nienowa, w 1979 roku w Hollywood powstał film pod tytułem Meteor („Jest szeroki na pięć mil... Leci z prędkością 30 000 mil na godzinę - i nie mamy gdzie się schować!”), w którym wystąpili Henry Fonda, Natalie Wood, Karl Malden i bardzo duży kamień.

Gdy więc w pierwszym tygodniu 1980 roku na konferencji American Association for the Advancement of Science Alvarezowie ogłosili, że wymieranie dinozaurów nie trwało przez miliony lat, jako rezultat jakiegoś powolnego, lecz nieubłaganego procesu, lecz zdarzyło się nagle, w wyniku pojedynczej eksplozji, ich hipoteza nie powinna była wywołać szoku.

Jednak wywołała. Została przyjęta wszędzie, a zwłaszcza w świecie paleontologów, jako skandaliczna herezja.

„No cóż, należy pamiętać, że byliśmy amatorami w tej dziedzinie. Walter jest geologiem specjalizującym się w paleomagnetyzmie, Luis jest fizykiem, a ja chemikiem jądrowym - wspomina Asaro. - I nagle my trzej mówimy paleontologom, że rozwiązaliśmy problem, z którym oni nic mogli sobie poradzić przez ponad sto lat. Nic dziwnego, że nie przyjęli nas z otwartymi ramionami”. Luis Alvarez żartował: „Zostaliśmy złapani na uprawianiu geologii

bez licencji”.

Istniały jednak głębsze, bardziej fundamentalne powody odrzucenia teorii impaktowej. Od czasów Lyella w historii naturalnej dominowało przekonanie, że ziemskie procesy są powolne i stopniowe. Do czasów hipotezy Alvarezów katastrofizm stał się tak niemodny, że był dosłownie nie do pomyślenia. Dla większości geologów idea niszczących uderzeń z kosmosu była, jak zauważył Shoemaker, „sprzeczna z ich naukową religią”.

Nie pomogło jej także otwarte lekceważenie, jakie Luis Alvarez okazywał paleontologom i ich udziałowi w budowaniu naukowej wiedzy. „To nie są dobrzy naukowcy. Przypominają raczej kolekcjonerów znaczków”<sup>18</sup>, napisał w „New York Timesie”, w artykule, który kłuje w oczy jeszcze dziś.

Przeciwnicy teorii Alvarezów sformułowali wiele alternatywnych wyjaśnień osadów irydowych - na przykład długotrwałych erupcji wulkanicznych w Indiach, zwanych dekańskimi trapami („trap” pochodzi od szwedzkiego słowa oznaczającego rodzaj lawy; Dekan to wyżyna na Półwyspie Indyjskim) - lecz przede wszystkim zwracali uwagę, iż nie ma żadnych dowodów, że zniknięcie dinozaurów było raptowne i że zanik zespołu skamieniałości pokrywa się z warstwą irydonośną. Jednym z najbardziej zaangażowanych oponentów był Charles Officer z Dartmouth College, który upierał się, że warstwa irydowa powstała w wyniku działalności wulkanicznej, mimo iż przyznał w wywiadzie dla gazety, że nie dysponuje dowodami<sup>19</sup>. Jeszcze w 1988 roku ponad połowa amerykańskich paleontologów pytanych o opinię w tej sprawie przyznała, że nadal nie wierzy, aby wymieranie dinozaurów było w jakikolwiek sposób związane z uderzeniem asteroidy lub komety<sup>20</sup>.

Alvarezowie nie dysponowali jedną rzeczą, która w oczywisty sposób podtrzymałaby ich teorię - miejscem impaktu. W tym momencie na scenie pojawia się Eugenc Shoemaker. Shoemaker ma łącznika w stanie Iowa - jego synowa wykłada na University of Iowa - i zna krater w Manson z własnych badań. Dzięki niemu wszystkie oczy zwracają się teraz na Iowa.

Geologia stanowi tego rodzaju profesję, która przybiera różne formy w różnych miejscach Ziemi. W Iowa, płaskim i stratygraficznie raczej nieciekawym stanie, zawód geologa to dość spokojne zajęcie. Nie ma alpejskich szczytów i żłobionych przez lodowce dolin, nie ma wielkich zasobów ropy lub złóż cennych metali ani śladu piroklastycznych spływów. Jeżeli jesteś geologiem zatrudnionym przez stan Iowa, znaczna część twojej pracy polega na ocenianiu Planów Utylizacji Nawozów, które wszyscy „operatorzy nadzoru nad zwierzętami” - hodowcy świń, mówiąc po ludzku - muszą okresowo sporządzać<sup>21</sup>. W stanie Iowa żyje 15 milionów świń, więc jest sporo nawozów do utylizacji. To nie są drwiny - to ważna i interesująca praca, która pomaga utrzymać czystość wody w Iowa - lecz przy całej dobrej woli to nie jest to samo co dłubanie w lawie na Mount Pi-natubo lub skrobanie pokrywy lodu na Grenlandii w poszukiwaniu prehistorycznych form życia. Możemy zatem wyobrazić sobie emocje i podniecenie, jakie zapanowały w Iowa Department of Natural Resources, gdy w połowie lat osiemdziesiątych uwaga geologicznego świata skupiła się na Manson i jego kraterze.

Department of Natural Resources stanu Iowa mieści się na szczycie Trowbridge Hall w Iowa City, budynku z czerwonej cegły z przełomu stuleci, siedzibie Sciences Department University of Iowa Earth. Nikt nie pamięta kiedy ani tym bardziej dlaczego stanowi geolodzy zostali umieszczeni na terenie uniwersytetu, lecz najwyraźniej nie byli mile widziani, ponieważ biura są małe, sufity niskie, a dostęp nieco utrudniony. Gdy wskazano mi drogę, miałem wrażenie, że za chwilę znajdę się na krawędzi dachu i będę wchodził przez okno.

Ray Anderson i Brian Witzke pracują tu wśród stosów papierów, czasopism, pozwijanych map i licznych próbek skał (geolodzy nigdy nie uskarżają się na brak przycisków do papieru). Jest to tego rodzaju miejsce, że gdy chcesz coś znaleźć - dodatkowe krzesło, kubek do kawy, dzwoniący telefon - musisz najpierw poprzemieszczać stosy papierów.

„Nagle znaleźliśmy się w środku akcji<sup>22</sup> - powiedział Anderson, ja-BP śmiejąc na samo wspomnienie, gdy odwiedziłem ich w biurze w pewien deszczowy, czerwcowy poranek. - To był cudowny czas”.

Zapytałem ich o Gene'a Shoemakera, który wydaje się cieszyć powszechnym szacunkiem. „To był wspaniały facet - stwierdził bez wahania Witzke. - Gdyby nie on, cała rzecz w ogóle nie miałaby szans powodzenia. Nawet przy jego poparciu przygotowania trwały dwa lata. Wiercenie to kosztowny interes - wtedy kosztowało 35 dolarów za stopę, a dziś jeszcze; więcej; a my musieliśmy schodzić do 3000 stóp”.

„Czasem nawet więcej”, dodał Anderson.

„Czasem nawet więcej - zgodził się Witzke. - I w wielu miejscach, i więc mówimy tu o dużych pieniądzach. Z pewnością większych niż te, na które pozwoliłby nasz budżet”.

W ten sposób zaczęła się współpraca między Iowa Geological Survey oraz US Geological Survey.

„W każdym razie my myśleliśmy, że to była współpraca”, Anderson dodał z kwaśnym uśmiechem.

„To była dla nas prawdziwa lekcja - kontynuował Witzke. - Przez cały czas obserwowaliśmy liczne przykłady, jak nie należy uprawiać nauki. Ludzie pędzili ogłaszać wyniki, których nie zawsze dało się obronić”. Jeden z takich przypadków zdarzył się, gdy na dorocznej konferencji American Geophysical Union w 1985 roku Glenn Izett i C.L. Pillmore z US Geological Survey ogłosili, że krater Manson jest w odpowiednim wieku, aby mógł mieć związek z wyginięciem dinozaurów<sup>23</sup>. Ta deklaracja przyciągnęła uwagę sporej części mediów, ale niestety okazała się przedwczesna. Dokładniejsze badania danych wykazały, że krater jest nie tylko za mały, ale także o dziewięć milionów lat za stary.

Anderson i Witzke przekonali się, w jaki sposób trzeba dbać o swoją karierę, gdy przybyli na konferencję w Dakocie Południowej, gdzie wszyscy

witali ich z oznakami sympatii i współczucia oraz ze słowami: „Słyszeliśmy, że straciliście swój krater”. Z prawdziwym zaskoczeniem dowiedzieli się, że Izett oraz inni naukowcy z US Geological Survey właśnie ogłosili poprawione wyniki badań, z których wynikało, że krater Manson może jednak mieć związek z wymieraniem.

„To było dość zaskakujące - wspomina Anderson. - Chodzi mi o to, że w jednej chwili mieliśmy bardzo ważną rzecz, a w następnej już jej nie mieliśmy. Lecz znacznie gorsza była świadomość, że ludzie, o których sądziliśmy, że z nimi współpracujemy, nawet nie zwracali sobie głowy, żeby podzielić się z nami swoimi nowymi wynikami”.

„Dlaczego nie?”.

Wzruszył ramionami. „Kto to wie? W każdym razie była to pouczająca lekcja, jak nieatrakcyjna może się stać nauka, gdy gra toczy się na pewnym poziomie”.

Poszukiwania przeniosły się tymczasem w inne miejsca. W 1990 roku jeden z poszukiwaczy, Alan Hildebrand z University of Arizona, przypadkiem spotkał dziennikarza z „Houston Chronicle”, który niegdyś słyszał o dużej, niewyjaśnionej, pierścieniowej formacji skalnej, szerokiej na 193 kilometry, głębokiej na 48 kilometrów, położonej pod półwyspem Jukatan w Meksyku, w Chicxulub w pobliżu miasta Progreso, około 950 kilometrów na południe od Nowego Orleanu. Formacja została odkryta przez meksykańską firmę wydobywczą Pemex w 1952 roku<sup>24</sup> - w tym samym roku, w którym Gene Shoemaker po raz pierwszy odwiedził Meteor Crater w Arizonie - lecz jej geolodzy doszli do wniosku, że jest pochodzenia wulkanicznego, zgodnie z ówczesnie obowiązującymi poglądami. Hildebrand odwiedził oraz zbadał to miejsce i dość szybko uznał, że jest to poszukiwany przez wszystkich krater. W początkach 1991 roku zostało stwierdzone, że Chicxulub stanowi ślad po uderzeniu, i prawie wszyscy uznali sprawę za zamkniętą.

Wielu ludzi nadal miało jednak wątpliwości co do możliwych skutków



kolizji. Jak pisze Stephen Jay Gould w jednym ze swoich esejów: „Pamiętam, że początkowo miałem poważne wątpliwości co do skuteczności takiego zjawiska. [...] [D]laczego obiekt o średnicy zaledwie sześciu mil miałby spowodować takie zniszczenia na planecie o średnicy 8000 mil?”<sup>25</sup>

Naturalny test teorii impaktowej miał miejsce wkrótce po tym, jak Shoemaker i Levy odkryli kometa Shoemaker-Levy 9 i zaraz potem przekonali się, że zmierza ona w kierunku Jowisza. Ludzkość po raz pierwszy miała być świadkiem kosmicznego zderzenia, a dzięki Kosmicznemu Teleskopowi Hubble’a mogła je obserwować na żywo i ze wszystkimi szczegółami. Według Curtisa Peeblesa większość astronomów nie spodziewała się żadnych poważnych skutków, zwłaszcza że kometa nie stanowiła jednolitej sfery, lecz łańcuch 21 fragmentów. „Sądzę, że Jowisz wchłonie te komety i nawet nie dostanie czkawki”<sup>26</sup>, napisał jeden z nich. Tydzień przed zderzeniem w „Nature” ukazał się artykuł zatytułowany The Big Fiz-zle Is Corning, przewidujący, że zderzenie będzie niczym więcej jak deszczem meteorów.

Uderzenia fragmentów komety zaczęły się 16 lipca 1994 roku, trwały tydzień i były większe niż ktokolwiek - być może z wyjątkiem Gene’a Shoemakera - oczekiwał. Jeden z fragmentów, nazwany Nucleus G, uderzył z siłą około 6 milionów megaton, siedemdziesiąt razy więcej niż łączna moc ziemskich arsenałów nuklearnych<sup>27</sup>. Nucleus G miał rozmiary niewielkiej góry, lecz ślad po jego uderzeniu w powierzchnię Jowisza miał rozmiary całej Ziemi. Był to zarazem ostateczny cios zadany krytykom teorii Alvarezów.

Luis Alvarez nie dowiedział się o istnieniu krateru Chicxulub ani o komecie Shoemaker-Levy, ponieważ zmarł w 1988 roku. Trzy lata po kolizji jego komety z Jowiszem Gene Shoemaker zginął w australijskim interiorze, gdzie podróżował co roku wraz z żoną, aby poszukiwać kraterów uderzeniowych. Na zakurzonej, polnej drodze na pustyni Tanami - zwykle jednym z najbardziej wyludnionych miejsc na Ziemi - ich auto wjechało na niewielkie wzniesienie dokładnie w momencie, gdy z naprzeciwka zbliżał się

inny pojazd. Shoemaker zginął na miejscu, jego żona została ranna<sup>28</sup>. Część jego prochów została wysłana na Księżyc na pokładzie statku „Lunar Prospector”, resztę rozsypano nad Meteor Crater w Arizonie.

Anderson i Witzke nie mają już krateru, który zabił dinozaury, „lecz nadal mamy największy i najlepiej zachowany krater uderzeniowy w kontynentalnej części Stanów Zjednoczonych”, mówi Anderson (aby utrzymać taki status, potrzeba trochę werbalnej zręczności, ponieważ istnieją większe kratery - zatoka Chesapeake została w 1994 roku uznana za skutek uderzenia - lecz są albo zdeformowane, albo znajdują się w morzu). „Chicxulub jest pokryty dwu-lub trzykilometrową warstwą wapieni i w większości leży poza lądem, co utrudnia jego badania, podczas gdy Manson jest całkiem dostępny - kontynuuje Anderson. - Jest bardzo dobrze zachowany, ponieważ jest przykryty”.

Zapytałem ich, ile czasu mielibyśmy, gdyby podobny kawałek skały zbliżał się do nas dzisiaj.

„Och, prawdopodobnie wcale - jowialnie odpowiedział Anderson. - Nie byłby widoczny, zanim nie uległby rozgrzaniu, a to stałoby się dopiero przy uderzeniu w atmosferę, czyli około jednej sekundy przed uderzeniem w powierzchnię Ziemi. Mówimy tu o obiekcie, który porusza się dziesiątki razy szybciej niż najszybsza kula. Jeżeli nie zostałby dostrzeżony przez czyjś teleskop, a to wcale nie jest takie pewne, wzięłby nas całkowicie przez zaskoczenie”.

Siła uderzenia zależy od bardzo wielu czynników - kąta padania, prędkości, trajektorii, od tego, czy kolizja jest czołowa czy boczna, od masy oraz gęstości zderzających się ciał i wielu innych - których nie potrafimy odtworzyć po wielu milionach lat. Jednak to, co naukowcy mogą zrobić - Anderson i Witzke to zrobili - to zmierzyć rozmiary krateru i obliczyć energię uwolnioną w wyniku uderzenia. Na tej podstawie można przewidywać możliwe scenariusze tego, co zaszło - lub, w nieco bardziej niepokojącej wersji, co zajdzie - po uderzeniu.

Asteroida lub kometa poruszająca się po swojej orbicie wdrze się w ziemską atmosferę z taką prędkością, że powietrze nie zdąży usunąć się z jej drogi, lecz ulegnie kompresji, jak w pompce rowerowej. Każdy, kto kiedykolwiek pompował rower, wie, że sprężany gaz szybko się rozgrzewa. Powietrze na drodze meteoru rozgrzeje się do 60 000 stopni, czyli do temperatury około dziesięć razy większej niż temperatura na powierzchni Słońca. W momencie wejścia meteoru w atmosferę wszystko, co znajdzie się na jego drodze - ludzie, domy, fabryki, auta - zmarszczy się i zniknie jak skrawek celofanu umieszczony w płomieniu zapalniczki.

W ciągu sekundy od wejścia w atmosferę meteor uderzył w powierzchnię Ziemi, gdzie mieszkańcy Manson - kimkolwiek lub czymkolwiek byli - jeszcze przed chwilą zajmowali się swoimi sprawami. Sam meteor natychmiast wyparował, lecz uderzenie spowodowało wybuch i wybiecie do atmosfery 1000 kilometrów sześciennych skał, ziemi oraz supergorących gazów. Każda żywa istota w promieniu 250 kilometrów, która nie zginęła od gorąca w momencie uderzenia, zginie od wybuchu. Rozchodząca się z prędkością wielokrotnie przekraczającą prędkość dźwięku fala uderzeniowa zmiecie wszystko na swej drodze.

Poza strefą natychmiastowego zniszczenia pierwszą oznaką katastrofy będzie błysk oślepiającego światła - jaśniejszego od wszystkiego, co kiedykolwiek widziały ludzkie oczy - po którym w ciągu minuty lub dwóch pojawi się apokaliptyczny widok o niewyobrażalnej wielkości: tocząca się ściana ciemności sięgająca wysoko ku niebu, wypełniająca całe pole widzenia i poruszająca się z prędkością tysięcy kilometrów na godzinę. Zjawi się w całkowitej ciszy, ponieważ znacznie przekracza prędkość dźwięku. Każdy, kto znajdzie się w wysokim budynku w Omaha lub w Des Moines i przypadkiem będzie spoglądał we właściwym kierunku, zobaczy oszałamiający welon zniszczenia, który natychmiast go pochłonie.

W ciągu kilku minut na obszarze rozciągającym się od Denver po Detroit

i obejmującym Chicago, St Louis, Kansas City, Minneapolis - krótko mówiąc, cały Środkowy Zachód - niemal każdy stojący obiekt zostanie zrównany z ziemią lub spalony, prawie każda żywa istota będzie martwa<sup>29</sup>. Wszyscy ludzie znajdujący się w odległości do 1500 kilometrów od epicentrum zostaną powaleni z nóg i posiekani przez huragan lecących szczątków. Poza strefą 1500 kilometrów skala zniszczeń będzie się stopniowo zmniejszała.

Lecz to są dopiero skutki początkowej fali uderzeniowej. Można tylko z mniejszym lub większym prawdopodobieństwem zgadywać, co się będzie działo później. Tak czy inaczej, skutki będą globalne i szybkie. Uderzenie niemal na pewno uruchomi łańcuch niszczących trzęsień ziemi. Na całym globie obudzą się wulkany. Fale tsunami pojawią się na wszystkich oceanach i zaatakują nawet najbardziej odległe wybrzeża. W ciągu godziny całą Ziemię pokryje ciemna zasłona, a płonące skały i inne szczątki zaczną spadać z nieba, wzniecając wszędzie pożary. Szacuje się, że w ciągu pierwszego dnia zginie półtora miliarda ludzi. Potężne zakłócenia jonosfery zknokautują większość systemów komunikacyjnych, więc nikt nie będzie wiedział, co się dzieje w innych częściach świata ani dokąd się udać. To akurat będzie bez znaczenia. Jak ujął to jeden z komentatorów, ucieczka będzie „wyborem między szybką i powolną śmiercią. Liczba ofiar będzie w niewielkim stopniu zależna od ewentualnych działań ewakuacyjnych, ponieważ zdolność Ziemi do podtrzymania życia będzie wszędzie zmniejszona w jednakowym stopniu”<sup>30</sup>.

Unoszące się w atmosferze sadze i popioły, pochodzące z początkowego uderzenia oraz późniejszych pożarów, zasłonią Słońce na wiele miesięcy, a może nawet lat, zakłócając cykle życiowe. W 2001 roku naukowcy z Caltechu zbadali izotopy helu w skałach osadowych pochodzących z impaktu KT i doszli do wniosku, że zmienił on klimat Ziemi na około 10 tysięcy lat<sup>31</sup>. Wyniki tych badań zostały w istocie użyte jako dowód na poparcie tezy, że dinozaury wymarły nagle, przynajmniej w geologicznej skali czasu. Możemy tylko zgadywać, czy i jak ludzkość przetrwałaby podobne zdarzenie.

W każdym razie należy pamiętać, że jeżeli ono nastąpi, to nadejdzie bez ostrzeżenia, jak grom z jasnego nieba.

Przypuśćmy jednak, że zobaczymy go z pewnym wyprzedzeniem. Jakie będziemy mieć opcje? Wszyscy sądzą, że wyślemy głowicę jądrową i zniszczymy intruza w przestrzeni. Ten pomysł nie jest jednak pozbawiony pewnych wad. Po pierwsze, jak pisze John S. Lewis, nasze pociski nie są zaprojektowane do działania w kosmosie<sup>32</sup>. Nie mają dostatecznego zapasu mocy, by pokonać grawitację Ziemi, a nawet gdyby miały, to nie dysponujemy systemami sterowania, zdolnymi do kierowania takim pociskiem przez miliony kilometrów pustej przestrzeni. Jeszcze mniej realne będzie wysłanie statku załogowego z grupą kosmicznych kowbojów, którzy mogliby wykonać tę robotę jak w filmie Armageddon; nie posiadamy już rakiet, za pomocą których moglibyśmy dolecieć choćby na Księżyc. Ostatnia taka rakietą, „Saturn 5”, została wycofana z użytku wiele lat temu i nie została zastąpiona przez nowszą konstrukcję. Nie możemy nawet szybko odtworzyć „Saturna”, ponieważ - niespodzianka - jego plany konstrukcyjne zostały zniszczone w ramach odchudzających porządków w NASA.

Nawet gdybyśmy w jakiś sposób zdołali dotrzeć do asteroidy z głowicą jądrową i zdetonować ją, prawdopodobnie zamienilibyśmy ją w łańcuch mniejszych skał, które i tak trafiłyby w nas jedna po drugiej - podobnie jak kometa Shoemaker-Levy w Jowisza ^ z tą różnicą, że byłyby silnie radioaktywne. Tom Gehrels, łowca asteroid z University of Arizona, ocenia, że nawet ostrzeżenie z rocznym wyprzedzeniem byłoby niewystarczające do podjęcia odpowiednich działań<sup>33</sup>. Znacznie bardziej prawdopodobny jest jednak scenariusz, w którym nie zobaczymy niczego - nawet komety - więcej niż sześć miesięcy przed zderzeniem, co byłoby o wiele za późno. Shoemaker-Levy 9 krążyła wokół Jowisza od 1929 roku, lecz minęło ponad pół wieku, zanim ktokolwiek ją zauważył<sup>34</sup>.

Trajektorie takich obiektów są tak trudne do wyliczenia i zawierają tak

duży margines błędu, że nawet gdybyśmy wiedzieli, że któryś z nich podąży w naszą stronę, prawie do końca - w każdym razie nie wcześniej niż w ciągu kilku końcowych tygodni - nie mielibyśmy pewności, czy kolizja jest nieunikniona. Przez większość czasu egzystowalibyśmy w swego rodzaju stożku niepewności. Byłyby to niewątpliwie najbardziej interesujące tygodnie w historii. Możemy sobie tylko wyobrażać festiwal, jaki nastąpiłby po bezpiecznym wyminięciu.

„No więc jak często zdarza się coś takiego jak uderzenie w Manson?”

- zapytałem Andersona i Witzkego przed wyjściem.

„Och, średnio raz na milion lat” - odpowiedział Witzke.

„I pamiętaj - dodał Anderson - to było względnie niewielkie zdarzenie. Czy wiesz, ile wymarłych gatunków przypisuje się uderzeniu w Manson?”.

„Nie mam pojęcia” - odpowiedziałem.

„Ani jednego - powiedział z pewną satysfakcją w głosie. - Ani jednego”.

Witzke i Anderson dodali oczywiście natychmiast, niemal jednogłośnie, że uderzenie wywołałoby ogromne, opisane powyżej zniszczenia na całej Ziemi oraz całkowitą anihilację w odległości setek mil wokół punktu zero. Lecz życie jest twarde i gdy dym opadnie, pozostanie wystarczająco dużo szczęśliwców, aby wszystkie gatunki przetrwały.

Dobra wiadomość polega na tym, jak się okazuje, że potrzeba bardzo dużo, aby unicestwić cały gatunek. Zła wiadomość polega na tym, że na dobre wiadomości nigdy nie można liczyć. Co gorsza, śmiertelnych niebezpieczeństw nie trzeba wcale szukać aż w kosmosie. Jak się niebawem przekonamy, Ziemia potrafi sama stworzyć mnóstwo własnych niebezpieczeństw.

## Rozdział 14

### OGIEŃ POD STOPAMI

Latem 1971 roku młody geolog Mike Voorhies wędrował po trawiastych, rolniczych terenach wschodniej Nebraski, niedaleko małego miasteczka Orchard, w którym się wychował. W pewnym momencie, wspinając się po stromej ścianie niewielkiego wąwozu, spostrzegł coś dziwnego prześwitującego przez listowie pobliskich krzewów. Gdy wspiął się wyżej, zobaczył doskonale zachowaną czaszkę młodego nosorożca, wymytą z ziemi przez niedawne deszcze.

Kilka kroków dalej znalazł jedno z najbardziej niezwykłych stanowisk wykopaliskowych odkrytych kiedykolwiek w Ameryce Północnej: wyschnięte źródło, wokół którego rozciągał się masowy grób setek zwierząt - nosorożców, podobnych do zebry koni, szablozębnych jeleni, wielbłądów, żółwi. Wszystkie zginęły na skutek jakiegoś tajemniczego kataklizmu niecałe 12 milionów lat temu, w epoce znanej w geologii jako miocen, gdy Nebraska była częścią rozległego, gorącego płaskowyżu podobnego do dzisiejszej wyżyny Serengeti w Afryce. Odkryte przez Voorhiesa szkielety były przykryte grubą na trzy metry warstwą wulkanicznego popiołu, co było o tyle dziwne, że w Nebrasce nie ma i nigdy nie było wulkanów.

Dzisiaj w tym miejscu znajduje się rezerwat archeologiczny Ashfall Fossil Beds State Park, ze stylowym budynkiem punktu informacyjnego, muzeum, w którym można zapoznać się z geologią Nebraski i historią wykopalisk, oraz laboratorium, przez którego szklaną ścianę można obserwować pracę paleontologów. Pewnego ranka zobaczyłem przez szybę jednego z nich - lekko posiwiąłego, o wesołym wyrazie twarzy samotnika w niebieskim fartuchu - w którym rozpoznałem Mike'a Voorhiesa z programu dokumentalnego

„Horizon” emitowanego przez telewizję BBC. Ashfall Fossil Beds State Park nie uskarża się na nadmiar zwiedzających - być może dlatego, że jest położony na kompletnym odludziu - więc Voorhies z chęcią zgodził się mnie oprowadzić. Zabrał mnie do sześciometrowego wąwozu, na szczycie którego znajduje się jego znalezisko.

„To nie było najlepsze miejsce do poszukiwania kości - przyznał z uśmiechem - ale ja nie szukałem kości. Miałem wtedy zamiar sporządzić mapę geologiczną wschodniej Nebraski, a naprawdę po prostu się włóczyłem po okolicy. Gdybym wtedy nie wszedł na krawędź tego wąwozu albo gdyby deszcze nie wypłukały tej czaszki, przeszedłbym obok i to miejsce nigdy nie zostałoby odkryte”<sup>1</sup> - wskazał na zadaszone ogrodzenie, otaczające główne stanowisko wykopaliskowe. Znaleziono tam stłoczone szczątki około 200 zwierząt.

Zapytałem go, dlaczego to miejsce nie nadawało się do poszukiwania kości. „No cóż, jeżeli szukasz kości, to powinieneś zacząć od odsłoniętej skały. Większości paleontologicznych odkryć dokonano w miejscach o suchym, gorącym klimacie. Nie dlatego, że tam jest więcej kości, lecz dlatego, że są większe szanse na zauważenie ich. W takim krajobrazie - szerokim gestem objął rozciągającą się wokół nas bezkresną prerię - nie wiedziałbyś, gdzie zacząć kopać. Pod tą równiną mogą kryć się wspaniałe rzeczy, lecz na powierzchni nie ma żadnych wskazówek, gdzie zacząć ich szukać”.

Początkowo przypuszczano, że zwierzęta zostały zasypane żywcem<sup>2</sup> i taką opinię Voorhies sformułował w artykule opublikowanym w 1981 roku w „National Geographic”. „W artykule nazwałem to miejsce »Pompejami prehistorycznych zwierząt«, co było o tyle niefortunną nazwą że wkrótce potem przekonaliśmy się, iż zwierzęta wcale nie zginęły nagłą śmiercią, lecz w wyniku czegoś, co nazywa się hipertropową osteodystrofią płucną i stanowi skutek wdychania dużych ilości popiołu. Musiały go wdychać, ponieważ na setki mil wokoło pokrywa popiołu jest gruba na stopę”. Mike podniósł bryłkę szarawej,



gliniastej ziemi i pokruszył ją nad moją dłoń. Była sypka i lekko piaszczysta. „Dość nieprzyjemna rzecz do oddychania, ponieważ cząstki popiołu są wprawdzie bardzo drobne, lecz zarazem bardzo ostre. Zatem te zwierzęta zgromadziły się tutaj przy źródle, prawdopodobnie w poszukiwaniu schronienia, po czym pozdychały. Popiół zniszczył niemal wszystko. Przykrył trawę, oblepił wszystkie liście, zamienił wodę w niezdatny do picia, szary szlam. Z pewnością było tu łatwo przetrwać”.

W programie „Horizon” istnienie takiej ilości popiołu w Nebrasce zostało określone jako niespodzianka. W rzeczywistości olbrzymie złoża popiołu w Nebrasce były znane od bardzo dawna. Wydobywano go od ponad wieku do produkcji domowych środków czyszczących, takich jak na przykład Ajax czy Comet. Nikt jednak nie zastanowił się nigdy, skąd się wzięły te złoża.

„Muszę z pewnym wstydem przyznać - powiedział Voorhies z uśmiechem - że po raz pierwszy pomyślałem o tym, gdy redaktor z »National Geographic« zapytał mnie o źródło tego popiołu i musiałem mu odpowiedzieć, że nie wiem. Nikt nie wiedział”.

Voorhies wysłał próbki do kolegów na całym zachodzie Stanów Zjednoczonych, z pytaniem, czy z czymkolwiek im się kojarzą. Kilka miesięcy później skontaktował się z nim Bill Bonnischen, geolog z Idaho Geological Survey, i poinformował go, że próbka pasuje do wulkanicznych osadów położonych w obszarze zwanym Bruneau-Jarbridge w południowo-zachodniej części stanu Idaho. Kataklizmem, który zdziesiątkował preriowe zwierzęta w Nebrasce, była wulkaniczna eksplozja na trudną do wyobrażenia skalę, skoro pozostawiła trzymetrową warstwę popiołu we wschodniej Nebrasce, w odległości 1600 kilometrów. Okazało się, że pod zachodnią częścią Stanów Zjednoczonych znajduje się ogromny kocioł magmy, kolosalny wulkan, w którym co 600 tysięcy lat zachodzi erupcja - kataklizm w skali całego kontynentu. Ostatnia erupcja zdarzyła się nieco więcej niż 600 tysięcy lat temu. Kocioł jest nadal w tym samym miejscu. Dzisiaj nazywany jest Parkiem

Narodowym Yellowstone.

Niewiarygodnie mało wiemy o tym, co się dzieje pod naszymi stopami. To zadziwiające, gdy się pomyśli, że gdy Ford zaczął robić samochody, a komitet noblowski przyznawać nagrody, nie mieliśmy pojęcia, że Ziemia posiada jądro. A idea kontynentów pływających po jej powierzchni jak płatki lilii jest ogólnie znana od tak niedawna, że nie minął jeszcze czas jednego pokolenia. „To może się wydawać dziwne - napisał Richard Feynman - lecz rozumiemy rozkład materii we wnętrzu Słońca znacznie lepiej niż we wnętrzu Ziemi”<sup>3</sup>.

Odległość od powierzchni do środka Ziemi wynosi 6370 kilometrów<sup>4</sup>. To nie jest bardzo duża odległość. Gdyby wykopać studnię do samego środka i wrzucić do niej kamień, spadałby tylko przez 45 minut (mimo że pod koniec poruszałyby się głównie dzięki inercji, a w samym środku byłby nieważki, gdyż siły ziemskiej grawitacji sumowałyby się do zera). Nasze dotychczasowe podróże w tym kierunku były jednak znacznie bardziej skromne. Paru górników dotarło na głębokość ponad trzech kilometrów w południowoafrykańskich kopalniach złota, lecz większość kopalni na Ziemi nie sięga głębiej niż około 400 metrów poniżej powierzchni. Gdyby porównać Ziemię do jabłka, to daleko nam jeszcze, aby przedostać się choćby tylko przez skórkę.

Jeszcze niecałe 100 lat temu nawet specjalista z tej dziedziny wiedział o wnętrzu Ziemi niewiele więcej niż pierwszy lepszy górnik, mianowicie tyle, że po przekopaniu się przez warstwę ziemi natrafi na skałę. I to wszystko. W 1906 roku irlandzki geolog R.D. Oldham, badając odczyty sejsmografów po trzęsieniu ziemi w Gwatemali, zauważył, że pewne fale sejsmiczne przenikały głęboko do wnętrza Ziemi, a następnie odbijały się pod kątem, jakby natrafiły na jakąś przeszkodę. Oldham wydedukował, że Ziemia posiada jądro. Trzy lata później chorwacki sejsmolog Andrija Mohorovičić badał sejsmogramy po trzęsieniu ziemi w Zagrzebiu i zauważył podobne odbicia, lecz na znacznie mniejszej głębokości. Odkrył granicę między skorupą i warstwą położoną tuż

pod nią, nazwaną płaszczem. Strefa ta została nazwana nieciągłością Mohorovičića, w skrócie Moho.

Zaczęliśmy powoli zdawać sobie sprawę z warstwowej budowy wnętrza Ziemi, aczkolwiek tylko w najbardziej ogólnym sensie. Dopiero w 1936 roku duńska sejsmolog Inge Lehmann, badając sejsmogramy po trzęsieniu ziemi w Nowej Zelandii, odkryła, że istnieją dwa jądra - wewnętrzne, o którym obecnie sądzimy, że jest stałe, oraz zewnętrzne (to odkryte uprzednio przez Oldhama), które prawdopodobnie jest ciekłe i zarazem stanowi źródło ziemskiego magnetyzmu.

Mniej więcej w tym samym czasie, gdy Lehmann rozszerzała naszą elementarną wiedzę o wnętrzu Ziemi, badając fale sejsmiczne wywołane przez trzęsienia ziemi, dwaj geolodzy z Caltechu w Kalifornii, Charles Richter i Beno Gutenberg, pracowali nad metodą porównywania skali trzęsień ziemi. Ich skala niemal natychmiast została nazwana skalą Richtera, aczkolwiek Richter nie miał nic wspólnego z pominięciem nazwiska swego współpracownika (sam nigdy nie nazywał jej skalą Richtera, lecz „skalą magnitud”<sup>3</sup>).

Skala Richtera była powszechnie niezrozumiała dla niespecjalistów, zwłaszcza na początku, gdy goście w biurze Richtera często prosili go o pokazanie im słynnej skali, sądząc, że jest to jakaś maszyna\*. Skala Richtera

\* Gra słów: angielskie określenie skalę może także oznaczać szalkę wagi (przyp. tłum.). nie jest oczywiście żadnym przedmiotem, lecz pewną ideą - arbitralną miarą drgań Ziemi, opartą na pomiarach powierzchniowych. Skala rośnie eksponencjalnie<sup>6</sup>, więc trzęsienie o sile 7,3 jest 50 razy potężniejsze niż trzęsienie o sile 6,3 i 2500 razy silniejsze od wstrząsów o sile 5,3.

Skala nie ma górnej granicy, przynajmniej teoretycznie, ani także dolnej. Stanowi po prostu miarę siły i nie mówi nic o skutkach i zniszczeniach. Trzęsienie ziemi o sile 7 zachodzące głęboko wewnątrz płaszcza - powiedzmy 650 kilometrów pod powierzchnią Ziemi - może w ogóle nie spowodować żadnych skutków, natomiast znacznie słabsze wstrząsy na głębokości sześciu

czy siedmiu kilometrów mogą spowodować zniszczenia na znacznym obszarze. Wiele zależy także od rodzaju skał macierzystych, czasu trwania trzęsienia, częstości i siły wtórnych wstrząsów oraz od fizycznej budowy dotkniętego obszaru. Wszystko to razem oznacza, że najgroźniejsze wstrząsy to niekoniecznie te o najwyższej nocie w skali Richtera, aczkolwiek siła wstrząsów odgrywa oczywiście bardzo istotną rolę.

Najsilniejsze trzęsienie ziemi od czasów wprowadzenia skali zdarzyło się - w zależności od cytowanego źródła - albo w Zatoce Księcia Williama na Alasce w marcu 1964 roku (9,2 w skali Richtera) albo na Pacyfiku w pobliżu Chile w 1960 roku; to ostatnie początkowo sklasyfikowano jako wstrząs o sile 8,6, lecz późniejsze oszacowania (dokonane między innymi przez US Geological Survey) podniosły wskaźnik do prawdziwie olbrzymiej wartości 9,5. Jak widać, mierzenie siły trzęsień ziemi nie zawsze daje dokładne wyniki, zwłaszcza w sytuacjach, gdy wymaga interpretowania odczytów z daleko położonych czujników. Tak czy inaczej, oba powyższe wstrząsy były naprawdę potężne. Trzęsienie ziemi w 1960 roku nie tylko spowodowało rozległe zniszczenia na pacyficznym wybrzeżu Ameryki Południowej, lecz także wywołało gigantyczną falę tsunami, która przetoczyła się przez prawie 10 tysięcy kilometrów otwartego oceanu i zrównała z ziemią centrum miasta Hilo na Hawajach, burząc 500 budynków i zabijając 60 osób. Podobne fale spowodowały jeszcze większe ofiary w ludziach w Japonii i na Filipinach.

Z punktu widzenia samej skali zniszczeń prawdopodobnie najbardziej intensywne w spisanej historii było trzęsienie ziemi, które nawiedziło - i zamieniło w ruiny - Lizbonę, stolicę Portugalii, w dniu Wszystkich Świętych (1 listopada) 1755 roku. Tuż przed godziną dziesiątą rano miasto odczuło pierwszy wstrząs, obecnie szacowany na 9,0 w skali Richtera, który trwał przez pełne siedem minut. Przemieszczenia były tak potężne, że W z portu odpłynęła cała woda, aby po krótkim czasie powrócić w postaci wysokiej na piętnaście metrów fali, która jeszcze bardziej powiększyła zniszczenia. Gdy w końcu wstrząsy

ustały, cisza trwała tylko trzy minuty, po czym nastąpiła druga seria, tylko trochę słabsza od pierwszej. Trzeci i ostatni wstrząs nastąpił dwie godziny później. Zginęło 60 tysięcy ludzi, a w promieniu wielu mil nie ostał się niemal ani jeden cały budynek<sup>7</sup>. Dla porównania trzęsienie ziemi w San Francisco w 1960 roku miało około 7,8 w skali Richtera i trwało mniej niż 30 sekund.

Trzęsienia ziemi są dość powszechnym zjawiskiem. Każdego dnia gdzieś na świecie następują średnio dwa wstrząsy o sile co najmniej 2,0 - wystarczy, aby solidnie potrząsnąć każdym, kto znajdzie się w pobliżu. Drgania powierzchni Ziemi mają tendencję do koncentrowania się na pewnych obszarach - w szczególności wzdłuż wybrzeży wokół Pacyfiku, w tak zwanym ognistym pierścieniu - lecz zdarzają się niemal wszędzie. Na terenie Stanów Zjednoczonych tylko Floryda, wschodnia część Teksasu, oraz północna część Środkowego Zachodu wydają się r<sup>^</sup> jak dotąd - prawie całkowicie odporne. W Nowej Anglii odnotowano dwa wstrząsy o sile przekraczającej 6,0 w ciągu ostatnich 200 lat. W kwietniu 2002 roku w pobliżu jeziora Champlain na granicy stanów Nowy Jork i Vermont znalazło się epicentrum wstrząsu o sile 5,1, wywołując znaczne zniszczenia w najbliższej okolicy i zrzucając obrazy ze ścian oraz dzieci z łóżek nawet w New Hampshire (sam mogę zaświadczyć).

Trzęsienia ziemi najczęściej zdarzają się tam, gdzie spotykają się dwie płyty tektoniczne, na przykład w Kalifornii wzdłuż uskoku San Andreas. Płyty napierają na siebie nawzajem, rośnie ciśnienie, aż w końcu któraś musi ustąpić. Im dłuższy odstęp czasu między kolejnymi wstrząsami, tym większe prawdopodobieństwo, że następny będzie, średnio rzecz biorąc, silniejszy. Ta reguła stanowi szczególne memento dla Tokio, miasta, które Bill McGuire, ekspert od ryzyka z University College London, określa jako „miasto oczekujące na śmierć”<sup>8</sup> (określenie raczej nie nadające się na motto dla programu promocji turystyki). Tokio leży na styku trzech płyt tektonicznych, na obszarze, który i bez tego jest znany z sejsmicznej niestabilności. W 1995 roku trzęsienie ziemi zniszczyło miasto Kobe, położone około 500 kilometrów na

zachód od Tokio. Wstrząs o sile 7,2 spowodował śmierć 6394 ludzi oraz straty materialne oceniane na 99 miliardów dolarów. To jednak niewiele - w każdym razie względnie niewiele - w porównaniu z losem, który może stać się udziałem Tokio.

Tokio już raz było ofiarą jednego z najbardziej tragicznych w skutkach trzęsień ziemi w czasach nowożytnych. W dniu 1 września 1923 roku, tuż przed południem, miasto nawiedził wstrząs - nazwany Wielkim Wstrząsem Kanto Sponad dziesięć razy silniejszy niż późniejszy wstrząs w Kobe. Zginęło 200 tysięcy ludzi. Od tego czasu w rejonie Tokio nie było żadnych wstrząsów, więc ciśnienie, które rosło przez 80 lat, prędzej czy później musi znaleźć ujście. W 1923 roku Tokio liczyło 3 miliony mieszkańców. Obecnie zbliża się do 30 milionów. Nikt nie próbuje zgadywać, jakie mogą być straty w ludziach, lecz przewidywane straty materialne szacuje się na 7 bilionów dolarów<sup>9</sup>.

Jeszcze bardziej niepokojące, ponieważ są znacznie słabiej zbadane i mogą się zdarzyć w dowolnym miejscu i w dowolnym czasie, są rzadziej występujące trzęsienia ziemi zwane wstrząsami wewnątrzpłytkowymi. Jak sama nazwa wskazuje, zdarzają się daleko od granic płyt, co powoduje, że są całkowicie nieprzewidywalne. Ich epicentra na ogół znajdują się na większych głębokościach pod ziemią, co powoduje, że rozprzestrzeniają się na większych obszarach. Najbardziej znanym przypadkiem takiego trzęsienia ziemi na terenie Stanów Zjednoczonych była seria trzech wstrząsów w miejscowości New Madrid, w stanie Missouri, na przełomie lat 1811-1812. Zaczęło się tuż po północy 16 grudnia. Mieszkańców obudziły najpierw niespokojne ryki przerażonych zwierząt hodowlanych (poprzedzający wstrząsy tektoniczne niepokój wśród zwierząt nie należy bynajmniej do kategorii bajek na dobranoc; jest dobrze udokumentowany, aczkolwiek jego mechanizmy nie są znane), a następnie potężny hałas, wydobywający się wprost spod ziemi. Powierzchnia ziemi falowała, przy czym wysokość rozchodzących się fal sięgała metra, a gdzieś otwierały się szczeliny głębokie na kilka metrów. Powietrze

wypełniał silny zapach siarki. Wstrząsy trwały cztery minuty, powodując typowe w takich przypadkach zniszczenia. Jednym ze świadków był artysta John James Audubon, który akurat przebywał w tym rejonie. Wstrząsy rozchodziły się z taką siłą, że w odległym o ponad 600 kilometrów Cincinnati przewracały kominy, oraz - według co najmniej jednej relacji - „uszkadzały łodzie w portach Wschodniego Wybrzeża, a (...) nawet powaliły rusztowanie wzniesione wokół budynku Kapitolu w Waszyngtonie”<sup>10</sup>. Kolejne wstrząsy o podobnej sile pojawiły się 23 stycznia oraz 4 lutego. Od tego czasu w New Madrid jest spokojnie, co potwierdza regułę, że takie epizody nigdy nie powtarzają się w tym samym miejscu. O ile wiadomo, są równie przypadkowe jak burze z piorunami. Następny może równie dobrze zdarzyć się w Chicago, Paryżu lub Kinszasie. Nikt nawet nie próbuje zgadywać. A co stanowi przyczynę tych masywnych wewnątrzpłytkowych przemieszczeń? Coś głęboko we wnętrzu Ziemi. Nic więcej nie wiemy.

W latach sześćdziesiątych naukowcy stwierdzili, że nadeszła pora, aby coś zrobić w celu poszerzenia naszej skąpej wiedzy o wnętrzu Ziemi. W szczególności powzięli ideę, aby przewiercić się przez dno oceanu (kontynentalna skorupa jest zbyt gruba) do nieciągłości Moho i wydobyć kawałek płaszcza Ziemi, który mogliby przebadać. Ich rozumowanie opierało się na założeniu, że gdyby poznali naturę skał wewnątrz Ziemi, mogliby zacząć analizować ich wzajemne oddziaływania i w ten sposób być może zdołaliby przewidywać trzęsienia ziemi i inne niepożądane zjawiska.

Projekt został nazwany Mohole\* i okazał się kompletną katastrofą”. Plan polegał na opuszczeniu wiertła na głębokość 4000 metrów w pobliżu meksykańskiego wybrzeża Pacyfiku, a następnie na przewierceniu około 5000 metrów przez względnie cieką skałę pod dnem oceanu. Wiercenie z pokładu statku na pełnym oceanie przypomina, jak ujął to jeden z oceanografów, „wiercenie dziury w nowojorskiej ulicy ze szczytu Empire State Building za pomocą spaghetti”<sup>12</sup>. Wszystkie próby skończyły się niepowodzeniem. Udało im

się dowiercić zaledwie na głębokość 180 metrów. Projekt Mohole stał się znany jako No Hole. W 1966 roku Kongres, zirytowany wciąż rosnącymi kosztami i brakiem rezultatów, zlikwidował projekt.

Cztery lata później radzieccy uczeni próbowali szczęścia na stałym lądzie. Wybrali miejsce położone na Półwyspie Kolskim, w pobliżu granicy z Finlandią, i zaczęli wiercenia z nadzieją dojścia do głębokości piętnastu kilometrów. Zadanie okazało się trudniejsze, niż się spodziewali, lecz radzieccy wiertacze wykazali się godną pochwały wytrwałością. Gdy się w końcu poddali, dziewiętnaście lat po rozpoczęciu prac, doszli do głębokości 12 262 metrów. Biorąc pod uwagę, że skorupa Ziemi reprezentuje zaledwie 0,3 procentu objętości planety<sup>13</sup>, a dziura na Półwyspie Kolskim nie

‘ Gra słów: hole oznacza dziurę (przyp. tłum.).

226 przekracza jednej trzeciej grubości skorupy, raczej nie możemy się pochwalić, że opanowaliśmy wnętrze.

Mimo że względna głębokość odwiertu była dość skromna, jego twórców niemal na każdym kilometrze czekały niespodzianki. Na podstawie uprzednich badań fal sejsmicznych naukowcy byli przekonani, że do głębokości 4700 metrów będą mieli do czynienia ze skałami osadowymi, przez kolejne 2300 metrów z granitem, a następnie z bazaltem. Na miejscu okazało się, że warstwa osadowa jest o 50 procent grubsza, a na bazaltową w ogóle nie natrafili. Co więcej, podziemny świat okazał się znacznie cieplejszy, niż przewidywano. Na głębokości 10 000 metrów było 180 stopni Celsjusza, niemal dwukrotnie więcej, niż prognozowano. Najbardziej zaskakujący okazał się fakt, że skała na dużych głębokościach jest nasycona wodą, co uprzednio nie wydawało się możliwe.

Nie możemy zajrzeć do wnętrza Ziemi, więc musimy użyć innych metod, w większości polegających na odczycie i analizie fal przenikających przez materię planety. Nasza wiedza o płaszczu Ziemi jest w pewnym stopniu oparta na zjawisku zwanym kimberlitowym kominem wulkanicznym<sup>14</sup>, w którym między innymi tworzą się diamenty. Od czasu do czasu głęboko we wnętrzu



Ziemi zdarzają się eksplozje, które posyłają w kierunku powierzchni strumienie magmy poruszające się z naddźwiękowymi prędkościami. Jest to całkowicie nieprzewidywalne zjawisko - kimberlitowy komin może eksplodować w twoim ogrodzie w chwili, gdy czytasz tę książkę. Kominy kimberlitowe pochodzą z tak dużych głębokości/ - do 200 kilometrów - że przynoszą ze sobą różne rzeczy, normalnie nie występujące na lub w pobliżu powierzchni: skały zwane perydotytami, kryształy oliwinu oraz - bardzo rzadko, nie częściej niż w jednym kominie na sto - diamenty. Węgiel bardzo często występuje w kominach kimberlitowych, lecz większość się ulatnia lub zamienia w grafit. Diament powstaje w tych nielicznych przypadkach, gdy pojawiają się warunki niezbędne do jego wykryształizowania: właściwa prędkość magmy kimberlitowej oraz dostatecznie szybkie schładzanie. To właśnie taki komin uczynił Afrykę Południową światowym liderem wydobycia diamentów; być może istnieją inne, jeszcze bogatsze złoża, o których na razie nie wiemy. Geolodzy wiedzą, że gdzieś w północno-wschodniej części stanu Indiana są dowody istnienia komina lub nawet grupy kominów, które mogą mieć kolosalne rozmiary. W różnych miejscach tego rejonu znajdowano dwudziestokaratowe diamenty, lecz nigdy nie znaleziono ich źródła. Jak pisze John McPhee, źródło może być ukryte pod warstwą ziemi naniesionej przez lodowiec, jak w przypadku krateru Manson lub pod Wielkimi Jeziorami.

Co zatem wiemy o wnętrzu Ziemi? Bardzo niewiele. Większość naukowców zgadza się z opinią<sup>15</sup>, że świat pod nami jest podzielony na cztery warstwy: twardą, zewnętrzną skorupę, płaszcz gorącej, kleistej skały, ciekłe jądro zewnętrzne oraz stałe jądro wewnętrzne\*. Powierzchniowa warstwa jest zdominowana przez krzemiany, które są względnie lekkie - zbyt lekkie, aby wziąć na siebie masę całej planety - więc wewnątrz Ziemi musi zawierać cięższe substancje. Wiemy także, że we wnętrzu musi znajdować się strefa metalicznych pierwiastków w stanie ciekłym, która jest odpowiedzialna za ziemskie pole magnetyczne. To wszystko jest powszechnie znane i akceptowane. Niemal

wszystkie inne właściwości oraz procesy - w jaki sposób warstwy oddziałują ze sobą, co powoduje, że zachowują się tak, jak się zachowują, w jaki sposób mogą zachowywać się w przyszłości - stanowią kwestie, co do których nie mamy zbyt dużej pewności i na ogół niewiele o nich wiemy.

Nawet skorupa, warstwa, którą widzimy na własne oczy, stanowi przedmiot dość ostrej debaty. Niemal wszystkie podręczniki geologii zgadzają się co do tego, że skorupa jest gruba na 5 do 10 kilometrów pod oceanami, około 40 kilometrów pod kontynentami i 65 do 95 kilometrów pod dużymi, wysokimi łańcuchami górskimi, lecz istnieją zagadkowe wyjątki od tych ogólnych reguł. Na przykład pod górami Sierra Nevada skorupa ma grubość zaledwie 30-40 kilometrów, lecz nikt nie wie dlaczego. Wedle wszelkich praw geofizyki góry Sierra Nevada powinny się zapadać, jakby stały na piasku<sup>16</sup> (niektórzy ludzie sądzą, że naprawdę się zapadają).

Jak i kiedy Ziemia dorobiła się swojej skorupy - te kwestie dzielą geologów na dwa obozy: część sądzi, że stało się to raptownie i wcześniej w hi-

\* Bardziej szczegółowy obraz wnętrza Ziemi wygląda następująco: od 0 do 40 kilometrów rozciąga się skorupa. Od 40 do 400 kilometrów - górny płaszcz. Od 400 do 650 kilometrów rozciąga się strefa przejściowa między górnym i dolnym płaszczem. Od 650 do 2700 kilometrów sięga dolny płaszcz. Od 2700 do 2890 kilometrów rozciąga się warstwa „D”. Od 2890 do 5150 kilometrów - zewnętrzne jądro, a od 5150 do 6370 - wewnętrzne jądro. historii Ziemi; pozostali uważają, że proces był powolny i zdarzył się później. Zaskakująco istotną rolę odgrywają w takich kwestiach osobiste przekonania i emocje badaczy. Richard Armstrong z Yale wysunął w latach sześćdziesiątych hipotezę wczesnej i nagłej formacji skorupy, po czym spędził resztę swojej kariery, walcząc z przeciwnikami owej teorii. Zmarł na raka w 1991 roku, lecz na krótko przed śmiercią „przywalił swoim krytykom w polemicznym artykule zamieszczonym w australijskim czasopiśmie z dziedziny nauk o Ziemi, oskarżając ich o podtrzymywanie mitów”, podaje raport czasopisma „Earth” z

1998 roku. „Pod koniec życia Armstrong był zgorzkniałym człowiekiem”, stwierdził jeden z jego kolegów.

Skorupa Ziemi oraz część górnego płaszczka są łącznie nazywane litosferą (od greckiego słowa lithos oznaczającego „kamień”), która z kolei unosi się na powierzchni miękkiej skały zwanej astenosferą (od greckiego określenia oznaczającego „bez siły”), lecz takie określenia nigdy w pełni nie oddają natury zjawisk. Stwierdzenie, że litosfera unosi się na powierzchni astenosfery, sugeruje, że mamy do czynienia z procesem przypominającym pływanie, co w zasadzie nie jest prawdą. Podobnie mylące może być przypuszczenie, że płynne skały zachowują się tak jak substancje płynne na powierzchni. Skały są płynne, lecz w takim sensie jak szkło<sup>17</sup>. Na pierwszy rzut oka nie jest to widoczne, lecz szkło płynie - wszystkie szklane przedmioty płyną w dół pod wpływem niestrudzonej i wszechobecnej grawitacji. Jeżeli wyjmiesz z ram naprawdę starą szybę jakiejś europejskiej katedry, będzie wyraźnie grubsza u dołu\*. To jest ten rodzaj „płynięcia”, z którym mamy do czynienia w przypadku ziemskich skał. Godzinowa wskazówka zegara porusza się około 10 tysięcy razy szybciej niż „płynąca” skała w płaszczu Ziemi.

Ruchy pływowe odbywają się nie tylko w poziomie, przesuając na powierzchni ziemskie płyty, lecz także w pionie, pod wpływem procesów konwekcji<sup>18</sup>. Zjawisko konwekcji odkrył ekscentryczny hrabia Rumford pod koniec osiemnastego wieku. Natomiast 60 lat później angielski pastor Osmond Fisher przewidując zasugerował<sup>19</sup>, że wewnątrz Ziemi może być dostatecznie płynne, aby umożliwić ruchy konwekcyjne, lecz upłynęło bardzo dużo czasu, zanim jego idea zdobyła poparcie.

\* A w każdym razie tak o tym zjawisku często pisano. Jednakże latem 2003 roku, po ukazaniu się tej książki, „Science News” opublikowało studium profesora z Brazylii sugerujące, że owo „płynięcie” szkła w szybie jest obecnie o wiele zbyt powolne, aby jego skutek można dostrzec gołym okiem.

Około 1970 roku, gdy geofizycy zdali sobie sprawę, jak ruchliwe jest 1

wnętrze Ziemi, przeżyli poważny szok. Jak ujęła to Shawna Vogel w książce NakedEarth: The New Geophysics: „To przypomina sytuację, w której naukowcy spędzili całe dekady, badając warstwy atmosfery - troposferę, stratosferę i tak dalej - po czym nagle odkryli wiatr”<sup>20</sup>.

Głębokości, na których zachodzą procesy konwekcji, stanowią powód kontrowersji niemal od samego początku. Sejsmolodzy sądzą, że zaczynają się one na głębokości 650 kilometrów, geochemicy uważają, że ponad 3000 kilometrów. Jak zauważył James Trefil, problem polega na tym, że „istnieją dwa zestawy danych z dwóch różnych dziedzin, których nie da się pogodzić”<sup>21</sup>. Geochemicy mówią, że pewne pierwiastki występujące na powierzchni planety mogą pochodzić nie z górnego płaszcz, lecz z głębszych obszarów wnętrza Ziemi, zatem materia górnego płaszcz musi przynajmniej od czasu do czasu mieszać się z materią dolnego. Sejsmolodzy twierdzą że nie ma dowodów na poparcie takiej tezy.

Zatem możemy jedynie powiedzieć, że po drodze ku centrum Ziemi, na pewnej, na razie dość nieokreślonej głębokości, opuszczamy astenosferę i zanurzamy się w płaszcz. Biorąc pod uwagę, że stanowi on 82 procent objętości planety oraz 65 procent jej masy<sup>22</sup>, płaszcz nie przyciąga nadmiernej uwagi głównie dlatego, że zjawiska interesujące zarówno naukowców, jak i czytelników, zachodzą albo głębiej (na przykład magnetyzm), albo bliżej powierzchni (wstrząsy tektoniczne i trzęsienia ziemi). Wiemy, że do głębokości około 150 kilometrów płaszcz składa się głównie ze skał zwanych perydotytami, lecz następne 2650 kilometrów stanowi niewiadomą. Według raportu z „Naturę” wydaje się, że nie jest to perydotyt. Nie wiemy nic ponadto.

Poniżej płaszcz znajdują się dwa jądra, ciekłe zewnętrzne i stałe wewnętrzne. Nie muszę wspominać, że nasza wiedza na temat budowy i natury ziemskiego jądra pochodzi z pośrednich źródeł, lecz naukowcy mogą formułować pewne rozsądne założenia i wyciągać z nich wnioski. Wiedzą, że ciśnienia w środku Ziemi są wystarczające - ponad 3 miliony razy większe niż

na powierzchni<sup>23</sup> - aby zamienić każdą substancję w twardą skałę. Wiedzą także z historii Ziemi (a także z innych źródeł), że wewnętrzne jądro bardzo skutecznie zachowuje swoje ciepło. Przypuszczają, aczkolwiek nie mają na to zbyt wielu dowodów, że w ciągu ponad 4 miliardów lat istnienia naszej planety temperatura jej jądra zmniejszyła się o nie więcej niż 110 stopni Celsjusza. Nikt nie wie, jak gorące jest jądro Ziemi; oszacowania wahają się między 4000 a 7000 stopni Celsjusza - mniej więcej tyle samo wynosi temperatura powierzchni Słońca.

Natura zewnętrznego jądra jest pod wieloma względami jeszcze mniej znana, aczkolwiek wszyscy zgadzają się co do tego, że jest ciekłe i że stanowi źródło magnetyzmu planety. W 1949 roku Edward C. Bullard z Cambridge University wysunął hipotezę, że płynna część jądra porusza się w taki sposób, iż stanowi coś w rodzaju elektrycznego dynama, generując pole magnetyczne Ziemi. Hipoteza opiera się na założeniu, że przewodzące ciecze we wnętrzu planety działają podobnie jak prądy elektryczne w zwykłych kablach. Dokładny mechanizm nie jest znany, lecz to raczej pewne, że magnetyzm jest związany z wirowaniem jądra oraz z faktem, że jest ono ciekłe. Ciała, które nie mają ciekłego jądra - na przykład Księżyc i Mars - nie mają własnego pola magnetycznego.

Wiemy, że natężenie ziemskiego pola magnetycznego podlega okresowym zmianom - w epoce dinozaurów było trzykrotnie silniejsze niż obecnie<sup>24</sup>. Wiemy także, że zmienia kierunek średnio co 500 tysięcy lat, aczkolwiek ta średnia ukrywa olbrzymi zakres nieprzewidywalnych wahań. Ostatnia zmiana kierunku zaszła około 750 000 lat temu. Niekiedy kierunek pozostaje niezmienny przez miliony lat - wydaje się, że najdłuższy okres wynosił 37 milionów lat<sup>25</sup> - lecz zdarzały się również szybkie zmiany po zaledwie 20 tysiącach lat. W ciągu ostatnich 100 milionów lat zaszło około 200 zmian kierunku, a my nie mamy pojęcia dlaczego. To pytanie stanowi „największą nierozwiązaną kwestię w naukach geologicznych”<sup>26</sup>.

Zapewne właśnie teraz jesteśmy świadkami kolejnej zmiany kierunku. Tylko w ciągu ostatniego stulecia ziemskie pole magnetyczne zmniejszyło się być może aż o około 6 procent. Osłabienie stanowi raczej niepomyślną wiadomość, ponieważ magnetyzm, oprócz utrzymywania notatek na drzwiach lodówek i kierowania igieł kompasów w wiadomym kierunku, odgrywa istotną rolę w utrzymywaniu osłony, która chroni ni mniej, ni więcej tylko nasze życie. Kosmos jest pełen niebezpiecznych rodzajów promieniowania, cząstek, które przenikają przez atmosferę i niszczą nasze DNA. Rozpościerające się wokół Ziemi pole magnetyczne działa jak tarcza, kierując te cząstki do dwóch obszarów pobliskiej przestrzeni zwanych pasami Van Allena. Oddziaływanie cząstek z pasów Van Allena z cząstkami górnych warstw atmosfery powoduje powstawanie urokliwych świetlnych zjawisk znanych jako zorze polarne.

Przyczyny naszej ignorancji częściowo wynikają z braku koordynacji i między tym, co dzieje się na górze, a tym, co dzieje się w środku Ziemi. Według Shawny Vogel: „Geolodzy i geofizycy rzadko uczestniczą w tych samych konferencjach lub współpracują nad tymi samymi problemami”<sup>27</sup>, Nic nie obnaża naszej niewiedzy na temat dynamiki wnętrza Ziemi w większym stopniu niż nasze zaskoczenie, gdy zdarzy się coś takiego jak erupcja wulkanu St Helens w stanie Washington w 1980 roku.

Do tego momentu w Stanach Zjednoczonych, z wyjątkiem Alaski i Hawajów, nie notowano działalności wulkanicznej przez ponad 65 lat. Większość rządowych wulkanologów, których zadaniem było monitorowanie i przewidywanie zachowania St Helens, widziała w akcji jedynie hawajskie wulkany. Okazało się, że to nie to samo.

St Helens zaczął swe złowieszcze pomruki 20 marca. W ciągu tygodnia wypluwał magmę - aczkolwiek w niewielkich ilościach - do 100 razy dziennie i nieustannie ulegał wstrząsom. Ludność została ewakuowana na odległość 13 kilometrów, uznaną za bezpieczną. W miarę jak pomruki wulkanu narastały, St Helens stał się atrakcją turystyczną dla całego świata. Gazety codziennie

publikowały raporty i porady dla turystów, gdzie są najlepsze miejsca do oglądania wulkanu. Ekipy telewizyjne wielokrotnie latały helikopterami wokół szczytu. Widywano nawet ludzi wspinających się na zbocza. Pewnego dnia wokół wulkanu krążyło ponad 70 helikopterów i lekkich samolotów. Dni jednak mijały, pomruki nie prowadziły do niczego bardziej dramatycznego, w ludziach narastało zniecierpliwienie i stopniowo zaczął się upowszechniać pogląd, że wulkan jednak nie wybuchnie.

19 kwietnia północny stok góry zaczął się wyraźnie wybrzuszać. Co dziwne, żadna z osób odpowiedzialnych za obserwację wulkanu nie uznała tego za wyraźny sygnał bocznego wybuchu. Sejsmolodzy opierali swe wnioski na podstawie zachowania hawajskich wulkanów, które nie wybuchają boki<sup>28</sup>. Niemal jedyną osobą, która przewidywała, że może się stać coś naprawdę groźnego, był Jack Hyde, profesor geologii z college'u w Ta-coma. Hyde zwrócił uwagę, że St Helens nie posiadał otwartego krateru, w odróżnieniu od wulkanów na Hawajach, zatem gdy rosnące wewnątrz ciśnienie zostanie uwolnione, skutki będą dramatyczne i prawdopodobnie katastrofalne. Hyde nie był jednak członkiem oficjalnego zespołu obserwatorów i jego przestrogi zostały zlekceważone.

Wszyscy wiemy, co zaszło. W niedzielę 18 maja o 8.32 rano północny stok wulkanu zapadł się, posyłając ogromną lawinę ziemi i skał wzdłuż zbocza góry, pędzącą z prędkością prawie 250 kilometrów na godzinę. Była to największa lawina w historii ludzkości<sup>29</sup>. Niosła tyle materiału, że mogłaby pokryć cały Manhattan warstwą o grubości 120 metrów. Minutę później, w wyniku osłabienia stoku, St Helens eksplodował, uwalniając energię pięćset razy większą od energii bomby zrzuconej na Hiroszimę<sup>30</sup> i wyrzucając gorącą, morderczą chmurę o prędkości sięgającej 1050 kilometrów na godzinę, o wiele za szybko dla każdego, kto znalazł się w jej zasięgu. Wybuch dosięgnął wielu ludzi, którzy znajdowali się w pozornie bezpiecznej odległości, często poza zasięgiem widoczności wulkanu. Zginęło 57 osób<sup>31</sup>, a 23 ciał nigdy nie

znaleziono. Żniwo śmierci byłoby znacznie wyższe, gdyby wybuch nie nastąpił w niedzielę. W powszednie dni w strefie śmierci, rozciągającej się na 30 kilometrów, pracowało wielu drwali.

W tym dniu najwięcej szczęścia miał pewien doktorant, Harry Glickea. Obsługiwał on punkt obserwacyjny w odległości dziewięciu kilometrów od góry, lecz 18 maja miał rozmowę kwalifikacyjną w Kalifornii, więc w dzień poprzedzający enipcję opuścił swoje stanowisko, a na jego miejsce przybył David Johnston. Johnston pierwszy zgłosił wybuch; chwilę później był martwy. Jego ciała nigdy nie znaleziono. Szczęśliwy przypadek, który uratował Glickena, nie pomógł mu jednak jedenaście lat później, gdy znalazł się w grupie 43 naukowców i dziennikarzy schwytych w śmiertelną pułapkę przez wytrysk supergorącego popiołu, gazów i stopionej skały - zwanej spływem piroklastycznym - na górze Unzen w Japonii, gdy nie przewidziano katastrofalnych skutków zachowania kolejnego wulkanu.

Być może wulkanolodzy nie są najgorszymi naukowcami na świecie w dziedzinie prognozowania, lecz z pewnością nie są najlepsi, jeżeli chodzi o wyciąganie wniosków z faktu, że ich prognozy są kiepskie. Mniej niż dwa lata po katastrofie pod górą Unzen inna grupa obserwatorów wulkanów, prowadzona przez Stanleya Williamsa z University of Arizona, weszła do krateru aktywnego wulkanu Galeras w Kolumbii. Mimo niedawnych tragedii tylko dwie osoby z szesnastu członków grupy Williamsa miały hełmy lub inne ochroniacze. Wybuch wulkanu spowodował śmierć sześciorga naukowców, trojga turystów, którzy podążali za nimi, oraz poważnie poranił innych, między innymi samego Williamsa.

W książce zatytułowanej *Surviving Galeras*, napisanej z wyjątkowym brakiem samokrytyki, Williams mówi, że mógł tylko „pokiwać głową ze zdumieniem”<sup>32</sup>, gdy dowiedział się później, iż jego koledzy po fachu sugerowali, jakoby przeoczył lub zignorował istotne sejsmiczne sygnały i za-I chował się lekkomyślnie. „Jakże łatwo jest być mądrym po fakcie i stosować obecną



wiedzę do zdarzeń z 1993 roku”, napisał. Uważał, że winą można jedynie obarczyć nieszczęśliwy zbieg okoliczności, gdyż Galeras „zachowywał się kapryśnie, tak jak zwykle zachowują się siły natury, Dałem się oszukać i za to biorę odpowiedzialność, lecz nie czuję się winny śmierci moich kolegów. Nie ma winnych. To była erupcja”.

Wróćmy jednak do stanu Washington. Góra St Helens straciła 400 metrów wysokości. Wulkan zniszczył 600 kilometrów kwadratowych lasu. Gdyby drwale zdołali go uprzędzić i wyciąć te lasy, można by zbudować 150 000 domów (300 000 według niektórych danych). Zniszczenia materialne oszacowano na 2,7 miliarda dolarów. Gigantyczna kolumna dymu i popiołu w ciągu niecałych dziesięciu minut urosła do wysokości 18 000 metrów. Odłamki skał trafiły w samolot pasażerski lecący w odległości 48 kilometrów od wulkanu<sup>33</sup>.

Dziewięćdziesiąt minut po wybuchu, w miejscowości Yakima położonej w odległości 130 kilometrów od wulkanu, zaczął padać deszcz popiołu. Dzień zamienił w noc, dusił przechodniów, przeniknął do wszystkich zakamarków, zadławił silniki i generatory, zwarł wyłączniki elektryczne, zablokował systemy filtracyjne. Pięćdziesiąt tysięcy mieszkańców przestało funkcjonować. Zamknięte zostało lotnisko oraz wszystkie drogi prowadzące do i z miasta.

Zwróćmy uwagę, że wszystko to działo się po zawiętrznej stronie wulkanu, który pomrukiwał przez dwa miesiące, ostrzegając o swych zamiarach. Miasto Yakima nie miało jednak żadnych procedur alarmowych na wypadek wybuchu wulkanu<sup>34</sup>. Miejski system ostrzegawczy, który powinien zacząć działać w czasie kryzysu, nie został uruchomiony, ponieważ „niedzielna zmiana nie umiała go obsługiwać”. Przez trzy dni miasto było sparaliżowane i odcięte od świata, lotnisko było nieczynne, drogi nieprzejezdne. W wyniku wybuchu wulkanu St Helens na miasto Yakima spadło zaledwie nieco powyżej 1,5 centymetra popiołu\*-\* pamiętaj o tym, gdy będziemy rozważać, czego może dokonać wybuch Yellowstone.

## Rozdział 15

### NIEBEZPIECZNE PIĘKNO

W latach sześćdziesiątych Bob Christiansen z United States Geological Survey, studiując wulkaniczną historię Parku Narodowego Yellowstone, zadał sobie pytanie, które jakimś dziwnym zbiegiem okoliczności nikomu nie przyszło wcześniej do głowy: Gdzie jest wulkan w Yellowstone? Od bardzo dawna było wiadomo, że wszystkie gejzery i inne gorące zjawiska w Yellowstone mają naturę wulkaniczną. Jedną z cech wulkanów jest to, że zazwyczaj są one doskonale widoczne. Christiansen nie mógł jednak nigdzie w Yellowstone znaleźć wulkanu, a właściwie struktury zwanej kalderą.

Większości z nas wulkan kojarzy się z klasycznym stożkowym kształtem Fudzi lub Kilimandżaro, który powstaje, gdy wypływająca magma gromadzi się w postaci symetrycznej hałdy, co zazwyczaj odbywa się bardzo szybko. W 1943 roku pewien farmer z Paricutin w Meksyku z zaskoczeniem odkrył smugę dymu unoszącą się nad skrawkiem jego łąki<sup>1</sup>. Po tygodniu był mimowolnym właścicielem wysokiego na 152 metry kopca w kształcie stożka, który w ciągu dwóch kolejnych lat rozrósł się do wysokości 430 metrów i średnicy ponad 800 metrów u podstawy. Na powierzchni Ziemi istnieje łącznie około 10 tysięcy takich widocznych, stożkowatych wulkanów. Z wyjątkiem kilkuset wszystkie są nieczynne. Istnieje jednak drugi, mniej znany typ wulkanów, które nie posiadają stożka, ponieważ wybuchają z ogromną siłą, w pojedynczej, potężnej eksplozji, i zostawiają jedynie olbrzymią nieckę zwaną kalderą (od łacińskiego słowa *caldarium*). Yellowstone najwyraźniej należał do tego drugiego typu, lecz Christiansen nie mógł nigdzie znaleźć kaldery.

Przypadek zrzucił, że w tym samym czasie NASA testowała swoje nowe kamery, wykonując zdjęcia Yellowstone z dużej wysokości. Któryś z rozsądnie

myślących urzędników NASA wysłał władzom parku kopie zdjęć, zakładając, że mogą one stanowić interesujący materiał dla centrów informacji turystycznej. Gdy tylko Christiansen zobaczył zdjęcia, natychmiast zrozumiał, dlaczego nie mógł znaleźć kaldery: niemal cały park - 9000 kilometrów kwadratowych - jest kalderą. Eksplozja zostawiła krater o średnicy 65 kilometrów, o wiele za duży, aby można go spostrzec gdziekolwiek z poziomu gruntu. W pewnym momencie w przeszłości Yellowstone musiał wybuchnąć z siłą znacznie przekraczającą skalę wszystkiego, czego kiedykolwiek doświadczyła ludzkość.

Okazało się, że Yellowstone jest superwulkanem. Leży na ogromnej; plamie gorąca, zbiorniku stopionej skały, który zaczyna się tuż pod powierzchnią Ziemi i sięga co najmniej 200 kilometrów w głąb planety, tworząc tak zwany superpióropusz. Jego ciepło stanowi źródło energii dla wszystkich otworów, gejzerów, gorących źródeł i bulgoczących stawów błotnych. Pod powierzchnią znajduje się komora magmy, której średnica wynosi około 72 kilometrów - mniej więcej tyle samo, ile sam park - a grubość w najgłębszym miejscu sięga 13 kilometrów. Wyobraź sobie magazyn TNT o powierzchni małego województwa, wysoki na 13 kilometrów - sięgający poziomu cirrusów, najwyższych ziemskich chmur. Turyści odwiedzający park Yellowstone znajdują się na dachu czegoś takiego. Ciśnienie magmy podniosło Yellowstone oraz otaczające go terytorium o około pół kilometra ponad poziom, na którym znajdowałyby się w normalnych warunkach. Gdyby nastąpił wybuch, kataklizm przekroczyłby wszelkie możliwe wyobrażenia. Według profesora Billa McGuire'a z University College London w trakcie erupcji „nie mógłbyś się dostać bliżej niż na tysiąc kilometrów”<sup>\*2</sup>. Późniejsze konsekwencje byłyby jeszcze gorsze.

Superpióropusze tego rodzaju, na jakim siedzi Yellowstone, przypominają kieliszek do martini, lecz rozszerzający się w pobliżu powierzchni, tworząc rozległą misę niestabilnej magmy. Niektóre z tych mis mają średnice sięgające 1900 kilometrów. Według obecnie obowiązujących teorii erupcje nie zawsze

mają charakter eksplozji, ale niekiedy pękają i wylewają ogromną, długotrwałą powódź stopionej skały. Tak było w przypadku wulkanu, który 65 milionów lat temu przykrył 500 000 kilometrów kwadratowych wyżyny Dekan i prawdopodobnie przyczynił się do wyginięcia dinozaurów - w każdym razie z pewnością nie wyszedł im na zdrowie - wydzielając olbrzymie ilości trujących gazów. Superpióropusze są również odpowiedzialne za pęknięcia, które powodują rozpadanie się kontynentów.

30 aktywnych superpióropuszy odpowiedzialnych za wiele spośród znanych wysp i łańcuchów wysp - Islandii, Hawajów, Azorów, Wysp Kanaryjskich, archipelagu Galapagos, małej wyspy Pitcairn na środku południowego Pacyfiku oraz innych. Lecz wszystkie - z wyjątkiem Yellowstone - znajdują się na oceanach. Nikt nie ma najmniejszego pojęcia, jak i dlaczego superpióropusz Yellowstone znalazł się pod kontynentalną płytą. Tylko dwie rzeczy wiadomo na pewno: skorupa w Yellowstone jest cienka, a świat pod nią - gorący. Pytanie, czy skorupa jest cienka, ponieważ świat pod nią jest gorący, czy raczej świat pod skorupą jest gorący, ponieważ jest ona cienka, stanowi przedmiot gorącej (!) debaty. Kontynentalna natura skorupy powoduje, że erupcje w Yellowstone mają zupełnie odmienny charakter. Inne superwulkany mają raczej tendencję do regularnego i na ogół niegroźnego bulgotania, natomiast Yellowstone wybucha rzadko, ale gdy już to zrobi, to lepiej nie podchodzić za blisko.

Od pierwszej znanej nam erupcji 16,5 miliona lat temu Yellowstone wybuchał około 100 razy, z czego trzy ostatnie przypadki zostały opisane w literaturze naukowej. Ostatnia erupcja była około 1000 razy silniejsza niż w przypadku St Helens; poprzednia była 280 razy silniejsza; jeszcze wcześniejsza była tak potężna, że nikt nie umie dokładnie jej oszacować - była co najmniej 2500 razy silniejsza od wybuchu St Helens, lecz podawana jest także liczba 8000.

Nie mamy absolutnie niczego, co można by porównać do wybuchów

Yellowstone. Największa erupcja w ostatnich czasach była dziełem wulkanu Krakatau w Indonezji w sierpniu 1883 roku. Wywołane przez niego wstrząsy krążyły wokół Ziemi przez dziewięć dni, a zanieczyszczenia wody zaobserwowano nawet w kanale La Manche<sup>3</sup>. Jeżeli jednak ilość materiału wyrzuconego w powietrze przez Krakatau porównamy do piłki golfowej, to w tej skali urobek największego z wyżej wymienionych wybuchów Yellowstone miałby rozmiary kuli o średnicy porównywalnej ze wzrostem dorosłego człowieka, a St Helens - ziarnka grochu.

Wybuch Yellowstone dwa miliony lat temu wyrzucił w powietrze popiół w ilości wystarczającej, aby przykryć stan Nowy Jork warstwą o grubości 20 metrów lub Kalifornię na grubość 6 metrów. To właśnie ten popiół jest odpowiedzialny za odkryte przez Mike'a Voorhiesa skamieliny we wschodniej Nebrasce. Erupcja nastąpiła w miejscu, które obecnie znajduje się w stanie Idaho, lecz w ciągu milionów lat skorupa Ziemi przemieściła się, w tempie około 2,5 centymetra na rok, więc dzisiaj plama gorąca znajduje się w północno-zachodniej części stanu Wyoming, a właściwie pod nią (sama plama gorąca pozostaje w miejscu, jak wycelowana w sufit acetylenowa lampa). Wybuch pozostawił na prerii glebę, która idealnie nadaje się do uprawy ziemniaków, co już dawno odkryli farmerzy w stanie Idaho. Geolodzy żartują, że za kolejne dwa miliony lat Yellowstone będzie smażyć frytki dla McDonald'sa, a mieszkańcy Billings w stanie Montana będą mieszkać wśród gejzerów.

Popiół z ostatniej erupcji Yellowstone pokrył w całości lub częściowo dziewiętnaście zachodnich stanów USA (plus część Kanady i Meksyku) - prawie całe terytorium na zachód od Missisipi. To jest spichlerz Ameryki. Z tego obszaru pochodzi około połowy światowych zapasów zbóż. A popiół to nie jest śnieg, który zniknie na wiosnę. Jeżeli będziemy chcieli uprawiać zboża, będziemy musieli posprzątać i znaleźć jakieś miejsce na popiół. Usunięcie 1,8 miliarda ton szczątków z 6,5 hektara wokół World Trade Center na Manhattanie zajęło tysiącom ludzi osiem miesięcy. Wyobraź sobie teraz sprzątanie stanu

Kansas.

A to jeszcze nic, albo niewiele, w porównaniu z konsekwencjami klimatycznymi. Ostatnia erupcja superwulkanu na Ziemi zdarzyła się 74 000 lat temu w Toba<sup>4</sup>, w północnej części Sumatry. Nikt nie wie dokładnie, jakie były jej rozmiary, lecz z pewnością był to kolos. Rdzenie lodowe z Grenlandii wskazują, że po wybuchu nastąpiła co najmniej sześćioletnia „zima wulkaniczna” oraz znacznie dłuższy okres słabej wegetacji. Według niektórych badaczy erupcja doprowadziła nasz gatunek do granicy wymarcia, redukując globalną populację do zaledwie kilku tysięcy osobników. Oznaczałoby to, że wszyscy pochodzimy od bardzo nielicznej populacji wyjściowej, co wyjaśniałoby niewielkie zróżnicowanie genetyczne w obrębie naszego gatunku. W każdym razie istnieją dowody, że przez kolejne 20 tysięcy lat całkowita liczba ludzi na planecie w żadnym momencie nie przekraczała kilku tysięcy osobników<sup>5</sup>. To dość długi okres jak na regenerację po jednej erupcji wulkanu.

To wszystko było bardzo interesujące, ale traktowane raczej w kategorii hipotez, aż do roku 1973, gdy zdarzyło się coś, co natychmiast zwróciło uwagę geologów: woda w Yellowstone Lake, jeziorze położonym w samym centrum parku, zaczęła się przelewać przez południowy brzeg, zalewając pobliską łąkę, natomiast po przeciwnej stronie jeziora woda w tajemniczy sposób znikła. Geolodzy pospiesznie przeprowadzili badania i odkryli, że pod znaczną częścią parku powstało wyraźne wybrzuszenie, które podniosło jeden koniec jeziora, powodując wylewanie wody na drugim końcu. To samo stałoby się, gdyby podnieść jeden brzeg dziecięcego baseniku. W 1984 roku cały środkowy obszar parku - ponad 100 kilometrów kwadratowych - znajdował się ponad metr wyżej niż w 1924 roku, gdy wykonano poprzednie oficjalne badania geodezyjne. Następnie w 1985 roku środkowy obszar parku obniżył się o 20 centymetrów. Obecnie wydaje się, że ponownie puchnie.

Geolodzy zdali sobie sprawę, że może być tylko jedna przyczyna - ukryta pod ziemią, lecz wciąż aktywna komora magmy. Yellowstone nie jest miejscem

dawnego wulkanu. Ten wulkan jest nadal aktywny. Mniej więcej w tym samym czasie naukowcy zdołali przebadać jego historię i obliczyli, że średnio co 600 000 lat następowała jedna potężna erupcja. Ostatnia zdarzyła się 630 000 lat temu. Wygląda na to, że Yellowstone jest gotów do kolejnej.

„To może się wydawać nierealne, lecz stoisz na największym aktywnym wulkanie na Ziemi”<sup>6</sup>, powiedział mi Paul Doss, geolog parku Yellowstone, wkrótce po tym, jak zsiadł z olbrzymiego motocykla firmy Harley - - Davidson i uścisnął mi rękę, gdy spotkaliśmy się w kwaterze głównej parku w Mammoth Hot Springs pewnego pięknego czerwcowego poranka. Pochodzący ze stanu Indiana Doss jest miłym, przyjacielskim, spokojnym, niezwykle zamyślonym człowiekiem i pod żadnym względem nie przypomina pracownika National Park Service. Nosi siwiejącą brodę, niewielki szafirowy kolczyk w uchu, włosy upina w długi kucyk, a pod uniformem Park Service z trudem ukrywa brzuszek. Wygląda bardziej na bluesowego muzyka niż na pracownika federalnej administracji. I rzeczywiście jest muzykiem bluesowym (gra na harmonijce), lecz przede wszystkim - geologiem. „I znalazłem się w najlepszym dla geologa miejscu na świecie”, mówi, gdy wyruszamy w kierunku Old Faithful\* poobijanym, kołyszącym się pojazdem z napędem na cztery koła. Doss zgodził się, abym towarzyszył mu przez jeden dzień w jego codziennych obowiązkach. Pierwsze zadanie na dzisiaj polega na wstępnej rozmowie z grupą nowo przyjętych przewodników.

Nie muszę dodawać, że Yellowstone jest zjawiskowo pięknym miej

\* Najbardziej znany gejzer, wizytówka Yellowstone (przyp. tłum.). scem, położonym w otoczeniu potężnych, wyniosłych gór, szumiących strumieni, szmaragdowych jezior, bizonów pasących się na łąkach i olbrzymiej ilości innych dzikich zwierząt. „Nie ma nic lepszego niż to, jeżeli jesteś geologiem - mówi Doss. - Masz tu skały na Przełęczy Niedźwiedziego Kła, które liczą prawie 3 miliardy lat, trzy czwarte czasu od początku istnienia Ziemi, a tu są mineralne źródła - Doss wskazuje gorące, siarkowe źródło, od którego

Mammoth wziął swą nazwę - gdzie widzisz skały, które dopiero się rodzą. A między jednym i drugim masz wszystko, co mógłbyś próbować sobie wyobrazić. Nigdy nie byłem w miejscu, gdzie geologia jest bardziej ewidentna... lub piękniejsza”.

„Więc lubisz to miejsce?”, pytam.

„Och nie, kocham je - odpowiada z głęboką powagą. - Mam na myśli, że rzeczywiście kocham to miejsce i tę pracę. W zimie temperatury są dość niskie, płaca też nie jest zbyt wysoka, lecz jak jest dobrze, to...”

Zamilkł, aby wskazać mi przerwę w łańcuchu górskim, który na chwilę pojawił się w polu widzenia. Góry nazywają się Gallatins. „Przerwa ma 60 czy może 70 mil. Bardzo długo nikt nie mógł zrozumieć, skąd się wzięła, aż w końcu Bob Christiansen uświadomił sobie, że musiała powstać, gdy góry zostały zniszczone przez wybuch wulkanu. Gdy 60 mil gór zostaje po prostu unicestwione, to wiesz, że masz do czynienia z czymś godnym uwagi. Sześć lat zajęło Christiansenowi, zanim na to wpadł”.

Zapytałem, co powoduje wybuchy Yellowstone. wiem. Nikt nie wie. Wulkany to dziwne obiekty. W rzeczywistości wcale ich nie rozumiemy. Wezuwiusz był aktywny przez 300 lat, aż do erupcji w 1944 roku, po czym nagle stanął i od tego czasu jest cichy. Niektórzy wulkanolodzy sądzą, że się mocno ładuje, co jest dość niepokojące, ponieważ 2 miliony ludzi żyją na nim lub obok. Jednak naprawdę nikt tego nie wie”.

„A jakie ostrzeżenie dostalibyśmy, gdyby Yellowstone miał zamiar wybuchnąć?”

Doss wzruszył ramionami. „Nie było tu nikogo podczas poprzedniego wybuchu, więc nikt nie wie, jakie są oznaki. Prawdopodobnie mielibyśmy sporo trzęsień ziemi, być może podniósłby się poziom gruntu, zapewne zaszłyby zmiany w zachowaniu gejzerów i wentyli pary, lecz nie wiadomo niczego na pewno”.

„Więc równie dobrze może wybuchnąć bez ostrzeżenia?”



Przytaknął z zadumą, po czym dodał, że problem polega na tym, iż niemal wszystko, co można by uznać za ostrzeżenie, w pewnym stopniu już istnieje w Yellowstone. „Erupcje wulkaniczne na ogół są poprzedzane przez trzęsienia ziemi. Park odnotowuje mnóstwo wstrząsów. Tylko w zeszłym roku było ich 260. Większość z nich była na tyle słaba, że nie były odczuwalne, lecz nie zmienia to faktu, że były to trzęsienia ziemi”.

Zmiany w erupcji gejzerów mogą również być uznane za wskazówkę, lecz one także zachowują się w sposób nieprzewidywalny, mówi Doss. Niegdyś naj słynniejszym gejzerem w parku był Excelsior Geysir, którego spektakularne, sięgające 100 metrów wysokości erupcje miały bardzo regularny charakter, lecz w 1888 roku geysir po prostu zamilkł. Następną erupcją pojawiła się dopiero w 1985 roku, lecz tylko na wysokość 25 metrów. Steamboat Geysir jest największym gejzerem na świecie; potrafi posłać wodę na wysokość 120 metrów, lecz przerwy między jego erupcjami zmieniają się od zaledwie czterech dni do prawie 50 lat. „Gdyby wystrzelił dzisiaj, a następnie za tydzień, i tak nie wiedzielibyśmy, co zrobi w kolejnym czy w jeszcze dalszym tygodniu, ani za 20 lat - mówi Doss. - Wszystko w całym parku jest tak niestabilne i zmienne, że niemal nie sposób wyciągać wniosków z tego, co się tu dzieje”.

Evakuacja Yellowstone nigdy nie będzie łatwa. Park odwiedza około trzech milionów ludzi, głównie w ciągu trzech letnich miesięcy. Drogi w parku są nieliczne i wąskie, częściowo dla spowolnienia ruchu, częściowo dla zachowania naturalnego wyglądu parku i jego niepowtarzalnej aury, częściowo z powodu ograniczeń topograficznych. W szczycie sezonu przejechanie wzdłuż parku może zająć i pół dnia, a dostanie się w jakieś określone miejsce - kilka godzin. „Gdy ludzie widzą jakieś zwierzę, zatrzymują się i natychmiast tworzy się korek - mówi Doss. - Mamy tu korki niedźwiedzie, korki spowodowane przez bizona lub wilki”.

Jesienią 2000 roku przedstawiciele US Geological Survey oraz National Park Service spotkali się z naukowcami i powołali tak zwane Yellowstone

Volcanic Observatory (YVO). Dotychczas istniały cztery takie instytucje - na Hawajach, w Kalifornii, na Alasce i w stanie Washington - lecz największy wulkan świata doczekał się swojej dopiero teraz. YVO nie jest właściwie instytucją, lecz raczej porozumieniem dotyczącym koordynacji badań i analiz zróżnicowanej geologii parku. Jak powiedział mi Doss, jednym z pierwszych zadań YVO ma być sporządzenie „planu zagrożeń wulkanicznych i tektonicznych” - planu działania na wypadek kryzysu.

„Do tej pory nie było żadnego?”, zapytałem.

„Nie. Obawiam się, że żadnego. Lecz niebawem będzie”.

„Czy to nie jest jakby trochę późno?”

Uśmiechnął się. „Powiedzmy, że nie jest ani trochę za wcześnie”.

Podstawą działania planu ma być założenie, że trzy osoby - Christiansen w Menlo Park w Kalifornii, profesor Robert B. Smith w University of Utah oraz Paul Doss z administracji parku - będą oceniać stopień zagrożenia każdego potencjalnego kataklizmu i na podstawie ich zaleceń dyrektor parku podejmie decyzję, czy należy zarządzić ewakuację. Plany ewakuacji nie obejmują otoczenia parku. Każdy, kto znajdzie się poza granicami parku, będzie musiał radzić sobie sam - niewiele mu to pomoże, jeżeli Yellowstone eksploduje w typowej dla siebie skali.

Może oczywiście się zdarzyć, że upłyną jeszcze dziesiątki tysięcy lat, zanim do tego dojdzie. Doss sądzi, że ten dzień może w ogóle nie nadejść. „Fakt, że istniał pewien powtarzalny wzorzec w przeszłości, nie oznacza jeszcze, że tak samo musi być w przyszłości - mówi. - Istnieją pewne dowody sugerujące, że wzorcem może być seria katastrofalnych eksplozji, po których następuje długi okres ciszy. Być może jesteśmy właśnie w fazie takiej ciszy. Obecne badania wskazują, że większość magmy w komorze ochładza się i krystalizuje, uwalniając substancje lotne, natomiast eksplozywna erupcja wymaga akumulacji tych substancji”.

Tymczasem na terenie parku i w jego okolicach jest mnóstwo innych

zagrożeń i niebezpieczeństw, co w niszczycielski sposób stało się widoczne w nocy 17 sierpnia 1959 roku w miejscu zwanym Hebgen Lake, tuż za granicą parku<sup>7</sup>. Dwadzieścia minut przez północą Hebgen Lake nawiedziło katastrofalne trzęsienie ziemi. Wstrząs miał siłę 7,5 w skali Richtera, więc nie należał do kategorii największych trzęsień, lecz był tak raptowny i gwałtowny, że powalił całe zbocze góry. Był to szczyt sezonu turystycznego, aczkolwiek w owych czasach Yellowstone odwiedzało znacznie mniej ludzi niż obecnie. Osiemdziesiąt milionów ton skał po prostu odpadło od zbocza góry, po czym, poruszając się momentami z prędkością ponad 160 kilometrów na godzinę, nabrało takiego pędu, że czoło lawiny dotarło na wysokość 120 metrów na zbocze góry po przeciwnej stronie wąwozu. Na drodze lawiny znalazła się część pola biwakowego Rock Creek Camp-ground. Zginęło 28 osób. Tym, którzy znaleźli się na jej drodze, lawina nie dała żadnych szans. Dziewiętnastu ciał nigdy nie znaleziono. Trzej bracia, śpiący w jednym namiocie, ocalili, natomiast ich rodzice, śpiący w sąsiednim namiocie, zostali porwani przez pędzącą masę skał i nigdy ich nie odnaleziono.

„Duże trzęsienie ziemi, mam na myśli naprawdę duży wstrząs, prędzej czy później się zdarzy - powiedział mi Doss. - Możesz na to liczyć. Tu jest duży uskoki tektoniczny”.

Mimo wstrząsu w Hebgen Lake i innych rozpoznanych zagrożeń Yellowstone nie miał stałych sejsmometrów aż do lat siedemdziesiątych.

Jeżeli jeszcze nie doceniasz nieubłaganej potęgi procesów geologicznych, po opuszczeniu Yellowstone możesz wybrać się na południe. Niebawem zobaczysz wspaniale wystrzępione pasmo Tetonów, okalające Yellowstone od południa. Dziewięć milionów lat temu Tetony nie istniały; wokół Jackson Hole\* rozciągała się trawiasta preria. W pewnym momencie otworzył się 64-kilometrowy uskoki i od tego czasu, mniej więcej co 900 lat, Tetony nawiedza potężne trzęsienie ziemi, wystarczające, aby podnieść je o kolejne dwa metry w górę. Te powtarzające się wstrząsy wyniosły całe pasmo do obecnej,

majestatycznej wysokości 2000 metrów.

Owe 900 lat to oczywiście średnia, do tego cokolwiek myląca. Jak piszą Robert B. Smith i Lee J. Siegel w książce *Windows into the Earth*, geologicznej historii tego regionu, ostatni duży wstrząs nawiedził Tetony 5000 do 7000 lat temu. Krótko mówiąc, tektoniczne zaległości Tetonów stanowią zapewne rekord w skali całej planety.

Eksplozje hydrotermalne także stanowią potencjalnie duże zagrożenie. Mogą się zdarzyć w każdej chwili, gdziekolwiek i bez żadnego ostrzeżenia. „Jak wiesz, z założenia kierujemy turystów do basenów termalnych - powiedział Doss, gdy obejrzelśmy erupcję gejzeru Old Faithful. - Przecież przyjeżdżają tu po to, żeby je zobaczyć. Wiesz, że w samym Yellowstone jest więcej gejzerów i gorących źródeł niż we wszystkich innych miejscach na całym świecie razem wziętych?”

„Nie wiedziałem”.

Przytaknął. „10 tysięcy. I nikt nie wie, kiedy może powstać kolejny otwór”.

Pojechaliśmy do miejsca zwanego Duck Lake, zbiornika wodnego

\* Ośrodek turystyki górskiej i sportów zimowych (ptzyp. tłum.). o średnicy kilkuset metrów. „Wygląda całkowicie niewinnie - powiedział Doss. - To tylko duży staw. Lecz zagłębienia terenu, w którym obecnie stoi ta woda, kiedyś tu nie było. W pewnym momencie w ciągu ostatnich 15 tysięcy lat zdarzył się tu naprawdę potężny wybuch. Dziesiątki milio. nów ton ziemi i skał oraz supergorącej wody wyrzucanej z naddźwiękowy-mi prędkościami. Możesz sobie wyobrazić, jak by to wyglądało, gdyby coś takiego zdarzyło się, powiedzmy, pod parkingiem przy Old Faithful lub pod którymś z ośrodków informacji”. Zrobił nieszczęśliwą minę.

„Czy byłoby jakieś ostrzeżenie?”

„Prawdopodobnie nie. Ostatnia znaczna eksplozja w parku zdarzyła się w 1989 roku w miejscu zwanym Pork Chop Geyser. Zostawiła krater o średnicy

około pięciu metrów - całkiem nieduży, lecz wystarczający, gdybyś stał akurat w tym miejscu, ponieważ nie było żadnego ostrzeżenia. Na szczęście nikogo nie było wtedy w tamtej okolicy. W bardziej odległej przeszłości zdarzały się eksplozje, które zostawiały dziury szerokie na milę. Nikt nie jest w stanie ci powiedzieć, gdzie lub kiedy może się to zdarzyć ponownie. Możesz tylko mieć nadzieję, że nie będziesz stał w tym miejscu, gdy to się zdarzy”.

Osunięcia skał także mogą stanowić zagrożenie. W 1999 roku w Gardiner Canyon nastąpiło jedno poważne osunięcie skał, lecz także i tym razem szczęśliwie nikomu nic się nie stało. Późnym popołudniem zatrzymaliśmy się w miejscu, gdzie wprost nad ruchliwą drogą wznosi się wisząca skała, z wyraźnie widocznymi pęknięciami. „W każdej chwili może się oderwać”, powiedział z zamyśleniem Doss.

„Żartujesz!”, stwierdziłem. W obie strony podążały dwa nieprzerwane strumienie samochodów, pełne zachwyconych turystów.

„Och, nie to miałem na myśli - odpowiedział. - Miałem na myśli, że może. Równie dobrze może tak wisieć przez dziesiątki lat. Nie ma sposobu, żeby to przewidzieć. Ludzie muszą po prostu zaakceptować fakt, że z przebywaniem tutaj wiąże się pewne ryzyko. To wszystko”.

Gdy szliśmy do jego samochodu, żeby wrócić do Mammoth Hot Springs, Doss dodał: „Rzecz polega na tym, że przez większość czasu te niebezpieczne rzeczy się nie zdarzają. Skały nie spadają. Ziemia się nie trzęsie. Nie powstają nowe otwory. Mimo całej tej niestabilności Yellowstone jest zadziwiająco, zdumiewająco spokojny”.

„Jak cała Ziemia”, stwierdziłem.

„Dokładnie”, zgodził się.

Zagrożenia w Yellowstone stosują się w jednakowym stopniu do turystów, jak i do pracowników. Doss był tego świadkiem w pierwszym tygodniu swej pracy, pięć lat wcześniej. Pewnej nocy trójka młodych, sezonowych pracowników wybrała się na tak zwane gorące skoki, zakazane

przez administrację parku pływanie w ciepłych źródłach. Park wprowadził nie rozpowszechnia tej informacji - ■ z oczywistych powodów - lecz nie wszystkie ciepłe źródła w Yellowstone są niebezpiecznie gorące. Niektóre mają całkiem przyjemne temperatury i część sezonowych pracowników miała zwyczaj zażywania nocnych kąpielii, mimo że było to sprzeczne z regulaminem parku. Co więcej, wspomniana trójka nie wzięła latarki, co było bardzo nierozważną decyzją, ponieważ grunt wokół ciepłych źródeł jest twardy, ale cienki i łamliwy - bardzo łatwo można wpaść do gorącego kotła. W każdym razie, gdy po kąpielii wracali do swego domku, natrafili na strumień, przez który uprzednio, w drodze do źródła, musieli przeskoczyć. Zrobili kilka kroków wstecz, chwycili się za ręce, policzyli do trzech i wzięli rozbieg do skoku. W rzeczywistości to nie był strumień, lecz gorące źródło. W ciemności pomylili drogę. Nikt z nich nie przeżył.

Myślałem o tym następnego ranka, gdy w drodze powrotnej wybrałem się jeszcze na małą wycieczkę, aby zobaczyć jezioro Emerald Pool, położone w części parku zwanej Upper Geyser Basin. Poprzedniego dnia Doss nie miał już czasu, żeby mnie tam zawieźć, lecz chciałem przynajmniej rzucić na nie okiem, ponieważ Emerald Pool ma swoje miejsce w historii.

W 1965 roku małżeństwo biologów, Thomas i Louise Brock, będąc w parku w ramach swoich badań polowych, zrobiło pewną szaloną rzecz. Zgarnęli trochę żółtobrazowej szumowiny gromadzącej się przy brzegu stawu i zbadali ją pod kątem obecności życia. Ku zaskoczeniu ich obojga, a potem reszty świata, w pianie było pełno mikrobów. Thomas i Louise Brock odkryli ekstremofile, organizmy zdolne do życia w wodzie, o której uprzednio sądzono, że jest zbyt gorąca, zbyt kwaśna lub zbyt zasiarczona, aby mogła w niej przetrwać jakakolwiek żywa istota. Woda w Emerald Pool jest gorąca, kwaśna i zasiarczona, lecz przynajmniej dwa rodzaje organizmów żywych, nazwane później *Sulpholobus acidocaldarius* oraz *Thermophilus aquaticus*, uznały ją za odpowiednią dla siebie. Uprzednio sądzono, że nic nie przeżyje temperatury

wyższej niż 50 stopni Celsjusza, a tu znalazły się organizmy zamieszkujące suchną, kwaśne jezioro o temperaturze prawie dwa razy wyższej.

Jedną z odkrytych przez małżonków Brock bakterii, *Thermophilus*, przez niemal dwadzieścia lat pozostawała jedynie laboratoryjną ciekawostką, dopóki Kary B. Mullis z Kalifornii nie uświadomił sobie, że [jej odporne na wysokie temperatury enzymy mogą być użyte w procesie chemicznym zwanym reakcją łańcuchową polimerazy, który umożliwia naukowcom masowe kopiowanie łańcuchów DNA. W idealnym przypadku można w ten sposób wygenerować olbrzymią ilość kopii z jednej jedynej molekuly DNA<sup>8</sup>. Jest to pewnego rodzaju genetyczne powielanie, które stało się podstawą późniejszego rozwoju wszystkich gałęzi genetyki, od badań akademickich po zastosowania w medycynie sądowej, a Mullisowi przyniosło Nagrodę Nobla w dziedzinie chemii w 1993 roku.

Tymczasem biologowie zaczęli odkrywać jeszcze bardziej odporne mikroby<sup>9</sup>, zwane obecnie hipertermofilami, które potrzebują do życia temperatur powyżej 80 stopni Celsjusza. W książce *Life at the Extremes* Frances Ashcroft wymieniony jest aktualny rekordzista, *Pyrolobus fumarii*, który mieszka w ścianach oceanicznych otworów, gdzie temperatura może sięgać 113 stopni Celsjusza. Za górną granicę uważa się temperaturę 120 stopni, aczkolwiek nikt nie jest tego pewien. Tak czy inaczej, odkrycie dokonane przez małżonków Brock całkowicie zmieniło naszą percepcję świata istot żywych. Jak ujął to naukowiec z NASA, Jay Bergstrahl: „Dokądkolwiek się udamy, nawet w miejsca uważane za najbardziej nieprzyjazne dla życia na całej Ziemi - jeżeli jest tam ciekła woda oraz jakieś źródło energii chemicznej, znajdujemy tam żywe istoty”<sup>10</sup>.

Okazuje się, że życie jest znacznie bardziej elastyczne i zdolne do adaptacji, niż ktokolwiek mógł przypuszczać. To bardzo pomyślna okoliczność, ponieważ, jak za chwilę się przekonamy, żyjemy w świecie, który wcale nie robi wrażenia, jakby nas chciał.

## **Część V**

### **SAMO ŻYCIE**

Im dłużej badam wszechświat i studiuje szczegóły jego budowy, tym więcej znajduję dowodów, że wszechświat w jakimś sensie musiał wiedzieć, że nadchodzimy.

Freeman Dyson



## Rozdział 16

### SAMOTNA PLANETA

Nie jest łatwo być organizmem. Jak dotąd w całym wszechświecie jest tylko jedno znane nam miejsce, niepozorna planeta na peryferiach Drogi Mlecznej, zwana Ziemią, na której żywy organizm może przeżyć, a nawet i to nie jest wcale takie łatwe.

Strefa, która obejmuje prawie całe znane nam życie, od dna najgłębszego oceanu po szczyt najwyższej góry, ma tylko około 20 kilometrów grubości. Nie jest to wiele w porównaniu z ogromem kosmosu.

My, ludzie, jesteśmy w jeszcze gorszej sytuacji, ponieważ należymy do tej części materii ożywionej, która 400 milionów lat temu podjęła śmiałą, choć ryzykowną decyzję: wypelzła z wody, osiadła na lądzie i zaczęła oddychać tlenem. W rezultacie nie mniej niż 99,5 procent, przynajmniej według niektórych oszacowań, objętości zamieszkiwalnej strefy na Ziemi jest dla nas w zasadzie - a w praktyce całkowicie - niedostępne<sup>1</sup>.

Nie tylko dlatego, że nie potrafimy oddychać w wodzie, lecz przede wszystkim dlatego, że nie potrafimy wytrzymać ciśnienia. Woda jest około 1300 razy cięższa od powietrza<sup>2</sup>, więc ciśnienie rośnie raptownie wraz z głębokością - o około jedną atmosferę na każde 10 metrów. Na lądzie, jeżeli wejdiesz na szczyt jakiejś wysokiej, 150-metrowej budowli - katedry w Kolonii lub pomnika Washingtona - zmiana ciśnienia będzie tak niewielka, że nawet jej nie zauważysz. Jednak na głębokości 150 metrów pod wodą twoje żyły się zapadną, a płuca zmniejszą do rozmiarów puszkii coca-coli<sup>3</sup>. Mimo to są ludzie, którzy dobrowolnie nurkują na duże głębokości bez aparatów do oddychania, dla samej przyjemności uprawiania sportu zwanego swobodnym nurkowaniem. Najwyraźniej istnieją powody, dla których warto doświadczyć przeżyć

związanych z brutalnym deformowaniem wewnętrznych organów (przeżycia związane z powrotem organów do stanu wyjściowego są zapewne jeszcze silniejsze). Aby osiągnąć takie głębokości, nurkowie muszą wspomagać się obciążnikami, które ułatwiają szybkie zanurzenie. Największa głębokość, na jaką ktokolwiek zdołał zanurkować bez pomocy i wrócił żywy na powierzchnię, wynosi 72 metry. W 1992 roku Włoch Umberto Pelizzari spędził na tej głębokości parę nanosekund, po czym wystrzelił z powrotem w kierunku powierzchni. 72 metry to mniej niż długość boiska piłkarskiego, więc nawet nasze najbardziej ekstremalne podwodne wyczyny nie mogą zostać uznane za dowód, że opanowaliśmy głębiny mórz.

Istnieją oczywiście organizmy, które potrafią sobie radzić z ciśnieniem na dużych głębokościach, aczkolwiek niektóre z ich metod stanowią dla nas zagadkę. Najgłębszy punkt ziemskich oceanów znajduje się w Rowie Mariańskim na Pacyfiku, na głębokości około 11,3 kilometra, gdzie panuje ciśnienie przekraczające 1 103 000 hektopaskali (lub 1089 atmosfer). Człowiek tylko raz i na krótko zdołał dotrzeć do tego miejsca w odpowiednio skonstruowanym batyskafie. Napotkał tam kolonie amfipodów, skorupiaków podobnych do krewetek, lecz całkowicie przezroczystych i pozbawionych jakiegokolwiek osłony przed ciśnieniem. Większość mórz i oceanów jest oczywiście znacznie płytsza, lecz nawet na przeciętnej oceanicznej głębokości, wynoszącej cztery kilometry, ciśnienie wody jest równoważne naciskowi czternastu wyładowanych ciężarówek ustawionych jedna na drugiej<sup>4</sup>.

Niemal wszyscy, łącznie z autorami niektórych popularnonaukowych? książek na temat oceanografii, zakładają, że po zanurzeniu ludzkie ciało zostanie zgniecione przez potężne ciśnienie głębokiego oceanu. W rzeczywistości problem jest trochę bardziej złożony, ponieważ jesteśmy w znacznym stopniu zrobieni z wody, a woda jest „prawie nieściśliwa - jak ujęła to Frances Ashcroft z Oxford University - w ciele panuje takie samo ciśnienie jak w otaczającej go wodzie i nie ulega ono zgnieceniu na głębokości”<sup>5</sup>. Problemem są gazy

wewnątrz twojego ciała, zwłaszcza w płucach. Gazy ulegają kompresji, aczkolwiek nie wiadomo, jak duże ciśnienie stanowi zagrożenie dla życia. Jeszcze do niedawna sądzono, że każdy, kto znajdzie się na głębokości około 100 metrów, musi umrzeć bolesną śmiercią, gdy jego płuca ulegną implozji i lub klatka piersiowa się zapadnie, lecz nurkowie wielokrotnie udowodnili, że to nie jest prawda. Okazuje się, zdaniem Ashcroft, że „możemy być w większym stopniu podobni do delfinów i wielorybów, niż sądziliśmy”<sup>6</sup>.

Mnóstwo innych rzeczy może jednak pójść nie tak. W czasach, gdy stosowano skafandry połączone długim węzem z powierzchnią, nurkowie doświadczali niekiedy przerażającego zjawiska zwanego „wgnieceniem”, którego przyczyną była awaria pomp. Utrata ciśnienia w skafandrze powoduje tak gwałtowną ucieczkę powietrza, że bezradny nurek został dosłownie wessany do hełmu i końcówki węża. Gdy wyciągnięto go na powierzchnię, „w skafandrze zostały tylko kości i strzępy mięsa”<sup>7</sup>, jak napisał w 1947 roku biolog J.B.S. Haldane, dodając na użytek wątpiących, że takie wypadki „się zdarzały”.

(Stosowany przez nurków hełm został zaprojektowany w 1823 roku przez Anglika Charlesa Deane’a i pierwotnie był przeznaczony nie dla nurków, lecz dla strażaków. Okazało się jednak, że nie był to udany projekt, ponieważ hełm łatwo się rozgrzewał i był niewygodny w użyciu. Deane szybko się przekonał, że strażacy w ogóle nie lubią jakichkolwiek krępujących ruchy osłon, a zwłaszcza takich, które rozgrzewają się jak czajnik. Aby ratować swoją inwestycję, Deane wypróbował hełm pod wodą i przekonał się, że idealnie nadaje się do podwodnych prac ratowniczych).

Największą obawę wzbudza jednak choroba kesonowa, nie tylko dlatego, że jest dość nieprzyjemna, ale przede wszystkim dlatego, że jest niemal nieunikniona. Prawie 80 procent powietrza, którym oddychamy, stanowi azot. W warunkach wysokiego ciśnienia do płuc dostaje się nieco więcej azotu niż w normalnych warunkach. Azot z płuc przedostaje się do krwi i rozprzestrzenia się w całym organizmie. Jeżeli ciśnienie zewnętrzne szybko się zmniejsza - co

zdarza się wtedy, gdy nurek zbyt szybko się wynurza - organizm nie nadąża z usuwaniem nadmiaru azotu, który w rezultacie zaczyna tworzyć w krwiobiegu bąbelki, dokładnie na tej samej zasadzie jak w świeżo otworzonej butelce szampana. Bąbelki blokują - czynią krwionośne, pozbawiają komórki dopływu tlenu i powodują tak dotkliwie paroksyzmy bólu, że nurkowie aż zginają się w pół w męczarniach - stąd wzięła się potoczna nazwa choroby kesonowej - „krzywiki”.

Choroba kesonowa od niepamiętnych czasów stanowiła ryzyko zawodowe dla łowców gąbek oraz pereł, lecz nie wzbudzała zainteresowania Zachodu aż do dziewiętnastego wieku. Pierwsi odczuli ją ludzie, którym bynajmniej nie groziło zamknięcie (w każdym razie niezbyt poważne zamknięcie i na ogół tylko do kostek). Byli to budowniczowie mostów, wykorzystujący w swej pracy kesony - suche komory, wypełnione sprężonym powietrzem, umieszczane na dnie rzek dla ułatwienia konstrukcji podpór. Gdy robotnicy pracujący w kesonach powracali na powierzchnię po długim okresie przebywania w warunkach podwyższonego ciśnienia, niektórzy z nich doświadczali symptomów przypominających mrowienie lub swędzenie skóry. W pewnych sytuacjach zdarzały się jednak przypadki bardziej dotkliwych objawów, jak bóle stawów lub utrata przytomności, niekiedy kończące się śmiercią.

Początkowo przyczyny tych zjawisk stanowiły zagadkę. Zdarzało się, że robotnik szedł spać całkowicie zdrowy, a rano budził się sparaliżowany. Niekiedy w ogóle się nie budził. Ashcroft relacjonuje historię<sup>8</sup>, jaka przydarzyła się dyrektorom budowy nowego tunelu pod Tamizą, którzy pod koniec budowy zorganizowali bankiet. Ku ich konsternacji, gdy w tunelu otworzono szampana, nie chciał się pnieć. Gdy w końcu pod wieczór wydostali się na świeże londyńskie powietrze, bąbelki szampana natychmiast ruszyły do akcji, wydatnie wspomagając proces trawienia.

Nie licząc całkowitego unikania wysokich ciśnień, tylko dwie strategie

pozwalają uniknąć skutków choroby kesonowej. Pierwsza polega na ograniczaniu czasu ekspozycji, czyli na jak najkrótszym pozostawaniu pod działaniem wysokiego ciśnienia. To dzięki temu nurkowie, o których wspominałem wcześniej, mogą zanurzać się na głębokości sięgające 150 metrów i nie odczuwają zgubnych skutków dekompresji. Jeżeli nie pozostają długo pod wodą, azot nie zdąży się rozpuścić w ich tkankach. Druga strategia polega na dostatecznie powolnym wynurzaniu się, aby organizm zdążył pozbyć się nadmiaru azotu, a małe bąbelki rozpuściły się bez szkody dla nurka.

Znaczną część tego, co wiemy na temat przetrwania w ekstremalnych warunkach, zawdzięczamy niezwykłemu teamowi badaczy, ojcu i synowi. Nawet jak na standardy brytyjskich intelektualistów, John Scott Haldane (ojciec) oraz J.B.S. Haldane (syn) stanowili niezwykłą parę ekscentryków. Haldane senior urodził się w 1860 roku w arystokratycznej szkockiej rodzinie (jego brat był wicehrabią Haldane), lecz spędził większość swej kariery we względnie skromnych warunkach jako profesor fizjologii w Oksfordzie. Był znany z roztargnienia. Pewnego dnia jego żona posłała go na piętro, żeby się przebrał na przyjęcie. Gdy nie zjawił się z powrotem, znaleziono go śpiącego w łóżku. Obudzony tłumaczył się, że w pewnym momencie zorientował się, iż stoi na pół ubrany w sypialni, więc uznał, że pora iść spać<sup>9</sup>. Wakacje spędzał w Kornwalii, badając tęgoryjce występujące u górników. Wnuk T.H. Huxleya, pisarz Aldous Huxley, który przez pewien czas mieszkał u Haldane'ów, niemiłosiernie sparodiował Haldane'a jako uczonego Edwarda Tantamounta w powieści Kontrapunkt.

Haldane opracował metodę stopniowego wynurzania się, polegającą na stosowaniu przystanków dekompresyjnych umożliwiających uniknięcie krzywików<sup>10</sup>. Jego zainteresowania rozciągały się na całą fizjologię, od badań choroby wysokościowej u wspinaczy po problemy udarów cieplnych na obszarach pustynnych. Szczególnie interesowały go skutki działania gazów toksycznych na ludzki organizm. Aby dokładnie zrozumieć, w jaki sposób

tlenek węgla zabija górników, metodycznie truł sam siebie, precyzyjnie odmierzając dawki i badając próbki własnej krwi. Przestał dopiero wtedy, gdy znalazł się na granicy utraty koordynacji mchowej, a poziom nasycenia jego krwi tlenkiem węgla osiągnął 56 procent”. Jak pisze Trevor Norton w swej fascynującej historii nurkowania *Stars Beneath theSea*, tylko ułamek procentu dzielił go od niemal pewnej śmierci.

Syn Johna Haldane’a, Jack, znany potomności jako J.B.S. Haldane, był równie utalentowany i co najmniej tak samo ekscentryczny jak ojciec. Niemal od urodzenia interesował się pracą ojca - gdy miał trzy lata, słyszano go, jak ze zniecierpliwieniem w głosie pyta ojca: „Ale czy to jest oksyhemoglobina czy karboksyhemoglobina?”<sup>12</sup>. Od najmłodszych lat pomagał ojcu w eksperymentach. Jako nastolatek wspólnie z ojcem wykonywał próby z gazami i testował maski gazowe; zakładali je na zmianę, sprawdzając, po jakim czasie tracą przytomność.

J.B.S. Haldane nie miał wprawdzie formalnego wykształcenia w dziedzinie nauk ścisłych (ukończył studia klasyczne w Oksfordzie), lecz na swój sposób był błyskotliwym naukowcem, pracując głównie na rzecz brytyjskiego rządu w Cambridge. Biolog Peter Medawar, który całe życie obracał się wśród intelektualnej elity swej epoki, nazwał Haldane’a „naj-bystrzejszym człowiekiem, jakiego kiedykolwiek poznałem”<sup>13</sup>. Huxley sparodiował również Haldane’a juniora w powieści *W cudacznym korowodzie* a także wykorzystał jego idee dotyczące genetycznych manipulacji na ludziach jako podstawę fabuły *Nowego wspaniałego świata*. Oprócz wielu innych osiągnięć Haldane odegrał główną rolę w połączeniu darwinowskich zasad ewolucji z genetycznymi pracami Gregora Mendla, w wyniku czego stworzył coś, co genetycy nazywają syntetyczną teorią ewolucji lub neodarwinizmem.

Zapewne jako jedna z nielicznych istot ludzkich młodszy Haldane uznał pierwszą wojnę światową za „przyjemne doświadczenie”<sup>14</sup> i bez skrupowania przyznał, że „z przyjemnością korzystał z możliwości zabijania ludzi”. Dwa

razy był ranny. Po wojnie z powodzeniem zajął się popularyzowaniem nauki. Napisał 23 książki i ponad 400 artykułów naukowych.

Jego książki nadal są interesujące i pouczające, aczkolwiek raczej niedostępne. Po wojnie stał się entuzjastycznym zwolennikiem marksizmu. Za-  
W^ pewne tylko po części cyniczne były opinie, że jego marksistowskie skłonności wynikały z wrodzonego instynktu przekory i gdyby urodził się w Związku Radzieckim, to niechybnie stałby się zawziętym monarchistą. W każdym razie większość jego artykułów ukazała się w komunistycznym dzienniku „Daily Worker”.

Jego ojciec interesował się głównie górnikiem i zatruciami, natomiast obsesją młodszego Haldane'a stała się ochrona nurków i marynarzy z okrętów podwodnych przed niepożądanymi konsekwencjami długotrwałego przebywania pod wodą. Z pomocą admiralicji nabył komorę dekompresyjną, którą nazwał „kotłem ciśnieniowym”. Był to metalowy cylinder, w którym można było zamknąć troje ludzi i poddawać ich różnym testom, na ogół bolesnym i prawie zawsze niebezpiecznym. Ochotnicy byli poddawani między innymi takim torturom, jak siedzenie w lodowatej wodzie i oddychanie w „anormalnej atmosferze” lub raptowne zmiany ciśnienia. W jednym z eksperymentów Haldane wykonał na sobie samym symulację niebezpiecznie szybkiego wynurzenia, aby się przekonać, jakie będą konsekwencje. Konsekwencje były takie, że eksplodowały dentystyczne plomby w jego uzębieniu. „Niemal każdy eksperyment - pisze Norton 2 kończył się czyjąś apopleksją, krwawieniem lub wymiotami”<sup>15</sup>. Komora była prawie całkowicie dźwiękoszczelna, osoby zamknięte w środku mogły porozumiewać się z zewnętrznym światem wyłącznie w ten sposób, że stukały w ścianę komory lub przekazywały pisemne informacje przez małe okienko.

Przy innej okazji, gdy Haldane testował na sobie wysokie poziomy tlenu, doprowadził do tak silnych konwulsji, że uszkodził sobie kilka kręgow. Dolegliwości płuc były na porządku dziennym, podobnie jak uszkodzenia

bębenków usznych<sup>16</sup>. W jednym ze swoich esejów Haldane pociesząco wspomniał, że „bębenki zazwyczaj się goją; jeżeli nawet pozostaje otwór, to częściową głuchotę kompensuje możliwość wydmuchiwania dymu przez rzeźzone ucho, co stanowi atrakcję towarzyską”.

Niezwykłe w tym wszystkim było nie tyle to, że dla dobra nauki Haldane był gotów narażać samego siebie na ryzyko i wynikające stąd dolegliwości, ile to, że nie miał zahamowań przed zamykaniem w komorze swoich kolegów ani nawet swoich bliskich. Jego żona została kiedyś poddana symulowanemu wynurzeniu, w wyniku którego doznała trwającego

254 trzynaście minut ataku konwulsji. Gdy w końcu przestała się miotać na podłodze, postawiono ją na nogi i odesłano do domu, żeby zajęła się obiadem. Haldane z entuzjazmem zatrudniał każdego, kto był pod ręką; pewnego pamiętnego razu udało mu się nawet nakłonić byłego premiera Hiszpanii, Juana Negrina, do poddania się testowi. Po wyjściu z komory doktor Negrin narzekał na mrowienie oraz „dziwne uczucie wokół ust”, choć wydaje się, że poza tym uniknął poważniejszych obrażeń. Powinien się uważać za szczęśliwca. Podobny eksperyment z obniżaniem poziomu tlenu pozbawił Haldane<sup>^</sup> czucia w pośladkach i dolnej części kręgosłupa na sześć lat<sup>17</sup>.

Jedno z wielu zainteresowań Haldane'a stanowiło tak zwane zatrucie azotowe. Z powodów, które nadal są słabo rozumiane, na głębokościach przekraczających około 30 metrów azot staje się silnym środkiem odurzającym. Znane są przypadki, gdy pod wpływem azotu nurkowie proponowali swoje węże z powietrzem przepływającym rybom lub próbowali zrobić sobie przerwę na papierosa. Dość powszechne są także raptowne zmiany nastroju<sup>18</sup>. Haldane zanotował, że w czasie jednego z testów nastrój danego osobnika „zmieniał się od depresji do uniesienia, w jednej chwili błagał o dekompresję, ponieważ czuł się »cholemie kiepsko«, aby w następnej minucie śmiać się i przeszkadzać w teście zręczności, któremu poddawany był jego kolega”. Żeby mierzyć tempo, w jakim osoba poddawana testowi ulega zatruciu azotem, ktoś z naukowców



musiał wraz z nią zamknąć się w komorze, aby poddać ją prostym matematycznym testom. Jednakże po kilku minutach, jak wspominał później Haldane, „kontroler był równie odurzony jak osoba poddawana testom i często zapominał nacisnąć przycisk stopera lub zanotować wynik”<sup>19</sup>. Przyczyna odurzenia nawet dzisiaj stanowi zagadkę<sup>20</sup>. Istnieją przypuszczenia, że jest taka sama jak w przypadku zatrucia alkoholowego, lecz nie wiemy zbyt dokładnie, co powoduje ten rodzaj zatrucia, więc nie jesteśmy ani trochę mądrzejsi. Tak czy inaczej, schodząc pod powierzchnię wody bez zachowania należytej ostrożności, można łatwo wpaść w kłopoty.

To przywodzi nas z powrotem (przynajmniej w pewnym sensie) do poruszonej na wstępie kwestii, że Ziemia nie stanowi najlepszego miejsca dla organizmu, nawet wzięwszy pod uwagę, że jest to - jak dotąd - jedyne miejsce. W tej części planety, która jest dostatecznie sucha, aby postawić na niej stopę, zaskakująco dużo jest obszarów zbyt gorących, zbyt zim

255 nych, zbyt suchych, zbyt stromych lub zbyt wysokich, aby nadawały się dla nas. Trzeba przyznać, że częściowo to tylko nasza wina. W sensie zdolności adaptacyjnych ludzie są właściwie bezużyteczni. Nie przepadamy za upałami, podobnie jak większość zwierząt, lecz jesteśmy na nie szczególnie wrażliwi, ponieważ pocimy się obficie i łatwo ulegamy udarom. W najbardziej niesprzyjających warunkach - bez wody na pustyni - przeciętny przedstawiciel naszego gatunku ulegnie upałowi w ciągu siedmiu lub ośmiu godzin. Podobnie jak większość zwierząt jesteśmy dość wydajni w wytwarzaniu ciepła, ale znacznie mniej skuteczni w zatrzymywaniu go, ponieważ jesteśmy niemal pozbawieni owłosienia. Nawet w całkiem łagodnym klimacie połowa spalanych przez nas kalorii idzie na utrzymanie właściwej, stałej temperatury ciała<sup>21</sup>. Możemy oczywiście przeciwdziałać skutkom tych ułomności, nosząc odzież i budując schronienia przed chłodem, lecz i tak obszary Ziemi, na których potrafimy lub jesteśmy skłonni mieszkać, są nadzwyczaj skromne: 12 procent stałego lądu lub zaledwie 4 procent całkowitej powierzchni planety, z

uwzględnieniem mórz<sup>22</sup>.

Jeżeli jednak zbada się warunki gdzie indziej we wszechświecie, zdziwienie budzi nie tyle fakt, że zamieszkujemy tak niewielki fragment planety, ile to, że w ogóle znalazła się planeta, na której możemy się osiedlić. Wystarczy przyjrzeć się pozostałym planetom Układu Słonecznego - a nawet naszej własnej planecie w pewnych okresach jej historii - żeby dojść do wniosku, iż większość innych miejsc we wszechświecie oferuje znacznie bardziej surowe i mniej nadające się do życia warunki niż nasza łagodna, niebieska, pełna wody Ziemia.

Astronomowie odkryli dotychczas około 70 planet\* poza Układem Słonecznym, szacując jednak, że ogólna liczba wszystkich planet wynosi około 10 miliardów bilionów, więc raczej nie możemy jeszcze autorytatywnie wypowiadać się w kwestii ich przydatności do zamieszkania. Okazuje się jednak, że aby znaleźć planetę odpowiednią do życia, trzeba mieć wyjątkowe szczęście, a im bardziej zaawansowany organizm, tym więcej potrzebuje szczęścia. Naukowcy zidentyfikowali około dwóch tuzinów szczęśliwych zbiegów okoliczności, jakie zaszły na Ziemi, spośród których wymienimy cztery główne.

Do marca 2005 roku odkryto około 158 planet (przyp. tłum.). 256

Doskonałe położenie. Znajdujemy się, z zadziwiającą dokładnością, we właściwej odległości od właściwego typu gwiazdy - dostatecznie dużej, aby wytwarzała i dostarczała nam odpowiednią ilość energii, lecz nie na tyle dużej, aby zbyt szybko się wypaliła. Zgodnie z prawami fizyki, im większa gwiazda, tym szybciej się pali. Gdyby nasze Słońce miało dziesięć razy większą masę, wypaliłoby się w ciągu zaledwie 10 milionów lat, zamiast 10 miliardów<sup>23</sup>, i nie byłoby nas teraz tutaj, po 5 miliardach istnienia naszej gwiazdy. Równie szczęśliwą okoliczność stanowią rozmiary orbity, wzdłuż której Ziemia krąży wokół Słońca. Gdyby orbita była trochę mniejsza, wyparowałaby cała woda na Ziemi. Gdyby orbita była trochę większa, woda na planecie zamarzłaby, a wraz

z nią wszystko inne.

W 1978 roku astrofizyk Michael Hart wykonał odpowiednie obliczenia i doszedł do wniosku, że Ziemia byłaby niezdarna do zamieszkania, gdyby znalazła się zaledwie 1 procent dalej lub 5 procent bliżej Słońca niż obecnie. Późniejsze obliczenia dały nieco większy przedział - obecnie uważa się, że 5 procent bliżej i 15 procent dalej stanowią bardziej dokładne granice strefy nadającej się do zamieszkania, lecz w skali całego Układu Słonecznego nadal stanowi to bardzo wąski obszar\*.

Aby zdać sobie sprawę, jak wąski, wystarczy spojrzeć na Wenus, która znajduje się tylko 25 milionów mil bliżej Słońca niż my. Promienie Słońca docierają na nią tylko dwie minuty wcześniej niż na Ziemię<sup>24</sup>. Pod względem rozmiarów i składu obie planety są bardzo podobne, lecz niewielka różnica rozmiarów orbit spowodowała zasadniczą różnicę w ich losach. Okazuje się, że na początku istnienia Układu Słonecznego Wenus była tylko trochę cieplejsza od Ziemi i prawdopodobnie posiadała oceany<sup>23</sup>. Lecz kilka dodatkowych stopni ciepła spowodowało, że Wenus nie zdołała utrzymać swoich powierzchniowych zasobów wody, co miało katastrofalne skutki dla jej klimatu. Gdy woda wyparowała, atomy wodoru uciekły w przestrzeń, a atomy tlenu połączyły się z atomami węgla, tworząc gęstą atmosferę dwutlenku węgla, który jest bardzo skutecznym gazem cieplarnianym. Wenus zaczęła się dusić. Moje pokolenie pamięta jeszcze nadzieje astronomów na odkrycie życia pod gęstą warstwą wenusjańskich chmur,

\* Odkrycie ekstremofilów w gorących źródłach Yellowstone oraz podobnych organizmów w innych, równie niesprzyjających warunkach uświadomiło naukowcom, że pewne formy życia mogą przetrwać poza tą umowną strefą, być może nawet pod lodową skorupą Plutona. Tutaj jednak analizujemy tylko warunki niezbędne do tworzenia się w miarę zaawansowanych, złożonych istot naziemnych. może nawet pewnego rodzaju tropikalnej puszczy, lecz obecnie wiemy, że jest to zbyt surowe środowisko dla

jakichkolwiek znanych nam lub możliwych do wyobrażenia form życia. Temperatura na powierzchni Wenus sięga 470 stopni Celsjusza, co wystarcza do stopienia ołowiu, ciśnienie atmosferyczne przy powierzchni jest dziewięćdziesiąt razy większe niż na Ziemi<sup>26</sup>, jedno i drugie o wiele za wysokie, aby ludzkie ciało mogło tam przetrwać. Nie dysponujemy odpowiednią technologią, aby zbudować skafandry lub statki, które pozwoliłyby nam złożyć wizytę na Wenus. Nasza wiedza o jej powierzchni jest oparta na technikach fotografii radarowej oraz na kilku sygnałach radzieckiej sondy, która została w 1972 roku wrzucona w chmury i funkcjonowała zaledwie przez godzinę, zanim zamilkła na zawsze.

Tak się sprawy mają gdy twoja planeta znajdzie się dwie minuty świetlne bliżej Słońca. Gdyby z kolei odsunęła się na większą odległość, problemem będą nie upały, lecz mrozy, jak widać na przykładzie Marsa. Tam także były niegdyś warunki znacznie bardziej zbliżone do ziemskich, ale Mars nie zdołał zatrzymać użytecznej atmosfery i zamienił się w zimną pustynię.

Znalezienie się we właściwej odległości od Słońca nie może jednak stanowić jedyne warunki, ponieważ w takim przypadku na Księżycu rosłyby lasy. Potrzebny jest jeszcze:

Właściwy rodzaj planety. Nie wiem, czy nawet wśród geofizyków znajdzie się wielu takich, którzy zaliczą ciekłe wnętrze swojej planety do listy błogosławieństw, lecz jest niemal pewne, że bez tej pływającej pod naszymi stopami magmy nie byłoby nas tutaj. Niezależnie od wielu innych pożytków wycieki gazów z burzliwego wnętrza Ziemi przyczyniły się do stworzenia atmosfery. Ziemskie pole magnetyczne, które chroni nas przed promieniowaniem kosmicznym, również pochodzi z wnętrza planety; prawdopodobnie jest spowodowane przez wzajemne ruchy różnych warstw. Wewnętrzne ruchy stanowią także przyczynę zjawisk tektonicznych, które nieustannie odnawiają i marszczą powierzchnię planety. Gdyby powierzchnia Ziemi była idealnie gładka, byłaby wszędzie przykryta czterokilometrową

warstwą wody. W tym samotnym oceanie mogłoby istnieć życie, lecz z pewnością nie byłoby footballu.

Oprócz urozmaiconej struktury wnętrza Ziemia posiada także właściwe pierwiastki w odpowiednich proporcjach. Jesteśmy, w najbardziej dosłownym sensie, zbudowani z właściwych materiałów. Ten kluczowy aspekt naszej egzystencji przedyskutujemy za chwilę bardziej szczegółowo, lecz najpierw omówimy dwa czynniki, zaczynając od tego, który często pozostaje niezauważony:

Żyjemy na podwójnej planecie. Niewielu z nas myśli o Księżycu jako o towarzyszącej nam planecie, lecz w istocie tak należałoby go traktować. Rozmiary większości księżyców są bez porównania mniejsze niż rozmiary ich macierzystych planet. Na przykład satelity Marsa, Fobos i Deimos, mają średnice sięgające zaledwie około dziesięciu kilometrów. Średnica naszego Księżyca stanowi ponad jedną czwartą średnicy Ziemi, co czyni ją jedyną planetą Układu Słonecznego posiadającą satelitę o rozmiarach porównywalnych z rozmiarami samej planety (z wyjątkiem Plutona, który jednak nie liczy się w konkurencji, ponieważ sam jest mały), a dla nas stanowi różnicę o zasadniczym znaczeniu.

Bez stabilizującej obecności Księżyca oś Ziemi kręciłaby się jak dziecięcy bąk, z trudnymi do przewidzenia konsekwencjami dla klimatu i pogody. Grawitacyjny wpływ Księżyca stabilizuje oś oraz prędkość wirowania Ziemi, zapewniając długofalową stabilność niezbędną dla powolnego, lecz urozmaiconego i udanego rozwoju życia. Nawiasem mówiąc, to nie będzie trwało wiecznie. Księżyc wymyka się z grawitacyjnego uchwytu Ziemi w tempie około 4 centymetrów na rok<sup>27</sup>. W ciągu kolejnych 2 miliardów lat oddali się na taką odległość, że nie będzie już dłużej działał jako czynnik stabilizujący i będziemy musieli znaleźć jakieś inne rozwiązanie. Tymczasem powinniśmy jednak go docenić, traktując jako coś znacznie ważniejszego niż tylko miłe urozmaicenie nocnego nieba.

Niegdyś astronomowie sądzili, że albo Księżyc i Ziemia powstały razem, albo Ziemia przechwyciła Księżyc, gdy zawędrował w jej pobliże. Obecnie uważa się, jak wspomniałem w jednym z poprzednich rozdziałów, że około 4,4 miliarda lat temu obiekt o wielkości Marsa trafił w Ziemię, wybijając w przestrzeń dostatecznie dużo materiału, aby mógł z niego powstać Księżyc. To był z pewnością korzystny dla nas przypadek kosmicznej kolizji, zwłaszcza że zdarzył się tak dawno. Gdyby zdarzył się w 1896 roku lub w zeszłą środę, bez wątplenia nie byłibyśmy w równym stopniu zadowoleni, co prowadzi nas do czwartego i pod wieloma względami najbardziej istotnego zagadnienia:

Synchronizacja. Wszechświat jest zdumiewająco zmienny i pełen akcji. Nasze istnienie w nim stanowi zjawisko graniczące z trudnym do pojęcia cudem. Gdyby w długim i niewyobrażalnie złożonym ciągu zdarzeń na przestrzeni ostatnich 4,6 miliarda lat rozmaite zdarzenia nie nastąpiły w określonych momentach - gdyby, co stanowi najbardziej oczywisty przykład, dinozaury nie zostały niegdyś zmiecione przez meteor - równie dobrze mógłbyś mieć kilka centymetrów wzrostu, byłbyś pokryty sierścią i czytałbyś tę książkę w odpowiedniej dla swoich rozmiarów norze.

Nie możemy tego wiedzieć z absolutną pewnością, ponieważ nie mamy niczego, do czego moglibyśmy porównać nasze własne istnienie, ale wydaje się oczywiste, że jeżeli chcemy osiągnąć status umiarkowanie zaawansowanego społeczeństwa myślących istot, musimy znaleźć się na właściwym końcu bardzo długiego łańcucha zdarzeń, z uwzględnieniem rozsądnych okresów stabilności, poprzedzielanych właściwymi dawkami stresu i wyzwań (okresy zlodowaceń wydają się pod tym względem szczególnie pożyteczne), lecz całkowicie pozbawionego totalnych kataklizmów. Jak niebawem zobaczymy, tylko dzięki wyjątkowo szczęśliwym zbiegom okoliczności znajdujemy się w takim położeniu.

Pozostawiając na chwilę tę kwestię, zajmijmy się teraz pierwiastkami, z których jesteśmy zbudowani.

Z 92 pierwiastków, które występują w stanie naturalnym na Ziemi, oraz około 20, które stworzono w laboratoriach, znaczną część możemy od razu odłożyć na bok, jak zresztą uczynili sami chemicy. Całkiem spora liczba ziemskich pierwiastków jest zaskakująco słabo poznana, na przykład astat jest właściwie w ogóle niezbadany. Posiada nazwę, miejsce w tablicy okresowej Mendelejewa (obok odkrytego przez Marię Skłodowską-Curie polonu) i niemal nic więcej o nim nie wiemy. Problem nie wynika z naukowej indyferencji, lecz ze stopnia rozpowszechnienia - - astat występuje na Ziemi w bardzo małej ilości. Prawdopodobnie najbardziej ulotnym pierwiastkiem jest franc<sup>28</sup>, który jest tak rzadki, że według pewnych oszacowań w dowolnym momencie na całej planecie znajduje się łącznie nie więcej niż dwadzieścia atomów francu. Spośród wszystkich pierwiastków tylko około 30 występuje na Ziemi w znacznych ilościach, a z nich jedynie około pół tuzina odegrało główne role w powstaniu i rozwoju życia.

Jak można się spodziewać, najbardziej rozpowszechniony jest tlen, który stanowi nieco mniej niż 50 procent skorupy Ziemi, lecz względne ilości innych pierwiastków są niekiedy dość zaskakujące. Kto odgadłby, że krzem jest drugi po tlenie, a tytan dziewiąty? Rozpowszechnienie niewiele ma wspólnego z przydatnością dla nas lub z naszą znajomością pierwiastków. Niektóre spośród mniej znanych pierwiastków są w rzeczywistości bardziej rozpowszechnione niż te najlepiej znane. W skorupie Ziemi jest więcej ceru niż miedzi, więcej neodymu i lantanu niż kobaltu lub azotu. Cyna ledwie mieści się w pierwszej pięćdziesiątce, a wyprzedzają ją raczej mało znane prazeodym, samar, gadolin i dysproz.

Rozpowszechnienie niewiele ma również wspólnego z łatwością wykrycia. Czwartym pierwiastkiem pod względem rozpowszechnienia na Ziemi jest glin, który stanowi prawie jedną dziesiątą wszystkiego, co znajduje się pod naszymi stopami. Jednak jego istnienia nikt nawet nie podejrzewał aż do dziewiętnastego wieku, gdy odkrył go Humphry Davy, po czym przez bardzo

długi okres uważano go za rzadki i cenny metal. Kongres planował pokrycie z błyszczącej, aluminiowej folii na szczycie monumentu Washingtona, aby zadać szyku i pokazać dobrobyt, jakim cieszyły się Stany Zjednoczone. Mniej więcej w tym samym czasie francuska rodzina królewska pozbyła się srebrnej zastawy stołowej i zastąpiła ją aluminiową<sup>29</sup>. Monarchia zadała szyku i wkrótce potem upadła.

Równie niewiele wspólnego ma rozpowszechnienie z przydatnością. Węgiel jest dopiero piętnasty na liście najbardziej rozpowszechnionych pierwiastków na Ziemi; stanowi skromne 0,048 procentu skorupy Ziemi<sup>30</sup>, lecz bez niego byłibyśmy zgubieni. Cechuje go bezwstydnym promiskuityzmem - węgiel jest najbardziej towarzyskim pierwiastkiem atomowego świata. Łączy się z atomami wielu innych pierwiastków (a także z samym sobą), tworząc silnie związane, gromadne układy molekularne - sztuczka natury niezbędna do budowania białek i DNA. Jak napisał Paul Davies: „Gdyby nie węgiel, życie w znanej nam postaci byłoby niemożliwe. Życie w jakiegokolwiek postaci byłoby prawdopodobnie niemożliwe”<sup>31</sup>. Węgla jednak nie ma wcale tak dużo, nawet w nas, mimo że nasza egzystencja w zasadniczy sposób zależy od węgla. W ciele człowieka na każde 200 atomów 126 przypada na wodór, 51 na tlen i tylko 19 na węgiel<sup>32</sup>. Inne atomy są również wykorzystywane przez organizmy żywe, lecz niekoniecznie do budowy. Równie

\* Wśród pozostałych czterech trzy są atomami azotu, a ostatni jest podzielony między wszystkie pozostałe pierwiastki. Istotne są funkcje związane z podtrzymaniem życia. Potrzebujemy żelaza do produkcji hemoglobiny, bez której nie moglibyśmy żyć. Kobalt jest potrzebny do wytwarzania witaminy B<sup>12</sup>. Potas i odrobina sodu są niezbędne dla funkcjonowania nerwów, molibden, mangan i wanad - do działania enzymów. Cynk - niech będzie błogosławiony - utlenia alkohol.

Ewolucja przygotowała nas do wykorzystywania lub tolerowania wielu rzeczy - w przeciwnym razie raczej by nas tu nie było - na ogół jednak mamy



bardzo wąski margines tolerancji. Selen jest niezbędny do życia, lecz dawka tylko troszkę większa niż niezbędne minimum jest śmiertelna. Stopień tolerancji lub zależności organizmów od niektórych pierwiastków stanowi relikwiny ewolucji<sup>33</sup>. Owce i bydło pasą się dzisiaj na tych samych pastwiskach, lecz w rzeczywistości mają bardzo odmienne wymagania mineralne. Współczesne bydło potrzebuje całkiem sporo miedzi, ponieważ ewoluowało na obszarach Europy i Afryki, gdzie miedź występowała w dużych ilościach. Natomiast owce ewoluowały na ubogich w miedź obszarach Azji Mniejszej. Zazwyczaj nasza tolerancja na różne pierwiastki jest także wprost proporcjonalna do ich rozpowszechnienia w skorupie Ziemi, co raczej nie powinno być dla nikogo zaskoczeniem. Ewolucja przystosowała nas do tolerowania, a w niektórych przypadkach wykształciła w nas zapotrzebowanie na niewielkie ilości rzadkich pierwiastków, które odkładają się w spożywanych przez nas roślinach oraz mięsie. Wystarczy jednak zwiększyć dawkę, czasem bardzo nieznacznie, aby przekroczyć granicę. Nie wie\* my jeszcze bardzo wielu rzeczy z tej dziedziny, na przykład nikt nie wie, czy małe ilości arsenu są nam potrzebne czy nie. Niektóre autorytety twierdzą, że tak, inne, że nie. Wiadomo jedynie, że zbyt duża dawka jest śmiertelna.

Właściwości pierwiastków mogą być jeszcze ciekawsze, gdy się je połączy. Tlen i wodór stanowią przykład dwóch łatwopalnych pierwiastków\*, lecz po ich połączeniu powstaje niepalna woda. Jeszcze dziwniejszą kombinację tworzy sód, jeden z najbardziej niestabilnych pierwiastków, z chlorem, jednym z najbardziej toksycznych. Kawałek sodu wrzucony do zwykłej wody eksploduje z siłą zdolną zabić<sup>34</sup>. Chlor jest jeszcze lepiej znany

\* Tlen sam w sobie nie jest palny, lecz jedynie umożliwia spalanie innych substancji, co ma tę dobrą stronę, że zapałka pali się w otwartej przestrzeni, lecz tlen wokół niej nie wybucha płomieniem. Z drugiej strony, wodór jest wyjątkowo łatwopalny, co dobitnie » demonstrował pożar sterowca „Hindenburg”, w którym wodór stanowił gaz nośny. (iHu) dcnburg” spłonął 6

maja 1937 roku w Lakehurst, w stanie New Jersey, zabijając 36 osób. ze swych niebezpiecznych właściwości. Przy niskich stężeniach jest pożyteczny jako środek do zwalczania mikroorganizmów (zapach wybielaczy pochodzi właśnie od chloru), lecz w większych ilościach jest śmiertelny. Chlor był stosowany jako składnik gazów bojowych w czasie pierwszej wojny światowej. Jak może zaświadczyć każdy bywalec basenów, nasze oczy nie przepadają za chlorem nawet w bardzo rozcieńczonej formie. Gdy jednak połączy się te dwa niebezpieczne pierwiastki, powstaje niegroźny chlorek sodu zwykła sól spożywcza.

Ogólnie rzecz biorąc, jeżeli jakiś pierwiastek nie znalazł naturalnej drogi do organizmu człowieka - na przykład nie rozpuszcza się w wodzie - organizm raczej nie będzie go tolerował. Ołów jest trucizną, ponieważ nigdy nie mieliśmy z nim kontaktu, dopóki nie zaczęliśmy robić z niego naczyń oraz instalacji wodnych (nieprzypadkowo symbolem ołowiu jest Pb, skrót pochodzący od łacińskiego plumbum, od którego z kolei pochodzi angielskie plumbing - instalacja wodno-kanalizacyjno-gazowa). Rzymianie pili wino zawierające ołów<sup>35</sup>, co być może stanowi jedną z przyczyn, że nie są dziś taką potęgą, jaką byli niegdyś. Jak już widzieliśmy, nasze problemy z ołowiem (nie wspominając już o rtęci, kadmie oraz wielu innych substancjach, którymi nieustannie faszerujemy środowisko oraz siebie samych) nie dają nam jednak zbyt wielu powodów do śmiechu. Jeżeli jakiś pierwiastek nie występuje w sposób naturalny na Ziemi, to nasze organizmy nie wyewoluowały tolerancji, w wyniku czego jest on na ogół ekstremalnie toksyczny, czego najlepszym przykładem jest pluton. Nasza tolerancja na pluton wynosi dokładnie zero: nie ma takiego poziomu, który nie spowodowałby negatywnej reakcji.

Cały powyższy wywód miał stanowić uzasadnienie jednego prostego stwierdzenia: znaczna część przyczyn, dla których Ziemia wydaje się tak cudownie przystosowana do naszych potrzeb, wzięła się stąd, że to my wyewoluowaliśmy w taki sposób, aby przystosować się do jej warunków.

Zachwycamy się nią nie dlatego, że jest przydatna do życia, lecz dlatego, że jest przydatna do naszego życia, a przecież to nie powinno nas dziwić. Być może wszystkie te cechy, które czynią Ziemię tak wspaniałą dla nas - odpowiednio oddalone Słońce, piękny Księżyc, towarzyski węgiel, więcej stopionej magmy niż wody w wiosennej rzece i cała reszta - wydają się wspaniałe po prostu dlatego, że zostaliśmy stworzeni i zmuszeni do funkcjonowania w środowisku mającym takie, a nie inne cechy. Nikt nie wie tego jednak z absolutną pewnością.

Na innych światach mogą istnieć istoty wdzięczne za srebrzyste jeziora wypełnione rtęcią oraz za piękne amoniakowe chmury. Być może żyją one w permanentnej tektonicznej ciszy, gdyż ich planetą nie wstrząsają trące o siebie płyty tektoniczne, a spod jej powierzchni nie wytryskują fontanny lepkiej lawy. Gdyby istoty owe odwiedziły Ziemię, to bez wątplenia byłyby ubawione faktem, że żyjemy w atmosferze złożonej z azotu, gazu pozbawionego wszelkich chęci do reagowania z czymkolwiek, oraz tlenu gazu o tak rozrywkowych skłonnościach, że w każdej miejscowości musimy mieć remizę straży pożarnej, aby chronić się przed efektami jego towarzyskiej aktywności. Lecz nawet gdyby nasi goście byli dwunożni, oddychali tlenem, robili zakupy w supermarketach i oglądali filmy akcji na wideo, jest mało prawdopodobne, aby uznali Ziemię za idealne miejsce. Nie moglibyśmy nawet zaprosić ich na lunch, ponieważ wszystko, co moglibyśmy im zaproponować, zawiera śladowe ilości manganu, selenu, cynku oraz innych pierwiastków, z których przynajmniej niektóre byłyby dla nich trujące. Dla innych istot Ziemia wcale nie musi być tak cudowną planetą jak dla nas.

Richard Feynman naśmiewał się z wyciągania wniosków a posteriori, czyli z rozumowania wstecz od znanych faktów do możliwych przyczyn; „Wiesz co, dziś w nocy zdarzyła mi się zadziwiająca rzecz. Widziałem samochód z numerem rejestracyjnym ARW 357. Czy możesz sobie to wyobrazić? Jaka była szansa, że spośród milionów numerów w całym stanie

zobaczę właśnie ten? Zdumiewające!”<sup>36</sup>. Chodziło mu oczywiście o to, że łatwo jest przedstawić banalną sytuację jako wyjątkową, jeżeli potraktuje się ją jako proroczą.

Tak więc jest całkiem możliwe, że zdarzenia i warunki, które doprowadziły do powstania życia na Ziemi, nie są tak wyjątkowe, jak nam się wydaje. Z pewnością były jednak wystarczająco wyjątkowe. Co więcej, jedna rzecz jest całkiem pewna: będą nadal musiały być wyjątkowe, zanim znajdziemy jakieś lepsze.

## Rozdział 17

### TROPOSFERA

Bogu niech będą dzięki za atmosferę. Dzięki niej jest u nas ciepło. Bez atmosfery Ziemia byłaby kulą lodu ze średnią temperaturą minus 50 stopni Celsjusza<sup>1</sup>. Poza tym atmosfera absorbuje lub odbija roje promieni kosmicznych, naładowanych cząstek, promieni ultrafioletowych i tym podobnych. Z punktu widzenia tych niewidocznych gości z kosmosu atmosferyczna kołdra Ziemi jest równoważna czteroipółmetrowej osłonie z betonu. Bez niej bylibyśmy całkowicie bezbronni - nawet krople deszczu mogłyby pozbawić nas przytomności, gdyby atmosfera nie spowalniała ich opadania.

Najbardziej uderzającą cechą atmosfery jest, że jest jej tak mało. Rozciąga się na wysokość około 190 kilometrów, co z naszego punktu widzenia może wydawać się rozsądnie dużo, lecz gdyby zmniejszyć rozmiary Ziemi do wielkości standardowego biurkowego globusa, atmosfera miałaby grubość kilku warstw lakieru.

Naukowcy dzielą atmosferę na cztery różnej grubości warstwy: troposferę, stratosferę, mezosferę i jonosferę (obecnie często zwaną termosferą). Najbliższa nam jest troposfera. Tylko ona zawiera dostatecznie dużo tlenu oraz ciepła, aby umożliwić nam funkcjonowanie, aczkolwiek wraz ze wzrostem wysokości dość szybko przestaje się nadawać do życia. Od powierzchni Ziemi do najwyższego punktu troposfera (czyli „zmieniająca się sfera”) ma około 16 kilometrów grubości na równiku i nie więcej niż 10 do 11 kilometrów na umiarkowanych szerokościach geograficznych, gdzie żyje większość z nas. Aż 80 procent masy atmosfery, prawie cała wilgoć i zarazem wszystkie zjawiska pogodowe zawierają się w tej cienkiej i niepozornej warstwie. Zaiste niewiele

dzieli nas od nicości.

Nad troposferą rozciąga się stratosfera. Gdy widzisz szczyt burzowej chmury wypłaszczający się w kształcie klasycznego kowadła, patrzysz na granicę między troposferą i stratosferą. Ten niewidoczny sufit, zwany tropopauzą, został odkryty w 1902 roku przez Francuza Léona-Philippe'a Teisserenc de Borta, który dotarł tam balonem<sup>2</sup>. Słowo „pauza” nie występuje tu w znaczeniu chwilowej przerwy, lecz w sensie całkowitego zakończenia, podobnie jak w słowie „menopauza”, oba mają zresztą ten sam grecki źródłosłów<sup>3</sup>. Nawet tam, gdzie troposfera ma największą grubość, tropopauza nie jest bardzo odległa od nas. Szybka winda, w rodzaju tych, które są stosowane w nowoczesnych drapaczach chmur, zawiozłaby cię tam w dwadzieścia minut, aczkolwiek taka wycieczka raczej nie stanowiłaby turystycznej atrakcji. Wznoszenie z taką prędkością wiąże się z szybkimi zmianami ciśnienia, które w najlepszym wypadku spowodowałyby dotkliwe odmy mózgowo i płucne<sup>4</sup> - niebezpieczny nadmiar płynów w tkankach. Gdy w końcu otworzą się drzwi na platformę widokową, każdy, kto znajduje się w środku, niemal na pewno będzie martwy lub umierający. Nawet wznoszeniu z bardziej umiarkowaną prędkością towarzyszyłoby uczucie poważnego dyskomfortu. Temperatura na wysoko\* ści 10 kilometrów sięga minus 57 stopni Celsjusza<sup>5</sup>. Poza tym będziesz potrzebował (a w każdym razie z pewnością ją docenisz) butli z tlenem.

Niebawem po opuszczeniu troposfery temperatura ponownie się podnosi, do około 4 stopni Celsjusza, dzięki absorpcyjnym właściwościom ozonu (to także odkrył de Bort w trakcie swojego brawurowego lotu w 1902 roku). Następnie spada do minus 90 stopni Celsjusza w mezosferze, aby jeszcze raz podskoczyć, tym razem do niebotycznych (paradoksalnie) wartości w termosferze. Temperatury w termosferze niekiedy przekraczają nawet 1500 stopni, a ponadto zachowują się bardzo kapryśnie, zmieniając się o ponad 500 stopni w ciągu doby, w zależności od pory dnia. Trzeba przy tym dodać, że na

takich wysokościach „temperatura” tylko w sensie formalnym odpowiada takiemu znaczeniu, jakie wiążemy z tym określeniem na powierzchni Ziemi. Temperatura jest miarą aktywności molekuł. Na poziomie morza gęstość powietrza jest tak duża, że przeciętna molekula atmosfery może pokonać niezwykle małą odległość - około jednej ośmiomilionowej części centymetra<sup>6</sup> - zanim zderzy się z inną. Molekuły zderzają się tak często, że olbrzymia ilość ciepła ulega wymianie w każdej sekundzie. Jednak w termosferze, na wysokości 80 kilometrów, powietrze jest tak rzadkie, że dwie sąsiednie molekuly są odległe od siebie o wiele mil i prawie nigdy się nie zderzają. Zatem każda z nich jest niezwykle gorąca, lecz zachodzi bardzo niewiele oddziaływań i tym samym bardzo mało ciepła ulega wymianie. To dobra wiadomość dla satelitów i innych statek kosmicznych. Gdyby wymiana ciepła była bardziej wydajna, każdy statek orbitujący na tych wysokościach stanąłby w płomieniach.

Statki kosmiczne muszą jednak zachowywać się ostrożnie w górnych warstwach atmosfery, zwłaszcza podczas powrotu na Ziemię, czego dobitny dowód mieliśmy w dniu tragicznego powrotu wahadłowca „Columbia” w lutym 2003 roku. Atmosfera jest wprawdzie bardzo rzadka, jeżeli jednak powracający statek leci pod zbyt ostrym kątem - powyżej około 6 stopni - lub zbyt szybko, może się zderzyć z wystarczającą liczbą molekuł, aby wymiana ciepła spowodowała przekroczenie granicy wytrzymałości cieplnej kadłuba. Z drugiej strony, jeżeli statek wejdzie w atmosferę pod zbyt małym kątem, może się od niej odbić jak „kaczka” - płaski kamień rzucony poziomo nad wodą<sup>7</sup>.

Aby przekonać się, jak bardzo ograniczona jest warstwa atmosfery, której musimy się trzymać, nie trzeba wcale zapuszczać się aż do granic termosfery. Każdy, kto kiedykolwiek mieszkał w wieżowcu, doskonale wie, że nie trzeba wznosić się w górę na wiele setek metrów, zanim ciało zacznie protestować. Nawet doświadczeni alpinisci, sprawni i wytrenowani, dysponujący butlami z tlenem, na dużych wysokościach szybko zaczynają odczuwać wyczerpanie, ulegać odmrożeniom, hipotermii, mieć migreny, nudności, uskarżać się na brak

apetytu i wiele innych uciążliwych dolegliwości. Na setki dobitnych sposobów organizm potrafi przypomnieć swojemu właścicielowi, że nie został zaprojektowany do funkcjonowania na dużych wysokościach.

„Nawet w najbardziej sprzyjających okolicznościach - napisał o warunkach na szczycie Mount Everestu himalaista Peter Habeler - każdy krok na tej wysokości wymaga kolosalnego wysiłku woli. Trzeba samego siebie zmuszać do wykonania każdego mchu, każdego chwytu ręką, która ciąży jak ołów. Nieustannie towarzyszy i zagraża ci śmiertelne zmęczenie”. Brytyjski wspinacz i filmowiec Matt Dickinson pisze w książce *The Other Side of Everest* o tym, jak uczestnik brytyjskiej wyprawy na Mount Everest w 1924 roku, Howard Somervell, „zadławił się prawie na śmierć, gdy fragment zainfekowanej tkanki oderwał się i zablokował mu tchawicę”<sup>8</sup>. Nadludzkim wysiłkiem Somervell zdołał wykrztusić przeszkodę, którą okazała się „cała wyściółka śluzowa krtani”.

Powszechnie znane są niedomagania, którym organizm ulega powyżej 7500 metrów - w obszarze znanym wspinaczom jako strefa śmierci - lecz wielu ludzi odczuwa wyraźne osłabienie, niekiedy zagrażające zdrowiu lub nawet życiu, już na wysokości 4500 metrów. Podatność ma niewiele wspólnego z fizyczną sprawnością. Zdarza się, że babacie świetnie sobie radzą na dużych wysokościach, podczas gdy ich sprawniejsze potomstwo stęka bezradnie, dopóki nie znajdzie się dostatecznie nisko.

Absolutna granica ludzkiej odporności na długotrwałe przebywanie na dużych wysokościach wynosi około 5500 metrów<sup>9</sup>, lecz nawet ludzie przyzwyczajeni do życia w górach nie mogą pozostawać bardzo długo na takiej wysokości. W książce *Life at the Extremes* Frances Ashcroft opisuje kopalnie siarki położone w Andach na wysokości 5800 metrów. Pracujący tam górnicy wolą codziennie zejść 460 metrów w dół, niż przebywać nieustannie na tej wysokości. U ludów, które od wielu tysięcy lat żyją na dużych wysokościach, ewolucja wykształciła nieproporcjonalnie duże klatki piersiowe i płuca, a



gęstość ich czerwonych krwinek, odpowiedzialnych za transport tlenu, jest o około jedną trzecią większa niż u reszty gatunku. Istnieje jednak granica zagęszczenia czerwonych krwinek, powyżej której pojawiają się kłopoty ze swobodnym przepływem krwi. Co więcej, powyżej 5500 metrów nawet najlepiej przystosowany organizm kobiety nie jest w stanie zapewnić wystarczającej ilości tlenu, aby utrzymać ciążę do terminowego rozwiązania<sup>10</sup>.

W latach osiemdziesiątych osiemnastego wieku, gdy w Europie zaczęły się eksperymentalne loty balonami, jedną z niespodzianek dla załóg stanowiła temperatura. W miarę wznoszenia temperatura spadała o około 1,6 stopnia Celsjusza na każde 1000 metrów, chociaż logika wydawała się podpowiadać, że im bliżej źródła ciepła, tym powinno być cieplej. Wyjaśniło się, że wznoszący się balon nie zbliża się do Słońca w żadnym rozsądnym znaczeniu tego słowa. Słońce znajduje się w odległości 93 milionów mil. Oczekiwanie zmian temperatury w wyniku zmniejszenia się tej odległości o kilkaset metrów przypomina zrobienie jednego kroku w kierunku pożaru buszu w Australii - aby poczuć zapach dymu - przez kogoś, kto znajduje się w Ohio. Odpowiedź sprowadza się do wspomnianej już gęstości molekuł w atmosferze. Promieniowanie słoneczne dostarcza molekułom energii, czyli „rozgrzewa” je, zwiększając tempo ich wewnętrznych drgań i ruchów. Molekuły zderzają się ze sobą, przekazując sobie energię cieplną. Gdy w słoneczny dzień czujesz na plecach ciepło promieni słonecznych, w rzeczywistości ciepło pochodzi od wzbudzonych molekuł. Gdy wznosisz się w balonie w górę, gęstość powietrza się zmniejsza, w wyniku czego zmniejsza się także liczba zderzeń między molekułami. Powietrze może nam się wydawać ulotne i nieważkie, nawet na poziomie morza, lecz w rzeczywistości ciężar atmosfery wcale nie jest zaniedbywalny. Jak napisał ponad 100 lat temu oceanolog Wyville Thomson: „Budząc się rano ze snu i widząc na barometrze dłuższy o cal słupek rtęci, niekiedy mamy poczucie, jakby w ciągu nocy niepostrzeżenie położono na nas półtonowy ciężar<sup>11</sup>. Nie powoduje on jednak żadnej niewygody, lecz dodaje nam

animuszu i pogody ducha, ponieważ poruszanie się ciała w gęstszym ośrodku wymaga jedynie niewielkiego zmniejszenia nacisku”. Nie czujemy się zgnieceni pod ciśnieniem tej dodatkowej połowy tony z tego samego powodu, dla którego ciało nurka nie ulega zgnieceniu głęboko pod powierzchnią morza: jest w większej części zbudowane z nieściśliwych cieczy, które równoważą zewnętrzne i wewnętrzne ciśnienie.

Wystarczy jednak, że znajdziemy się na drodze powietrza, które zostało wprowadzone w ruch, na przykład huraganu lub nawet nocnej bryzy, aby zdać sobie sprawę z jego masy. Masa całej atmosfery wynosi około 5200 milionów milionów ton - 25 milionów ton na każdą milę kwadratową planety - całkiem sporo, jak na tak ulotną substancję. Nic dziwnego, że gałęzie drzew się łamią, a dachówki fruwią, gdy te miliony ton pędzą z prędkością 50 czy 60 kilometrów na godzinę. Jak pisze Anthony Smith, typowy front atmosferyczny składa się z 750 milionów ton chłodnego powietrza uwięzionego pod miliardem ton cieplejszego<sup>12</sup>. Trudno się dziwić, że rezultat jest niekiedy ekscytujący zarówno dla meteorologów, jak i dla zwykłych śmiertelników.

Energia z całą pewnością nie jest deficytowym towarem w atmosferze. Obliczono, że energia jednej burzy jest równoważna czterodniowemu zużyciu elektryczności przez całe Stany Zjednoczone<sup>13</sup>. W pewnych warunkach chmury burzowe rozciągają się na wysokości od 10 do 15 kilometrów, a wewnątrz nich krążą prądy wstępujące i zstępujące o prędkościach przekraczających 150 kilometrów na godzinę. Prądy te często krążą tuż obok siebie, o czym wiedzą piloci samolotów, którzy raczej unikają latania wewnątrz tego rodzaju chmur. W wyniku całego tego wewnętrznego zamieszania cząsteczki wody w chmurach ładują się elektrycznie. Z przyczyn, które nie są do końca znane, lżejsze cząsteczki ładują się dodatnio i są unoszone przez prądy powietrzne do góry. Cięższe cząsteczki ładują się ujemnie i gromadzą się u podstawy chmury. Te ujemne ładunki czują nieodpartą chęć przedostania się na dodatnio naładowaną powierzchnię Ziemi, a Opatrzność niech ma w swojej opiece wszystko, co

znajdzie się na ich drodze. Ostrze, czyli tak zwany prekursor błyskawicy porusza się z prędkością sięgającą niekiedy 435 000 kilometrów na godzinę, torując drogę głównemu wyładowaniu, które rozgrzewa powietrze na swej drodze do 28 000 stopni Celsjusza - to kilka razy więcej niż temperatura na powierzchni Słońca. W dowolnym momencie na całym globie trwa równocześnie 1800 burz<sup>14</sup>, co daje łącznie około 40 000 na dobę. Przez cały czas, w dzień i w nocy, w każdej sekundzie w Ziemię trafia około 100 błyskawic. Niebo nad naszą planetą nigdy nie jest nudne.

Większość naszej wiedzy na temat tego, co dzieje się tam w górze, jest całkiem świeżej daty<sup>15</sup>. Prądy strumieniowe, które przenoszą masy powietrza z prędkościami sięgającymi niekiedy 300 kilometrów na godzinę i wywierają potężny wpływ na układy pogodowe nad całymi kontynentami, zwykle krążą na wysokości 9-10 kilometrów, przez co ich istnienia nikt nawet nie podejrzewał, dopóki w czasie drugiej wojny światowej samoloty nie zaczęły latać na takich wysokościach. Nawet teraz nie rozumiemy wielu zjawisk atmosferycznych. Pewna forma zaburzenia atmosferycznego, powszechnie znana jako turbulencja w czystym powietrzu, od czasu do czasu wnosi nieco urozmaicenia do skądinąd nudnawych lotów samolotami pasażerskimi. Około dwudziestu takich przypadków rocznie jest na tyle poważnych, że wymagają one złożenia raportu. Z tych raportów wiemy, że turbulencjom nie towarzyszą żadne układy chmur ani nic innego, co można by wykryć wizualnie lub za pomocą radaru. Są to po prostu pełne gwałtownych turbulencji dziury w powietrzu, pojawiające się zniemacka na środku spokojnego nieba. W jednym z typowych przypadków samolot lecący z Singapuru do Sydney w pewnym momencie znajdował się nad środkową Australią w całkowicie spokojnych warunkach, gdy nagle opadł o 90 metrów. Wszyscy nie przypięci pasami pasażerowie uderzyli w sufit. Dwanaście osób odniosło rany, w tym jedna poważne. Nikt nie wie, skąd się biorą takie dziury w powietrzu.

Mechanizm, który powoduje ruch powietrza w atmosferze, jest taki sam

jak ten, który napędza wewnętrzny silnik planety. Za jedno i drugie odpowiedzialna jest konwekcja. Ciepłe, wilgotne powietrze z okolic równikowych wznosi się do góry, aż napotka barierę tropopauzy, po czym rozprzestrzenia się w kierunku biegunów. Gdy oddala się od równika, ochładza się i schodzi w dół. Kiedy dotrze do powierzchni Ziemi, zaczyna szukać obszarów niskiego ciśnienia, rusza w kierunku równika i w ten sposób zamyka pętlę.

Proces konwekcji na równiku jest na ogół stabilny, a pogoda całkiem przewidywalna, lecz w strefie umiarkowanej wzorce pogody są bardziej uzależnione od pór roku i lokalnych warunków, a przy tym bardziej podatne na przypadkowe układy ciśnień, co ostatecznie prowadzi do nieustannej walki między systemami niskiego i wysokiego ciśnienia. Układy niskiego ciśnienia powstają wtedy, gdy powietrze unosi się do góry. Wraz z nim wędrują cząstki wody, tworząc chmury, z których następnie pada deszcz. Ciepłe powietrze może unieść więcej wilgoci niż chłodne, dlatego letnie oraz tropikalne burze są na ogół bardziej gwałtowne. Obszaram niskiego ciśnienia często towarzyszą chmury i deszcz, a wysokie ciśnienie oznacza zwykle piękną, słoneczną pogodę. Spotkanie tych dwóch systemów zazwyczaj wyraźnie odzwierciedla się w układach chmur. Na przykład stratusy, te nielu-biane, bezkształtne pokrywy chmur zasłaniające niebo po horyzont, pojawiają się wtedy, gdy niosące wilgoć prądy wstępujące nie mają dość pędu, aby przebić się przez leżącą wyżej stabilną warstwę powietrza, w wyniku czego rozchodzą się na boki, jak dym pod sufitem. Obserwowanie rozchodzenia się dymu z papierosa w pozbawionym przeciągów pomieszczeniu może stanowić bardzo pouczającą lekcję na temat tego, co dzieje się w większej skali w atmosferze. Początkowo dym unosi się prosto do góry (jest to tak zwany przepływ laminarny, jeżeli chciałbyś zrobić na kimś wrażenie), aby następnie rozproszyć się w nieregularną, falistą smugę. Największe superkomputery na świecie, wsparte pomiarami w ściśle kontrolowanych warunkach, nie potrafią dokładnie przewidzieć kształtu tych

zmarszczek, więc powinniśmy niekiedy wybaczyć meteorologom, gdy ich próby przewidywania takich zjawisk w skali całego świata nie zawsze są trafne.

To, co wiemy, to fakt, że ciepło pochodzące od Słońca jest nierówno rozdzielone, w wyniku czego powstają różnice ciśnienia powietrza w różnych miejscach planety. Powietrze nie znosi braku równowagi, więc pojawia się wiatr, który jest niczym innym jak tylko dążeniem do wyrównania ciśnienia. Powietrze zawsze przemieszcza się od obszarów wysokiego ciśnienia do obszarów niskiego ciśnienia (jak należałoby oczekiwać; wystarczy wyobrazić sobie cokolwiek, co zawiera powietrze pod ciśnieniem, na przykład balonik, butelkę szampana, samolot z wybitą szybą, aby uświadomić sobie, jak uporczywie to sprężone powietrze usiłuje przenieść się gdzie indziej), a im większa różnica ciśnień, tym silniejszy wiatr.

Podobnie jak w przypadku zderzeń samochodów, a właściwie wszelkich zderzeń, to, co my postrzegamy jako „siłę wiatru”, nie jest po prostu proporcjonalne do jego prędkości, lecz rośnie z kwadratem prędkości. Wiatr wiejący z prędkością 300 kilometrów na godzinę jest nie dziesięć, lecz sto razy silniejszy od wiatru o prędkości 30 kilometrów na godzinę, i tyleż razy bardziej niszczycielski<sup>16</sup>. Gdy dodamy do tego wiele milionów ton powietrza, efekt potrafi być spektakularnie potężny. Energia trwającego jedną dobę tropikalnego huraganu jest porównywalna z całorocznym zużyciem energii przez duży, bogaty kraj, taki jak Anglia lub Francja<sup>17</sup>. |

Zasadę, zgodnie z którą atmosfera dąży do równowagi, pierwszy zasugerował człowiek, którego nazwisko pojawia się prawie wszędzie - Edmond Halley<sup>18</sup> - a rozwinął w osiemnastym wieku rodak Halleya, Geo-rges Hadley, który sformułował koncepcję „komórek” (od owego czasu zwanych „komórkami Hadleya”), które powstają w wyniku podziału atmosfery na pionowe kolumny prądów wstępujących i zstępujących. Hadley był z zawodu prawnikiem, lecz interesował się przede wszystkim pogodą (był przecież Anglikiem). Zasugerował między innymi istnienie związku między

„komórkami” i wirowym ruchem Ziemi a odchyleniem kierunku ruchu mas powietrza, które jest odpowiedzialne za pasaty. Szczegóły tych oddziaływań opracował w 1835 roku profesor Gustave-Gaspard de Coriolis z Ecole Polytechnique w Paryżu, dlatego zjawisko to nosi nazwę efektu Coriolisa (drugim powodem do chwały było wprowadzenie do użytku na terenie uczelni poidełek z wodą, które zresztą do dziś są tam nazywane Corios<sup>19</sup>). Ziemia wiruje z prędkością 1675 kilometrów na równiku. Prędkość ta zmniejsza się w miarę oddalania od równika - lecz w Londynie lub Paryżu wynosi jeszcze około 900 kilometrów na godzinę - z powodów, które stają się oczywiste, gdy o tym pomyśleć. Jeżeli stoisz na równiku, na powierzchni wirującej Ziemi, musisz wraz z nią pokonać całkiem sporą odległość, aby po pełnym obrocie wrócić w to samo miejsce. Jeżeli stoisz w pobliżu bieguna, w trakcie pełnego obrotu pokonasz tylko kilka metrów. Lecz w obu przypadkach obrót trwa 24 godziny, zatem im bliżej równika się znajdujesz, tym szybciej się kręcisz.

Efekt Coriolisa polega na tym, że każde ciało, które porusza się w powietrzu równoległe do powierzchni Ziemi, stopniowo skręca w prawo na półkuli północnej lub w lewo na południowej. W rzeczywistości efekt skręcania jest pozorny, a spowodowany jest ruchem wirowym Ziemi. Standardowy sposób wyjaśnienia efektu Coriolisa polega na tym, aby wyobrazić sobie dużą karuzelę. Stoisz na jej obwodzie, a ktoś będący w środku rzuca do ciebie piłkę. Zanim piłka doleci do ciebie, wraz z karuzelą przemieścisz się o kawałek obwodu i piłka przeleci obok ciebie. Z twojej perspektywy wygląda to jednak tak, jakby piłka skręciła w powietrzu. Z tego samego powodu w atmosferze powstają wirujące układy prądów powietrznych, od zwykłych niżów i wyżów po wirujące jak bąki huragany<sup>20</sup>. Efekt Coriolisa jest również odpowiedzialny za wiele innych zjawisk, na przykład odchylenie kierunku lotu pocisków artyleryjskich. Artylerzyści muszą to uwzględnić przy celowaniu, ponieważ pocisk wystrzelony na odległość 15 mil skręci w trakcie lotu o około 100 jardów i bez poprawki na efekt Coriolisa wpadnie z pluskiem do morza.

Niezależnie od tego, że z praktycznego i psychologicznego punktu widzenia zjawiska pogodowe są istotne niemal dla każdego człowieka, meteorologia jako nauka zaistniała dopiero pod koniec osiemnastego wieku (aczkolwiek samo określenie meteorology pojawiło się po raz pierwszy w 1626 roku, w książce T. Grangera na temat logiki).

Uprawianie meteorologii opiera się między innymi na precyzyjnych pomiarach temperatury, a konstrukcja dobrego termometru jest trudniejsza, niż mogłoby się wydawać, ponieważ wymaga wywiercenia idealnie równego otworu w szklanej rurce, co bardzo długo stanowiło problem nie do pokonania. Pierwszą osobą, która go rozwiązała, był pochodzący z Gdańska holenderski uczonec Daniel Gabriel Fahrenheit, który w 1717 roku sporządził pierwszy dokładny termometr. Z nieznanых powodów wyskalował swój przyrząd w taki sposób, że temperatura zamarzania wody wynosiła 32 stopnie, a temperatura wrzenia odpowiadała na jego skali 212 stopniom. Ta numeryczna ekscentryczność od samego początku nie wszystkim odpowiadała, i w 1742 roku szwedzki astronom, Anders Celsius, zaproponował konkurencyjną skalę. Jakby na dowód, że wynalazcy rzadko trafiają za pierwszym podejściem, Celsius przypisał 0 stopni temperaturze wrzenia oraz 100 stopni temperaturze zamarzania wody<sup>21</sup>, lecz wkrótce potem zostały one zamienione.

Osobą najczęściej identyfikowaną jako ojciec nowoczesnej meteorologii jest angielski aptekarz Luke Howard, który stał się znany w początkach dziewiętnastego wieku. Howard jest pamiętany głównie dzięki temu, że w 1803 roku nadał nazwy różnym typom chmur<sup>22</sup>. Był wprawdzie aktywnym i szanowanym członkiem Linnaean Society i zastosował zasady tegoż stowarzyszenia w swojej klasyfikacji, ale jako forum dla jej ogłoszenia wybrał raczej mniej znane Askesian Society (członków Askesian Society, jak wspomniałem w jednym z wcześniejszych rozdziałów, cechowała skłonność do nadużywania przyjemności związanych ze stosowaniem podtlenku azotu, więc możemy tylko mieć nadzieję, że potraktowali prezentację Howarda z trzeźwą

uwagą, na którą niewątpliwie zasługiwała. W tej kwestii uczniowie Howarda są zadziwiająco dyskretni).

Howard podzielił chmury na trzy grupy: warstwowe stratusy, kłębiaste cumulusy (od łacińskiego *cumulus* oznaczającego „kopiec”) oraz cirrusy (od łacińskiego *cirrus* oznaczającego „lok”), wysokie, cienkie, pierzaste formacje, które na ogół wróżą ochłodzenie. Do tych trzech zasadniczych typów dodał następnie czwarty, nimbus (od łacińskiego słowa oznaczającego chmurę), dla chmur deszczowych. Piękno jego systemu polegało na tym, że podstawowe elementy mogą być dowolnie łączone, aby opisać dowolny kształt i rozmiar chmury - stratocumulus, cirrostratus, cumulonimbus i tak dalej. Klasyfikacja natychmiast została zaakceptowana, i to nie tylko w Anglii. Goethe był tak zachwycony, że zadedykował Howardowi cztery wiersze.

System Howarda został w późniejszych latach znacznie rozszerzony<sup>23</sup>. Encyklopedyczny *International Cloud Atlas* liczy dwa tomy, lecz niemal żaden z późniejszych typów chmur (*mammatus*, *pileus*, *nebulosis*, *spissa-tus*, *floccus* oraz *mediocris* stanowią reprezentatywną próbkę) nie przyjął się ani poza meteorologią, ani nawet wśród samych meteorologów. W pierwszym, znacznie szczuplejszym wydaniu atlasu, z 1896 roku, chmury były podzielone na dziesięć podstawowych typów, z których najbardziej pulchny był przypominający poduszkę *cumulonimbus\**. Wydaje się, że stąd wzięło się powiedzenie „to be on cloud nine”\*\*<sup>24</sup>.

\* Jeżeli kiedykolwiek zastanowiło cię, dlaczego cumulusy mają na ogół piękne, wyraźnie zarysowane granice, podczas gdy inne chmury są zwykle znacznie bardziej rozmyte, to wyjaśnienie kryje się w tym, że cumulusy są zbudowane z wody. Między wilgotnym wnętrzem cumulusa a suchym powietrzem wokół niego istnieje ostra granica, ponieważ każda cząsteczka wody, która znajdzie się poza granicą chmury, natychmiast paruje i znika. W ten sposób chmura zachowuje wyraźną granicę. Znacznie wyżej położone cirrusy są zbudowane z kryształków lodu, więc strefa graniczna między chmurą i



otoczeniem nie jest tak jednoznaczna i dlatego krawędzie cirrusów są bardziej rozmyte.

Dosłownie: być na dziewiątej chmurze, odpowiednik polski - być w siódmym niebie (przyp. tłum.).

Mimo potęgi i furii żywiołu, jaki potrafi czasem sprowadzić przypominająca kowadło burzowa chmura, większość z nich jest w rzeczywistości całkiem nieszkodliwa i dość niematerialna. Puszysty letni cumulus o średnicy kilkuset metrów może zawierać nie więcej niż 100-150 litrów wody<sup>25</sup>, „mniej więcej tyle, ile potrzeba do wypełnienia wanny”, jak pisze James Trefił. Aby poznać ulotny, niematerialny charakter chmur, wystarczy przejść się przez mgłę, która przecież jest niczym innym jak chmurą, której nie chce się latać. Cytując ponownie Trefiła: „Jeżeli przejdiesz 100 metrów we mgle, wejdiesz w kontakt z tak niewielką ilością wody, równą zaledwie połowie cała sześciennego, że nie starczy nawet na porządny łyk”. Chmury nie są wielkimi zbiornikami wody. Zaledwie 0,035 procent ziemskich zasobów słodkiej wody krąży nad nami w dowolnie wybranym momencie<sup>26</sup>.

Prognozy dla spadającej z nieba cząsteczki wody są bardzo różne, w zależności od miejsca, w które trafi<sup>27</sup>. Jeżeli znajdzie się na urodzajnej ziemi, zostanie pochłonięta przez rośliny lub bezpośrednio odparowana w ciągu kilku dni lub nawet godzin. Jeżeli znajdzie drogę do wód gruntowych, może nie zobaczyć światła słonecznego przez wiele lat, a nawet tysiący lat, jeżeli dojdzie na znaczną głębokość. Gdy patrzysz na jezioro, widzisz zbiór molekuł, które spędziły w tym miejscu, średnio rzecz biorąc, całą dekadę. Dla oceanu ten czas wynosi prawdopodobnie około 100 lat. Łącznie około 60 procent cząsteczek wody, spadających na Ziemię w postaci deszczu, paruje i wraca do atmosfery w ciągu jednego lub dwóch dni, po czym spędzają tam około tygodnia (Drury twierdzi, że dwanaście dni), zanim ponownie trafi do kropli deszczu.

Parowanie stanowi szybki proces, o czym łatwo można się przekonać, obserwując kałużę w słoneczny, letni dzień. Nawet coś tak dużego jak Morze

Śródziemne wyparowałoby w ciągu zaledwie 1000 lat, gdyby nie było nieustannie uzupełniane<sup>28</sup>. Takie zdarzenie zaszło około 6 milionów lat temu, wywołując proces znany w nauce jako mesyński kryzys zasolenia<sup>29</sup>. Wszystko zaczęło się od tego, że ruch kontynentów spowodował zamknięcie Cieśniny Gibraltarskiej. W miarę wysychania Morza Śródziemnego parująca z niego woda opadała w postaci deszczu, także na inne, okoliczne morza, stopniowo je rozcieńczając. W rezultacie coraz większe obszary mórz zamarzały w zimie, zwiększający się obszar lodu odbijał coraz więcej ciepła słonecznego, aż w końcu doszło do kolejnego zlodowacenia. W każdym razie tak mówi teoria.

Tak czy inaczej, wiemy na pewno, o ile w ogóle można coś wiedzieć na pewno, że niewielka zmiana dynamiki Ziemi może mieć reperkusje przekraczające możliwości naszej wyobraźni. Podobne zdarzenie, jak niebawem zobaczymy, mogło nawet przyczynić się do stworzenia nas samych.

Prawdziwym motorem większości globalnych zjawisk na powierzchni Ziemi są oceany. Meteorolodzy w coraz większym zakresie traktują oceany i atmosferę jako jeden system, więc musimy teraz poświęcić im nieco uwagi. Woda jest wspaniałym ośrodkiem do przechowywania oraz transportu ciepła. Duże akweny wodne stanowią niewyobrażalnie wydajne rezerwuary ciepła. Ciepły prąd zatokowy Golsztrom w ciągu jednego dnia dostarcza do Europy ilość ciepła równoważną światowemu zużyciu węgla w ciągu dziesięciu lat<sup>30</sup>. To dlatego zimy w Wielkiej Brytanii oraz Irlandii są tak łagodne w porównaniu z Kanadą i Rosją. Woda nagrzewa się powoli, dlatego w jeziorach i basenach kąpielowych jest zimna nawet w upalne dni. Z tego powodu istnieje różnica między oficjalnym, astronomicznym początkiem wiosny a faktycznym poczuciem początku wiosny u większości z nas<sup>31</sup>. Wiosna na półkuli północnej zaczyna się w marcu, lecz na ogół zaczynamy ją dostrzegać w kwietniu, i to nie wszędzie.

Oceany nie stanowią jednolitej masy wody. Różnice temperatury, zasolenia, głębokości, gęstości i innych właściwości wpływają na transport

ciepła, co z kolei wywiera wpływ na klimat. Na przykład Atlantyk jest bardziej słony niż Pacyfik, co zresztą ma swoje dobre strony. Silniej zasolona woda jest cięższa, a cięższa woda opada na dno. Bez tego dodatkowego obciążenia, związanego z zasoleniem, prądy atlantyckie podążałyby aż do Arktyki, ogrzewając biegun północny, lecz pozbawiając Europę całego tego błogosławionego ciepła. Głównym czynnikiem transportu ciepła na Ziemi jest tak zwana cyrkulacja termohaliczna, na którą składają się powolne, stateczne prądy płynące głęboko pod powierzchnią wody\*, odkryOkazuje się, że to określenie oznacza różne rzeczy dla różnych ludzi. W listopadzie 2002 roku Carl Wunsch z MIT opublikował w „Science” raport zatytułowany *What Is the Thermohaline Circulation?*, w którym zwrócił uwagę, że określenie to jest używane w czołowych czasopismach fachowych dla oznaczenia co najmniej siedmiu różnych zjawisk (cyrkulacja na poziomie głębiny, cyrkulacja napędzana przez różnice gęstości lub pływalności, „południkowa zwrotna cyrkulacja masy” i tak dalej), aczkolwiek wszystkie one dotyczą cyrkulacji oceanicznych oraz transportu ciepła. W takim ostrożnym, niejednoznacznym, ogólnym sensie użyłem go także i tutaj. te w 1797 roku przez uczonego i awanturnika, hrabiego Rumforda. Zaczyna się od tego, że gdy wody powierzchniowe dotrą w okolice Europy, stają się gęstsze i opadają na duże głębokości, gdzie zaczynają powolną wędrówkę z powrotem na południową półkulę. Gdy osiągną Antarktykę, zostają wciągnięte w Antarktyczny Prąd Wokółbiegunowy, wraz z którym są przemieszczane na Pacyfik. Proces ten jest bardzo powolny - od północnego Atlantyku do środka Pacyfiku woda płynie półtora tysiąca lat - lecz przenosi znaczne ilości wody oraz ciepła i wywiera ogromny wpływ na klimat.

(Gdyby ktoś się dziwił, w jaki sposób można sprawdzić, ile czasu potrzebuje kropla wody na przedostanie się z jednego oceanu na drugi, odpowiedź jest następująca: naukowcy mierzą stężenie pewnych związków w wodzie, na przykład chlorofluorowęglowodórów. Wiedząc, kiedy pojawiły się w

powietrzu, i porównując wyniki pomiarów stężenia w różnych miejscach i na różnych głębokościach, potrafią z dużą pewnością wyrysować całkiem dokładną mapę ruchów wody<sup>32</sup>).

Cyrkulacja termohaliczna nie tylko przenosi ciepło. Pionowe prądy wodne pomagają także mieszać składniki odżywcze, zwiększając objętość oceanu dostępną dla ryb i innych stworzeń morskich. Okazuje się niestety, że cyrkulacja może być bardzo czuła na zmiany. Symulacje komputerowe wskazują, że nawet niewielkie zmiany zasolenia oceanów, na przykład wywołane przez przyspieszone topnienie lodu na Grenlandii, może katastrofalnie zakłócić cały cykl.

Jest jeszcze jedna bardzo ważna rzecz, którą zawdzięczamy oceanom. Pochłaniają one olbrzymie ilości dwutlenku węgla i umożliwiają jego bezpieczne składowanie. Jedną z interesujących cech naszego Układu Słonecznego jest to, że obecnie Słońce pali się około 25 procent jaśniej niż w okresie powstawania Układu. Powinno to spowodować poważne zwiększenie temperatury Ziemi. Jak ujął to angielski geolog Aubrey Manning: „Ta kolosalna zmiana powinna wyrzucić absolutnie katastrofalny efekt na Ziemi, lecz okazuje się, że nasz świat prawie wcale tego nie odczuł”.

Co zatem jest tym czynnikiem, który stabilizuje i ochładza naszą planetę? Życie. Biliony maleńkich morskich organizmów, o których większość z nas nigdy nie słyszała - otwornice, kokolity i glony wapienne - pochłaniają węgiel atmosferyczny, który w postaci dwutlenku węgla spada do oceanu wraz z deszczem, po czym przetwarzają go (wykorzystując także inne substancje) i budują z niego swoje maleńkie muszle. Uwięziony w muszlach węgiel nie ulega już odparowaniu i nie wraca do atmosfery, gdzie gromadziłby się w postaci niebezpiecznego gazu cieplarnianego. Gdy otwornice, kokolity i inne żyjątka giną i opadają na dno oceanu, z ich muszli stopniowo powstają wapienie. Gdy podziwiamy piękne, naturalne kształty angielskich białych klifów w okolicach Dover, niewiarygodna wydaje się myśl, że są one zbudowane niemal wyłącznie

z maleńkich, martwych organizmów, lecz jeszcze bardziej godna uwagi jest ilość węgla, którą wspólnie zużyły. Sześciocalowa kostka kredy z Dover stanowi równowartość ponad 1000 litrów dwutlenku węgla, który raczej nie poprawiłby nam klimatu, gdyby nie został schwytany przez te dobroczynne żyjątka. Łącznie w ziemskich skałach uwięziona jest około 20 000 razy większa ilość węgla niż w atmosferze<sup>33</sup>. Większość tego wapienia prędzej czy później zasili wulkany. Wulkany ponownie oddadzą węgiel do atmosfery, z której wróci on na Ziemię w deszczu, zamykając pętlę zwaną długofalowym cyklem węglowym. Jest to bardzo długotrwały proces - przeciętny atom węgla potrzebuje około pół miliarda lat na jedno okrążenie - lecz działa zadziwiająco skutecznie, utrzymując stabilny klimat na całej planecie.

Niestety, nasza nieostrożna cywilizacja przyczyniła się do zakłócenia tego cyklu, wypuszczając do atmosfery ogromne nadwyżki węgla i nie pytając otwomic, czy są na to przygotowane. Szacuje się, że od 1850 roku dołożyliśmy do atmosfery około 100 miliardów ton dodatkowego dwutlenku węgla, a obecnie dokładamy około 7 miliardów ton rocznie. W ogólnym rachunku nie jest to wcale ogromna ilość, ponieważ sama natura posyła do atmosfery około 200 miliardów ton rocznie - głównie na skutek działalności wulkanów oraz rozkładu roślin - prawie trzydzieści razy więcej niż nasze auta i fabryki. Wystarczy jednak spojrzeć na smog, który wisi w powietrzu nad niektórymi miastami, a czasem nawet nad Wielkim Kanionem Kolorado czy klifami w Dover, aby zdać sobie sprawę z konsekwencji naszego węglowego wkładu w atmosferę.

Na podstawie badań bardzo starych próbek lodu wiemy, że „naturalny” stosunek dwutlenku węgla w atmosferze<sup>34</sup> - czyli taki, jaki był, zanim zaczął rosnać na skutek naszej aktywności przemysłowej - wynosi około 280 części na milion. W 1958 roku, gdy zaczęliśmy zwracać nań uwagę, wynosił 315 części na milion. Dzisiaj jest to ponad 360 części na milion i wzrasta o około ćwierć procentu rocznie. Prognoza na koniec dwudziestego pierwszego stulecia to 560

części na milion.

Jak dotąd ziemskie oceany oraz lasy (które także absorbują sporo węgla) potrafiły uchronić nas przed skutkami naszej własnej nieostrożności, lecz, jak ujął to Peter Cox z British Meteorological Office: „Istnieje krytyczna granica, przy której biosfera przestanie chronić nas przed efektami naszych emisji i zacznie je wręcz wzmacniać”. Istnieją obawy, że może wtedy nastąpić raptowny wzrost temperatury Ziemi. Niektóre gatunki drzew oraz innych roślin nie będą w stanie zaadaptować się do nowych warunków i wyginą, a ich zapasy węgla jeszcze spotęgują problem. Takie cykle zdarzały się już w przeszłości naszej planety, nawet bez udziału człowieka. Dobra wiadomość jest taka, że także i w tym względzie natura jest cudownie elastyczna. Jest niemal pewne, że w końcu cykl węglowy się powtórzy i Ziemia powróci do szczęśliwego stanu stabilności. Ostatnim razem zajęło jej to zaledwie 60 tysięcy lat.

## Rozdział 18

### MORZA I OCEANY

Wyobraź sobie życie w świecie zdominowanym przez tlenek wodoru, związek pozbawiony smaku oraz zapachu, którego właściwości są tak zmienne, że choć na ogół jest nieszkodliwy, potrafi także być śmiertelnie niebezpieczny<sup>1</sup>. W zależności od swego stanu może cię oparzyć lub zamrozić. W obecności pewnych związków organicznych tworzy złośliwe kwasy węglowe, które potrafią ogołocić drzewa z liści, a marmurowe pomniki dostają od nich ospy. W dużych ilościach, gdy się nim potrząśnie, potrafi uderzyć z furją, której nie wytrzyma żadna ludzka budowla. Nawet dla istot, które nauczyły się z nim żyć, często stanowi morderczą substancję. My nazywamy go wodą.

Woda jest wszędzie. Około 80 procent ziemniaka stanowi woda, krowy - 74 procent, bakterii s 75 procent<sup>2</sup>. Pomidor, przy 95 procentach, jest właściwie wyłącznie zrobiony z wody. Około 65 procent człowieka stanowi woda, czyniąc z nas w większym stopniu ciecz niż cokolwiek innego, i to w proporcji prawie dwa do jednego. Woda jest dziwną substancją. Jest przezroczysta i nie ma kształtu, lecz mimo to tęsknimy do jej obecności. Nie ma smaku, a mimo to kochamy jej smak. Pokonujemy olbrzymie odległości i płacimy fortunę, żeby zobaczyć ją w blasku słońca. Wiemy, że jest niebezpieczna i że każdego roku toną w niej tysiące ludzi, lecz nie możemy się powstrzymać przed baraszkowaniem w niej.

Woda jest tak wszędobylska, że często zapominamy o tym, jak niezwykle jest substancją. Niemal żadna z jej cech nie może być podstawą wiarygodnego przewidywania właściwości innych cieczy i vice versa<sup>3</sup>. Gdybyś nie wiedział niczego o wodzie i wyciągał wnioski na podstawie zachowania związków chemicznie najbardziej z nią spokrewnionych - mianowicie selenowodoru lub

siarkowodoru - oczekiwaliśmy temperatury wrzenia w okolicy minus 93 stopni Celsjusza oraz stanu gazowego w temperaturze pokojowej.

280

Większość cieczy zmniejsza objętość przy ochładzaniu. Woda także, ale tylko do pewnego momentu. Gdy dojdzie do temperatury bliskiej zamarzania, zaczyna - perwersyjnie, oszukańczo, wprost nie do uwierzenia - się rozszerzać. Gdy już zamarznie, jej objętość jest prawie o jedną dziesiątą większa, niż była uprzednio<sup>4</sup>. Z tego powodu lód pływa po powierzchni wody, „kompletnie dziwaczna właściwość”<sup>5</sup>, jak ujął to Johii Gribbin. Gdyby nie ta wspaniała przewrotność wody, lód tonąłby w wodzie, a jeziora i oceany zamarzałyby od dołu, a nie od góry. Bez izolującej warstwy powierzchniowego lodu ciepło byłoby szybciej wypromieniowywane, zostawiając za sobą jeszcze chłodniejszą wodę i jeszcze bardziej zwiększając ilość powstającego przy dnie lodu. Niebawem nawet oceany zamarzłyby na kość i niemal na pewno pozostałyby zamrożone na bardzo długi czas, prawdopodobnie na zawsze. Raczej nie byłyby to warunki sprzyjające podtrzymaniu życia. Na nasze szczęście woda wydaje się nie przestrzegać reguł chemii ani praw fizyki.

Wszyscy wiemy, że wzorem chemicznym wody jest  $H_2O$ , co oznacza, że cząsteczka wody składa się z dwóch atomów wodoru połączonych z nieco większym atomem tlenu. Atomy wodoru przyczepiają się mocno do swego tlenu, lecz tworzą także doraźne wiązania z innymi cząsteczkami wody. Mają one taką naturę, że angażują się w pewnego rodzaju taniec z sąsiadami, tworząc chwilowe pary, a następnie przeskakując dalej, jak nieustannie zmieniający się partnerzy w kadrylu<sup>6</sup>, aby użyć barwnego porównania, którego autorem jest Robert Kunzig. Zawartość szklanki wody nie robi wrażenia nadmiernie ruchliwej, lecz każda jej cząsteczka zmienia partnerów miliardy razy na sekundę. Dzięki temu cząsteczki wody łączą się ze sobą, tworząc kałuże i jeziora, ale nie na tyle mocno, aby nie dało się ich łatwo rozdzielić, gdy na przykład ktoś wykonuje skok na główkę do wody. W dowolnym momencie



tylko 15 procent cząsteczek wody styka się z jakimś sąsiadem<sup>7</sup>.

Wiązanie jest jednak na tyle silne, że umożliwia wodzie wspinanie się do góry w pniach drzew, a także stanowi przyczynę niezwyklej determinacji, z jaką krople wody na masce samochodu łączą się ze sobą. Z tej samej przyczyny wodę charakteryzuje napięcie powierzchniowe. Cząsteczki wody na powierzchni są przyciągane mocniej przez sąsiednie cząsteczki; wody, znajdujące się obok i pod powierzchnią, niż przez cząsteczki powie - | trza znajdujące się nad powierzchnią. Dzięki temu powstaje pewnego ro-j dzaju błonka, dostatecznie mocna, aby mogły się na niej utrzymać niewiel

281 kie owady oraz „kaczki” - rzucone poziomo nad powierzchnią wody płaskie kamienie. Z tego samego powodu tak zwana deska - płaski skok do wody - potrafi być tak bolesna.

Truizmem byłoby stwierdzenie, że bez wody bylibyśmy zgubieni. Organizm ludzki bardzo szybko zaczyna odczuwać brak wody. Po kilku dniach bez wody wargi zanikają” jakby zostały amputowane, dziąsła ciemnieją nos skraca się do połowy długości, a skóra wokół oczu ściąga się do tego stopnia, że uniemożliwia mruganie”<sup>9</sup>, według jednego z opisów. Woda jest dla nas tak ważna, że łatwo przeoczyć fakt, iż prawie cała woda na Ziemi jest trująca - śmiertelnie trująca - z powodu zawartości soli.

Sól jest nam niezbędna do życia, lecz w bardzo małych ilościach. Woda morska zawiera o wiele więcej soli - około siedemdziesiąt razy więcej - niż jesteśmy w stanie metabolizować. Litr morskiej wody zawiera średnio około 2,5 łyżeczki zwykłej, spożywczej soli, lecz także większe ilości różnych pierwiastków, związków chemicznych, rozpuszczonych ciał stałych, które określa się kolektywną nazwą soli<sup>9</sup>. Proporcje tych soli i minerałów w naszych tkankach są niesamowicie podobne do ich zawartości w wodzie morskiej - pocimy się i płaczemy wodą morską<sup>10</sup>, jak ujęli to Margulis i Sagan, lecz nie tolerujemy ich w pokarmie. Jeżeli spożyjesz zbyt dużo soli, twój metabolizm bardzo szybko znajdzie się w stanie kryzysu. Molekuły wody zbiegną się ze

wszystkich stron, jak ochotnicza straż pożarna, aby rozcieńczyć i usunąć z organizmu nagłą dawkę soli, zostawiając komórki w stanie odwodnienia - niebezpiecznego niedoboru wody, która jest im niezbędna do normalnego działania. W ekstremalnych sytuacjach odwodnienie może doprowadzić do apopleksji, utraty świadomości, a nawet uszkodzenia mózgu. W tym czasie zapracowane komórki krwi będą transportować sól do nerek, które wkrótce zostaną przeciążone i się wyłączą. Wyłączenie nerek prowadzi do śmierci. Dlatego nie pijemy wody morskiej.

Na Ziemi znajduje się 1. Imiliania-kilometrów sześciennych wody i tak już pozostanie na zawsze<sup>11</sup>. System jest zamknięty - praktycznie rzecz biorąc, wody ani nie przybywa, ani nie ubywa. Woda, którą pijesz dzisiaj, była już tutaj wtedy, gdy Ziemia była jeszcze całkiem młoda. Około 3,8 miliarda lat temu oceany osiągnęły swoją obecną objętość, przynajmniej w przybliżeniu<sup>12</sup>.

Świat wody jest nazywany hydrosferą, na którą w przeważającej części składają się oceany. Aż 97 procent wody na naszej planecie znajduje się w morzach i oceanach, z których największy jest Pacyfik - jego powierzchnia przewyższa powierzchnię wszystkich lądów razem wziętych. Pacyfik zawiera nieco więcej niż połowę całej wody morskiej (51,6 procent), Atlantyk - 23,6 procent, Ocean Indyjski - 21,2 procent, zostawiając zaledwie 3,6 procent dla wszystkich pozostałych mórz<sup>13</sup>. Średnia głębokość oceanów wynosi 3,86 kilometra. Pacyfik jest średnio o około 300 metrów głębszy niż Atlantyk i Ocean Indyjski; 60 procent powierzchni planety stanowi woda o głębokości przekraczającej 1,6 kilometra. Jak pisze Philip Bali, nasza planeta powinna raczej nazywać się Woda, a nie Ziemia<sup>14</sup>.

Tylko około 3 procent wody na naszej planecie stanowi woda słodka<sup>15</sup>. Większość z niej istnieje w postaci lodowców. Tylko bardzo niewielką ilość - 0,036 procenta - zawierają jeziora, rzeki i inne zbiorniki słodkiej wody, a jeszcze mniejsza ilość - zaledwie 0,001 procenta - istnieje w postaci chmur lub pary wodnej. Prawie 90 procent ziemskiego lodu znajduje się na Antarktydzie, a

większość z pozostałych 10 procent na Grenlandii. Zdobywca bieguna południowego stoi na ponad dwumilowej warstwie lodu; na biegunie północnym pokrywa lodu liczy zaledwie 15 stóp<sup>16</sup>. Na Antarktydzie znajduje się 6 milionów mil sześciennych lodu - wystarczająco dużo, aby podnieść poziom oceanów o 200 stóp, gdyby cały ten lód uległ stopieniu<sup>17</sup>. Gdyby natomiast cała woda z atmosfery spadła w postaci deszczu i utworzyła równą warstwę, poziom wody w oceanach podniósłby się zaledwie o kilka centymetrów.

Poziom wody w oceanach, czyli tak zwany poziom morza, stanowi zresztą czysto pojęciową koncepcję. Morza i oceany nie mają jednakowego poziomu. Prądy, wiatry, siła Coriolisa oraz inne efekty powodują znaczne różnice poziomów wody między oceanami, a nawet w obrębie jednego oceanu. Poziom Pacyfiku jest o około półtorej stopy wyższy w zachodniej części, co stanowi konsekwencję siły odśrodkowej wywołanej przez ruch wirowy Ziemi. Gdy popychasz balię z wodą, woda w balii ma tendencję do przemieszczania się w przeciwnym kierunku, jakby niechętnie dawała się przemieszczać. Na podobnej zasadzie wirowy ruch Ziemi w kierunku wschodnim powoduje spiętrzanie wody na zachodnim krańcu oceanu.

Biorąc pod uwagę rolę oceanów w życiu planety, świat nauki zaskakująco późno zaczął się nimi interesować. Jeszcze w dziewiętnastym wieku znaczna część naszej wiedzy na temat oceanów opierała się na tym, co wyrzucały one na brzeg, lub na tym, co pozwalało się schwytać w sieci rybackie. Niemal wszystko, co istniało na piśmie, stanowiły anegdoty lub przypuszczenia, nie poparte fizycznymi dowodami. W latach trzydziestych dziewiętnastego wieku brytyjski przyrodnik Edward Forbes badał dna Atlantyku oraz Morza Śródziemnego i stwierdził, że na głębokości większej niż 600 metrów nie istnieje życie w żadnej postaci. Stwierdzenie wydawało się rozsądne, zważywszy na fakt, że na takiej głębokości nie ma światła, a zatem nie ma także roślin, natomiast panują tam ekstremalne ciśnienia. W tej sytuacji pewną niespodziankę sprawił podmorski kabel telegraficzny, który został w 1860 roku

wyciągnięty na powierzchnię z głębokości ponad trzech kilometrów w celu dokonania naprawy. Był gęsto obrośnięty przez korale, mięczaki i inne żywe istoty.

Poważne, systematyczne badanie mórz zaczęło się dopiero w 1872 roku, gdy ekspedycja zorganizowana wspólnie przez British Museum, Royal Society oraz brytyjski rząd wyruszyła z Portsmouth na byłym okręcie wojennym HMS „Challenger”. Przez trzy i pół roku „Challenger” żeglował wokół globu, pobierając próbki wody, łowiąc ryby i wlokąc dragę po dnie. Była to ewidentnie dość ponura i monotonna podróż, gdyż łącznie zdezerterowała jedna czwarta z 240 naukowców i członków załogi, a osiem osób zmarło lub oszalało - „wpędzone w szaleństwo przez otepiającą rutynę wieloletniego trałowania”<sup>18</sup>, jak pisze historyk Samantha Weinberg. „Challenger” przepłynął jednak prawie 70 000 mil morskich, zebrał egzemplarze ponad 4700 nowych gatunków organizmów morskich, informacje, które zgromadził, wypełniły pięćdziesięciotomowy raport (jego sporządzenie trwało dziewiętnaście lat), a także dał światu nazwę nowej dyscypliny naukowej - oceanografii<sup>19</sup>. Wykonane w trakcie podróży „Challengera” pomiary głębokości wykazały, że na środku Atlantyku znajdują się podwodne góry, co niektórych skłonnych do entuzjazmu obserwatorów zachęciło do spekulacji, że znaleziony został zaginiony kontynent - Atlantyda.

Większość instytucji naukowych nadal ignorowała morza, więc ich dalsze badanie przypadło w udziale pełnym zaangażowania, lecz nielicznym amatorom. Nowoczesne badania głębin zapoczątkowali w 1930 roku Charles William Beebe i Otis Barton. Byli wprawdzie równorzędnymi partnerami, lecz barwna osobowość Beebe’a zdecydowanie bardziej przyciągała uwagę mediów. Urodził się w 1877 roku w Nowym Jorku w dość zamożnej rodzinie, studiował zoologię na Columbia University, po czym podjął pracę jako kustosz kolekcji ornitologicznej w New York Zoological Society. Zajęcie okazało się na tyle nudne, że niebawem je porzucił i przez następne 25 lat podróżował po Azji i

Ameryce Południowej, zazwyczaj w towarzystwie jednej z licznych atrakcyjnych asystentek pełniących pomysłowo zdefiniowane funkcje „historyka i technika”, „konsultanta ds. problemów ryb” i tym podobne<sup>20</sup>. Koszty tych wypraw pokrywał z dochodów za książki, których tytuły mówią same za siebie - *Edge of the Jungle*, *Jungle Days* - choć wydał także poważne naukowe pozycje z zakresu zoologii i ornitologii.

W połowie lat dwudziestych, w trakcie podróży na wyspy Galapagos, odkrył „urok dyndania”, jak sam określał nurkowanie w morzu. Wkrótce potem spotkał Bartona<sup>21</sup>, który pochodził z jeszcze bogatszej rodziny, również ukończył Columbia University i także tęsknił do przygód. Wszystkie zasługi niemal zawsze przypisywane są Beebe'owi, lecz w rzeczywistości to Barton zaprojektował pierwszą batysferę (od greckiego słowa oznaczającego „głęboki”) i wyłożył 12 000 dolarów na koszty jej wykonania. Była to mała, lecz mocna komora, odlana z grubego na półtora cala żelaza, z dwoma małymi okienkami, wykonanymi z grubego na trzy cale kwarcu. Mieściła dwie osoby, pod warunkiem że były one przygotowane na ekstremalnie bliski kontakt. Nawet wedle ówczesnych standardów była to nieskomplikowana technologia. Batysfera była pozbawiona jakiegokolwiek napędu - po prostu zwisała na długiej linie - i miała bardzo prymitywny system regeneracji powietrza: do zneutralizowania wydychanego dwutlenku węgla stosowano otwarte puszkę z wapnem sodowym, natomiast w celu absorbowania wilgoci otwierano małą tubkę chlorku wapnia, nad którą od czasu do czasu trzeba było machać miotełką z palmowych liści, aby pobudzić reakcje chemiczne<sup>22</sup>.

Bezimienna mała batysfera spełniła jednak zadanie, do którego została zaprojektowana. Już podczas pierwszego zanurzenia, w czerwcu 1930 roku na Bahamach, Barton i Beebe ustanowili rekord świata, schodząc na głębokość 183 metrów. W 1934 roku zeszli na głębokość ponad 900 metrów. Ten rezultat został pobity dopiero po drugiej wojnie światowej. Barton był przekonany, że ich batysfera była zdolna do bezpiecznego zejścia na głębokość około 1400

metrów, aczkolwiek naprężenia występujące na sworzniach i nitach były doskonale słyszalne z każdym kolejnym metrem. Było to brawurowe i ryzykowne przedsięwzięcie. Na głębokości 900 metrów małe okienka batysfery były wystawione na ciśnienie 19 ton na cal kwadratowy. Gdyby przekroczyli granicę ich wytrzymałości, śmierć na takiej głębokości byłaby natychmiastowa, o czym Beebe nigdy nie omieszkiał wspomnieć w swoich licznych książkach, artykułach i audycjach radiowych. Ich główne zmartwienie stanowiła jednak okrętowa wciągarka, obciążona metalową batysferą oraz dwiema tonami stalowego kabla. Awaria systemu wciągania posłałaby batysferę na dno oceanu i nic nie byłoby w stanie ich uratować.

Ich osiągnięciom w pokonywaniu coraz większych głębokości nie towarzyszyły jednak wartościowe odkrycia naukowe. Napotkali wprawdzie wiele nigdy dotąd nie widzianych istot, lecz ograniczenia widoczności oraz fakt, że żaden z nieustraszonych akwanautów nie miał przygotowania w dziedzinie oceanografii, spowodowały, że na ogół nie potrafili opisać swoich odkryć na tyle szczegółowo, aby zainteresować nimi świat nauki. Batysfera nie była wyposażona w zewnętrzne światło, lecz jedynie w dwu-stupięćdziesięciowatową żarówkę, którą mogli przysunąć do okienka. Poniżej 150 metrów woda jest nieprzezroczysta, a wszelkie obserwacje były prowadzone przez trzycalową warstwę kwarcu, więc istota, którą chcieliby dokładnie obejrzeć, musiałaby być niemal w takim samym stopniu zainteresowana oglądaniem wnętrza batysfery. W rezultacie niemal wszystko, o czym mogli donieść, sprowadzało się do stwierdzenia, że głębiny kryją mnóstwo dziwnych rzeczy. Podczas jednego z zanurzeń w 1934 roku Beebe z zaskoczeniem dostrzegł gigantycznego węża „długiego na ponad 20 stóp i bardzo szerokiego”. Cokolwiek to było, od tego czasu nikt inny nie widział tej istoty<sup>23</sup>. Zapewne ze względu na tego rodzaju ogólnikowość ich raporty zostały w zasadzie zignorowane przez świat nauki.

Po ich rekordowym zanurzeniu w 1934 roku Beebe stracił zainteresowanie nurkowaniem i zajął się czymś innym, Barton jednak

kontynuował przygodę z batysferą. Trzeba dodać, że Beebe zawsze przyznawał, iż to Barton był mózgiem ich wspólnego przedsięwzięcia, lecz Barton nie mógł jakoś wydobyć się z cienia swego bardziej popularnego partnera. Barton także pisał sensacyjne sprawozdania z ich podwodnych przygód, a nawet zwrócił na siebie uwagę Hollywood i wystąpił w filmie zatytułowanym *Ti-tans of the Deep*, wraz ze swoją batysferą oraz z szeregiem raczej fikcyjnych istot, łącznie z gigantyczną kałamamicą. Tymczasem reklamował papierosy marki Camel („Nieźle działają na moje nerwy”). W 1948 roku powiększył rekord o 50 procent, schodząc na głębokość 1370 metrów na Pacyfiku u wybrzeży Kalifornii. Świat jednak nadal konsekwentnie go ignorował, do tego stopnia, że jeden z recenzentów filmu *Titans of the Deep* sądził, iż głównego bohatera grał Beebe. Ostatecznie Barton został całkowicie zapomniany i może co najwyżej liczyć na wzmiankę. przez dwuosobowy, rodzinny zespół ze Szwajcarii, ojca, Auguste’a Piccarda, oraz syna, Jacques’a Piccarda, którzy zaprojektowali nowy typ sondy, nazwany batyskafem (co oznacza „statek głębinowy”). Urządzenie to miało własny napęd, aczkolwiek jego możliwości manewrowe nie pozwalały na wiele więcej niż zanurzenie oraz wynurzenie. Piccardowie ochrzcili swój batyskaf „Trieste”, od nazwy włoskiego miasta Triest, w którym został zbudowany. W czasie jednego z pierwszych zanurzeń, na początku 1954 roku, przekroczyli głębokość 4000 metrów, prawie trzy razy większą, niż wynosił rekord Bartona sprzed sześciu lat. Tego rodzaju przedsięwzięcie wymaga jednak poważnych nakładów finansowych, a Piccardowie stopniowo popadali w długi.

W 1958 roku zawarli umowę z marynarką wojenną Stanów Zjednoczonych, zgodnie z którą batyskaf przeszedł na własność rządu USA, choć kierowanie całym przedsięwzięciem pozostało w ich rękach<sup>24</sup>. Kłopoty finansowe się skończyły. Za pieniądze marynarki USA Piccardowie przebudowali swój statek, zwiększając grubość ścian do trzynastu centymetrów i zmniejszając okna, które miały teraz zaledwie pięć centymetrów średnicy - niewiele więcej niż świetliki. Lecz w ten sposób znacznie zwiększyła się

odporność batyskafu na wysokie ciśnienia. W styczniu 1960 roku przebudowany „Trieste”, z Jacques’em Piccardem oraz porucznikiem Donem Walshem w środku, powoli zszedł na dno najgłębszego oceanicznego kanionu, Rowu Mariańskiego (nawiasem mówiąc, odkrytego przez innego oficera amerykańskiej marynarki, Harry’ego Hessa, za pomocą jego echosondy) około 400 kilometrów na wschód od Guam na zachodnim Pacyfiku. Zanurzenie na głębokość 10 918 metrów, czyli prawie siedmiu mil, trwało około czterech godzin. Ciśnienie sięga tam ponad 8000 hektopaskali na cal kwadratowy, lecz Piccard i Walsh z zaskoczeniem przekonali się, że ich statek zakłócił spokój żyjącej przy dnie płaszczce. Nie mieli możliwości robienia zdjęć, więc nie ma fotograficznej dokumentacji tego wydarzenia.

Po około dwudziestu minutach spędzonych w najgłębszym miejscu oceanu „Trieste” powrócił na powierzchnię. Była to jak dotąd jedyna wizyta człowieka na tej głębokości.

Dzisiaj, niemal pięćdziesiąt lat po tym pionierskim zanurzeniu, możemy sobie zadać pytanie, dlaczego tam nie wróciliśmy. Po pierwsze, dalszym planom eksploracji głębin energicznie sprzeciwił się wiceadmirał Hyman G. Rickover, człowiek o niezwykle dynamicznym temperamencie i zdecydowanych poglądach, który uważał, że badania te stanowią marnowanie zasobów finansowych marynarki wojennej. Rickover wychodził z założenia, że wojsko nie jest instytucją badawczą. Opinia admirała była

0 tyle istotna, że to właśnie on kontrolował wydatki marynarki wojennej USA. Co więcej, Stany Zjednoczone niebawem zainicjowały program badań kosmosu, którego kulminację stanowiła seria lotów na Księżyc, w zestawieniu z którymi badanie głębin wydawało się trochę mniej ważne

1 raczej staromodne. Decydującą przesłankę stanowił jednak fakt, że podróż „Trieste” na dno Pacyfiku nie przyniosła w rzeczywistości żadnych istotnych wyników. Jak ujął to wiele lat później przedstawiciel marynarki: „Nie nauczyło nas to zbyt wiele, oprócz tego, że potrafimy to zrobić. Po co zatem



robić to ponownie?”<sup>25</sup>. Krótko mówiąc, była to długa i dość kosztowna podróż w celu obejrzenia głębinowej płaszczki. Szacuje się, że powtórzenie takiego zanurzenia kosztowałoby dzisiaj co najmniej 100 milionów dolarów.

Gdy badacze głębin przekonali się, że marynarka nie ma zamiaru kontynuować obiecanego programu badań, podniósł się głośny krzyk oburzenia. Częściowo dla uciszenia krytyków marynarka wojenna ufundowała bardziej zaawansowany batyskaf, który miał być oddany do użytku instytucji pod nazwą Woods Hole Oceanographic Institution, znajdującej się w miejscowości Woods Hole w stanie Massachusetts. Nadano mu nazwę „Alvin”, od cokolwiek skróconego imienia i nazwiska oceanografa Ally-na C. Vine’a. Jest to w pełni samodzielna miniłódź podwodna, aczkolwiek nie jest zdolna do tak głębokich zanurzeń jak „Trieste”. Jej projektanci natrafili na dość poważny problem - nie mogli znaleźć firmy, która byłaby skłonna go zbudować. Jak pisze William J. Broad w książce *The Universe Below*: „Żadna duża firma, jak na przykład koncern General Dynamics, który buduje łodzie podwodne dla marynarki USA, nie chciała uczestniczyć w projekcie lekceważonym zarówno przez Bureau of Ships, jak i samego admirała Rickovera, głównych decydentów finansowania marynarki”<sup>26</sup>. Ostatecznie budowy podjął się dość nieoczekiwany kandydat, firma General Mills, reprezentująca sektor spożywczy, która skonstruowała „Alvi-na” w fabryce produkującej maszyny do wyrobu płatków śniadaniowych.

Jeżeli chodzi o to, czego należy się spodziewać tam na dole, wiedziano naprawdę bardzo niewiele. Jeszcze w latach pięćdziesiątych najlepsze mapy, jakimi dysponowali oceanografowie, były w większości oparte na mało szczegółowych, nielicznych badaniach pochodzących niekiedy sprzed trzydziestu lat i raczej nie budzących zaufania. Marynarka wojen na Stanów Zjednoczonych dysponowała wprawdzie doskonałymi mapami, które służyły okrętom podwodnym przy manewrowaniu w podwodnych kanionach i wokół gujotów, lecz nie chciała, aby wpadły one w ręce Sowietów, więc wszystkie te mapy miały klauzulę tajności. Cywilni naukowcy musieli się zadowolić

przestarzałymi szkicami lub opierali się na domysłach. Nawet dzisiaj naszą znajomość dna oceanów cechuje zadziwiająco niska rozdzielczość. Jeżeli spojrzysz na Księżyc przez typowy amatorski teleskop, zobaczysz duże kraterzy - Fracastorius, Blancanus, Zach, Planck oraz wiele innych, doskonale znanych badaczom Księżyca - które byłyby nieznane, gdyby znajdowały się na dnie któregoś z ziemskich oceanów. Nasze mapy Marsa są lepsze niż mapy morskiego dna Ziemi.

Badania powierzchni oceanów także nie grzeszyły nadmiarem systematyczności. W 1994 roku koreański frachtowiec zgubił 34 000 rękawic hokejowych w czasie sztormu na Pacyfiku. Badania losów rękawic, które trafiły we wszystkie możliwe miejsca, od Vancouveru po Wietnam, dostarczyły oceanografom znacznie więcej danych na temat prądów morskich niż wszystkie uprzednie wysiłki razem wzięte<sup>27</sup>.

„Alvin” liczy dziś 40 lat, lecz nadal pozostaje głównym statkiem badawczym światowej oceanografii. Dalej nie mamy urządzeń, które byłyby w stanie dotrzeć choćby w pobliże głębokości Rowu Mariańskiego. Tylko pięć statków, wliczając „Alvina”, może zanurzyć się na głębokość strefy abisalnej, głębinowego płaskowyzu obejmującego ponad połowę powierzchni planety. Dzielne koszty funkcjonowania typowego statku głębinowego sięgają 25 000 dolarów, więc nikt nie wrzuca ich do wody wedle swego widzimisię, w nadziei, że przypadkiem natrafi na coś interesującego. W rezultacie nasza znajomość głębin jest mniej więcej taka, jaką mielibyśmy na temat naziemnego świata, gdyby była oparta na pracy pięciu ogrodowych traktorków badających po ciemku całą powierzchnię globu. Według Roberta Kunziga ludzkość zbadała „zapewne jedną milionową, a może bilionową oceanicznego mroku. Być może mniej. Być może znacznie mniej”<sup>28</sup>.

Ograniczone fundusze na badania oceanografowie nadrabiają pomysłowością i mają już na swym koncie wiele ważnych odkryć, łącznie z jednym z najważniejszych i zaskakujących biologicznych odkryć naukowych

dwudziestego wieku. W 1977 roku „Alvin” znalazł kwitnące kolonie olbrzymich organizmów, żyjących wewnątrz oraz wokół głębinowych źródeł hydrotermalnych w pobliżu wysp Galapagos - długie na trzy metry robaki Riftia pachyptila, szerokie na 30 centymetrów mięczaki, zatrząsienie krewetek i małży, wijące się jak spaghetti Terebellidpolychaete<sup>29</sup>. Wszystkie te stworzenia zawdzięczają swe istnienie olbrzymim koloniom bakterii, które z kolei żyją i pozyskują swoją energię z siarkowodoru - substancji niezwykle toksycznej dla istot naziemnych - sączących się nieustannie z otworów hydrotermalnych. Jest to świat istot niezależnych od światła słonecznego, tlenu i wszystkiego, co normalnie kojarzy nam się z życiem. „Alvin” odkrył żywy system oparty nie na fotosyntezie, lecz na chemosyntezie - system, który biolodzy odrzuciliby jako niedorzeczny, gdyby ktoś miał dość wyobraźni, aby go zaproponować.

Podwodne źródła wydzielają olbrzymie ilości ciepła i energii - dwa tuziny z nich produkują tyle energii, ile duża elektrownia. Zakres temperatur wokół nich jest również dość znaczny - tuż obok wylotu temperatur może sięgać 400 stopni Celsjusza, a kilka metrów dalej woda może mieć temperaturę zaledwie dwóch lub trzech stopni powyżej punktu zamarzania. Pewien rodzaj robaka, nazwany alvinellid, został odkryty tuż obok krawędzi, i okazało się, że temperatura wody wokół jego głowy jest o 78 stopni wyższa niż w pobliżu ogona. Wcześniej sądzono, że żaden wielokomórkowy, złożony organizm nie może przeżyć w wodzie o temperaturze wyższej niż około 54 stopni Celsjusza<sup>30</sup>, a tutaj znalazł się taki, który znosi równocześnie znacznie wyższą temperaturę oraz ekstremalnie niską. To odkrycie zmieniło nasze poglądy dotyczące warunków niezbędnych do przetrwania życia.

Przy okazji rozwiązana została jedna z wielkich zagadek oceanografii ->- o czym wielu z nas nie wiedziało, że w ogóle jest zagadką - mianowicie dlaczego oceany nie stają się coraz bardziej zasolone. Oczywistym truizmem jest stwierdzenie, że w morzach jest dużo soli. Wystarczyłoby jej do I, pokrycia każdego kawałka lądu do wysokości 150 metrów<sup>31</sup>. Od wieków i jbyło

wiadomo, że rzeki niosą minerały do mórz. Minerały te łączą się z jonami w oceanie, tworząc sole. Jak dotąd wszystko w porządku. Zagadka polega na tym, że poziom zasolenia mórz się nie zmienia. Miliony galonów wody wyparowują codziennie z oceanów, zostawiając za sobą wszystkie te sole, więc logiczny wydawałby się wniosek, że oceany powinny być coraz bardziej słone w miarę upływu lat. Zasolenie jednak pozostaje stabilne. Coś usuwa z wody taką samą ilość soli, jaką dostarczają rzeki. Bardzo długo nikt nie potrafił odgadnąć, jaki mechanizm jest za to odpowiedzialny.

Zagadkę rozwiązało odkrycie przez „Alvina” podwodnych otworów.

Geofizycy zdali sobie sprawę, że otwory działają podobnie jak filtry w domowym akwariu. Morska woda jest wciągana do wnętrza skorupy ziemskiej, gdzie zostaje pozbawiona rozpuszczonych w niej soli, po czym czysta woda wydobywa się z powrotem przez kominy hydrotermalne. Proces nie jest zbyt szybki - oczyszczenie całego oceanu trwałoby około 10 milionów lat<sup>32</sup> - lecz jeżeli ci się nie spieszy, to jest zachwycająco skuteczny.

Zapewne nic nie ilustruje dobitniej naszego psychologicznego dystansu wobec oceanicznych głębin niż główne zadanie, jakie postawiono oceanografom w Międzynarodowym Roku Geofizycznym<sup>33</sup>, jak nazwany został sezon 1957-1958. Zadanie to polegało na badaniu „użycia głębin oceanów do składowania odpadów radioaktywnych”. Nie było to bynajmniej typowo wojskowe przedsięwzięcie, podjęte w tajemnicy przed opinią publiczną, lecz najzupełniej jawna, cywilna akcja. W rzeczywistości zaczęła się ona ponad dziesięć lat wcześniej i w latach 1957-1958 nabrała już dość zatrważającego tempa. Od 1946 roku Stany Zjednoczone pozbywały się radioaktywnych odpadów, wożąc je w 55-galonowych pojemnikach w pobliżu wysp Fallarone, -około 50 kilometrów od wybrzeża Kalifornii, na wysokości San Francisco, gdzie najzwyczajniej w świecie wyrzucano je za burtę.

Nawet według ówczesnych standardów była to niewiarygodna fuszerka. Większość pojemników była dokładnie taka, jakie widzimy niekiedy, gdy

rdzewieją za stacją benzynową lub za płotem fabryki, pozbawione jakiegokolwiek powłoki ochronnej. Gdy nie chciały tonąć, co często się zdarzało, strzelcy pokładowi dziurawili je seriami z karabinów<sup>34</sup>, aby woda mogła się dostać do środka (a pluton, uran i stront - na zewnątrz). Zanim w latach dziewięćdziesiątych zaprzestano tego procederu, Stany Zjednoczone pozbyły się w ten sposób kilkuset tysięcy pojemników, wrzucając je do oceanu w 50 różnych miejscach - tylko w okolicach Fallarone zatopiono prawie 50 000 sztuk. Stany Zjednoczone nie były oczywiście jedynym krajem, który w ten sposób pozbywał się swoich odpadów. Wśród entuzjastycznych morskich śmieciarzy były: Rosja, Chiny, Japonia, Nowa Zelandia i niemal wszystkie kraje europejskie.

A jaki skutek wywarły te działania na podmorskie życie? No cóż, mamy nadzieję, że nieznaczny, lecz w istocie nikt nie ma pojęcia. Jesteśmy zdumiewająco, wyniośle, głęboko nieświadomi życia pod poziomem mórz. Nawet najpotężniejsze morskie istoty są często zadziwiająco słabo poznane, wliczając w to największą z nich, płetwala błękitnego, zwierzę o tak gargantuicznych proporcjach, że (cytując Davida Attenborough) jego język waży więcej niż słoń, jego serce ma rozmiary samochodu, a niektóre z jego naczyń krwionośnych są tak szerokie, że moglibyśmy w nich pływać”. Jest to największa bestia w historii Ziemi, większa nawet niż najpotężniejsze dinozaury, lecz większość szczegółów dotyczących życia płetwali błękitnych stanowi dla nas zagadkę. Nie mamy pojęcia, gdzie przebywają, dokąd i którędy podążają, aby się rozmnażać. Niemal wszystko, co o nich wiemy, pochodzi z podsłuchiwania ich pieśni, ale nawet tu kryją się liczne tajemnice. Płetwale błękitne czasami przerywają pieśń, po czym kontynuują ją od tej samej nuty... sześć miesięcy później”. Niekiedy intonują nową pieśń, której żaden z nich uprzednio nie słyszał, lecz wszystkie ją znają. Nie mamy pojęcia, w jaki sposób ani po co to robią. A są to zwierzęta, które muszą regularnie pojawiać się na powierzchni, aby oddychać.

W przypadku zwierząt, które nigdy nie pojawiają się na powierzchni, nasza ignorancja jest jeszcze trudniejsza do pojęcia. Weźmy pod uwagę osławioną kałamarnicę<sup>36</sup>. Wprawdzie w porównaniu z płetwalem błękitnym jest pchełką, lecz mimo wszystko jest to ogromne stworzenie, z oczami wielkości piłki futbolowej i mackami, które mogą osiągać 18 metrów długości. Waży prawie tonę i jest największym bezkręgowcem na Ziemi. Gdyby jedną z nich umieścić w małym, przydomowym basenie, nie zostałyby wiele miejsca. Jednak żaden naukowiec - żaden człowiek, o ile nam wiadomo - nie widział nigdy żywej kałamarnicy. Niektórzy zoolodzy poświęcili karierę, aby schwytać lub choćby zobaczyć żywą kałamarnicę, lecz nikomu się to nie udało. Znamy je niemal wyłącznie dzięki temu, że morze wyrzuca martwe osobniki na plaże, zwłaszcza - z nieznanых powodów - na plaże Wyspy Południowej Nowej Zelandii. Ich populacja musi być liczna, ponieważ stanowią główny element diety kaszalotów, a kaszaloty są znane z żarłoczości\*.

Według jednego z oszacowań w morzach i oceanach żyje 30 milionów gatunków zwierząt, z czego większość nie została jeszcze poznana”.

\* Niestrawione części kałamarnic, w szczególności ich dzioby, gromadzą się w żołądkach kaszalotów w postaci substancji zwanej ambrawą, która jest stosowana jako utrwalacz do produkcji perfum. Gdy następnym razem użyjesz Chanel nr 5 (zakładając, że to twój ulubiony zapach), możesz się zastanowić nad zrządzeniem losu, który sprowadził destylat z nigdy nie widzianego morskiego potwora do twojej łazienki.

Pierwsze badania, które dostarczyły dowodów wskazujących, iż morza kryją prawdziwe bogactwo życia, zaczęto dopiero w latach dziewięćdziesiątych wraz z wynalazkiem drągi - urządzenia, które chwyta organizmy żyjące nie tylko na dnie morza oraz tuż nad nim, lecz także te, które żyją zagrzebane w podmorskich mułach i innych osadach. W czasie trwającego zaledwie jedną godzinę trałowania wzdłuż kontynentalnego szelfu, na głębokości około półtora kilometra, oceanografowie z Woods Hole, Howard Sandler i Robert Hessler,

złowili w sieć ponad 25 000 istot - robaków, rozgwiazd, ogórczaków i wielu innych - reprezentujących 365 gatunków. Nawet na głębokości prawie pięciu kilometrów znaleźli około 3700 istot reprezentujących około 200 gatunków<sup>38</sup>. A przecież w ich dradze znalazły się tylko istoty zbyt powolne lub zbyt głupie, aby zejść im z drogi. W latach sześćdziesiątych biolog morski John Isaacs wpadł na pomysł, aby opuścić na dno kamerę z przyczepioną przynętą, i odkrył kolejne gatunki, w szczególności gęste ławice wijących się śluzie, prymitywną istotę podobną do węgorza, jak również pędzące jak strzały ławice grenadierów. Gdy nagle pojawiło się jakieś duże źródło pożywienia - na przykład martwy wieloryb, który opadł na dno - naliczono 390 gatunków stworzeń, które zasiadły do obiadu. Naukowców szczególnie zaintrygował fakt, że wiele z tych stworzeń pochodziło z podwodnych źródeł odległych nawet o 1600 kilometrów, a były wśród nich takie typy jak małże, które raczej nie zaliczają się do wybitnych podrózników. Obecnie przypuszcza się, że larwy niektórych organizmów mogą dryfować w wodzie, aż za pomocą jakichś nie znanych nam chemicznych sygnałów wykrywają, że znalazły się nad źródłem pożywienia, i wtedy opadają na dno.

Skoro morza i oceany są tak olbrzymie, to dlaczego tak łatwo udaje nam się przekraczać granice ich odporności? Po pierwsze, oceany nie wszędzie są jednakowo bogate. Mniej niż jedna dziesiąta część oceanu jest uważana za produktywną<sup>39</sup>. Większość morskich stworzeń żyje na płytkich wodach, gdzie jest więcej ciepła, światła oraz bogactwo materii organicznej, która zasila łańcuch pokarmowy. Na przykład rafy koralowe stanowią znacznie mniej niż 1 procent oceanów, lecz są siedliskiem około 25 procent morskich ryb.

Niektóre obszary oceanów nie są nawet po części tak bogate. Weźmy na przykład Australię. Licząca 36 735 kilometrów linii brzegowej i ponad 23 miliony kilometrów kwadratowych wód terytorialnych Australia posiada więcej morza niż jakikolwiek inny kraj, lecz, jak odnotował Tim Flannery, nie znalazła się nawet w pierwszej pięćdziesiątce pod względem ilości połowów<sup>40</sup>. W

rzeczywistości Australia jest poważnym importerem owoców morza, ponieważ większość australijskich wód - podobnie zresztą jak większość lądowego terytorium Australii - jest w istocie pustynią (godny uwagi wyjątek stanowi Wielka Rafa Koralowa u wybrzeży Queenslandu, która jest siedliskiem nadzwyczaj bujnego życia). Gleba Australii jest na tyle nieurodzajna, że bardzo mało substancji odżywczych spływa z niej do oceanu.

Lecz nawet tam, gdzie życie kwitnie, często jest niezwykle wrażliwe na zakłócenia. W latach siedemdziesiątych australijscy rybacy odkryli olbrzymie ławice mało znanych ryb żyjących na głębokości około 800 metrów na szelfie kontynentalnym Australii. Nazywały się gardłosze i były doskonałe w smaku. Ten sam gatunek, choć w mniejszych ilościach, odkryto także u wybrzeży Nowej Zelandii. Niemal natychmiast połowy gardłosza osiągnęły poziom 40 000 ton rocznie, lecz wkrótce potem biolodzy dokonali alarmujących odkryć. Gardłosze bardzo wolno dojrzewają, po czym żyją niezwykle długo; niektóre osobniki osiągają wiek 150 lat. Niejeden egzemplarz, który niedawno trafił na czyjś talerz, urodził się, gdy na tronie Anglii zasiadała królowa Wiktorja. Gatunek ten przyjął tak niespieszny styl życia, ponieważ wody, w których żyje, są bardzo ubogie w pożywienie. Niektóre gatunki żyjące w takich okolicach składają ikrę tylko raz w życiu. Jest oczywiste, że tego rodzaju populacje są bardzo wrażliwe na zaburzenia. Niestety, zanim naukowcy odkryli wszystkie te uwarunkowania, populacja gardłosza została poważnie przetrzebiona. Nawet przy starannej kontroli upłynie kilkadziesiąt lat, zanim wróci do stanu wyjściowego, jeżeli w ogóle jej się to uda.

Znane są także liczne przypadki, gdy nadużycie zasobów oceanów wynika z bezsensownej niefrasobliwości, a nie tylko z niewiedzy. Wielu rybaków obcina rekinom płetwy, po czym wrzuca okaleczone zwierzę z powrotem do wody, skazując je na śmierć<sup>41</sup>. W 1998 roku płetwa rekina kosztowała na Dalekim Wschodzie 110 dolarów za kilogram, a za talerz zupy z płetwy rekina w restauracji w Tokio trzeba było zapłacić 100 dolarów. W 1994



roku fundacja ochrony środowiska World Wildlife Fund szacowała, że liczba zabijanych rekinów waha się między 40 a 70 milionami rocznie.

W 1995 roku 37 000 dużych statków rybackich, plus około miliona mniejszych łodzi, złowiło łącznie dwukrotnie więcej ryb niż 25 lat wcześniej. Współczesne trawlerzy mają niekiedy rozmiary statków wycieczkowych i ciągną za sobą sieci, które mogłyby pomieścić tuzin jumbo jetów<sup>42</sup>. Niektóre z nich wykorzystują samoloty zwiadowcze do poszukiwania ławic ryb z powietrza.

Szacuje się, że około jednej czwartej zawartości każdej wyciągniętej na pokład sieci rybackiej zawiera tak zwany przyłów - ryby, które nie mają wartości handlowej, ponieważ są zbyt małe, nie należą do właściwego gatunku lub zostały złowione poza sezonem połowów dla danego gatunku. Jak powiedział dziennikowi „The Economist” jeden z obserwatorów: „Nadal żyjemy w średniowieczu. Po prostu zarzucamy sieci i patrzymy, co w nie wpadnie”<sup>41</sup>. Prawdopodobnie 22 miliony ton takich niechcianych ryb co roku wraca do morza; większość z nich jest już wtedy martwa<sup>44</sup>. Na każdy kilogram złowionych krewetek przypada około czterech kilogramów ryb i innych morskich stworzeń, które przy tej okazji tracą życie.

Duże obszary Morza Północnego są przemiatane do czysta przez włoki ramowe trawlerów aż siedem razy w ciągu roku<sup>43</sup>. Żaden ekosystem nie jest w stanie wytrzymać takiej ingerencji. Wiele różnych oszacowań wskazuje, że połowy powodują zmniejszanie się populacji co najmniej dwóch trzecich z ogólnej liczby gatunków żyjących w Morzu Północnym. Nie lepiej jest na Atlantyku. Populacja halibuta była niegdyś tak liczna, że u wybrzeży Nowej Anglii jedna łódź rybacka potrafiła w ciągu jednego dnia złowić 10 ton. Obecnie u północno-wschodnich wybrzeży Ameryki halibut jest niemalże wymarłym gatunkiem.

Niczego jednak nie da się porównać z losem dorsza. Pod koniec piętnastego stulecia Giovanni Caboto, włoski żeglarz zatrudniony przez Henryka VII i znany jako John Cabot, odkrył niewiarygodne ilości ryb na

płytkich wodach wschodnich wybrzeży Ameryki Północnej, zwanych ławicami. Ławice obfitowały w takie ilości żerujących przy dnie gatunków ryb, że, jak raportował zaskoczony Cabot, marynarze łapali je do wiader<sup>46</sup>. Niektóre ławice są dość rozległe, na przykład ławica Georges Bank jest większa od całego stanu Massachusetts, do którego przylega. Ławica Nowofundlandzka jest jeszcze większa i przez całe wieki obfitowała w dorsze. Wydawało się, że Ameryka dysponuje niewyczerpanym rezerwuarem dorsza. Nic bardziej błędnego.

W 1960 roku populacja dorsza na północnym Atlantyku spadła do około 1,6 miliona ton. W 1990 roku zmniejszyła się do 22 000 ton<sup>47</sup>. W kategoriach komercyjnych dorsz stał się gatunkiem wymarłym. Jak napisał Mark Kurlansky w swej fascynującej historii Cod: „Rybacy wylapali je wszystkie”<sup>48</sup>. Dorsz może już nigdy nie wrócić na zachodni Atlantyk. W 1992 roku połowy dorsza na Ławicy Nowofundlandzkiej zostały całkowicie wstrzymane, lecz do jesieni 2002 roku, według raportu zamieszczonego w „Naturę”, gatunek nie zdołał się zregenerować<sup>49</sup>. Kurlansky pisze, że niegdyś to właśnie dorsz był „rybą” w filecie rybnym lub w paluszkach rybnych, ale w pewnym momencie został zastąpiony przez łupacza, później przez łososia, a ostatnio przez pacyficznego wątlusza. Dzisiaj, stwierdza rzeczowo Kurlansky, „ryba” oznacza „cokolwiek się nawinie”<sup>50</sup>.

To samo można powiedzieć o wielu innych owocach morza. Na łowiskach Nowej Anglii położonych w pobliżu Rhode Island łowiono niegdyś homary, które ważyły przeciętnie około dziewięciu kilogramów, a trafiały się osobniki ważące ponad trzynaście kilogramów. Nie niepokojone, homary żyją kilkadziesiąt lat - biolodzy sądzą, że nawet 70 - i nigdy nie przestają rosnąć. Obecnie łowione homary rzadko osiągają więcej niż kilogram. „Biolodzy szacują, że 90 procent homarów trafia na talerz w ciągu roku od momentu, gdy w wieku około sześciu lat osiągają dopuszczalne przepisami rozmiary”<sup>51</sup>, pisze „New York Times”. Mimo zmniejszających się zasobów stanowe i federalne ulgi podatkowe nadal zachęcają, a w niektórych przypadkach wręcz zmuszają

rybaków z Nowej Anglii do nabywania większych łodzi i intensyfikowania połowów. Rybacy z Massachusetts muszą się dziś ograniczyć do połowów płochliwych śluzie, na które istnieje pewien niewielki popyt na Dalekim Wschodzie, lecz ostatnio także i w tym przypadku populacja gatunku zaczyna się zmniejszać.

Zadziwiająco słabo znamy i rozumiemy dynamikę, która rządzi życiem w morzu. Wprawdzie w obszarach dotkniętych nadmiernymi połowami życie jest mniej bogate, niż powinno być, lecz z kolei w pewnych ubogich w pożywienie strefach oceanów istnieje znacznie więcej żywych istot, niż można by się spodziewać. Rozciągający się wokół Antarktyki Ocean Południowy produkuje zaledwie około 3 procent światowych zasobów fi-toplanktonu. Wydaje się, że to o wiele za mało, aby podtrzymać jakikolwiek złożony ekosystem, a jednak okazuje się, że wystarcza aż nadto. Foka krabojad nie jest zapewne powszechnie znana, mimo iż wśród dużych zwierząt jest to prawdopodobnie drugi pod względem liczebności gatunek na Ziemi\* (pierwszym jest człowiek). Na paku lodowym wokół Antarktyki żyje ich 10 do 20 milionów<sup>52</sup>. Do tego dochodzi około 2 milionów fok Weddella, co najmniej pół miliona pingwinów cesarskich i być może nawet cztery miliony pingwinów Adeli. Wierzchołek łańcucha pokarmowego jest beznadziejnie szeroki, lecz w jakiś sposób jednak funkcjonuje. Nikt nie wie jak.

Wszystko to stanowi dość okrężny sposób stwierdzenia, że bardzo niewiele wiemy o największym ziemskim ekosystemie. Jednak, jak zobaczymy na kolejnych stronach, bardzo wielu rzeczy nie wiemy jeszcze na temat życia. W szczególności - w jaki sposób się zaczęło.

\* To stwierdzenie nie obejmuje zwierząt hodowlanych (przyp. tłum.).

## Rozdział 19

### POWSTANIE ŻYCIA

W 1953 roku Stanley Miller, doktorant na University of Chicago, połączył gumową rurką dwie szklane kolby - jedna z nich zawierała wodę, reprezentującą pierwotny ocean, w drugiej znajdowała się mieszanina metanu, amoniaku i wodoru, gazów reprezentujących wczesną atmosferę Ziemi - i przepuścił przez nie wyładowania elektryczne, które miały imitować błyskawice. Po kilku dniach woda w kolbach zmieniła kolor na zielonożółty, ponieważ w kolbach utworzyła się gęsta zupa aminokwasów, kwasów tłuszczowych, cukrów i innych związków organicznych<sup>1</sup>. „Jeżeli Bóg nie zrobił tego w taki sposób, to przeoczył niezłą metodę”, stwierdził z zadowoleniem promotor Millera, laureat Nagrody Nobla Harold Urey.

Ówczesne raporty prasowe wydawały się sugerować, że wystarczy tylko dobrze potrząsnąć kolbami, aby wypełzło z nich życie. Czas pokazał, że nie było to bynajmniej aż tak proste. Po półwieku dalszych badań nie znajdujemy się bliżej stworzenia życia w laboratorium, niż byliśmy w 1953 roku, natomiast znacznie słabszy jest dziś nasz optymizm. Obecnie naukowcy są przekonani, że wczesna atmosfera Ziemi nie była tak bogata jak gazowa mieszanka Millera i Ureya, lecz składała się raczej z mniej reaktywnej mieszaniny azotu i dwutlenku węgla. Eksperymenty Millera powtórzone z tymi bardziej wymagającymi substratami dały tylko jeden dość prosty aminokwas<sup>2</sup>. Tak czy inaczej, wyprodukowanie aminokwasów nie stanowi problemu. Problemem są białka.

Białko powstaje, gdy połączy się aminokwasy w łańcuch. Nikt nie wie tego dokładnie, lecz w ludzkim ciele może istnieć nawet około miliona typów białek<sup>3</sup>, a każde z nich stanowi maleńki cud natury. Według wszelkich praw prawdopodobieństwa białka nie powinny istnieć. Aby wyprodukować konkretne

białko, trzeba ułożyć określone aminokwasy (długoletnia tradycja zobowiązuje mnie do nazwania ich tutaj "klockami do budowy życia") w określonej kolejności, na takiej samej zasadzie, jak układa się określone litery, aby utworzyć jakieś słowo. Problem polega na tym, że w języku aminokwasów słowa są nadzwyczaj długie. Aby przeliterować słowo „kolagen”, nazwę powszechnie występującego białka, wystarczy ułożyć we właściwej kolejności siedem liter. Aby zbudować kolagen, trzeba ułożyć we właściwej kolejności 1055 aminokwasów, lecz - i to jest kluczowy moment, w którym wkraczają prawa prawdopodobieństwa - to nie ty go budujesz. Kolagen buduje się sam, spontanicznie, bez nadzoru (zwija się w potrójną helisę pozornie spontanicznie, dzięki budowie łańcuchów polipeptydowych powstających pod kontrolą genetyczną).

Szansę na spontaniczne powstanie 1055-elementowej sekwencji, jaką stanowi cząsteczka kolagenu, są, krótko mówiąc, żadne. To się po prostu nie zdarzy. Aby zdać sobie sprawę, jak nieprawdopodobne jest jego istnienie, wyobraź sobie typowy automat do gry, jednoręki bandyta” z Las Vegas, lecz trochę dłuższy - ściśle rzecz biorąc, wydłużony do 27 metrów, aby zmieściło się 1055 wirujących szpul, zamiast typowych trzech czy czterech, z 20 symbolami na każdej szpuli (po jednym na każdy powszechnie występujący aminokwas\*). Jak długo musiałbyś pociągać za dźwignię, aby wszystkie 1055 symboli ustawiło się we właściwym porządku? Odpowiedź brzmi: jeszcze długo po tym, jak Las Vegas zniknie z mapy Drogi Mlecznej. Jeżeli nawet liczbę wirujących szpul zmniejszymy do 200, co odpowiada liczbie aminokwasów w przeciętnym białku, szanse na trafienie określonej sekwencji wynoszą 1:  $10^{260}$  (czyli jedynka z 260 zerami)<sup>4</sup>. To więcej, niż wynosi liczba wszystkich atomów we wszechświecie.

Krótko mówiąc, białka są dość złożonymi obiektami. Hemoglobina składa się z zaledwie 146 aminokwasów<sup>5</sup>, więc w świecie białek jest karzełkiem, lecz 146 aminokwasów można ułożyć na  $10^{190}$  sposobów. Max Perutz, chemik z

Cambridge University, potrzebował dwudziestu trzech lat - mniej więcej połowę zawodowej kariery - aby zidentyfikować sekwencję aminokwasów hemoglobiny. Szansa, aby jakiś przypadkowy proces mógł wyprodukować nawet jedno proste białko, wydaje się oszałamiająco znikoma - równie mała jak to, że szalejąca w składnicy złomu

\* Istnieją 22 znane nam aminokwasy występujące w naturalny sposób na Ziemi. Być może inne wciąż czekają na swoich odlaywców, lecz tylko 20 z nich jest potrzebne do zbudowania każdego z nas, a także większości innych żywych istot na globie. Dwudziesty drugi, zwany pyrolizyną, odkryty w 2002 roku przez badaczy z Ohio State University, występuje tylko u jednego typu w domenie Archaea (podstawowej formy życia, o której będzie mowa w dalszej części tej historii), zwanego *Methanosarcina barkeri*. trąba powietrzna zostawi po sobie gotowego do lotu jumbo jęta, aby użyć barwnego porównania astronoma Freda Hoyle'a.

Tymczasem my mówimy tu o setkach tysięcy, może nawet o milionie typów białek. Każde z nich ma inną, unikatową sekwencję aminokwasów, i każde - o ile wiadomo - jest niezbędne do sprawnego funkcjonowania twojego organizmu. Ale sekwencja to jeszcze nie wszystko. Aby białko mogło spełnić swoją funkcję w organizmie, musi nie tylko mieć poustawiane we właściwej kolejności aminokwasy, ale musi jeszcze wykonać swego rodzaju chemiczne origami i sfałdować się w pewien określony kształt. Jednak nawet ta strukturalna złożoność sama w sobie nie wystarczy, jeżeli białko nie potrafi odtworzyć samego siebie. A białka nie potrafią dokonać samoreprodukcji. Do tego potrzebne jest DNA. DNA jest mistrzem replikacji - potrafi w kilka sekund wykonać kopię samego siebie<sup>6</sup>, lecz nie potrafi właściwie nic innego. Mamy więc paradoksalną sytuację. Białka nie mogą istnieć bez DNA, a DNA nie ma innego celu niż białka. Czy zatem musimy uznać, że powstały równocześnie, w celu wzajemnego podtrzymania swego istnienia? Jeżeli tak, to chapeau bas!

A to jeszcze wciąż nie wszystko. DNA, białka oraz inne elementy życia

nie mogłyby prosperować bez pewnego rodzaju błony, wewnątrz której mogą się schować. Żaden atom, żadna cząsteczka nigdy nie osiągnęły życia niezależnie. Wyjmij którykolwiek atom ze swego ciała, a nie będzie bardziej żywy niż ziarenko piasku. Tylko wtedy, gdy spotykają się w ochronnym azylu komórki, te wysoce wyspecjalizowane i zróżnicowane materiały mogą wziąć udział w zdumiewającym tańcu, który nazywamy życiem. Poza komórką nie są niczym więcej niż interesującymi cząsteczkami chemicznymi. Lecz bez tych cząsteczek komórka nie ma sensu i celu istnienia. Jak ujął to Davies: „Jeżeli wszystko potrzebuje wszystkiego innego, to w jaki sposób ta społeczność komórek kiedykolwiek powstała?”<sup>7</sup>. To przypomina sytuację, jakby wszystkie produkty w twojej kuchni w jakiś sposób się połączyły i same upiekły ciastko, i to takie ciastko, które potrafi w razie potrzeby się podzielić i wyprodukować kolejne ciastka. Trudno się dziwić, że nazywamy życie cudem. Jeszcze trudniej się dziwić, że zaledwie zaczęliśmy je rozumieć.

Co zatem stanowi o tej cudownej złożoności? No cóż, jedna z możliwości polega na tym, że nie jest ona aż tak cudowna, jak nam się na pierwszy rzut oka wydaje. Weźmy te zdumiewająco nieprawdopodobne cząsteczki. Ich ogromną złożoność postrzegamy jako cud, ponieważ zakładamy, że przybyły na scenę w pełni ukształtowane. Może jednak te długie łańcuchy aminokwasów nie powstały od razu? Może w wielkiej maszynie stworzenia niektóre szpule były zatrzymane? Może trafione litery alfabetu życia zostały zatrzymane w miejscu, a inne szpule nadal wirowały? Inaczej mówiąc, może gotowe białka nie pojawiły się nagle, lecz ewoluowały?

Wyobraź sobie, że bierzesz wszystkie pierwiastki, które składają się na ludzkie ciało - - węgiel, wodór, tlen i tak dalej - zamykasz je w pojemniku z wodą, mocno potrząsasz, otwierasz... i wychodzi żywa osoba. To byłoby zdumiewające. W zasadzie za takim scenariuszem opowiada się Hoyle oraz inni zwolennicy hipotezy spontanicznego tworzenia białek (wliczając wielu gorliwych kreacjonistów). Tak jednak nie było. Nie mogło. Jak dowodzi w

książce Ślepy zegarmistrz Richard Dawkins, musiał istnieć pewien proces kumulatywnej selekcji<sup>8</sup>, który pozwolił aminokwasom łączyć się w grupy; Być może dwa lub trzy aminokwasy połączyły się z jakiegoś prostego powodu, po pewnym czasie wpadły na jakiś podobny mały układ, oba układy się połączyły i „odkryły” jakiś dodatkowy pożytek płynący z istnienia w grupie.

Takie reakcje chemiczne jak te, które kojarzymy z życiem, są w istocie dość powszechne. Nie potrafimy jeszcze niektórych z nich sprokurować w laboratorium, a la Stanley Miller i Harold Urey, lecz wszechświat daje sobie z tym radę na co dzień. Wiele rodzajów cząsteczek w przyrodzie potrafi łączyć się w długie łańcuchy zwane polimerami<sup>9</sup>. Cząsteczki cukm-glukozy nieustannie łączą się w polisacharydy. Kryształy potrafią wykonać kilka sztuczek, które imitują życie - replikują się, reagują na bodźce środowiskowe, tworzą złożone układy według określonego wzorca. Same w sobie nigdy nie osiągnęły stanu ożywionego, lecz nieustannie pokazują że złożoność stanowi naturalne, spontaniczne, powtarzalne zjawisko. Życie może być tub może nie być rozpowszechnione we wszechświecie, ale z pewnością nie brak w nim uporządkowanej samoorganizacji, którą widzimy niemal na każdym kroku, od zniewalającej symetrii płatków śniegu po dostojne pierścienie Saturna.

Ten naturalny impuls do porządkowania i złożoności jest tak potężny, że wielu naukowców uważa, iż życie może w istocie być w większym stopniu nieuniknione, niż nam się wydaje. Według opinii Christiana de Duve« belgijskiego biochemika i laureata Nagrody Nobla, życie stanowi „obligatoryjny przejaw zachowania materii, pojawiający się wszędzie i zawsze tam, gdzie istnieją sprzyjające warunki”<sup>10</sup>. De Duve sądzi, że takie warunki można prawdopodobnie napotkać miliony razy w każdej galaktyce.

Z pewnością nie ma niczego wyjątkowego w pierwiastkach, z których jesteśmy zbudowani. Gdybyś chciał stworzyć inną żywą istotę, na przykład złotą rybkę, główkę kapusty lub człowieka, potrzebowalbyś tylko cztery główne pierwiastki, węgiel, wodór, tlen i azot, z dodatkiem niewielkich ilości kilku



innych, głównie siarki, fosforu, wapnia i żelaza<sup>11</sup>. Następnie trzeba między nimi utworzyć około trzech tuzinów połączeń, aby powstały pewne cukry, kwasy oraz inne podstawowe elementy, i można budować wszystko, co żyje. Jak napisał Dawkins: „Nie ma niczego szczególnego w substancjach, z których zbudowane są wszystkie żywe istoty. Życie jest związkiem cząsteczek, jak wszystko inne”<sup>12</sup>.

Ostateczny wniosek jest taki, że fenomen życia jest zdumiewający, zachwycający, może nawet cudowny, lecz wcale nie jest niemożliwym do zrealizowania cudem, o czym nieustannie zaświadcza nasza skromna egzystencja. Wielu szczegółów odnoszących się do początków życia nie potrafimy oczywiście wyjaśnić. Każdy scenariusz dotyczący warunków niezbędnych do powstania życia wymaga obecności wody - od „zupy organicznej” Darwina po bulgoczące otwory w dnie oceanu, które obecnie stanowią najbardziej popularne kandydatury na miejsce powstania życia - lecz wszystkie one pomijają milczeniem fakt, że proces budowy białek (inaczej mówiąc, zamiana monomerów w polimery) polega na reakcji dehydratacji, w której powstają tak zwane wiązania peptydowe oraz uwalniana jest cząsteczka wody H<sub>2</sub>O. Jeden z popularnych podręczników biologii ujmuje to następująco (z lekką nutą dyskomfortu): „Naukowcy zgadzają się, że takie reakcje nie byłyby energetycznie uprzywilejowane w pierwotnym oceanie, a właściwie w żadnym wodnym środowisku ze względu na prawo działania mas”<sup>13</sup>. To byłoby coś takiego jak sypanie cukru do szklanki wody z nadzieją, że powstanie kostka cukru. To nie powinno się zdarzyć, ale w naturze jakimś sposobem się zdarzyło. Tajniki chemii polimerów są dość złożone, lecz wystarczy powiedzieć, że gdy monomery się zamoczą, to nie zamienią się w polimery - z wyjątkiem procesu powstania życia na Ziemi. Pytanie, jak i dlaczego ten proces zaszedł wtedy, a nie zachodzi w innych warunkach, stanowi jedną z wielkich, nierozwiązanych zagadek biologii.

Natomiast jedną z wielkich niespodzianek w naukach o Ziemi w ciągu

ostatnich kilkudziesięciu lat stanowiło odkrycie, jak wcześnie w historii planety pojawiła się materia ożywiona. Jeszcze w latach pięćdziesiątych sądzono, że życie nie ma więcej niż 600 milionów lat<sup>14</sup>. W latach siedemdziesiątych kilka śmiałych dusz przypuszczało, że może mieć nawet 2,5 miliarda lat. Obecnie akceptowana liczba 3,85 miliarda lat oznacza zaskakująco wczesny początek życia. Powierzchnia Ziemi zestaliła się dopiero około 3,9 miliarda lat temu.

„Możemy tylko wnioskować z tej szybkości, że ewolucja życia w postaci bakterii nie jest »trudna« na planetach posiadających odpowiednie warunki”<sup>15</sup>, napisał Stephen Jay Gould w 1996 roku w „New York Timesie”. W innym miejscu tę samą myśl wyraził następująco: „Życie, pojawiając się tak szybko, jak tylko stało się to możliwe, było chemicznie skazane na powstanie”<sup>16</sup>.

Życie rzeczywiście pojawiło się tak szybko, że niektóre autorytety sądzą, iż musiało korzystać z jakiejś pomocy. Istnieją także sugestie, że w ogóle nie powstało samoistnie, lecz pojawiło się z kosmosu. Idea ta ma zaskakująco długą historię, w której pojawia się zresztą szereg wybitnych nazwisk. Sam wielki lord Kelvin zwrócił uwagę na tę możliwość w 1871 roku, gdy na posiedzeniu British Association for the Advancement of Science stwierdził, że „zarodki życia mogły być przyniesione na Ziemię przez jakiś meteoryt”. Sugestia ta pozostawała raczej w cieniu aż do pewnej wrześniowej niedzieli 1969 roku, gdy kilkadziesiąt tysięcy Australijczyków wystraszyła seria potężnych grzmotów oraz widok ognistej kuli przecinającej niebo ze wschodu na zachód<sup>17</sup>. Pędzący meteor wydał dziwny, trzeszczący dźwięk, po czym zniknął, pozostawiając za sobą nieprzyjemny zapach, który jedni kojarzyli ze spirytusem metylowym, a inni określili go po prostu jako okropny.

Meteor eksplodował nad miejscowością Murchison, położoną w Goulburn Valley na północ od Melbourne, a jego fragmenty spadły na ziemię. Niektóre ważyły ponad pięć kilogramów, lecz szczęśliwie nikomu nie wyrządziły krzywdy. Meteor należał do rzadkiego typu zwanego chondrytem węglistym. Mieszkańcy miasteczka zebrali łącznie około 90 kilogramów. Z

punktu widzenia naukowców trudno byłoby o lepszy moment upadku meteoru. Mniej niż dwa miesiące wcześniej astronauta z misji „Apollo II” przywieźli na Ziemię torbę pełną księżycowych kamieni. Laboratoria na całym świecie dosłownie ścigały się w zdobywaniu skał o pozaziemskim pochodzeniu.

Okazało się, że meteoryt z Murchison miał 4,5 miliarda lat i był naszpikowany aminokwasami. Znaleziono w nim 74 rodzaje aminokwasów, z czego osiem należało do tych samych typów, z których zbudowane są ziemskie białka<sup>18</sup>. Pod koniec 2001 roku, ponad 30 lat po upadku meteorytu, zespół badaczy z Ames Research Center w Kalifornii ogłosił, że meteoryt z Murchison zawiera także złożone łańcuchy cukrów, zwane poliola-mi, których uprzednio nie znaleziono poza Ziemią.

Od 1969 roku jeszcze kilka innych chondrytów węglistych przecięło orbitę Ziemi i dotarło do jej powierzchni<sup>19</sup> - jeden z nich pojawił się w styczniu 2000 roku; był widoczny nad znacznym obszarem Ameryki Północnej, zanim wylądował w pobliżu Tagish Lake w kanadyjskiej części Yukonu, potwierdzając fakt, że wszechświat jest bogaty w związki organiczne. Astronomowie przypuszczają, że kometa Halleya jest w 25 procentach zbudowana ze związków organicznych. Jeżeli dostateczna ilość takich związków spadnie w jakieś odpowiednie miejsce - na przykład na Ziemię - to dostarczy podstawowych elementów niezbędnych do powstania życia.

Teorie, a raczej hipotezy pozaziemskiego pochodzenia życia na Ziemi noszą nazwę panspermii. Istnieją dwa poważne problemy z hipotezą panspermii. Po pierwsze, nie odpowiada ona na pytanie, jak życie powstało, a jedynie przenosi odpowiedzialność za powstanie życia w inne miejsce. Po drugie, nawet najwybitniejsi i powszechnie szanowani zwolennicy panspermii przenoszą niekiedy dyskusję do poziomu, który można bez ogródek określić jako zuchwały. Francis Crick, współodkrywca struktury DNA, oraz jego kolega Leslie Orgel zasugerowali, że życie na Ziemi zostało „celowo zasiane przez inteligentne istoty”. John Gribbin ulokował tę ideę „na samej krawędzi

naukowego uznania<sup>20</sup>, co w tłumaczeniu na otwarty tekst oznacza, że idea zostałaby uznana za produkt szaleńca, gdyby nie fakt, iż ogłosił ją laureat Nagrody Nobla. Fred Hoyle oraz jego współpracownik Chandra Wickramasinghe w jeszcze większym stopniu osłabili entuzjazm zwolenników panspermii, gdy zasugerowali - jak wspomniałem w rozdziale 3 - że nie tylko życie, lecz także wiele chorób, na przykład grypa i dżuma, trafiły na Ziemię z kosmosu. Biochemicy bez trudności obalili koncepcję pozaziemskiego pochodzenia chorób.

Cokolwiek przyczyniło się do powstania życia, zdarzyło się to tylko raz. Jest to najbardziej niezwykły fakt w biologii, być może najbardziej niezwykły fakt, jaki w ogóle znamy. Wszystko, co żyje obecnie i co żyło dotychczas, ma swój początek w tym samym pierwotnym skurczu. W pewnym momencie w niewyobrażalnie odległej przeszłości jakaś niewielka kupka związków chemicznych drgnęła i stała się życiem. Pochłonęła jakieś składniki odżywcze, poruszała się łagodnie, istniała przez krótką chwilę. Coś podobnego mogło się zdarzyć wcześniej, być może nawet wiele razy. Lecz ten pierwotny, niepozorny kandydat na zarzewie życia zrobił coś jeszcze, coś absolutnie niezwykłego: podzielił się i wyprodukował potomka. Mała wiązka materiału genetycznego została przekazana od jednej żywej istoty do drugiej i od tego czasu nie przestawała się przenosić. Był to moment stworzenia nas wszystkich. Biolodzy nazywają go niekiedy wielkim narodzeniem.

„Dokądkolwiek się udasz, cokolwiek znajdziesz, zwierzę, roślinę, robaka, bakterię, plamkę pleśni, jeżeli jest żywa, stosuje ten sam słownik i zna ten sam kod. Życie jest tylko jedno<sup>21</sup>, mówi MattRidley. Wszyscy stanowimy rezultat pojedynczej genetycznej sztuczki, przekazywanej z pokolenia na pokolenie przez prawie 4 miliardy lat tak wiernie, że możesz wziąć fragment ludzkiego kodu genetycznego, wstawić go do uszkodzonej komórki drożdży, a komórka zacznie go używać, jakby to był jej własny kod. I w całkiem realnym sensie to jest jej własny kod.

Jutrzenka życia - lub coś bardzo jej bliskiego - leży na półce w budynku Earth Sciences Department należącym do Australian National University (ANU) w stołecznym mieście Canberra, w biurze Victorii Bennett, sympatycznej Amerykanki zajmującej się geochemią izotopów. Pani Bennett przybyła do Australii w 1989 roku w ramach dwuletniego kontraktu i od tego czasu pracuje w ANU. Gdy odwiedziłem ją pod koniec 2001 roku, pokazała mi skromnie wyglądający kawałek skały pocięty naprzemiennie ułożonymi, wąskimi pasami białego kwarcu i szarzielonego materiału zwanego piroksenem. Skała pochodzi z wyspy Akilia koło Grenlandii, gdzie w 1997 roku odkryto niezwykle stare formacje skalne. Liczą sobie 3,85 miliarda lat i reprezentują najstarsze znane nam skały osadowe.

„Nie możemy być pewni, czy skała, którą trzymasz w ręku, zawierała kiedyś żywe organizmy, ponieważ w tym celu musielibyśmy ją zemleć na proch - powiedziała mi Bennett. - Lecz pochodzi z tych samych osadów, w których odkryto najstarsze formy życia, więc prawdopodobnie także i w niej znajdowało się życie”<sup>22</sup>. Nie znaleźlibyśmy w niej również skamieniałych mikrobów, nawet przy najbardziej szczegółowych oględzinach. Wszystkie proste organizmy zostały niestety zniszczone przez ten sam proces, który zamienił oceaniczny muł w skałę. Gdybyśmy przełamali skałę i zbadali ją pod mikroskopem, moglibyśmy co najwyżej znaleźć chemiczne ślady pozostawione przez żywe organizmy - izotopy węgla oraz pewien rodzaj fosforytu zwany apatytem - które łącznie stanowią silny dowód, że niegdyś skała zawierała kolonie żywych istot. „Możemy tylko zgadywać, jak mogły wyglądać te organizmy - mówi Bennett. - Były prawdopodobnie tak prymitywne, jak prymitywne może być życie, lecz nie zmienia to faktu, że stanowiły materię ożywioną. Żyły. Rozmnażały się”.

I w końcu stały się nami.

Dla naukowców z tej dziedziny, którą reprezentuje Victoria Bennett - interesujących się starymi skałami - ANU stanowi doskonałe miejsce do pracy, w znacznym stopniu dzięki pomysłowości Billa Compstona, geo-chemika

(obecnie emerytowanego), który w latach siedemdziesiątych zbudował pierwszą na świecie maszynę do pomiaru tempa rozpadu uranu w maleńkich minerałach zwanych cyrkonami. Nazwał ją Sensitive High Resolution Ion Micro Probe\*, na co dzień określana czułym skrótem SHRIMP - krewetka, od pierwszych liter pełnej nazwy. Cyrkony występują we wszystkich skałach oprócz bazaltów i są niezwykle trwałe. Wytrzymują wszystkie naturalne procesy poza subdukcją. Większość skorupy ziemskiej została w takim czy innym momencie wciągnięta z powrotem do wnętrza Ziemi, lecz od czasu do czasu - na przykład w Australii Zachodniej i na Grenlandii ^geolodzy znajdują odkrywki skał, które zawsze pozostawały na powierzchni. Maszyna Compstona umożliwia datowanie takich skał z niezrównaną dokładnością. Prototypowa wersja SHRIMP-a została wykonana i zmontowana w warsztatach Earth Sciences Department ANU. Wyglądała, jakby złożono ją z używanych części zapasowych za pożyczone pieniądze, lecz działała wspaniale. W czasie pierwszych oficjalnych testów, w 1982 roku, wykonano datowanie najstarszego obiektu kiedykolwiek znalezionej na Ziemi - liczącej 4,3 miliarda lat skały pochodzącej z Australii Zachodniej.

„To wywołało wtedy całkiem sporo zamieszania - powiedziała Bennett - gdyż odkryto coś tak ważnego za pomocą całkiem nowej technologii”.

Zaprowadziła mnie na koniec korytarza, aby mi pokazać obecny model, SHRIMP II. Jest to duży, ciężki przyrząd z nierdzewnej stali, długi na ja

\* Czula Mikrosonda Jonów o Wysokiej Rozdzielczości (przyp. tłum.).  
kieś 3,5 metra i wysoki na 1,5 metra, masywny jak głębokowodna sonda. Przy konsoli siedział człowiek o imieniu Bob, z Canterbury University w Nowej Zelandii. Był tam od czwartej rano, jak sam mi powiedział, i miał przed sobą jeszcze trzy godziny, bo maszyna była do jego dyspozycji do południa. Ilość skał do datowania jest tak duża, że SHRIMP II działa 24 godziny na dobę. Zapytaj kilku geochemików, jak coś takiego działa, a natychmiast zaczną opowiadać o składach izotopowych oraz poziomach jonizacji z entuzjazmem,

który znacznie łatwiej zrozumieć niż to, co faktycznie chcą ci powiedzieć. Zwięzłe streszczenie tej opowieści jest takie, że maszyna bombarduje próbkę skały wiązką naładowanych atomów, po czym mierzy niewielkie różnice ilości ołowiu i uranu w próbkach cyrkonu, dzięki czemu można dokładnie wyznaczyć wiek skał. Bob powiedział mi, że wykonanie odczytu dla jednego cyrkonu trwa około siedemnastu minut, a trzeba wykonać tuziny takich pomiarów dla każdej skały, aby wynik był wiarygodny. W praktyce proces wydawał się wyzwalać taki sam poziom okresowej aktywności i był równie stymulujący jak wycieczka do samoobsługowej pralni, jednak Bob robił wrażenie całkiem zadowolonego. Nowozelandczycy jednak niemal zawsze sprawiają wrażenie zadowolonych.

Wnętrze budynku Earth Sciences Department odzwierciedla interesujące połączenie pełnionych funkcji - - składa się z biur, laboratoriów i warsztatów. „Wszystko robiliśmy tu, na miejscu - - powiedziała Bennett. - Mieliliśmy nawet na etacie dmuchacza szkła, ale przeszedł już na emeryturę. Jednak wciąż mamy dwóch kruszycieli skał na pełnych etatach. - Podchwyciła moje lekko zdziwione spojrzenie. - Mamy tu do czynienia z olbrzymią ilością skał. Wszystkie one muszą być bardzo starannie przygotowane. Musimy być pewni, że nie ma tam żadnych zanieczyszczeń, na przykład fragmentów poprzednich próbek, kurzu, niczego. To bardzo precyzyjne i pracochłonne zajęcie”. Pokazała mi maszyny do kruszenia skał, które rzeczywiście wyglądały schludnie, aczkolwiek obsługa najwyraźniej udała się na kawę. Wokół maszyn znajdowały się duże pudła pełne skał o różnych kształtach i rozmiarach. W ANU rzeczywiście mają do czynienia z olbrzymią ilością skał.

Gdy po naszej wycieczce wróciliśmy do biura Victorii Bennett, zwróciłem uwagę na wiszący na ścianie plakat przedstawiający artystyczną, kolorową wizję Ziemi sprzed 3,5 miliarda lat, tuż po tym, gdy powstało życie, w okresie zwanym archaikiem. Plakat przedstawiał trochę niezemski krajobraz, pełen olbrzymich, aktywnych wulkanów, parujące morze w kolorze miedzi oraz surowe, czerwone niebo. Płyciznę na pierwszym planie wypełniały stromatolity,

pewnego rodzaju skalne kolonie bakterii. Nie wyglądało to jak najlepsze miejsce do powstania i rozwoju życia. Zapytałem ją, czy obraz odzwierciedla rzeczywistość.

„No cóż, pewna grupa badaczy uważa, że było wtedy zimno, ponieważ Słońce świeciło znacznie słabiej”. Później dowiedziałem się, że biolodzy żartobliwie określają to jako „problem chińskiej restauracji”, ponieważ Słońce było przyćmione. „Bez atmosfery promienie ultrafioletowe pochodzące ze Słońca, nawet ze słabego Słońca, mogłyby zerwać tworzące się wiązania molekularne. A jednak tutaj - stuknęła w stromatolity - masz organizmy prawie na powierzchni. To zagadka”.

„Zatem nie wiemy, jak wtedy wyglądał świat?”

„Mhm”, potwierdziła z namysłem.

„Tak czy inaczej, nie wygląda to na warunki sprzyjające życiu”.

Przytaknęła. „Ale musiało tam być coś, co mu sprzyjało. Inaczej nie byłoby nas tutaj”.

Z pewnością nie były to warunki, które by nam sprzyjały. Gdybyś miał wsiąść z maszyny czasu prosto do tego archaicznego świata, w popłochu uciekłbyś z powrotem, ponieważ na Ziemi było wtedy nie więcej tlenu, niż dziś jest na Marsie. Było natomiast pełno niezdrowych wyziewów chlorowodoru i kwasów siarkowych, dostatecznie mocnych, aby przeżreć ubranie i dobrać się do skóry<sup>23</sup>. Nie zobaczyłbyś pięknej panoramy groźnych wulkanów przedstawionych na plakacie w biurze Victorii Bennett, ponieważ skład chemiczny ówczesnej atmosfery dopuszczał do powierzchni Ziemi niewiele światła słonecznego. Jedyne światło pochodziłoby od jasnych i często występujących błyskawic. Krótko mówiąc, to była Ziania, lecz nie rozpoznałbyś w niej swojej planety.

W archaiku rocznice były nieliczne i nie obchodzono ich zbyt często. Przez 2 miliardy lat jedynymi formami życia były bakterie. Żyły, rozmnażały się, lecz nie wykazywały jakiegóż szczególnej skłonności do przejścia na inny,



bardziej wymagający poziom istnienia. W pewnym momencie, w ciągu pierwszego miliarda lat, cyjanobakterie, czyli niebieskozielone glony, nauczyły się wykorzystywać powszechnie dostępny materiał - wodór, który istnieje w spektakularnej obfitości w postaci wody. Glony absorbowwały cząsteczki wody, zabierały wodór, wypuszczały tlen jako produkt uboczny i w ten sposób wynalazły fotosyntezę. Jak napisali Margulis i Sagan, fotosynteza jest „niewątpliwie najważniejszą pojedynczą innowacją metaboliczną w historii życia na naszej planecie”<sup>24</sup> - i została wynaleziona przez bakterie, a nie przez rośliny.

W miarę rozmnażania się cyjanobakterii świat zaczął wypełniać się cząsteczkami O<sub>2</sub>, ku konsternacji tych organizmów, dla których tlen był trujący - czyli w owych czasach dla wszystkich. W beztlenowym świecie tlen jest silną trucizną. Białe krwinki w twoim ciele używają tlenu do zabijania wdzierających się do organizmu bakterii<sup>23</sup>. Toksyczne właściwości tlenu często stanowią niespodziankę dla tych z nas, którzy są przyzwyczajeni do myśli, że jest nam niezbędny do życia. Zawdzięczamy to wyłącznie ewolucji, która przystosowała nas do wykorzystywania tlenu. Inne rzeczy nie potrafią równie skutecznie obronić się przed tlenem - masło jełczeje, a żelazo rdzewieje. Nawet nasze organizmy tolerują tlen tylko do pewnego stopnia. Poziom tlenu w naszych komórkach jest około dziesięciu razy niższy niż w atmosferze.

Nowe organizmy, wykorzystujące tlen, miały pod dwoma względami przewagę nad pozostałymi. Po pierwsze, użycie tlenu stanowi skuteczniejszy mechanizm pozyskiwania energii. Po drugie, tlen unicestwia konkurencyjne organizmy. Niektóre z nich uciekły do mulistego, beztlenowego świata bagien i dna jezior. Inne początkowo podążyły tą samą drogą, lecz później (znacznie później) przeniosły się do układów pokarmowych takich istot jak ty i ja. Całkiem spora liczba tych pierwotnych uciekinierów egzystuje w tej chwili wewnątrz twojego ciała, pomagając ci w trawieniu pożywienia, lecz z odrazą przyjmując nawet najbardziej niewinną wzmiankę na temat O<sub>2</sub>. Nieprzeliczone

reszcie innych nie zdołały się zaadaptować i wyginęły.

Cyjanobakterie odniosły sukces, który niebawem wymknął im się spod kontroli. Tlen, który produkowały, początkowo nie gromadził się w atmosferze, lecz łączył się z żelazem, tworząc tlenki, które szły na dno pierwotnych mórz. Przez miliony lat świat całkiem dosłownie rdzewiał. Zjawisko to jest doskonale widoczne w warstwowanych osadach, które stanowią dzisiaj większość złóż rudy żelaza. Przez kilkadziesiąt milionów lat nie zdarzyło się w zasadzie nic więcej. Gdybyś udał się do tego wczesnego proterozoicznego świata, nie znalazłbyś zbyt wielu oznak wieszczących przyszłe sukcesy życia na Ziemi. Być może tu i ówdzie na osłoniętym jeziorze napotkałbyś cienką warstwę żywej piany lub zielonobrazowy osad na przybrzeżnych kamieniach. Poza tym życie pozostawało niewidoczne.

Jednakże około 3,5 miliarda lat temu pojawiło się coś bardziej wyraźnego<sup>26</sup>. Wszędzie tam, gdzie morza były płytkie, zaczęły się pojawiać widoczne struktury. W rezultacie swoich zwykłych, codziennych metabolicznych reakcji chemicznych cyjanobakterie stały się trochę lepkie. Zaczęły w ten sposób łączyć mikrocząstki pyłu i piasku, które łączyły się, tworząc dziwaczne, lecz trwałe struktury - stromatolity z plakatu w biurze Victorii Bennett. Stromatolity te przybierały różne kształty i miały bardzo różne rozmiary. Niektóre wyglądały jak ogromne kalafiory, inne jak puchate materace (słowo stromatolit pochodzi od greckiego określenia oznaczającego „materac”); jeszcze inne miały kształt kolumn wyrastających na dziesiątki metrów nad poziom morza. Niektóre przekraczały 100 metrów. Stanowiły pewnego rodzaju żywą skałę, reprezentującą pierwsze w historii Ziemi przedsięwzięcie kooperacyjne. Niektóre rodzaje prymitywnych organizmów żyły wprost na powierzchni, inne tuż pod nią a każdy z nich wykorzystywał warunki stworzone przez pozostałych uczestników. Na Ziemi pojawił się pierwszy ekosystem.

Przez wiele lat naukowcy znali stromatolity wyłącznie z wykopalisk, lecz w 1961 roku spotkała ich wielka niespodzianka. W odludnej zatoce Shark na

północno-zachodnim wybrzeżu Australii odkryto kolonię żywych stromatolitów. To było całkiem nieoczekiwane odkrycie, do tego stopnia nieoczekiwane, że upłynęło kilka lat, zanim naukowcy zdali sobie sprawę z tego, co właściwie odkryli. Dzisiaj Shark Bay stanowi atrakcję turystyczną - o ile miejsce położone setki mil od jakiegokolwiek innego miejsca oraz dziesiątki mil od czegokolwiek w ogóle może stanowić atrakcję turystyczną. Dla ułatwienia zwiedzania zbudowano wychodzące na zatokę pomosty, po których turyści mogą przejść nad wodą, aby z bliska oglądać stromatolity spokojnie oddychające tuż pod powierzchnią wody. Są szare, matowe i niepozorne. Wyglądają - jak wspomniałem w innej książce - jak bardzo duże krowie placki. Jednak widok tych istot, które w identycznej formie istniały na Ziemi 3,5 miliarda lat temu, przyprawia niemal o zawrót głowy. Jak ujął to Richard Fortey: „To jest prawdziwa podróż w czasie. Gdyby świat wiedział, gdzie należy szukać prawdziwych cudów, ten widok byłby równie dobrze znany jak piramidy w Gizie”<sup>27</sup>. Mimo niepozornego wyglądu te skały tętnią życiem. Na każdym metrze kwadratowym skały znajduje się około 3 miliardów indywidualnych organizmów. Jeżeli przyjrzesz się dokładnie, od czasu do czasu dostrzeżesz maleńkie strumienie wznoszących się ku powierzchni bąbelków tlenu. W ciągu 2 miliardów lat takie maleńkie bąbelki podniosły poziom tlenu w atmosferze ziemskiej do 20 procent, przygotowując planetę na otwarcie następnego rozdziału w historii życia.

Naukowcy sądzą, że cyjanobakterie w Shark Bay są prawdopodobnie najwolniej ewoluującymi organizmami na Ziemi<sup>28</sup>. Obecnie z pewnością należą do najrzadszych. Przygotowawszy Ziemię dla bardziej złożonych form życia, zostały następnie niemal wszędzie wyjedzone do szczętu przez te same organizmy, którym utorowały drogę do istnienia. (W Shark Bay przetrwały tylko dlatego, że wody zatoki są zbyt słone dla istot, które w normalnych warunkach się nimi żywią).

Powstanie bardziej zaawansowanych form życia nastąpiło tak późno

między innymi dlatego, że musiały one poczekać, aż prostsze organizmy wyprodukują dostatecznie dużo tlenu. „Zwierzęta nie potrafiłyby same pozyskiwać energii”<sup>29</sup>, mówi Fortey. Minęły prawie 2 miliardy lat, czyli z grubsza około 40 procent historii Ziemi, zanim stężenie tlenu w atmosferze osiągnęło mniej więcej taki poziom jak obecnie. Gdy już do tego doszło, sprawy potoczyły się znacznie szybciej. Pojawił się nowy typ komórki zawierający jądro oraz inne małe struktury, określane łącznie jako organelle (od greckiego słowa oznaczającego „narzędzia”). Naukowcy przypuszczają, że zaczęło się od jakiejś zabląkanej lub awanturycznej bakterii, która porwała lub została porwana przez inną bakterię, po czym okazało się, że obie są zadowolone z takiego stanu rzeczy. Porwana bakteria stała się mitochondrium. Ta mitochondrialna inwazja (lub zjawisko endo-symbiozy, jak mówią biolodzy) umożliwiła rozwój wyższych, złożonych form życia. W przypadku roślin podobna inwazja doprowadziła do powstania chloroplastów, dzięki którym rośliny dokonują fotosyntezy.

Mitochondria wykorzystują tlen oraz pożywienie do przekształcania energii. Gdyby nie ta sprytna i zarazem pożyteczna sztuczka, życie na Ziemi nadal istniałoby w postaci mikrobów<sup>30</sup>. Mitochondria są niezwykle małe - w objętości ziarnka piasku zmieściłby się miliard sztuk<sup>31</sup> - lecz bardzo żarłoczne. Trafia do nich niemal wszystko, co spożywasz.

Bez mitochondriów nikt z nas nie przeżyłby nawet dwóch minut. Mimo tej zależności i mimo miliarda lat wspólnej egzystencji mitochondria nadal zachowują się tak, jakby nie były pewne trwałości tego związku. Wciąż zachowując część własnego DNA, RNA oraz rybosomy. Rozmnażają się w innym momencie niż ich macierzyste komórki. Wyglądają jak bakterie, dzielą się jak bakterie i niekiedy reagują na antybiotyki jak bakterie. Nawet me mówią dokładnie tym samym genetycznym językiem jak komórka, w której żyją. Krótko mówiąc, żyją na walizkach, a my jesteśmy w takiej sytuacji, jakby pod naszym dachem mieszkał ktoś obcy, kto w każdej chwili może się wyprowadzić,

mimo że mieszka tu od miliarda lat.

Wspomniane wyżej nowe typy komórek noszą nazwę eukariontów (co oznacza „prawdziwie jądrowy”), w odróżnieniu od komórek starszego typu, które nazywamy prokariontami („prejądrowy”, „beźjądrowy”). Na podstawie danych wykopaliskowych można sądzić, że eukarionty pojawiły się dość nagle w historii planety. Najstarsze znane nam eukarionty, zwane Grypania, odkryto w 1992 roku w złożach rudy żelaza w stanie Michigan. Znaleziono tylko jedno takie miejsce i nie są znane żadne inne eukarionty, które żyły w okresie obejmującym kolejne 500 milionów lat<sup>32</sup>.

Ziemia wykonała pierwszy krok, aby stać się naprawdę interesującą planetą. W porównaniu z eukariontami prokarionty stanowiły niewiele więcej niż „worki chemikaliów”<sup>33</sup>, jak nazwał je brytyjski geolog Stephen Drury. Eukarionty były większe - nawet dziesięć tysięcy razy - niż ich bardziej prości kuzyni i miały tysiąc razy więcej DNA. Dzięki tym przełomowym posunięciom życie stopniowo stawało się złożone i po pewnym czasie wyewoluowały dwa typy organizmów - takie, które wydzielają tlen (jak rośliny), oraz takie, które go pochłaniają (jak ty i ja).

Jednokomórkowe eukarionty były niegdyś zwane protozoami („pre-zwierzęta”, pierwotniaki), lecz określenie to wychodzi z użycia i obecnie używa się terminu protista. W porównaniu z wcześniejszymi bakteriami protista stanowiły prawdziwe cuda inżynierii genetycznej. Prosta ameba, pojedyncza komórka, istota pozbawiona jakichkolwiek ambicji oprócz tego, aby po prostu żyć, zawiera 400 milionów bitów informacji genetycznej, które, jak pisze Carl Sagan, wypełniłyby 80 tomów po 500 stron każdy<sup>34</sup>.

Ostatecznie eukarionty nauczyły się jeszcze bardziej wyrafinowanej sztuczki. Zajęło im to dość dużo czasu - około miliarda lat - lecz gdy w końcu ją opanowały, skutki okazały się spektakularne. Nauczyły się łączyć w złożone, wielokomórkowe organizmy. Dzięki tej innowacji możliwe stało się istnienie dużych, widocznych gołym okiem (oko samo w sobie jest duże i

skomplikowane), złożonych bytów, takich jak my. Planeta Ziemia była gotowa do wejścia w następną, ambitną fazę.

Zanim jednak zaczniemy się tym zachwycać, warto sobie uświadomić, że świat nadal należy do bardzo małych istot - o czym niebawem się przekonamy.

## Rozdział 20

### ŚWIAT JEST MAŁY

Zbyt osobisty stosunek do własnych mikroorganizmów prawdopodobnie nie jest najlepszym pomysłem na życie. Louis Pasteur, wielki francuski chemik i bakteriolog, był do tego stopnia nimi zafascynowany, że oglądał przez szkło powiększające każdą potrawę przed jej spożyciem, co zapewne nie przysporzyło mu zbyt wielu zaproszeń na obiad’.

Z drugiej strony, próby unikania bakterii za wszelką cenę nie mają najmniejszego sensu, ponieważ są one obecne wewnątrz i wokół ciebie, i to w takich ilościach, których nawet sobie nie potrafisz wyobrazić. Jeżeli jesteś zdrowy i dbasz o higienę, łączna liczba bakterii pasących się na rozległych połoninach twojego ciała wynosi około biliona<sup>2</sup>, co daje miliony na centymetr kwadratowy w niektórych bardziej uczęszczanych miejscach. Ich pożywienie stanowi 10 miliardów łuszczących się płatków skóry, które zrzucasz w ciągu każdej doby, a także smakowite soki i wzmacniające minerały, które wyciekają przez wszystkie twoje pory, otwory i szczeliny. Stanowisz dla nich idealny, ciepły, mobilny bufet. W formie podziękowania dają ci BO\*.

A to są tylko bakterie, które znajdują się na twojej skórze. Biliony innych zamieszkują twój przewód pokarmowy i oddechowy, żyją przyczepione do twoich włosów oraz rzęs, pływają na powierzchni twoich oczu, wiercą kanały w twoich zębach. Twój układ pokarmowy stanowi siedlisko ponad 100 bilionów mikrobów zaliczających się do ponad 400 typów<sup>3</sup>. Niektóre zajmują się cukrami prostymi, inne skrobią niektóre atakują inne bakterie. Zdziwiająco duża liczba wydaje się nie mieć żadnej widocznej funkcji<sup>4</sup>, jak na przykład wszędobylskie jelitowe krętki, które po prostu chyba lubią być z tobą (a raczej - w tobie). Ludzkie ciało składa się z około 10 bilionów komórek, lecz jest także

gospodarzem dla około 100

\* BO, Body Odour - zapach ciała (przyp. tłum.) - bilionów bakterii<sup>5</sup>. Krótko mówiąc, bakterie stanowią znaczną część każdego z nas. Z punktu widzenia bakterii to raczej my stanowimy niewielką część nich.

W porównaniu z bakterią każdy z nas jest duży, a niektórzy z nas są na tyle sprytni, że wiedzą, jak produkować i stosować antybiotyki oraz środki dezynfekujące. W rezultacie dość łatwo popadamy w złudne przekonanie, że udało nam się wyrugować bakterie z naszego życia i skazać je na istnienie na granicy niebytu. Nie wierz w to. Bakterie nie budują miast i zapewne nie mają interesującego życia towarzyskiego, lecz będą tutaj, gdy Słońce eksploduje. To jest ich planeta, a my jesteśmy na niej tylko dlatego, że nam na to pozwalają.

Nie należy zapominać, że bakterie przetrwały miliardy lat bez nas, a my nie przetrwalibyśmy jednego dnia bez nich<sup>6</sup>. To one troszczą się o nasze odpady i przekształcają je z powrotem w użyteczne produkty. Bez ich wytrwałego metabolizmu nie byłoby procesów gnicia, jednego z podstawowych ogniw każdego łańcucha pokarmowego. To bakterie czyszczą wodę, którą pijemy, i nawożą ziemię, na której uprawiamy nasze płody rolne. Syntetyzują witaminy w naszych jelitach, przekształcają to, co jemy, w użyteczne cukry i polisacharydy. Toczą za nas wojny przeciwko obcym mikroorganizmom, przemykającym ukradkiem przez nasze gardła.

Bakterie wychwytyją azot z powietrza i przekształcają go w nukleotydy oraz aminokwasy, radząc sobie z tym zadaniem znacznie lepiej niż my. Jak piszą Margulis i Sagan, aby powtórzyć taki sam proces na skalę przemysłową (na przykład przy produkcji nawozów), producenci muszą podgrzewać surowce do temperatury 500 stopni Celsjusza pod ciśnieniem trzysta razy wyższym od atmosferycznego. Bakterie potrafią to samo, lecz obywają się bez pieca i sprężarki. I całe szczęście dla nas, ponieważ żaden duży organizm nie przeżyłby bez azotu, który dla niego przetwarzają, i przede wszystkim jednak bakterie nieustannie zapewniają nam powietrze, w którym oddychamy, utrzymując



stabilną atmosferę. Mikroby, wliczając; w to współczesne wersje cyjanobakterii, dostarczają znacznej części tlenu do atmosfery. Glony oraz inne małe organizmy żyjące w oceanach wy-; puszczają bąbelki o łącznej masie 150 miliardów kilogramów rocznie<sup>7</sup>.

Bakterie są niewiarygodnie płodne. Najbardziej niecierpliwie gatunki potrafią wypuścić nowe pokolenie w mniej niż dziesięć minut. *Clóstridium perfringens*, niezbyt sympatyczny, mały organizm, który powoduje gangrenę, dzieli się średnio co dziewięć minut<sup>8</sup>. W takim tempie pojedyncza bakteria teoretycznie mogłaby w ciągu dwóch dni wyprodukować więcej potomstwa, niż wynosi liczba protonów w całym wszechświecie<sup>9</sup>. Zda-; niem belgijskiego biochemika, laureata Nagrody Nobla, Christiana d'Al Duve, „mając odpowiedni zapas pożywienia, pojedyncza komórka bakterijl może wygenerować 280 000 miliardów osobników w ciągu jednego dnia”<sup>10</sup>?, W tym czasie ludzka komórka potrafi się podzielić mniej więcej raz.

Mniej więcej raz na milion podziałów bakterie produkują mutanta. Zazwyczaj jest to pechowy osobnik - dla żywych organizmów zmiany są zawsze ryzykowne - lecz od czasu do czasu nowa bakteria jest obdarzona jakąś cechą, która daje jej przewagę, na przykład zdolnością do odparcia lub uniknięcia ataku antybiotyków. Tej zdolności do szybkiej ewolucji towarzyszy inna, jeszcze groźniejsza cecha. Bakterie wymieniają między sobą informacje. Każda z nich może oddawać lub przyjmować fragmenty materiału genetycznego od sąsiadów. W zasadzie, jak ujęli to Margulis i Sagan, wszystkie bakterie pływają w jednym, wspólnym genetycznym basenie”. Każda adaptacyjna zmiana, która zdarzy się w jakimś określonym miejscu bakteryjnego wszechświata, może się szybko przenieść gdzie indziej. W naszej skali odpowiadałoby to sytuacji, w której człowiek mógłby podejść do owada po genetyczne instrukcje, niezbędne do wykształcenia skrzydeł lub spacerowania po suficie. W rezultacie oznacza to, że z genetycznego punktu widzenia bakterie stanowią jeden superorganizm - niewidoczny, rozproszony, lecz niezwyciężony.

Bakterie potrafią się pożywić i rozmnażać niemal na wszystkim, co zdarzy ci się rozlać, wypluć lub upuścić. Wystarczy im odrobina wilgoci - na przykład po przetarciu blatu wilgotną szmatką - aby natychmiast pojawiły się jakby znikąd i niezwłocznie zaczęły się rozmnażać. Są gotowe jeść drewno, klej do tapet, a nawet metale w wyschniętej na ścianie farbie. Australijscy naukowcy odkryli mikroby zwane *Thiobacillus concretivorans*, które żyły (i nie chciały żyć gdzie indziej) w środowisku o takim stężeniu kwasu siarkowego, że metale się w nim rozpuszczały<sup>12</sup>. Gatunek zwany *Micrococcus radiophilus* żył długo i szczęśliwie w zbiornikach zawierających odpady nuklearne z elektrowni jądrowych, objadając się plutonem i całą resztą. Niektóre bakterie rozkładają substancje chemiczne, z których - o ile wiadomo - nie mają żadnego pożytku<sup>13</sup>.

Znaleziono je we wrzących błotach, w jeziorach sody kaustycznej, głęboko wewnątrz skał, na dnie morza, w ukrytych basenach lodowatej wody w dolinie McMurdo Dry Valleys na Antarktydzie, jedenaście kilometrów pod powierzchnią Pacyfiku, gdzie ciśnienie jest ponad tysiąc razy większe niż na powierzchni - tak duże jak pod pięćdziesięcioma jumbojetami. Niektóre z nich wydają się niemalże niezniszczalne. *Deinococcus radiodurans* jest „prawie niewrażliwy na promieniotwórczość”, jak pisze „The Economist”. Po napromieniowaniu jego DNA natychmiast wraca do pierwotnej postaci, jak odcięte członki potwora z telewizyjnego horroru”<sup>14</sup>.

Prawdopodobnie największego wyczynu z dziedziny przetrwania dokonała bakteria *Streptococcus*, którą znaleziono zamkniętą w soczewce kamery fotograficznej, pozostawionej na dwa lata na Księżycu<sup>15</sup>. Inaczej mówiąc, niewiele jest środowisk, w których bakterie nie potrafią przeżyć. „Gdy sonda posłana do oceanicznego otworu zaczyna się topić od gorąca, wokół niej wciąż są bakterie”, powiedziała mi Victoria Bennett.

W latach dwudziestych minionego stulecia dwaj naukowcy z University of Chicago, Edson Bastin i Frank Greer, ogłosili, że znaleźli w szybach naftowych bakterie, które żyły na głębokości 600 metrów. Ich odkrycie zostało

uznane za niedorzeczne - przecież nic nie może przetrwać na takiej głębokości - a ich próbki miały być skażone przez mikroby żyjące na powierzchni. Obecnie wiemy, że istnieją liczne mikroorganizmy, które żyją głęboko wewnątrz Ziemi, i wiele z nich nie ma nic wspólnego z konwencjonalnym, organicznym światem. Żywią się skałami, a raczej substancjami, które znajdują się w skałach - żelazem, siarką, manganem i tak dalej. Oddychają jeszcze bardziej niecodziennymi substancjami - żelazem, chromem, kobaltem, a nawet uranem. Takie procesy mogą odgrywać decydującą rolę w powstawaniu złóż złota, miedzi i innych cennych metali, a być może także złóż ropy i gazu. Została nawet wysunięta sugestia, że ich niestrudzony metabolizm jest odpowiedzialny za powstanie skorupy Ziemi<sup>16</sup>.

Niektórzy naukowcy sądzą, że pod naszymi stopami może istnieć 100 bilionów ton bakterii żyjących w tak zwanych podpowierzchniowych litoautotropowych ekosystemach mikrobowych (Subsurface Lithoautotrophic Microbial Ecosystems - w skrócie SLiME). Thomas Gold z Cornell University oszacował, że gdyby wyciągnąć spod powierzchni Ziemi wszystkie bakterie i umieścić je na powierzchni, pokryłyby całą planetę warstwą o grubości półtora metra<sup>17</sup>. Jeżeli to prawda, to pod powierzchnią Ziemi może być sto razy więcej życia niż nad nią.

Na dużych głębokościach mikroorganizmy są mniejsze i niezwykle, ekstremalnie powolne. Najszybsze z nich mogą się dzielić nie częściej niż raz na 100 lat<sup>18</sup>, inne nie częściej niż raz na 500 lat. Jak ujął to „The Economist”: „Wydaje się, że kluczem do długiego życia jest nicnierobienie”<sup>19</sup>. Gdy warunki są naprawdę niesprzyjające, bakterie są przygotowane, aby wyłączyć wszystkie systemy i czekać na lepsze czasy. W 1997 roku naukowcom udało się ożywić zarodniki węgla, które przez osiemdziesiąt lat spoczywały uśpione w pewnej gablocie wystawowej w Trondheim w Norwegii. Inne mikroorganizmy powróciły do życia po uwolnieniu z 118-letniej konserwy mięsnej lub 166-letniej butelki piwa<sup>20</sup>. W 1996 roku naukowcy z Rosyjskiej Akademii Nauk

ogłosili, że udało im się przywrócić do życia bakterie zamrożone w syberyjskim lodzie od 3 milionów lat<sup>21</sup>. Rekord należy do Russella Vreelanda oraz jego współpracowników/ z West Chester University w Pensylwanii. W 2000 roku ożywili oni liczącej 250 milionów lat bakterie zwane Bacillus permians, które zostały uwięzione w złożach soli 600 metrów pod powierzchnią Ziemi w miejscowości Carlsbad, w stanie Nowy Meksyk<sup>22</sup>. Jeżeli rzeczywiście te mikroby mają tyle lat, to są starsze niż kontynenty.

Raport spotkał się ze zrozumiałymi wątpliwościami. Wielu biochemików sądzi, że po tak długim czasie struktura i składniki mikroorganizmu uległyby nieodwracalnej degradacji, chyba że od czasu do czasu bakteria jednak się poruszała. Gdyby jednak się ruszała, to pojawiłby się inny problem, mianowicie nie widać żadnego wewnętrznego źródła energii, które mogłoby tak długo przetrwać. Pojawiły się sugestie, że próbka mogła zostać zanieczyszczona<sup>23</sup>, jeżeli nie w trakcie wydobycia, to może wtedy, gdy wciąż znajdowała się w złożu. W 2001 roku zespół z uniwersytetu w Tel Awiwie stwierdził, że Bacillus permians są niemal identyczne jak pewien szczep współczesnych bakterii, Bacillus marismortui, znaleziony w Morzu Martwym. Tylko dwie sekwencje genetyczne obu gatunków się różniły i to w bardzo niewielkim stopniu.

„Czy mamy wierzyć - napisali badacze z Izraela - że w ciągu 250 milionów lat Bacillus permians nagromadziły tyle samo różnic genetycznych, które można uzyskać w 3 do 7 dni w laboratorium?”. W odpowiedzi Vreeland zasugerował, że „bakterie ewoluują szybciej w laboratorium niż w naturze”. Być może.

To zadziwiający fakt, ale jeszcze w epoce lotów kosmicznych większość podręczników dzieliła świat istot żywych tylko na dwie kategorie - rośliny i zwierzęta. Mikroorganizmy prawie się nie liczyły. Ameby i podobne do nich jednokomórkowce były uważane za protozwierzęta, a glony za protorośliny. Bakterie były zwykle łączone z roślinami<sup>24</sup>, mimo że wszyscy wiedzieli, że do nich nie należą. Jeszcze w dziewiętnastym wieku niemiecki przyrodnik Ernst

Haeckel zasugerował, że bakterie zasługują na odrębne królestwo, które nazwał Monera, lecz jego idea przyjęła się wśród biologów dopiero w latach sześćdziesiątych dwudziestego wieku, a i to nie wśród wszystkich (mój skądinąd godny zaufania podręczny słownik American Heritage z 1969 roku nie zawiera tego hasła).

Liczne wielokomórkowe organizmy także nie czuły się dobrze w tradycyjnym schemacie. Fungi, czyli grzyby, grupa, do której zaliczają się grzyby jadalne, rdze, pleśnie, drożdże, purchawki, były prawie zawsze traktowane jako obiekty botaniczne, mimo że niemal nic, co ich dotyczy - w jaki sposób się rozmnażają, oddychają, jak budują swoje organizmy - nie pasuje do niczego w świecie roślin. Strukturalnie mają więcej wspólnego ze zwierzętami, ponieważ budują swoje komórki z chityny, materiału, który nadaje im ową charakterystyczną teksturę. Ta sama substancja jest używana do budowy pancerzy owadów oraz kłów ssaków, aczkolwiek pancerzyk chrabąszcza majowego nie smakuje zapewne tak samo jak kapelusz rydza. Przede wszystkim jednak grzyby nie stosują fotosyntezy, nie zawierają chlorofilu i nie są zielone. Zamiast tego rosną bezpośrednio na swoim źródle pożywienia, którym może być prawie wszystko. Grzyby będą jeść siarkę z betonowej ściany albo rozkładającą się materię między palcami twoich nóg - dwie rzeczy, na które nie poślakomi się żadna roślina. Niemal jedyną cechą łączącą grzyby z roślinami jest posiadanie korzeni.

Jeszcze mniej podatna na kategoryzację okazała się szczególna grupa organizmów, formalnie nazywana Myxomycetes, lecz lepiej znana jako śluzowce. Określenie, które brzmi nieco bardziej dynamicznie - „mobilna samoaktywująca się protoplazma” - i nie kojarzy się z czymś, co spotkasz, gdy sięgniesz głęboko do zatkanej rury odpływowej, z całą pewnością przyczyniłoby się do zwrócenia większej uwagi na te wyjątkowe istoty; uwagi, na którą bez wątpienia zasługują, ponieważ śluzowce są jednym z najciekawszych gatunków istniejących w przyrodzie. W sprzyjających warunkach żyją jako

jednokomórkowe organizmy, podobnie jak ameby. Gdy nadchodzą ciężkie czasy, gromadzą się w jednym miejscu, łączą się i zamieniają, w niemal cudowny sposób, w coś w rodzaju ślimaka.

318

„Ślimak” nie jest pewnym kandydatem ani w konkursie piękności, ani w marszu na odległość lub sprincie - zazwyczaj potrafi przedostać się z dna kupki liści na wierzch, gdzie zajmuje nieco bardziej eksponowane miejsce - lecz przez miliony lat mogła to być najsprytniejsza sztuczka w całym wszechświecie.

Ale to jeszcze nie koniec. Przedostawszy się w bardziej korzystne miejsce, śluzowiec przekształca się ponownie, tym razem w roślinę. Dzięki jakiemś zadziwiającemu procesowi porządkującemu komórki - niczym członkowie maszerującej orkiestry - układają się w kształt łodygi, na której szczycie tworzy się kula zwana zarodnią. Wewnątrz zarodni znajdują się miliony zarodników, które w odpowiednim momencie są wypuszczane z wiatrem, aby stać się jednokomórkowymi organizmami i zacząć cały proces od nowa.

Przez długie lata śluzowce były zaliczane do pierwotniaków przez zoologów, a do grzybów przez mykologów, mimo że wszyscy widzieli, iż naprawdę nie należą ani do jednej, ani do drugiej kategorii. Gdy zaczęła się era testowania genetycznego, naukowcy zostali całkowicie zaskoczeni faktem, iż śluzowce są tak odmienne i szczególne, że nie są bezpośrednio spokrewnione z niczym innym, a niekiedy nawet ze sobą nawzajem.

W 1969 roku ekolog z Comell University, R.H. Whittaker, podjął próbę uporządkowania narastających niedostatków klasyfikacji i ogłosił w czasopiśmie „Nature” propozycję podziału życia na pięć głównych kategorii taksonomicznych - królestw, które nazwał Animalia, Plantae, Fungi, Protista oraz Monera<sup>25</sup>. Protista stanowił modyfikację poprzedniej nazwy, Protoctista, zaproponowanej sto lat wcześniej przez szkockiego biologa, Johna Hogga, i przeznaczonej dla istot nie należących ani do roślin, ani do zwierząt.

Nowy schemat Whittakera stanowił wprawdzie znaczne usprawnienie, lecz kategoria Protista pozostała niezbyt precyzyjnie zdefiniowana. Niektórzy taksonomiści rezerwowali ją dla dużych jednokomórkowych organizmów - eukariontów - ale inni traktowali ją jak pewnego rodzaju szufladę na skarpetki bez pary, pakując do środka wszystko, co nie pasowało gdzie indziej. Zawierała ona (w zależności od podręcznika, który w danej chwili obowiązywał) śluzowce, ameby, a nawet wodorosty, nie licząc wielu innych gatunków. Według jednego z oszacowań do kategorii Protista należało w sumie około 200 000 różnych gatunków organizmów<sup>26</sup>. Jak na skarpetki bez pary to całkiem sporo.

Paradoksalnie, gdy klasyfikacja Whittakera zaczęła stopniowo trafiać do podręczników, pewien skromny genetyk z University of Illinois, Carl Woese, był bliski ukończenia badań, w wyniku których zakwestionował wszystkie dotychczasowe schematy taksonomiczne. Od połowy lat sześćdziesiątych - czyli niemal od pierwszego momentu, gdy tylko było to możliwe - Woese spokojnie, lecz systematycznie badał sekwencje genetyczne bakterii. Początkowo był to boleśnie powolny proces. Praca nad jedną bakterią mogła zająć cały rok. W owym czasie, zdaniem Woese, znane było tylko około 500 gatunków bakterii<sup>27</sup>, czyli mniej niż liczba gatunków, które znajdują się w twoich ustach. Od tego czasu liczba znanych gatunków bakterii wzrosła niemal dziesięciokrotnie, lecz nadal jest o wiele mniejsza niż 26 900 gatunków alg, 70 000 gatunków grzybów lub 30 800 ameb i pokrewnych organizmów, których biografie zapełniają annały biologii.

Tak mała liczba nie wynika po prostu z braku zainteresowania ze strony biologów. Bakterie potrafią być irytująco trudnym obiektem badań. Trudno je wyizolować. Mniej więcej 1 procent rozmnaża się w hodowli na sztucznym podłożu<sup>28</sup>. Biorąc pod uwagę ich niesamowite zdolności do adaptacji w różnych warunkach występujących w naturze, może się wydawać dziwne, że jedynym miejscem, w którym nie chcą żyć, jest szalka Petriego. Ani podłoże agarowe, ani

wszelkie możliwe pożywki nie są w stanie ich skłonić do rozmnażania - większość po prostu leży i odrzuca wszelkie zachęty. Każda bakteria, która rozmnaża się w laboratorium, jest z definicji wyjątkowa, lecz mikrobiolodzy studiowali niemal wyłącznie te gatunki. To przypominało „wycieczki do zoo w celu badania nowych gatunków zwierząt”<sup>29</sup>, jak ujął to Woese.

Geny umożliwiły jednak badania mikroorganizmów pod innym kątem. W trakcie swoich badań Woese stopniowo odkrywał, że w świecie mikroorganizmów istnieją bardziej fundamentalne podziały, niż ktokolwiek mógł podejrzewać. Okazało się, że występuje mnóstwo małych organizmów, które wyglądają jak bakterie i zachowują się jak one, lecz w rzeczywistości bynajmniej nie są ani bakteriami, ani nawet ich bliskimi kuzynami, ponieważ bardzo dawno oddzieliły się od nich. Woese nazwał te organizmy Archaeobacteria, w skrócie Archaea - archeony.

Trzeba w tym miejscu dodać, że atrybuty, które odróżniają archeowce od bakterii, nie spowodowałyby przyspieszenia tętna u nikogo oprócz zawodowego biologa. W większości przypadków są to różnice ich lipidów oraz brak czegoś, co nazywa się peptydoglikanem. W praktyce oznacza to jednak kolosalne różnice taksonomiczne. Archeony w większym stopniu różnią się od bakterii niż ty lub ja od kraba czy pająka. Woese samodzielnie odkrył, że istnieją podziały wśród istot żywych tak zasadnicze i fundamentalne, że wykraczają poza poziom królestw na Uniwersalnym Drzewie Życia, jak zazwyczaj, nieco pompatycznie, określa się system taksonomiczny w biologii.

W 1976 roku Woese zaskoczył świat - a przynajmniej tę jego część, która wykazała zainteresowanie - rysując od nowa Drzewo Życia, z 23 głównymi gałęziami, zamiast dotychczasowych pięciu. Pogrupował je w trzy nadrzędne kategorie - Bacteria, Archaea oraz Eukarya (niekiedy pisane Eucarya) - które nazwał domenami. Nowy układ wyglądał następująco:

Bacteria: cyjanobakterie, bakterie purpurowe, bakterie gram-dodatnie, zielone bakterie niesiarkowe, flawobakterie, thermotogi



Archaea: bakterie halofilne, pakietowce, metanobakterie, ziarniaki, thermoceler, Thermoproteus, Pyrodictium

Eukarya: diplomonady, mikrosporidia, rzęśistki, wiciowce, pełzaki, orzęski, rośliny, grzyby, zwierzęta.

Woese i jego nowe podziały nie wzięły szturmem świata biologów. Niektórzy z nich odrzucili jego system jako zbyt mocno skoncentrowany na mikroorganizmy. Inni po prostu go zignorowali. Jak pisze Frances Ashcroft, Woese „poczuł się głęboko rozczarowany”<sup>30</sup>. Jego schemat zaczął jednak stopniowo zdobywać uznanie, początkowo głównie wśród mikrobiologów. Botanicy i zoolodzy w znacznie mniejszym stopniu doceniali jego zalety i nietrudno zrozumieć dlaczego. W modelu Woesego botanika i zoologia zostały ograniczone do kilku drobnych gałęzi i relegowane na najdalszą gałąź konaru Eukarya. Wszystko inne należy do istot jednokomórkowych.

„Ci faceci zostali nauczeni i są przywyczajeni do klasyfikowania istot żywych w kategoriach morfologicznych różnic i podobieństw - powiedział Woese w wywiadzie w 1996 roku. - Idea klasyfikowania w kategoriach sekwencji molekularnych jest dla wielu z nich trudna do zaakceptowania”. Krótko mówiąc, jeżeli nie widzieli różnicy na własne oczy, to jej nie uznawali. W rezultacie upierali się przy bardziej konwencjonalnym podziale na pięć królestw, który to podział Woese w przyływie dobrego humoru określał jako „niezbyt pożyteczny”, lecz na ogół zdecydowanie odrzucał go jako „całkowicie zwodniczy”. „Podobnie jak wcześniej fizyka, także i biologia znalazła się na poziomie, gdzie obiektów będących przedmiotem zainteresowania, a także ich oddziaływań często nie da się postrzegać na drodze bezpośredniej obserwacji”<sup>31</sup>, napisał Woese.

W 1998 roku wybitny i wiekowy biolog, Ernst Mayr (który miał wtedy 94 lata, a w momencie pisania niniejszej książki dobiega setki i nadal świetnie się trzyma\*), wprowadził jeszcze więcej zamieszania, stwierdzając, że powinny być tylko dwie główne gałęzie życia, które nazwał „imperiami”. W artykule

opublikowanym w „Proceedings of the National Academy of Sciences” Mayr stwierdził, że odkrycia Woesego są interesujące, lecz jego konkluzje są mylące, i zwrócił uwagę, że „Woese nie ma formalnego wykształcenia jako biolog, więc jest całkiem naturalną rzeczą, iż nie jest w pełni obeznany z zasadami klasyfikacji”<sup>32</sup>. To prawdopodobnie najbardziej bezpośrednia forma, w jakiej wybitny uczony może stwierdzić, że jego kolega po fachu nie wie, o czym mówi.

Szczegóły krytycznego artykułu Mayra mają wysoce techniczny charakter - dotyczą między innymi kwestii mejotycznej seksualności, kladystyki Henniga oraz kontrowersyjnych interpretacji genomu *Methanobacterium thermoautotrophicum* - lecz w zasadzie sprowadzają się do stwierdzenia, że układ Woesego zaburza Drzewo Życia. Mayr zwraca uwagę, że domena bakterii składa się z nie więcej niż kilku tysięcy gatunków, natomiast w przypadku archeowców liczba gatunków wynosi zaledwie 175 i być może jeszcze kilka tysięcy może zostać odkrytych, „lecz raczej nie więcej”. Natomiast domena eukariontów - do której należą złożone organizmy zbudowane z komórek posiadających jądro, tak jak my - zawiera miliony gatunków. Dla utrzymania „zasady równowagi” Mayr sugeruje połączenie wszystkich prostych organizmów w pojedynczą kategorię, Prokaryota. Natomiast pozostałe, bardziej złożone, „ewolucyjnie zaawansowane” organizmy proponuje zaliczyć do imperium Eukaryota. Główny podział miałby się zatem sprowadzać do dwóch równorzędnych „imperii”, co w praktyce oznaczałoby utrzymanie poprzedniej klasyfikacji. Podział na proste i złożone komórki jest tam, gdzie wielki przełom świata ożywionego”.

Jeżeli nowy układ Woesego ma nas czegoś nauczyć, to jest to fakt,

\* Ernst Mayr zmarł w lutym 2005 roku (przyp. tłum.). że życie naprawdę jest zróżnicowane oraz że to zróżnicowanie dotyczy przede wszystkim małych, jednokomórkowych organizmów, z których znacznej części jeszcze nie znamy. Naturalny ludzki impuls każe nam myśleć o ewolucji jako o długim łańcuchu

ulepszeń, nie kończącym się postępie, ukierunkowanym na rozbudowę i złożoność - inaczej mówiąc, na nas. Pochlebiamy sobie w ten sposób, lecz prawda jest taka, że większa część złożoności w procesie ewolucji dotyczy małych organizmów. Świat dużych to same fuksy - interesująca, lecz drobna gałąź. Spośród 23 głównych kategorii istot żywych tylko trzy - rośliny, zwierzęta i grzyby - są na tyle duże, że można je zobaczyć gołym (ludzkim) okiem<sup>33</sup>.1 nawet wśród nich jest wiele mikroskopijnych gatunków. Gdyby zważyć wszystkie żywe istoty na planecie, łącznie z roślinami, na mikroorganizmy przypadłoby co najmniej 80 procent całej biomasy, a być może nawet więcej<sup>34</sup>. Świat należy do bardzo małych - i tak było od początku świata.

Każdy z nas przynajmniej raz w życiu zadał sobie to pytanie: Dlaczego mikroorganizmy tak często starają się nam zaszkodzić? Jakiego rodzaju satysfakcji może doznać mikrob w nagrodę za spowodowanie u nas gorączki, dreszczy, palącego bólu gardła lub wrzodu? A przede wszystkim, jaki pożytek może odnieść z naszej śmierci? Bądź co bądź, po martwym gospodarzu raczej nie należy oczekiwać długotrwałej gościnności.

Po pierwsze, należy pamiętać, że większość mikroorganizmów jest neutralna lub nawet sprzyja pomyślności i zdrowiu człowieka. Najbardziej zaraźliwy organizm na Ziemi, bakteria zwana Wolbachia, w ogóle nie jest szkodliwa dla człowieka ani dla żadnego innego kręgowca, lecz gdybyś był krewetką, robakiem lub muszką owocową, potrafiłaby doprowadzić cię do takiego stanu, że wolałbyś nigdy się nie narodzić<sup>35</sup>. Według „National Geographic” z punktu widzenia naszego gatunku tylko jeden mikroorganizm na tysiąc jest patogenem<sup>36</sup>. Zważywszy na to, co niektóre z nich potrafią, powinny chyba nam wybaczyć myśl, że jest ich za dużo. Mimo że większość z nich jest nieszkodliwa, mikroorganizmy stanowią zabójcę numer trzy zachodniego świata<sup>37</sup>. A w stosunku do tych, które nie posuwają się aż do zabijania nas, także nie żyjemy zbyt przyjaznych uczuć.

Oslabienie lub choroba gospodarza przynosi pewne korzyści

mikroorganizmom. Symptomy choroby często pomagają w jej rozprzestrzenianiu. Wymioty, katar i biegunka stanowią doskonałe metody wydostania się z jednego gospodarza i uzyskania pozycji umożliwiającej wniknięcie do innego. Najbardziej skuteczną strategię stosują te mikroorganizmy, którym udało się uzyskać pomoc w zakresie transportu. Zaraźliwe organizmy wprost kochają komary, ponieważ ssawka komara przenosi je wprost do krwiobiegu, gdzie mogą natychmiast zabrać się do pracy, zanim mechanizmy obronne ofiary zdążą się zorientować, skąd nadszedł atak. To dlatego tak wiele zakaźnych chorób S malaria, żółta febra, gorączka tropikalna denga, zapalenie mózgu oraz setka innych, mniej znanych, lecz często równie niebezpiecznych - zaczyna się od ukłucia komara. Tylko szczęśliwemu zbiegowi okoliczności zawdzięczamy fakt, że nie należy do nich HIV, wirus przenoszący AIDS, ponieważ komary po prostu trawią wirusy HIV, które napotykają na swej drodze. Gdy nadejdzie dzień, w którym jakaś mutacja wirusa HIV pomoże mu pokonać tę przeszkodę, znajdziemy się w prawdziwych tarapatach.

Nie należy jednak rozważać tych kwestii z punktu widzenia logiki mikroorganizmów, ponieważ ich działaniem nie rządzi żadna wyrachowana świadomość. Mikroorganizmy mniej dbają o to, co nam czynią, niż my dbamy o nie, gdy mordujemy miliony sztuk naraz, biorąc prysznic lub używając dezodorantu. Jedyna okoliczność, w której nasz stan zdrowia niesie istotne konsekwencje dla nich, zachodzi wtedy, gdy zabijają nas zbyt szybko i zbyt skutecznie. Jeżeli mikroorganizmy wyeliminują cię, zanim zdążąprzenieść się dalej, to mogą również wymrzeć. Jak pisze Jared Diamond, historia jest pełna przypadków chorób, które „stanowiły straszliwe epidemie, aby następnie zniknąć równie tajemniczo, jak się pojawiły”<sup>38</sup>. Wymienia groźną, lecz na szczęście krótkotrwałą chorobę zwaną „angielskimi potami”, która szalała od 1485 do 1552 roku, zabijając dziesiątki tysięcy ludzi, zanim całkowicie się wypaliła. Nadmierna skuteczność nie przynosi pożytku żadnemu zaraźliwemu

organizmowi.

Znaczna część symptomów choroby nie powstaje w wyniku tego, co patogen zrobił tobie, lecz na skutek tego, co twoje ciało usiłuje zrobić patogenowi. Próbując usunąć mikroorganizmy z organizmu, układ immunologiczny niekiedy niszczy komórki lub uszkadza ważne tkanki, więc gdy nie czujesz się najlepiej, to często winę ponosi nie patogen, lecz twój własny układ odpornościowy. Tak czy inaczej, złe samopoczucie stanowi sensowną reakcję na infekcję. Chorzy ludzie kładą się do łóżka, dzięki czemu stanowią mniejsze zagrożenie dla reszty populacji.

Istnieje bardzo wiele rzeczy, które potencjalnie stanowią dla ciebie zagrożenie, więc twój organizm trzyma w pogotowiu mnóstwo środków obronnych, około 10 milionów rodzajów białych krwinek, z których każdy jest przeznaczony do zidentyfikowania i zniszczenia określonego gatunku intruzów. Utrzymanie w stałej gotowości 10 milionów żołnierzy byłoby zbyt kosztowne, więc każdy rodzaj białych krwinek trzyma na warcie tylko kilku wywiadowców. W przypadku infekcji wywiadowcy identyfikują mikroby dokonujące inwazji - tak zwane antygeny - i wysyłają sygnał do wzmocnienia obrony odpowiedniego typu. Gdy twoje ciało zaczyna produkować właściwe krwinki, zazwyczaj czujesz się osłabiony. Przesilenie choroby następuje w momencie, gdy armia przeciwna w końcu wchodzi do akcji.

Białe krwinki są niemiłosierne. Odnajdą i zabiją co do jednego wszystkie patogeny, które uda im się zidentyfikować. Aby uniknąć zagłady, patogeny rozwinęły dwie podstawowe strategie. Jedna z nich polega na tym, że mikroorganizmy uderzają szybko i natychmiast przenoszą się do następnej ofiary. Tak dzieje się w przypadku powszechnie znanych infekcji, na przykład przeziębienia. Druga strategia polega na tym, że patogeny maskują się tak, aby białe krwinki nie mogły ich rozpoznać. W ten sposób zachowuje się HIV, wirus odpowiedzialny za AIDS, który potrafi przez całe lata się ukrywać i siedzieć cicho bez szkody dla gospodarza, zanim przejdzie do działania.

Jeden z dziwniejszych aspektów infekcji stanowi fakt, że mikroorganizmy, które zwykle nie czynią żadnej szkody, niekiedy przedostają się do innych części ciała, gdzie „dostają jakiegoś szału - jak mówi doktor Bryan Marsh, specjalista chorób zakaźnych w Dartmouth-Hitchcock Medical Center w miejscowości Lebanon, stan New Hampshire. - Często się zdarza, że w wyniku wypadku samochodowego ludzie doznają wewnętrznych obrażeń. Mikroorganizmy, które normalnie są niegroźne, przedostają się z jelit do innych części ciała lub do innych narządów - na przykład do krwiobiegu - gdzie wywołują potworne zamieszanie”.

Najbardziej przerażające i najtrudniejsze do opanowania zakażenie bakteryjne stanowi choroba, która powoduje tak zwaną nekrozę tkanek<sup>39</sup>. Te bakterie po prostu zjadają ofiarę od środka, pochłaniając tkanki i zostawiając po sobie odrażającą papkę. Początkowo pacjenci zazwyczaj odczuwają względnie słabe symptomy - najczęściej wysypkę i dreszcze - lecz ich stan bardzo szybko ulega pogorszeniu. Na stole operacyjnym zwykle okazuje się, że są po prostu konsumowani. Jedyne ratunek polega na „radykalnej chirurgii”, czyli wycięciu wszystkich zainfekowanych tkanek.

Około 70 procent ofiar umiera; reszta często pozostaje na całe życie kalekami. Źródłem infekcji jest powszechnie występująca rodzina bakterii, zwana Streptococcus grupy A (paciorkowce), która w normalnych warunkach nie powoduje niczego poza stanem zapalnym gardła. Bardzo rzadko, z przyczyn, które pozostają nieznane, niektóre z tych bakterii przedostają się przez błonę śluzową gardła do wnętrza ciała, gdzie zaczynają dzieło zniszczenia. Są całkowicie odporne na antybiotyki. W Stanach Zjednoczonych zdarza się około tysiąca takich przypadków rocznie. Nikt nie potrafi przewidzieć, czy i kiedy może dojść do epidemii.

Dokładnie taki sam jest scenariusz przy zapaleniu opon mózgowych. Co najmniej 10 procent młodych, lecz dorosłych ludzi, oraz około 30 procent nastolatków to nosiciele śmiertelnie niebezpiecznej bakterii Meningo-coccus,

która zwykle żyje sobie nieszkodliwie w gardle. Od czasu do czasu - średnio u jednej osoby na 100 tysięcy - dostaje się jednak do krwiobiegu, gdzie wywołuje poważną chorobę. W najgorszym przypadku może w ciągu dwunastu godzin doprowadzić do śmierci. To szokująco szybko. „Może się zdarzyć, że ktoś jest idealnie zdrowy przy śniadaniu, a wieczorem martwy”, mówi Marsh.

Bylibyśmy znacznie bezpieczniejsi w starciu z bakteriami, gdybyśmy nie trwonili tak rozrzutnie naszej najskuteczniejszej broni przeciwko nim - antybiotyków. Według jednego z oszacowań, około 70 procent wszystkich antybiotyków stosowanych w rozwiniętych krajach jest podawane zwierzętom hodowlanym. Często dodaje się je wprost do karmy w celu przyspieszenia wzrostu lub jako środek zapobiegawczy przeciwko infekcjom. Takie praktyki umożliwiają bakteriom rozwijanie odporności na antybiotyki, otwierając patogenom możliwości, które zostały z entuzjazmem przyjęte.

W 1952 roku penicylina była skuteczna przeciwko wszystkim szczepom *Staphylococcus* (gronkowców), do tego stopnia, że na początku lat sześćdziesiątych krajowy konsultant do spraw chirurgii Stanów Zjednoczonych, William Stewart, uznał za stosowne zadeklarować: „Nadszedł czas, gdy możemy zamknąć rejestr chorób zakaźnych. W zasadzie zlikwidowaliśmy infekcje w Stanach Zjednoczonych”<sup>40</sup>. W tym czasie około 90 procent tych szczepów było już w trakcie procesu rozwijania odporności na penicylinę<sup>41</sup>. Niebawem niektóre z nowych, odpornych szczepów (między innymi gronkowiec złocisty odporny na metacyklinę) zaczęły się pojawiać w szpitalach. Tylko jeden rodzaj antybiotyku, wanomycyna, pozostał skuteczny w walce z nimi, choć w 1997 roku pewien szpital w Tokio ogłosił, że pojawił się szczep, który jest odporny nawet na wanomycynę<sup>42</sup>. W ciągu kilku miesięcy rozprzestrzenił się na sześć innych japońskich szpitali. Mikroby zaczynają ponownie z nami wygrywać: w szpitalach na terenie Stanów Zjednoczonych około 14 tysięcy ludzi umiera rocznie w wyniku infekcji, z którymi się tam zetknęli. Jak napisał w „New Yorkerze” James Surowiecki, nie ma nic

zaskakującego w tym, że mając wybór | między rozwijaniem produkcji nowych antybiotyków, stosowanych przez 1 pacjentów codziennie przez dwa tygodnie, a produkcją antydepresantów, [| które będą stosowane codziennie przez całe życie, firmy farmaceutyczne i wybierają to drugie<sup>43</sup>. Niektóre antybiotyki zostały wprowadzone, lecz przemysł farmaceutyczny nie wypuścił całkowicie nowego antybiotyku od lat siedemdziesiątych.

Nasza nieostrożność jest tym bardziej niepokojąca, gdy się weźmie pod uwagę fakt, że wiele innych chorób może mieć pochodzenie bakteryjne. W 1983 roku Barry Marshall, lekarz z Perth w Australii Zachodniej, odkrył, że wiele stanów zapalnych żołądka oraz większość chorób wrzodowych wywołuje bakteria zwana *Helicobacter pylori*. Mimo że jego odkrycie było łatwe do sprawdzenia, stanowiło tak radykalny pogląd, że dopiero po upływie całej dekady zostało powszechnie zaakceptowane. Na przykład amerykańskie National Institutes of Health uznały je oficjalnie dopiero w 1994 roku<sup>44</sup>. „Setki, a może tysiące ludzi zmarło w wyniku wrzodów, którym można było zapobiec”<sup>45</sup>, powiedział Marshall w 1999 roku reporterowi „Forbesa”<sup>\*</sup>.

Dalsze badania wykazały, że wiele innych schorzeń może mieć podłoże bakteryjne: niedomagania serca, astma, artretyzm, stwardnienie rozsiane, szereg zaburzeń psychicznych, wiele nowotworów<sup>46</sup>. Istnieje nawet sugestia (opublikowana ni mniej, ni więcej, tylko w „Science”), że do tej samej kategorii należy otyłość. Być może bliski jest dzień, gdy będziemy rozpaczliwie potrzebować skutecznego antybiotyku, lecz nie będziemy mieć pod ręką żadnego.

Niewielką pociechę stanowi fakt, że bakterie też mogą być chore. Mogą zostać zainfekowane przez bakteriofagi (w skrócie fagi), pewien rodzaj wirusa. Wirus jest dziwnym i niepokojącym zjawiskiem: „fragmentem kwasu

\* Warto dodać, że w 2005 r. Barry Marshall za badania nad *Helicobacter pylori* otrzymał Nagrodę Nobla (pizyp. <sup>red</sup>). nukleinowego otoczonym przez złe wiadomości”<sup>47</sup>, według pamiętnego określenia laureata Nagrody Nobla, Petera



Medawara. Mniejsze i prostsze niż bakterie, wirusy same w sobie nie są żywymi istotami. Odizolowany wirus jest nieruchomy i niegroźny. Lecz wystarczy wprowadzić go do odpowiedniego organizmu, aby natychmiast się ożywił. Znane jest około 5000 wirusów<sup>48</sup>, które wywołują u nas kilkaset chorób, od zwykłego przeziębienia i grypy po najbardziej groźne schorzenia: ospę, wściekliznę, żółtą febrę, gorączkę krwotoczną Ebola, polio i AIDS.

Wirusy prosperują dzięki kradzieży materiału genetycznego żywych komórek, który wykorzystują do produkcji własnych kopii. Reprodukują się jak szalony, po czym uciekają w poszukiwaniu kolejnych komórek. Wirusy nie są żywymi organizmami, więc mogą sobie pozwolić na prostą budowę. Wiele wirusów, w tym także HIV, ma nie więcej niż dziesięć genów, podczas gdy nawet najprostsza bakteria potrzebuje kilku tysięcy genów. Wirusy są bardzo małe, o wiele za małe, aby można je dojrzeć za pomocą konwencjonalnego mikroskopu. Dopiero w 1943 roku, gdy wynaleziono mikroskop elektronowy, naukowcy mogli po raz pierwszy je zobaczyć. Wirusy potrafią jednak być bardzo niebezpieczne. Ospa tylko w dwudziestym wieku zabiła około 300 milionów ludzi<sup>49</sup>.

Wirusy mają także niepokojący zwyczaj pojawiania się na świecie w różnych nowych i nieoczekiwanych formach, po czym znikają równie szybko, jak się pojawiły. W 1916 roku, w jednym z takich przypadków mieszkańcy Europy i Ameryki zapadali w dziwną śpiączkę, która została nazwana encephalitis lethargica. Ofiary zapadały w sen i się nie budziły. Można było je obudzić jedynie z wielkim trudem, aby je nakarmić i umożliwić załatwienie potrzeb fizjologicznych. Odpowiadały sensownie na pytania - wiedziały, kim są i gdzie się znajdują - lecz przez cały czas zachowywały się wyjątkowo apatycznie. Wystarczyło jednak choć na chwilę pozwolić im spocząć, a natychmiast zapadały ponownie w głęboki sen, w którym pozostawały tak długo, jak długo pozostawiono je w spokoju. Niektórzy pacjenci trwali w takim stanie przez wiele miesięcy, po czym umierali. Tylko bardzo nieliczna część z

nich przeżyła i odzyskała świadomość, aczkolwiek nigdy nie osiągnęła uprzedniego stanu aktywności fizycznej i umysłowej. Osoby te egzystowały w stanie głębokiej apatii, „Jak wygasłe wulkany”, według słów jednego z lekarzy. W ciągu dziesięciu lat zmarło na tę chorobę około 5 milionów ludzi, zanim odpowiedzialny za nią wirus stopniowo się wycofał<sup>50</sup>. Obecnie niewiele osób go pamięta, ponieważ w tym samym czasie znacznie poważniejsza w skutkach epidemia - w istocie najpoważniejsza w historii - objęła niemal cały świat

Nazywana wielką epidemią grypy lub „hiszpanką”, pociągnęła za sobą hekatombę ofiar. Pierwsza wojna światowa spowodowała śmierć 21 milionów ludzi w ciągu czterech lat. „Hiszpanka” zebrała takie samo żniwo w ciągu pierwszych czterech miesięcy<sup>51</sup>. Prawie 80 procent strat wśród amerykańskich żołnierzy było spowodowane nie przez nieprzyjaciela, lecz przez gripę. W niektórych jednostkach śmiertelność sięgała 80 procent.

„Hiszpanka” pojawiła się jako zwykła, uleczalna grypa, na wiosnę 1918 roku, lecz w ciągu kilku kolejnych miesięcy - nikt nie wie kiedy i jak - zmutowała się i przekształciła w coś znacznie poważniejszego. Co piąta ofiara odczuwała jedynie lekkie, niegroźne symptomy, lecz pozostali zapadali na śmiertelnie niebezpieczną chorobę i tylko nieliczni uszli z życiem. Niektórzy ulegali w ciągu kilku godzin, inni walczyli przez kilka dni.

W Stanach Zjednoczonych pierwsze przypadki śmierci zostały zarejestrowane pod koniec sierpnia 1918 roku wśród marynarzy w Bostonie, ale epidemia szybko rozprzestrzeniła się na cały kraj. Zamknięte zostały szkoły oraz centra rozrywkowe. Wielu ludzi nosiło na twarzy maski. Niewiele to jednak pomogło. W okresie między jesienią 1918 roku i wiosną następnego roku 548 452 ludzi zmarło w Ameryce na gripę. Liczba ofiar w Wielkiej Brytanii wyniosła około 220 000, podobnie było we Francji i Niemczech. Nikt nie zna globalnej liczby, ponieważ dane dla Trzeciego Świata były często niedostępne, lecz była ona równa co najmniej 20 milionom. Bardziej prawdopodobna wydaje się liczba 50 milionów, a niektóre oszacowania mówią nawet o 100 milionach.

W ramach prób opracowania szczepionki lekarze przeprowadzili eksperymenty na ochotnikach wybranych spośród pensjonariuszy wojskowego więzienia na Deer Island, leżącej u wejścia do portu w Bostonie<sup>52</sup>. Więźniom obiecano wolność, jeżeli przeżyją serię testów. Oględnie mówiąc, testy były dość rygorystyczne. Najpierw ochotnikom wstrzykiwano tkankę płucną osób zmarłych na gripę. Następnie opryskiwano im oczy, nos i usta zakażonymi aerozolami. Gdy nie ulegli chorobie, smarowano im gardła wydzielinami pobieranymi wprost od chorych i umierających. Gdy i to nie zadziałało, musieli siedzieć z otwartymi ustami na wprost śmiertelnie chorej ofiary, która kaszłała im prosto w twarz.

Spośród zaskakująco dużej liczby 300 ochotników lekarze wybrali 62 osoby do testów. Ani jeden spośród ochotników nie zapadł na „hiszpankę”. Jediną osobą, która zachorowała, był więzienny lekarz, który niebawem zmarł. Prawdopodobne wyjaśnienie tej zagadkowej odporności więźniów może polegać na tym, że epidemia przeszła przez więzienie kilka tygodni wcześniej, w wyniku czego ochotnicy rekrutowali się spośród osób, które przeżyły uprzednią wizytę grypy i się uodporniły.

Nie rozumiemy lub słabo rozumiemy wiele rzeczy związanych z „hiszpanką” z 1918 roku. Jedną zagadką jest to, w jaki sposób grypa pojawiła się nagle i wszędzie, w miejscach oddzielonych przez oceany, łańcuchy górskie i inne naturalne przeszkody. Wirus może przeżyć nie więcej niż kilka godzin poza ludzkim ciałem, więc w jaki sposób pojawił się w Madrycie, Bombaju i Filadelfii w tym samym tygodniu?

Prawdopodobnie wirus rozprzestrzenił się za pośrednictwem ludzi, którzy odczuwali tylko nikłe symptomy lub w ogóle nie wiedzieli, że są nosicielami. Nawet w przypadku zwykłej grypy około 10 procent ludzi w dowolnej populacji przechodzi chorobę, lecz nic o tym nie wie, gdyż nie odczuwa żadnych objawów. Stanowią oni jednak poważne zagrożenie, ponieważ przemieszczają się i skutecznie rozprzestrzeniają wirusa.

To mogłoby wyjaśnić, dlaczego wirus z 1918 roku był tak szeroko rozpowszechniony, lecz nadal nie wiadomo, w jaki sposób zdołał przez kilka miesięcy pozostawać w ukryciu, zanim uaktywnił się tak wybuchowo, mniej więcej w tym samym czasie na całym świecie. Jeszcze bardziej zagadkowy jest fakt, że najgroźniejszy w skutkach okazał się dla dorosłych, lecz stosunkowo młodych ludzi. Zwykła grypa jest najgroźniejsza dla dzieci i osób starszych, a epidemia z 1918 roku największe żniwo zebrała wśród dwudziesto-i trzydziestolatków. Ludzie starsi mogli mieć naturalną odporność, nabytą w wyniku wcześniejszego zetknięcia z tym samym szczepem, lecz nie wiadomo dlaczego równie odporne okazały się dzieci. Największą zagadkę stanowi jednak fakt, że epidemia z 1918 roku pociągnęła tak wielką liczbę ofiar, chociaż większość przypadków grypy jest stosunkowo niegroźna. Nadal nie wiadomo, dlaczego tak się stało.

Od czasu do czasu pewne szczepy wirusów powracają. Rosyjski wirus nazwany H1N1 wywołał epidemie na znacznych obszarach w 1933 roku, następnie w latach pięćdziesiątych i ponownie w siedemdziesiątych. Nie wiadomo, gdzie się podziewał w okresie nieaktywnym. Według jednej z sugestii wirusy ukrywają się w populacjach dzikich zwierząt, aby spróbować swych sił na kolejnym pokoleniu ludzi. Nie można z całą pewnością wykluczyć, że wirus, który spowodował epidemię „hiszpanki”, kiedyś jeszcze wychylił się z kryjówki.

Nawet jeżeli tego nie zrobi, znajdą się inne. Nowe, groźne wirusy co chwila próbują znaleźć sposób na szybką karierę. Gorączki krwotoczne, wywołane przez wirusy Ebola, Lassa oraz Marburg, pojawiły się nagle i równie szybko zniknęły, lecz nikt nie wie, czy nie mutują gdzieś po cichu lub po prostu czekają na kolejną sposobność, aby wywołać katastrofalną epidemię. Obecnie wiemy, że AIDS pojawił się znacznie wcześniej, niż początkowo sądziliśmy. Badacze z Manchester Royal Infirmary odkryli, że marynarz, który w 1959 roku zmarł na tajemniczą, nieuleczalną chorobę, w rzeczywistości miał AIDS<sup>53</sup>. Choroba pozostawała jednak nieznaną przez kolejne dwadzieścia lat.

Nie wiadomo dlaczego inne, podobne choroby nie rozprzestrzeniły się ani nie wywołały epidemii. Gorączka krwotoczna Lassa, którą po raz pierwszy wykryto w 1969 roku w zachodniej Afryce, jest niezwykle złośliwa, choć mało zbadana. W 1969 roku lekarz z laboratorium Yale University w New Haven, w stanie Connecticut, który badał gorączkę Lassa, zapadł na nią, lecz przeżył, natomiast technik z sąsiedniego laboratorium, który nie zetknął się bezpośrednio z wirusem, również się zaraził i zmarł<sup>54</sup>.

W tym przypadku na szczęście na tym się skończyło, ale nie zawsze możemy liczyć na tak pomyślne okoliczności. Nasz styl życia sprzyja epidemiom. Transport lotniczy umożliwia rozprzestrzenianie się zakaźnych chorób z ogromną łatwością i w szybkim tempie na całej planecie. Wirus Ebola może się pojawić rano w Beninie, a wieczorem znajdzie się w Nowym Jorku, Hamburgu, Nairobi lub we wszystkich trzech miejscach naraz. Oznacza to także, że służba zdrowia powinna być w coraz większym stopniu zaznajomiona z niemal każdą chorobą, która istnieje gdzieś na globie, co oczywiście jest trudne do zrealizowania, jeśli nie niemożliwe. W 1990 roku Nigeryjczyk mieszkający w Chicago zetknął się z gorączką Lassa w trakcie wizyty w swojej ojczyźnie, lecz symptomy pojawiły się dopiero po powrocie do Stanów Zjednoczonych. Zmarł w szpitalu w Chicago bez diagnozy i bez żadnych szczególnych środków ostrożności. Ani on, ani nikt inny nie był świadom, że był nosicielem jednej z najbardziej zakaźnych i śmiertelnie groźnych chorób. Jakimś cudem nie zaraził nikogo innego<sup>55</sup>. Następnym razem może nam się nie udać.

Poprzestańmy na tym smutnym akcencie i wróćmy do świata istot widocznych gołym okiem.

## Rozdział 21

### ŻYCIE TRWA NADAL

Nie jest łatwo zostać wykopaliskiem. Prawie wszystkie żywe organizmy - ponad 99,9 procent - czeka los kompostu<sup>1</sup>. Gdy twoja iskra zgaśnie, każda cząsteczka twojego ciała zostanie odgryziona lub wyssana, po czym zostanie użyta w jakimś innym systemie. Tak wygląda życie po życiu. Nawet jeżeli dostaniesz się do elitarnej grupy organizmów, tej należącej do 0,1 procent, która nie zostanie pożarta, szanse na zostanie wykopaliskiem nadal będą bardzo małe.

Abyś mógł stać się wykopaliskiem, musi się zdarzyć kilka rzeczy. Po pierwsze, musisz umrzeć we właściwym miejscu. Tylko około 15 procent skał stanowi właściwy materiał na stanowisko wykopaliskowe<sup>2</sup>, więc nie warto inwestować w granitowy nagrobek. Najlepiej rokujące miejsce pochówku stanowią osady, w których ciało może się zagłębić, jak gałązka w błocie, lub ulec rozkładowi bez dostępu tlenu. W ten sposób cząsteczki w kościach i innych twardych tkankach (i bardzo rzadko także w miękkich) mogą zostać zastąpione przez rozpuszczone minerały, tworząc skamieniałą kopię oryginału. Następnie kopia ta musi przetrwać wywołane przez ziemskie procesy tektoniczne naciski, przemieszczenia i odkształcenia osadów, w których się znajduje. Na koniec, i przede wszystkim, po dziesiątkach lub nawet setkach milionów lat spędzonych w ukryciu w skale, musi zostać znaleziona i uznana za coś wartego odkopania.

Prawdopodobnie tylko około jednej kości na miliard udaje się zostać wykopaliskiem. Oznacza to, że wykopaliskowe dziedzictwo wszystkich obecnie żyjących Amerykanów - 270 milionów ludzi po 206 kości każdy - będzie się składać z około 50 kości, jednej czwartej pojedynczego szkieletu. Nie oznacza to oczywiście, że którakolwiek z tych kości zostanie kiedykolwiek znaleziona. Biorąc pod uwagę, że mogą się znaleźć gdziekolwiek na obszarze ponad 9,3

miliona kilometrów kwadratowych, z których bardzo niewielka część będzie kiedykolwiek przeszukana i zbadana, szan-

332 sa na ich znalezienie graniczy z cudem. Wykopaliska są pod każdym względem niezwykle rzadkie. Większość istot, które żyły na Ziemi, nie zostawiła po sobie żadnego śladu. Szacuje się, że mniej niż jeden gatunek na 10 000 istnieje w postaci zapisu kopalnego<sup>3</sup>. To już jest uderzająco mały ułamek. Jeżeli jednak uwzględni się powszechnie przyjęte oszacowanie, według którego w całej historii życia przez Ziemię przewinęło się 30 miliardów gatunków żywych istot, oraz stwierdzenie Richarda Leakeya i Rogera Lewina (w książce *The Sixth Extinction*), którzy oceniają, że zapis kopalny obejmuje 250 000 gatunków<sup>4</sup>, to powyższa propozycja zmniejsza się do wartości jeden do 120 000. Tak czy inaczej, dysponujemy bardzo mizerną próbką życia, które zrodziła nasza planeta.

Co więcej, próbka jest beznadziejnie niereprezentatywna. Większość zwierząt lądowych w momencie śmierci nie trafia oczywiście do warstw osadowych, lecz pozostaje na lądzie, gdzie albo zostaje zjedzona, albo stopniowo niszczy i w końcu znika. W rezultacie w zapisie kopalnym proporcja jest absurdalnie zawyżona na korzyść zwierząt morskich. Około 95 procent wykopalisk, znajdujących się w naszym posiadaniu, stanowią szczątki zwierząt, które żyły w wodzie, na ogół w płytkich obszarach mórz<sup>5</sup>.

Wspominam o tym wszystkim, aby wyjaśnić, dlaczego pewnego pochmurnego dnia wybrałem się do Natural History Museum w Londynie, żeby spotkać się z miłym, sympatycznym paleontologiem o nazwisku Richard Fortey.

Fortey wie bardzo dużo o bardzo wielu rzeczach. Jest autorem wspaniałej, nieco przekornej książki zatytułowanej *Życie*. Nieautoryzowana biografia, która obejmuje całą historię stworzenia. Jednakże jego pierwszą miłością jest pewien typ morskich stworzeń zwanych trylobitami. Trylobity królowały niegdyś w morzach ordowiku, lecz już od dawna istnieją wyłącznie w postaci wykopalisk. Wszystkie trylobity miały taki sam plan budowy ciała. Składały się z trzech

części - tarczy głowowej, tarczy ogonowej i tułowia - stąd wzięła się ich nazwa\*. Fortey znalazł swój pierwszy egzemplarz trylobita, gdy wspinał się na skały w St David's Bay w Walii. Wraz z trylobitem odkrył także swoje powołanie.

Zaprowadził mnie do galerii wypełnionej wysokimi, metalowymi szafami

\* Łobe (ang.) - płat (przyp. tłum.).

333 fami. Każda szafa składa się z płytkich szuflad, a każda szuflada jest wypełniona skamielinami trylobitów - łącznie 20 000 egzemplarzy.;>

„To wygląda na olbrzymią liczbę - zgodził się ze mną - lecz trzeba [pamiętać, że miliony trylobitów żyły w morzach miliony lat, więc 20 000 to nie jest jednak wcale tak dużo. Większość z tego stanowią częściowo zachowane egzemplarze. Znalezienie kompletnego trylobita wciąż stanowi wielki moment w życiu paleontologa”<sup>6</sup>.

Trylobity pojawiły się po raz pierwszy - w pełni uformowane, na pozór jakby znikąd - około 540 milionów lat temu, na początku epoki wielkiego rozwoju złożonych form życia, popularnie zwanego eksplozją kambryjską. Zniknęły, wraz z wieloma innymi gatunkami, około 300 milionów lat później, w wielkiej i nadal tajemniczej katastrofie permskiej. Mamy naturalną skłonność do postrzegania trylobitów jako nieudaczników, podobnie jak w przypadku innych wymarłych stworzeń, lecz w rzeczywistości trylobity należały do najbardziej długowiecznych zwierząt, jakie kiedykolwiek żyły na naszej planecie. Królowały przez około 3000 stuleci - dwa razy dłużej niż dinozaury, które też należą do rekordzistów. Fortey zwraca uwagę, że gatunek ludzki istnieje dopiero około połowy procentu czasu, który przetrwały trylobity<sup>7</sup>.

Mając tyle czasu, trylobity rozmnażały się nad wyraz bujnie. Większość gatunków miała niewielkie rozmiary, mniej więcej takie jak współczesne nam żuki, lecz niektóre były znacznie większe. Łącznie istniało co najmniej 5000 rodzajów i 60 000 gatunków, aczkolwiek wciąż odkrywamy nowe. Fortey uczestniczył niedawno w konferencji w Ameryce Południowej, gdzie zwróciła



się do niego badaczka z małego, prowincjonalnego uniwersytetu w Argentynie. „Miała pudło pełne interesujących rzeczy - między innymi trylobitów, które nigdy uprzednio nie były widziane ani w Ameryce Południowej, ani gdzie indziej. Nie dysponowała aparaturą do badania tych znalezisk ani funduszami na poszukiwania kolejnych. Olbrzymie obszary świata są wciąż niezbadane”. „Pod kątem trylobitów?” „Pod kątem wszystkiego”

W dziewiętnastym wieku trylobity stanowiły jedną z niewielu znanych wczesnych form złożonego życia i z tego powodu były dość popularnym obiektem badań paleontologicznych. Jedną z zagadek stanowiło ich nagłe pojawienie się. Jak mówi Fortey, nawet teraz zdarza się, że paleontolog zaczyna od bardzo starych warstw, przekopuje się w górę przez formacje skalne, pokonuje kolejne eony i nie znajduje żadnych widocznych śladów życia, aż nagle „cały Profallotaspis lub Elenellus, wielkości sporego kraba, wpada mu w ręce”<sup>8</sup>. Te istoty miały kończyny, skrzela, układ nerwowy, czułki, „coś w rodzaju mózgu” oraz najdziwniejsze w świecie oczy. Zbudowane z kryształów kalcytu, tego samego materiału, z którego składają się wapienie, ich oczy stanowiły najwcześniejszy znany nam system wizualny. Co więcej, pierwsze trylobity nie należały do zaledwie jednego przedsiębiorczego gatunku. Były to tuziny gatunków i pojawiły się nie w jednym czy dwóch miejscach, lecz wszędzie. Wielu myślących ludzi w dziewiętnastym wieku postrzegało to jako dowód ingerencji Boga oraz zaprzeczenie ewolucyjnych idei Darwina. Rozumowali oni w ten sposób, że skoro ewolucja postępowała powoli, to w jaki sposób Darwin mógłby wyjaśnić to nagłe pojawienie się złożonych, w pełni uformowanych istot? Prawdą jest, że nie mógł.

Wydawało się, że kwestia ta pozostanie na zawsze niewyjaśniona, lecz w 1909 roku, trzy miesiące przed pięćdziesiątą rocznicą publikacji O powstawaniu gatunków Darwina, paleontolog Charles Doolittle Walcott dokonał niezwykłego odkrycia w kanadyjskiej części Gór Skalistych.

Walcott urodził się i wychował w pobliżu miejscowości Utica, w stanie

Nowy Jork, w dość ubogiej rodzinie, która zbiedniała jeszcze bardziej, gdy wkrótce po urodzeniu Charlesa zmarł jego ojciec. Walcott już jako chłopiec miał talent do odkrywania wykopalisk, głównie trylobitów. Zgromadził imponującą kolekcję, którą zainteresował się sam Louis Agassiz i zakupił ją do swojego muzeum na Uniwersytecie Hamrda za kwotę - równowartość dzisiejszych 45 000 funtów - która dla Walcotta stanowiła małą fortunę<sup>9</sup>. Walcott miał jedynie średnie wykształcenie, a w dziedzinie nauk przyrodniczych był samoukiem, lecz stał się czołowym autorytetem w kwestiach dotyczących trylobitów. Stwierdził między innymi, że trylobity są stawonogami, podobnie jak współczesne nam owady i skorupiaki.

W 1879 roku Walcott podjął pracę jako szeregowy pracownik w niedawno utworzonej United States Geological Survey<sup>10</sup>. Pracował z takim oddaniem, że po piętnastu latach został dyrektorem tej placówki. W 1907 roku został mianowany sekretarzem Smithsonian Institution. Pełnił tę funkcję aż do śmierci w 1927 roku. Mimo swoich licznych obowiązków administracyjnych kontynuował prace terenowe i bardzo dużo pisał. „Jego książki zajmują całą półkę w bibliotece”,, mówi Fortey. Nieprzypadkowo Walcott był także założycielem i pierwszym dyrektorem National Advisory Committee for Aeronautics, który później został przekształcony w National Aeronautics and Space Administration. Przysługuje mu za to zapewne tytuł ojca, lub raczej dziadka, ery podboju kosmosu.

Dzisiaj jest pamiętany głównie dzięki bystrości swego oka, połączonej z łutem szczęścia, które późnym latem 1909 roku pozwoliły mu dokonać pewnego odkrycia w górach Kolumbii Brytyjskiej, w okolicy małej miejscowości Field. Według powszechnie przyjętej wersji tego wydarzenia Walcott wraz z żoną przemierzali konno górski szlak, gdy w pewnej chwili niosący jego małżonkę koń poślizgnął się na kamieniach. Gdy Walcott zsiadł z wierzchowca, aby pomóc żonie, zauważył, że potracony przez konia kamień jest w istocie ilastym łupkiem, a jego odwrotna strona zawiera skamieniałe skorupiaki, bardzo stare i

nietypowe. Padał gęsty śnieg - w kanadyjskiej części Gór Skalistych zima jest wczesnym gościem - więc Walcott nie mógł im się dokładnie przyjrzeć, lecz wrócił w to samo miejsce przy pierwszej nadarzającej się okazji w następnym roku. Idąc domniemaną trasą osuwających się skał, wspiął się 750 stóp w pobliże szczytu góry. Na wysokości 8000 stóp nad poziomem morza znalazł odsłoniętą skałę łupkową, o długości 200 stóp, zawierającą oszałamiający zbiór skamielin z okresu, w którym złożone formy życia pojawiły się na Ziemi - raptownie i w wielkiej obfitości - dając początek słynnej eksplozji kambryjskiej. Krótko mówiąc, Walcott odkrył świętego Graala paleontologii. Odkrywka stała się znana jako Burgess Shale, od nazwy górskiego grzbietu, na którym się znajduje, i przez długi czas stanowiła „nasze jedyne okno na początek współczesnego życia w całej jego pełni”<sup>12</sup>, jak określił to Stephen Jay Gould w swojej popularnej książce *Wonderful Life*.

Gould, jak zawsze skrupiamy, przeczytał dzienniki Walcotta i odkrył, że historia odkrycia Burgess Shale została cokolwiek ubarwiona - Walcott nie wspomina o potknięciu konia ani o padającym śniegu - lecz nie ma żadnych wątpliwości, że było to niezwykle odkrycie<sup>13</sup>.

Istocie ludzkiej, której czas spędzony na Ziemi jest ograniczony do kilku przelotnych dekad, trudno jest pojąć, jak bardzo odległa czasowo była eksplozja kambryjska. Gdybyś mógł się wybrać w podróż w czasie i przemierzać jeden rok w ciągu każdej sekundy, po półgodzinie znalazłbyś się w czasach Chrystusa, a po trzech tygodniach dotarłbyś do początków istnienia gatunkuludzkiego. Erę eksplozji kambryjskiej osiągnąłbyś dopiero po 20 latach. Inaczej mówiąc, było to niezmiernie dawno, a świat był wtedy zupełnie innym miejscem.

Przede wszystkim 500 milionów lat temu i jeszcze nieco wcześniej, gdy Burgess Shale zostało uformowane, nie znajdowało się na szczycie góry, lecz u podnóża, a konkretnie na dnie płytkiego basenu oceanicznego, u stóp stromego klifu. Morza w tym czasie tętniły życiem, lecz zwierzęta nie zostawiały na ogół żadnych śladów, ponieważ miały miękkie ciała, które rozkładały się po śmierci.

Jednak w Burgess fragment klifowego brzegu spadł do morza, odcinając dopływ wody i grzebiąc żywe istoty w mule, w którym zostały sprasowane jak kwiaty między kartami książki, zachowując cudownie szczegółowe skamieliny niezliczonych zwierząt.

W okresie od 1910 do 1925 roku (miał wtedy 75 lat) Walcott co roku w lecie prowadził prace wykopaliskowe w Burgess Shale. Zgromadził łącznie dziesiątki tysięcy egzemplarzy (Gould pisze o 80 000, natomiast wiarygodne archiwa „National Geographic” mówią o 60 000), które przywiózł do Waszyngtonu, aby poddać dalszym badaniom. Jego kolekcja nie miała sobie równych zarówno pod względem zróżnicowania, jak i liczby egzemplarzy. Niektóre z nich miały muszle, inne były ich pozbawione. Niektóre były ślepe, inne miały oczy. Według jednego z oszacowań było tam 140 gatunków<sup>14</sup>. „Burgess Shale obejmuje skalę zróżnicowania, której nie dorównuje ani żadne późniejsze stanowisko wykopaliskowe, ani wszystkie dzisiejsze morskie istoty razem wzięte”<sup>15</sup>, napisał Gould.

Niestety, zdaniem Goulda, Walcott nie docenił znaczenia swojego odkrycia. „Wyrywając porażkę ze szczęk zwycięstwa - napisał Gould w innej pracy, *Eight Little Piggies* - Walcott dokonał największego z możliwych błędów w interpretacji tych wspaniałych wykopalisk”. Przypisał je do współczesnych grup, klasyfikując je jako przodków dzisiejszych robaków, meduz oraz innych istot. W ten sposób całkowicie zignorował znaczenie ich odrębności. „Według takiej interpretacji - wzdycha Gould - życie zaczęło się w pierwotnej prostocie, aby następnie nieugięcie i w całkiem przewidywalny sposób rozwijać się w kierunku większych i lepszych”<sup>16</sup>.

Walcott zmarł w 1927 roku. Wraz z jego śmiercią wykopaliska z Burgess zostały w zasadzie zapomniane. Przez prawie pół wieku spoczywały zamknięte w szufladach w American Museum of Natural History w Waszyngtonie, gdzie były rzadko oglądane i nigdy nie badane. W 1973 roku doktorant z Cambridge University, Simon Conway Morris, przejrzał całą kolekcję i ze zdumieniem

stwierdził, że były znacznie bardziej zróżnicowane i interesujące, niż można by sądzić na podstawie pism Walcotta<sup>17</sup>. Kategorią, która w taksonomii odnosi się do podstawowego planu budowy ciała, jest typ. W każdej kolejnej szufladzie Conway Morris znajdował coraz to inne anatomiczne osobliwości i coraz bardziej zdumiewał go fakt, że wszystkie te nowe typy nie zostały rozpoznane przez człowieka, który je odkrył.

Wraz ze swym promotorem, Harrym Whittingtonem, oraz drugim doktorantem, Derekiem Briggssem, Conway Morris w ciągu kilku kolejnych lat przeprowadził systematyczny przegląd całej kolekcji, dokonując jednego odkrycia po drugim i publikując jedną po drugiej ekscytujące monografie. Wiele tych istot stosowało plany budowy ciała, które nie były po prostu odmienne niż wszystkie inne, wcześniejsze lub późniejsze istoty - one były wręcz dziwaczne. Jedną z nich, Opabinia, miała pięcioro oczu oraz przypominający rurę od odkurzacza narząd gębowy ze szczękami na końcu. Peytoia, istota w kształcie dysku, wyglądała prawie komicznie, jak plaster ananasa. Trzecia, która ewidentnie próbowała chwiejnie chodzić na szeregu szudłowatych nóg, wyglądała tak dziwnie, że dali jej nazwę Hallucigenia. Kolekcja zawierała tak wiele nierozpoznanych nowości, że - jak wieść niesie - i pewnego dnia po otwarciu kolejnej szuflady Conway Morris mruknął: „O kurwa, tylko nie następny typ”<sup>18</sup>.

Badania angielskiego zespołu wykazały, że kambr stanowił okres niesamowitych innowacji i eksperymentowania w dziedzinie architektury organizmów. Przez większą część prawie 4 miliardów lat swego istnienia na Ziemi życie marudziło bez żadnych widocznych ambicji w kierunku złożoności, aby nagle, w ciągu zaledwie 5 czy 10 milionów lat, stworzyć wszystkie podstawowe plany budowy ciała. Niektóre z nich nadal są w użyciu, lecz, co ważniejsze, od tego czasu nie powstały żadne nowe. Wymień jakąkolwiek istotę, od nicienia po Cameron Diaz, a każda z nich stosuje plan budowy ciała po raz pierwszy stworzony w kambrze<sup>19</sup>.

Najbardziej zaskakujący okazał się jednak fakt, że tak wiele spośród tych planów nie udało się przebić - ujmując rzecz w cudzysłowie - i nie zostawiło żadnych potomków. Według Goulda co najmniej piętnaście, a może nawet dwadzieścia typów zwierząt z Burgess nie należało do żadnego znanego typu<sup>20</sup> (w popularnonaukowych opracowaniach liczba ta niebawem wzrosła do 100, tj. znacznie więcej, niż naukowcy z Cambridge kiedykolwiek stwierdzili)...Życie - napisał Gould - jest historią potężnych wymierań oraz następujących po nich różnicowań w obrębie nielicznych niedobitków, a nie konwencjonalną opowieścią o stałym, narastającym doskonaleniu, złożoności i różnicowaniu". Okazało się, że ewolucyjny sukces stanowi wynik loterii.

U jednego z tych niedobitków, którym udało się przetrwać, przypominającej małego robaka istoty nazwanej *Pikaia gracilens*, odkryto prymitywny stos kręgowy, który uczynił z niej najwcześniejszego znanego nam przodka wszystkich późniejszych kręgowców, łącznie z nami. *Pikaia* bynajmniej nie występowały licznie w wykopaliskach z Burgess, więc Bóg jeden wie, jak bliskie były wymarcia. Słynny cytat z Goulda nie zostawia wątpliwości, że uważał on nasz rodowodowy sukces za szczęśliwy zbieg okoliczności: „Przewin wstecz taśmę życia do pierwszych dni Burgess Shale, puść ją ponownie od tego samego miejsca, a szanse, że w powtórce pojawi się coś podobnego do ludzkiej inteligencji, okażą się znikome”<sup>21</sup>.

Książka *Wonderful Life* Goulda została opublikowana w 1989 roku i natychmiast zyskała ogólne uznanie, odnosząc przy tym ogromny sukces wydawniczy. Wtedy nie było jeszcze powszechnie wiadomo, że wielu naukowców nie zgadzało się z Gouldem i że wkrótce cała historia miała się przekształcić w gorszący spór. W kontekście kambru słowo „eksplozja” miało niebawem w większym stopniu odnosić się do współczesnych temperamentów niż do faktów dotyczących fizjologii dawnych organizmów.

W rzeczywistości, jak obecnie wiemy, a powinniśmy byli to wiedzieć znacznie wcześniej, złożone organizmy istniały co najmniej 100 milionów lat

przed kambrem. Prawie czterdzieści lat po odkryciu dokonany przez Walcotta w Kanadzie po drugiej stronie planety, w Australii, młody geolog Reginald Sprigg odkrył coś jeszcze starszego i równie godnego uwagi.

W 1946 roku, jako młody asystent zatrudniony w rządowym urzędzie geologicznym, został wysłany w celu zbadania opuszczonych kopalni w górach Ediacaran Hills w paśmie Flinders, na kompletnym pustkowiu, około 500 kilometrów na północ od Adelaide<sup>22</sup>. Celem jego wyprawy było zbadanie, czy niektóre ze starych kopalń nie mogłyby być ponownie eksploatowane przy użyciu nowszych technologii, więc Sprigg w ogóle nie zajmował się powierzchniowymi skałami, ani tym bardziej wykopaliskami. Pewnego dnia, w trakcie lunchu, machinalnie odwrócił kawałek piaskowca i z prawdziwym zaskoczeniem stwierdził, że jego powierzchnia jest pokryta delikatnymi skamielinami przypominającymi odciski zostawione przez liście w mule. Te skały były starsze od eksplozji kambryjskiej, Sprigg patrzył na najstarsze ziemskie organizmy widoczne gołym okiem.

Sprigg wysłał rękopis artykułu do „Nature”, ale został on odrzucony. Rok później odczytał go na dorocznej konferencji Australian and New Zealand Association for the Advancement of Science, lecz nie znalazł uznania w oczach prezesa stowarzyszenia, który stwierdził, że skamieliny z Ediacaran Hills stanowią „przypadkowe nieorganiczne odciski” wyłobione przez wiatr, deszcz lub prądy, a nie przez żywe istoty<sup>23</sup>. Wciąż niepozba-wiony nadziei Sprigg wybrał się do Londynu, aby przedstawić swoje odkrycie na Międzynarodowym Kongresie Geologicznym w 1948 roku, lecz nikt nie dał mu wiary ani nawet nie okazał zainteresowania. W końcu, z braku lepszych rozwiązań, opublikował swoje odkrycie na łaniach „Transactions of the Royal Society of South Australia”, porzucił rządową posadę i zajął się poszukiwaniami ropy.

Dziewięć lat później, w 1957 roku, nastoletni Roger Mason podczas spaceru przez las Chamwood w środkowej Anglii znalazł skałę z dziwnymi skamielinami na powierzchni<sup>24</sup> - podobnymi do współczesnych istot I zwanych

piórami morskimi - takimi samymi jak te, które odkrył Sprigg i nadaremnie usiłował nimi zainteresować świat nauki. Mason przekazał swoje znalezisko paleontologowi z University of Leicester, który natychmiast zidentyfikował je jako prekambryjskie. Mason został wykreowany na młodocianego bohatera, jego zdjęcia pojawiły się w gazetach, a jego nazwisko nadal figuruje w wielu podręcznikach. Odkryty przez niego gatunek został na jego cześć nazwany Charnia masoni.

Obecnie niektóre z oryginalnych znalezisk Sprigga, wraz z 1500 innych, które zostały od tego czasu znalezione w paśmie Flinders, można oglądać w szklanej gablocie na piętrze przysadzistego, lecz gustownego budynku South Australian Museum w Adelaide, jednak nie wzbudzają one wielkiego zainteresowania. Delikatnie zarysowane wzory są dość niewyraźne i raczej nie przyciągają uwagi niewytrenowanego oka. W większości są małe, okrągławe, niektóre posiadają delikatne, wstążkowate ogony. Fortey określił je jako „dziwactwa o miękkich ciałach”.

Niewiele wiemy o ich trybie życia ani o tym, czym w istocie były. Najprawdopodobniej nie miały ani otworu gębowego do pobierania pożywienia, ani wewnętrznych organów do trawienia, ani układu wydalniczego do pozbywania się niestrawionych resztek. „Większość z nich prawdopodobnie po prostu leżała na powierzchni piaszkowych osadów, jak miękka, pozbawiona struktury, nieruchoma płaszczka”, mówi Fortey. Pod względem zaawansowania w najlepszym razie mogły być zbliżone do meduzy. Wszystkie istoty z Ediacaran Hills są dwuwarstwowcami, co oznacza, że rozwijają się z dwóch listków zarodkowych. Z wyjątkiem meduz wszystkie współczesne zwierzęta są trójwarstwowcami.

Niektórzy eksperci uważają, że nie były to zwierzęta, ale raczej rośliny lub grzyby. Rozróżnienie między zwierzęciem i rośliną nie zawsze jest jasne nawet dzisiaj. Współczesna gąbka spędza całe życie przytwierdzona do tego samego miejsca, nie ma oczu, mózgu ani bijącego serca, lecz jest uważana za



zwierzę. „Gdy cofniemy się do prekambriu, różnice między roślinami i zwierzętami są prawdopodobnie jeszcze mniej jasne - dodaje Fortey. - Nie ma żadnej reguły, która mówiłaby, że musisz być ewidentnie jednym lub drugim”.

Nie jest także przesądzone, że organizmy z Ediacaran Hills są w jakimkolwiek sensie przodkami którejkolwiek ze współczesnych istot (być może z wyjątkiem niektórych meduz). Wielu fachowców uważa je za pewnego rodzaju nieudany eksperyment, test złożoności, który się nie powiódł, ponieważ nieruchawe organizmy z Ediacaran zostały pożarte lub w inny sposób wyparte przez zwinniejsze i bardziej zaawansowane zwierzęta z okresu kambryjskiego.

„Nie istnieje nic zbliżonego wśród obecnie żyjących istot”<sup>25</sup> - napisał Fortey. „Trudno je zinterpretować jako przodków jakichkolwiek późniejszych gatunków”<sup>26</sup>.

Wytworzyło się przekonanie, że ostatecznie fauna z Ediacaran nie okazała się wyjątkowo istotna w rozwoju życia na Ziemi. Wielu fachowców uważa, że na granicy prekambriu i kambriu nastąpiła masowa eksterminacja, w wyniku której żaden gatunek z Ediacaran Hills (z niepewnym wyjątkiem meduz) nie zdołał przejść do kolejnej rundy. Innymi słowy, prawdziwy rozkwit bardziej złożonych form życia zaczął się od eksplozji kambryjskiej. W każdym razie tak widział to Gould.

Wróćmy do skamielin z Burgess Shale. Niemal natychmiast niektórzy naukowcy zaczęli kwestionować interpretacje, a szczególnie Goulda interpretacje interpretacji. „Od początku istniała pewna liczba naukowców, którzy powątpiewali w racje przedstawione przez Steve’a Goulda, niezależnie od podziwu dla sposobu ich prezentacji”, napisał Fortey w książce Życie. Nieautoryzowana biografia, ujmując rzecz nadzwyczaj łagodnie.

„Gdyby tylko Stephen Gould potrafił myśleć równie jasno jak pisze!”<sup>27</sup>, szczerką uczonego z Oksfordu, Richard Dawkins, w pierwszej linijce recenzji Wonderful Life zamieszczonej w „Sunday Telegraph”. Dawkins przyznał, że książka stanowi „literacki tour-de-force” i jest „nie-odkładalna”, lecz oskarżył

Goulda o „wielce górnolotne i niemal obłudne” przekręcanie faktów, a w szczególności o sugerowanie, że rewizja znalezisk z Burgess zaskoczyła społeczność paleontologów. „Poglądu, który on atakuje - że ewolucja maszeruje nieugięcie w kierunku ostatecznego zwieńczenia w postaci człowieka - nikt nie podtrzymywał przez 50 lat”, zrzędził Dawkins.

Wielu recenzentów nie zwracało uwagi na takie subtelności. Autor recenzji z „New York Times Book Review” radośnie zwrócił uwagę, że z powodu książki Goulda naukowcy „odrzucaли pewne uprzedzenia, których nie analizowali przez całe pokolenia. Obecnie - niektórzy entuzjastycznie, inni niechętnie - akceptują ideę, zgodnie z którą ludzie stanowią w równym stopniu wynik przypadku jak i produkt uporządkowanego rozwoju”<sup>28</sup>.

Lecz najpoważniejsze argumenty przeciwko Gouldowi wysunięto w wyniku przekonania, że niektóre jego konkluzje były naciągane lub wręcz błędne. W artykule opublikowanym w czasopiśmie „JEvolution”<sup>29</sup> Dawkins zaatakował twierdzenia Goulda, jakoby „ewolucja w kambrze stanowiła inny rodzaj procesu niż obecnie” i dał wyraz swej irytacji wobec wielokrotnie powtarzanych przez Goulda sugestii, że „kambr był okresem ewolucyjnego »eksperymentu«, ewolucyjnych »prób i błędów«, ewolucyjnych »falstartów« [...] był to płodny okres, gdy wynalezione zostały wszystkie wielkie »podstawowe plany budowy«. Dzisiaj ewolucja jedynie majstruje przy starych planach ciała. W kambrze powstały nowe typy i nowe klasy. Dzisiaj mamy tylko nowe gatunki!”. ę

Zwracając uwagę, jak często ta idea - że nie ma nowych planów budowy ciała - jest przywoływana, Dawkins pisze: „To przypomina sytuację, w której ogrodnik spogląda na rosnący w ogrodzie dąb i pyta ze zdumieniem: »Czy to nie dziwne, że od wielu lat nie ma na nim nowych kónarów?« Cały wzrost odbywa się dzisiaj na poziomie gałązek”.

„To był dziwny czas - mówi Fortey - zwłaszcza gdy weźmie się pod uwagę, że poziom emocji był naprawdę wysoki, mimo iż dotyczyły one zdarzeń,

które zaszły 500 milionów lat temu. W jednej z moich książek zażartowałem, że o okresie kambru należy pisać z kaskiem na głowie, i rzeczywiście odczuwało się coś w tym rodzaju”.

Najdziwniejsza w tym wszystkim była reakcja jednego z bohaterów książki *Wonderful Life*, Simona Conwaya Morrisa, który zaskoczył społeczność paleontologów, atakując Goulda we własnej książce, *The Crucible of Creation*<sup>30</sup>. „Nigdy nie napotkałem takich emocji w książce napisanej przez zawodowca - zauważył później Fortey. - Przypadkowy czytelnik *The Crucible of Creation*, nie znający całej historii, nigdy nie domyśliłby się na podstawie tej lektury, że poglądy jej autora były niegdyś zbliżone (jeśli nie tożsame) z poglądami Goulda”<sup>31</sup>.

Gdy zapytałem o to Forteya, odpowiedział: „No cóż, to było bardzo dziwne, właściwie szokujące, ponieważ Gould pisał o Morrisie w bardzo pochlebnym tonie. Mogę się tylko domyślać, że Simon był tym zakłopotany. Wiesz, nauka się zmienia, lecz książki pozostają i można przypuszczać, że żałował, iż jest tak nierozzerwalnie kojarzony z poglądami, których już nie podziela. Tam było wszystko o tym »0 kurwa, tylko nie następny typ«, więc sądzę, iż żałował, że jest sławny z tego właśnie powodu. Nigdy nie domyśliłbyś się po lekturze książki Simona, że jego poglądy były niegdyś identyczne jak Goulda”.

Sytuacja zmieniła się o tyle, że wykopaliska z wczesnego kambru weszły w fazę ponownej, krytycznej oceny. Fortey oraz Derek Briggs - kolejny bohater książki Goulda - dokonali ponownej analizy wykopalisk z Burgess za pomocą metody zwanej kładą styką. Polega ona w zasadzie na szeregowaniu organizmów na podstawie wspólnych cech. Jako przykład Fortey podaje pomysł porównania słonia i ryjówki. Biorąc pod uwagę rozmiary słonia oraz jego charakterystyczną trąbę, można by dojść do wniosku, że nie ma on wiele wspólnego z maleńką wężącą ryjówką. Gdybyśmy jednak porównali oba zwierzęta z jaszczurką, stwierdzilibyśmy, że słoń i ryjówka są w istocie

zbudowane według tego samego planu. Krótko mówiąc, Fortey stwierdza, że tam, gdzie Gould zobaczył słonie i ryjówki, on oraz Briggs zobaczyli ssaki i doszli do wniosku, że zwierzęta z Burgess nie były aż tak dziwne i zróżnicowane, jak wyglądały na pierwszy rzut oka. „Często nie były dziwniejsze niż trylobity - mówi obecnie Fortey - lecz na oswojenie się z trylobitami mieliśmy około sto lat. Znajomość, jak wiesz, wzmacnia znajomość”.

Należy zwrócić uwagę, że nie chodzi tu o brak staranności lub profesjonalizmu. Interpretowanie form i związków między wykopaliskowymi gatunkami zwierząt na podstawie często zniekształconych i niepełnych danych stanowi trudne zadanie. Edward O. Wilson zwrócił uwagę, że gdyby wybrać pewne gatunki współczesnych owadów i zaprezentować je jako skamieliny z okresu Burgess, nikt nie odgadłby, że wszystkie należą do tego samego typu, mimo że ich plany budowy są tak różne. W rewizji pomogły także odkrycia dwóch innych stanowisk z wczesnego kambru, jednego na Grenlandii i jednego w Chinach, oraz kilku pojedynczych znalezisk, które łącznie dały wiele dodatkowych i często lepiej zachowanych okazów.

W rezultacie okazało się, że skamieliny z Burgess Shale nie są jednak aż tak bardzo zróżnicowane. Hallucigenia została zrekonstruowana do góry nogami. Jej szczudłowate nogi były w rzeczywistości kolcami na grzbiecie. Peytoia, dziwaczna istota w kształcie dysku, która wyglądała jak plaster ananasa, okazała się jedynie częścią większego zwierzęcia, Anomalocaris. Wiele okazów z Burgess zostało obecnie zaliczonych do współczesnych, żyjących typów - czyli dokładnie tam, gdzie pierwotnie umieścił je Walcott. Hallucigenia wraz z kilkoma innymi jest obecnie uważana za organizm spokrewniony z Onychophora, grupą zwierząt przypominających gąsienice. Inne także zostały przekwalifikowane i obecnie są uważane za prekursorów współczesnych pierścienic. W rzeczywistości, jak mówi Fortey, „tylko kilka kambryjskich planów budowy stanowi całkowitą nowość. Częściej stanowią one jedynie interesujące rozwinięcia istniejących modeli”. Jak napisał w książce

Życie. Nieautoryzowana biografia: „Żaden nie jest tak dziwny jak współczesna bemikla ani tak groteskowy jak królowa termitów”<sup>33</sup>.

Tak więc okazy z Burgess Shale nie były jednak tak spektakularne. Nie uczyniło ich to, jak napisał Fortey, „ani mniej interesującymi, ani mniej dziwnymi, lecz jedynie bardziej wytłumaczalnymi”<sup>34</sup>. Ich dziwaczne plany budowy stanowiły pewnego rodzaju młodzieńcze wybryki - ewolucyjny odpowiednik punkowej fryzury i kolczyków w pępku. W końcu wszystkie ustatkowały się w zrównoważone, stabilne, dojrzałe formy.

To jednak nie rozwiązało wciąż otwartej kwestii pochodzenia tych zwierząt. W jaki sposób wszystkie one się pojawiły, nagle i na pozór znikąd?

Okazuje się, że eksplozja kambryjska nie była aż tak nagła, jak mogło się wydawać. Obecnie sądzi się, że kambryjskie zwierzęta istniały od dłuższego czasu, lecz były zbyt niepozorne, abyśmy mogli je zidentyfikować. Raz jeszcze trylobity dostarczyły klucza do rozwiązania zagadki - a w szczególności to pozornie tajemnicze, równoczesne pojawienie się rozmaitych typów trylobitów w wielu odległych miejscach na całym globie.

Na pozór owo nagłe pojawienie się w pełni uformowanych, lecz zróżnicowanych istot powinno wzmocnić aurę tajemniczości otaczającą kambryjski wybuch, lecz w rzeczywistości stało się odwrotnie. Czym innym jest pojawienie się jednej, dobrze ukształtowanej istoty, takiej jak trylobit, w jednym określonym, odizolowanym położeniu - to rzeczywiście byłby cud - ale gdy wiele różnych, lecz wyraźnie spokrewnionych gatunków pojawia się równocześnie w stanowiskach wykopaliskowych tak odległych od siebie jak Chiny i Nowy Jork, to ewidentnie oznacza, że brakuje nam znacznej części ich historii<sup>35</sup>. Trudno o silniejszy dowód, że po prostu musiały mieć przodka - jakiś wcześniejszy gatunek, który dał początek całej linii.

A powód, dla którego nie znaleźliśmy tego przodka, prawdopodobnie jest taki, że był za mały, aby przetrwać w wykopaliskach. Jak mówi Fortey: „Niekoniecznie trzeba być bardzo dużym, aby stać się doskonale

funkcjonującym, zaawansowanym, złożonym organizmem. Dzisiejsze morza tętnią od małych stawonogów, które nie zostawiają żadnych skamielin”. Fortey wymienia małego widłonoga, który istnieje we współczesnych morzach w bilionach egzemplarzy, łącząc się w olbrzymie ławice, od których spore obszary oceanu potrafią zmienić kolor na czarny. Mimo to cała nasza wiedza o jego przodkach sprowadza się do pojedynczego egzemplarza, znalezionego w brzuchu dawnej, skamieniałej ryby.

„Eksplozja kambryjska, o ile to jest właściwa nazwa, prawdopodobnie dotyczyła raczej wzrostu rozmiarów, a nie nagłego pojawienia się nowych typów budowy ciała - mówi Fortey. - I mogło to nastąpić całkiem szybko, więc wydaje mi się, że w tym sensie można mówić o eksplozji”. Ssaki przez 100 milionów lat czekały, aż dinozaury oddadzą im pole, po czym niezwłocznie zaczęły nabierać ciała na całej planecie. Być może stawonogi i inne trójwarstwowce również cierpliwie czekały w quasi-mikroskopowej anonimowości, aż skończy się epoka dominujących organizmów w rodzaju tych z Ediacaran Hills. Jak mówi Fortey: „Wiemy, że ssaki radykalnie zwiększyły swoje rozmiary natychmiast po ustąpieniu dinozaurów, aczkolwiek określenie »natychmiast« należy rozumieć w sensie geologicznego upływu czasu, czyli w ciągu milionów lat”.

Reginald Sprigg w końcu doczekał się uznania. Jeden z głównych wczesnych rodzajów, Spriggina, oraz kilka gatunków zostało nazwanych na jego cześć, a wszystkie razem są znane pod zbiorowym określeniem fauny z Ediacaran Hills, od nazwy gór, w których Sprigg dokonał swego okrycia. Tymczasem jednak on sam już od dawna nie zajmował się poszukiwaniami skamielin. Porzuciwszy geologię, założył firmę naftową, która okazała się bardzo dochodowa, przyniosła mu spory majątek i umożliwiła osiedlenie się w jego ukochanych górach w paśmie Flinders, gdzie utworzył rezerwat dzikich zwierząt. Zmarł w 1994 roku jako bogaty właściciel ziemski.

## Rozdział 22

### WYMIERANIE GATUNKÓW

Gdy patrzymy z ludzkiej perspektywy (w gruncie rzeczy trudno byłoby nam znaleźć inną), życie jest dziwne. Z jednej strony, niecierpliwie czekało na swoje narodziny, lecz z drugiej strony, gdy już powstało, najwyraźniej przestało mu się spieszyć.

Weźmy pod uwagę porosty. Są to jedne z najmniej widocznych organizmów na Ziemi i zarazem jedne z najmniej ambitnych. Mogą bez szemrania rosnąć na słonecznym dziedzińcu, lecz najbardziej odpowiada im środowisko, w którym żaden inny organizm nie ma ochoty się znaleźć - chłostane przez wiatry szczyty gór, arktyczne pustkowia - wszędzie tam, gdzie nie ma nic oprócz skał, deszczu, mrozu i prawie żadnej konkurencji. Na obszarach antarktycznych, gdzie nie rośnie niemal nic innego, można znaleźć olbrzymie kolonie porostów - około 400 typów - przyczepionych kurczowo do każdej, nawet najbardziej lichej skały<sup>1</sup>.

Bardzo długo nie mogliśmy zrozumieć, jak one to robią. Rosną na nagiej skale, gdzie ewidentnie nie ma żadnych składników pokarmowych. Nie produkują nasion. Wielu wykształconych ludzi dało się zwieść pozorom i wierzyło, że porosty są kamieniami przyłapanymi w trakcie procesu przekształcania w rośliny. „Spontanicznie, nieorganiczny kamień staje się żywą rośliną”<sup>2</sup>, radował się w 1819 roku pewien obserwator, niejaki doktor Homschuch.

Bliższe badania wykazały, że tajemnice porostów są bardzo interesujące, ale raczej nie magiczne. W rzeczywistości stanowią one partnerski związek grzybów i glonów. Grzyb wydziela kwasy, które rozpuszczają powierzchnię skały, uwalniając minerały, które glon zamienia w pożywienie, wystarczające do podtrzymania egzystencji ich obojga. Nie jest to zapewne wyjątkowo

podniecający układ, lecz ewidentnie skuteczny i trwały. Na świecie istnieje ponad 20 000 gatunków porostów<sup>3</sup>.

Jak większość istot żyjących w trudnych warunkach, porosty rosną powoli. Mogą niekiedy potrzebować pięćdziesięciu lat, aby osiągnąć rozmiary guzika od koszuli. Niektóre egzemplarze są wielkie jak talerz, co oznacza, zdaniem Davida Attenborough, że „zapewne liczą setki, a może nawet tysiące lat”<sup>4</sup>. Trudno byłoby sobie wyobrazić egzystencję dającą mniejsze poczucie spełnienia. „One po prostu istnieją - dodaje Attenborough - stanowiąc dowód poruszającego faktu, że życie nawet w swych najprostszych formach ewidentnie pojawia się po prostu samo z siebie”.

Nam, ludziom, łatwo jest przeoczyć myśl, że życie po prostu jest. W istnieniu życia jesteśmy skłonni doszukiwać się jakiegoś celu. Robimy plany, naszym życiem sterują aspiracje i pragnienia. Nieustannie chcemy korzystać z odurzającej egzystencji, którą zostaliśmy obdarzeni. Lecz czym jest życie dla porostu? A jednak jego dążenie do istnienia, chęć życia jest w każdym calu tak silna jak nasza, a może nawet silniejsza. Gdybym musiał spędzić dziesiątki lat jako mechaty porost w lesie na kawałku kamienia, sądzę, że szybko straciłbym ochotę do życia. Porosty jej nie tracą. Podobnie jak niemal wszystkie inne żywe istoty, są gotowe na wszelkie niewygody i zniewagi, aby tylko uzyskać moment dodatkowej egzystencji. Krótko mówiąc, życie po prostu chce być, lecz - co jeszcze bardziej nas zadziwia - na ogół nie ma wielkich wymagań.

To może się wydawać trochę dziwne, ponieważ życie miało mnóstwo czasu, aby nabrać ambicji. Gdybyśmy skompresowali 4500 milionów lat historii Ziemi do długości jednego ziemskiego dnia, życie zaczęłoby się wczesnym rankiem, około czwartej rano<sup>5</sup>. Wtedy pojawiły się pierwsze proste, jednokomórkowe organizmy. Przez następne szesnaście godzin, aż do godziny pół do dziewiątej wieczorem, Ziemia nie ma wszechświata do pokazania niczego oprócz powłoki ruchliwych mikroorganizmów. Dopiero po upływie pięciu szóstych całej „doby” pojawiły się pierwsze morskie rośliny, dwadzieścia



minut później - pierwsze meduzy oraz enigmatyczna fauna z Ediacaran odkryta przez Reginalda Sprigga w Australii. O 21.04 na scenę wypłynęły trylobity, prawie równocześnie z kształtnymi istotami z Burgess Shale. Tuż przed dziesiątą wieczorem rośliny zaczęły pojawiać się na lądzie. Wkrótce potem, mniej niż dwie godziny przed końcem dnia, w ich ślady poszły zwierzęta.

Około dziesięciu minut w miarę sprzyjającej pogody wystarczyło, aby Ziemię pokryły wielkie połacie karbońskich lasów, których pozostałości stanowią dziś dla nas źródło węgla. W powietrzu pojawiły się pierwsze latające owady. Dinozaury opanowały scenę tuż przed jedenastą i utrzymały się na niej przez około trzy kwadransy. Dwadzieścia jeden minut przed północą zniknęły i zaczęła się epoka ssaków. Ludzie pojawili się na minutę i siedemnaście sekund przed północą. W tej skali cała spisana historia ludzkości liczy nie więcej niż kilka sekund, a pojedyncze ludzkie życie stanowi niemal niezauważalne mgnienie. W ciągu tej przyspieszonej projekcji kontynenty ślizgają się i zderzają ze sobą w szalonym tańcu, góry wznoszą się i rozpływają w nicłość, baseny oceaniczne rozszerzają się i kurczą, lodowce nacierają i cofają się. Przez cały ten czas, mniej więcej trzy razy na minutę, gdzieś na powierzchni planety błyska światło znaczące ślad uderzenia ciała kosmicznego o rozmiarach meteorytu z Manson lub większego. To cud, że cokolwiek potrafi przetrwać w tak turbulentnym i niespokojnym środowisku. Na dłuższą metę mało komu się to udaje.

Być może jeszcze łatwiej wyobrazić sobie, jak krótka jest nasza egzystencja w tej kosmicznej skali, jeżeli porówna się 4,5 miliarda lat istnienia Ziemi z odległością końców palców obu rąk, wyciągniętych na całą długość na boki<sup>6</sup>. Jak pisze John McPhee w książce *Basin and Range*, era prekambryjska rozciąga się od paznokci jednej ręki do nadgarstka drugiej. Całe złożone życie mieści się na jednej dłoni, »a ludzką historię można przykryć jednym średnich rozmiarów gwoździem«<sup>7</sup>.

Do tego na szczęście jeszcze nie doszło, lecz szanse są dość znaczne. Nie

chciałbym w tym momencie formułować ponurych przepowiedni, lecz fakt pozostaje faktem: jedną nieodłącznych cech życia stanowi wymieranie. Całkiem powszechne. Biorąc pod uwagę wysiłek i energię, jaką organizmy żywe inwestują w proces swojego powielania oraz przetrwania, gatunki załamują się i giną zadziwiająco często i regularnie. A im bardziej są złożone, tym częściej znikają. Być może tu leży przyczyna, dla której większość istot żywych nie grzeszy ambicją.

Ląd stanowił nieubłagane środowisko: gorący, suchy, skąpany w promieniowaniu ultrafioletowym nie zapewniał pływalności, dzięki której poruszanie się wymaga o wiele mniejszego wysiłku. Morskie istoty, które chciały żyć na lądzie, musiały poddać się poważnym zmianom swojej anatomii. Przytrzymaj rybę za pysk i ogon - jej kręgosłup jest zbyt słaby, aby zapobiec ugięciu tułowia w środku. Żeby przeżyć poza wodą kandydaci musieli wykosztować się na architektoniczną przeróbkę wewnętrznej budowy. Nie jest to zabieg z gatunku „chirurgii jednego dnia”. Przede wszystkim jednak istoty lądowe musiały nauczyć się pozyskiwać tlen bezpośrednio z powietrza, a nie filtrując go z wody. Nie były to trywialne przeszkody. Z drugiej strony istniała potężna zachęta do opuszczenia wody: robiło się niebezpiecznie. Powolne stapianie się kontynentów w jeden stały ląd, Pan-geę, oznaczało, że kurczyła się linia brzegowa i coraz mniejszy był życiodajny obszar przybrzeżnych wód. Konkurencja stawała się coraz silniejsza, a na dodatek pojawiły się nowe, wszystkożerne, nieubłagane typy drapieżników, tak doskonale zaprojektowane do pościgu i zabijania, że prawie w ogóle nic uległy ewolucyjnym zmianom od momentu swego powstania: rekiny. Nigdy nie było bardziej sprzyjającego momentu, aby znaleźć alternatywne wobec wody środowisko dla życia.

Rośliny zaczęły kolonizację lądów około 450 milionów lat temu. Z konieczności towarzyszyły im maleńkie roztocza oraz inne organizmy, które rozkładają i wprowadzają ponownie do obiegu martwą materię organiczną. Większym zwierzętom zajęło to nieco więcej czasu, lecz około 400 milionów lat

temu także i one zaczęły wylaniać się z wody. Ilustracje w popularnonaukowych pismach przyzwyczyły nas do postrzegania odważnych pionierów lądowego bytowania jako pewnego rodzaju ambitnych ryb - czegoś w rodzaju współczesnych poskoczków mułowych, które potrafią skakać od kałuży do kałuży w okresach suszy - lub nawet w pełni uformowanych płazów. W rzeczywistości pierwsi widoczni mieszkańcy suchego lądu byli prawdopodobnie bardziej podobni do współczesnych przedstawicieli kryptozoa - stonoga murowego, prosionka lub szczypawki (są to le małe istoty, które wpadają w widoczny popłoch, gdy ktoś odsunie kamień lub pień drzewa, pod którym zazwyczaj bytują).

Nadeszły dobre czasy dla tych, którzy nauczyli się oddychać tlenem. Poziom tlenu w okresie dewonu i karbonu, gdy naziemne życie po raz pierwszy bujnie zakwitło, sięgał 35 procent<sup>7</sup> (wobec dzisiejszego poziomu nieco powyżej 20 procent), co pozwoliło zwierzętom osiągnąć zadziwiająco duże rozmiary w zadziwiająco krótkim czasie.

Jeżeli zastanawiasz się, skąd naukowcy mogą wiedzieć, jaki był poziom tlenu setki milionów lat temu, to odpowiedź znajdziesz w mało znanej gałęzi nauki, zwanej geochemią izotopową. W morzach karbonu i dewonu bujnie rozwijał się plankton - maleńkie żyjątka, które otaczały się równie małymi wapiennymi osłonami. Podobnie jak dzisiaj, istoty te budowały swoje muszelki z ogólnie dostępnych materiałów - atmosferycznego tlenu oraz kilku innych pierwiastków (głównie węgla) - tworząc mocne osłony z węglanu wapnia. Ta sama chemiczna reakcja zachodzi w ramach (opisanego uprzednio) długofalowego cyklu węglowego - procesu, który nie stanowi materiału na porywającą prozę, lecz jest kluczowym elementem tworzenia zamieszkiwalnej planety.

Wszystkie te maleńkie organizmy w końcu giną i opadają na dno morza, gdzie stopniowo zostają skompresowane i zamieniają się w wapienie. Oprócz węgla i wapnia, plankton zabiera ze sobą do grobu także dwa izotopy tlenu - tlen

0-16 oraz tlen 0-18 (jeżeli zapomniawsz już, co to jest izotop, to nic nie szkodzi, ale dla porządku przypomnę, że jest to atom z nietypową liczbą neutronów\*). Poszczególne izotopy odkładają się w różnych proporcjach w zależności od stężenia tlenu oraz dwutlenku węgla w atmosferze<sup>1</sup>. W tym miejscu wkraczają geochemicy, którzy porównują tempo odkładania się izotopów w muszlach dawnego planktonu, dzięki czemu potrafią odtworzyć warunki panujące wtedy na świecie - poziom tlenu, temperatury powietrza i wody, zasięg i okresy trwania zlodowaceń, a także wiele innych rzeczy. Porównując swoje odczyty izotopowe z innymi danymi wykopaliskowymi, takimi jak na przykład poziom pyłków, naukowcy potrafią wiernie odtworzyć całe krajobrazy, których nie widziało żadne ludzkie oko.

Poziom tlenu wzrósł tak znacznie we wczesnym okresie naziemnego życia, ponieważ większość lądu była zdominowana przez gigantyczne, drzewiaste paprocie oraz rozległe bagna, których błotnista natura zakłóciła normalny proces obiegu węgla. Zamiast ulegać całkowitemu rozpadowi, opadające liście paproci oraz pozostała martwa materia wegetatywna gromadziły się w bogatych, wilgotnych warstwach, które zostały ostatecznie ściśnięte w ogromne pokłady węgla, podtrzymujące znaczną część naszej dzisiejszej gospodarki.

Wysoki poziom tlenu sprzyjał powiększaniu się rozmiarów ciała. Najstarszy dowód istnienia lądowego zwierzęcia został odkryty w postaci śladu pozostawionego 350 milionów lat temu na pewnej skale w Szkocji przez przypominające stonogę stworzenie o długości około metra. Zanim jego era dobiegła końca, niektóre stonogi były już dwa razy dłuższe.

W obliczu drapieżników o takich rozmiarach nie ma nic dziwnego w tym, że wśród ówczesnych owadów rozpowszechniła się ewolucyjna

\* Dla porządku warto dodać, że atom z typową liczbą neutronów także jest jednym z izotopów (przytłum.). sztuczka, która pozwoliła im trzymać się w bezpiecznej odległości od niebezpieczeństw: nauczyły się latać. Niektóre tak

doskonale opanowały tę nową technikę lokomocji, że od tego czasu właściwie jej nie zmieniają. Ówczesne ważki, podobnie zresztą jak dzisiejsze, latały z prędkościami przewyższającymi 50 kilometrów na godzinę, potrafiły się w jednej chwili zatrzymać, zawisnąć w powietrzu, lecieć wstecz, a także unieść znacznie więcej (w proporcji do własnej wagi) niż jakiegokolwiek latającego urządzenia zbudowane przez człowieka. „Siły Powietrzne Stanów Zjednoczonych w odruchu desperacji testowały je w tunelach powietrznych, żeby się przekonać, jak one to robią”<sup>9</sup> - napisał pewien komentator. Owady także wykorzystywały bogate w tlen powietrze. Ważki w karbońskich lasach miały rozmiary dzisiejszych kruków<sup>10</sup>. Drzewa i inne rośliny również były ponad miarę wyrosnięte. Skrzypy i paprocie osiągały 15 metrów, widłaki - 40 metrów.

Pierwsze naziemne kręgowce - czyli pierwsze zwierzęta lądowe, od których wywodzi się nasz gatunek - stanowią pewnego rodzaju zagadkę. Częściowo z braku odpowiednich danych wykopaliskowych, lecz w pewnej mierze także przez idiosynkrazje pewnego Szweda, Erika Jarvika, którego dziwaczne interpretacje oraz konspiracyjne maniere spowodowały opóźnienie postępu w tej kwestii o ponad pół wieku. Jarvik był członkiem wyprawy skandynawskich naukowców, którzy w latach trzydziestych i czterdziestych prowadzili poszukiwania wykopalisk na Grenlandii. W szczególności poszukiwali skamieniałych ryb tego typu, który prawdopodobnie był przodkiem ludzi oraz wszystkich innych czworonożnych istot, zwanych łącznie czworonogami (Tetrapoda).

Większość zwierząt stanowią czworonogi, a wszystkie żyjące czworonogi mają jedną wspólną cechę: na każdej z czterech kończyn znajduje się maksymalnie pięć palców. Dinozaury, wieloryby, ptaki, ludzie, a nawet ryby są czworonogami, co wyraźnie sugeruje, że pochodzą od jednego wspólnego przodka. Klucz do odnalezienia tego przodka powinien pochodzić z okresu dewonu, około 400 milionów lat temu. Wcześniej żadna żywa istota nie chodziła po lądzie. Później robiło to wiele zwierząt. Szczęśliwym trafem

skandynawski zespół znalazł taką właśnie istotę, długie na metr zwierzę zwane Ichlhystega<sup>11</sup>. Jego analizą zajął się Jarvik, który zaczął badania w 1948 roku i zajmował się tym przez kolejne 48 lat, nie dopuszczając nikogo do swego czworonoga. Paleontolodzy musieli zadowolić się dwoma krótkimi artykułami, w których Jarvik wspomniał, że osobniki z gatunku Ichlhystega miały pięć palców na każdej z kończyn, co stanowiło istotną wskazówkę dotyczącą kwestii naszego pochodzenia.

Jarvik zmarł w 1998 roku. Po jego śmierci inni paleontolodzy mogli wreszcie zbadać okaz Ichlhystega, dzięki czemu odkryli, że Jarvik nie doliczył się wszystkich palców - na każdej kończynie było ich osiem - i nie zauważył, że istota owa w żadnym razie nie mogła chodzić. Jej kończyny miały taką strukturę, że załamałyby się pod jej własnym ciężarem. Nie trzeba wspominać, że odkrycia te nie przyczyniły się do pogłębienia naszego zrozumienia pierwszych zwierząt lądowych. Dzisiaj znamy tylko trzy wczesne czworonogi, z których żaden nie ma pięciu palców. Krótko mówiąc, nie wiemy zbyt wiele na temat naszego pochodzenia.

Jakiegokolwiek ono było, osiągnęliśmy w końcu nasz obecny status, co zresztą nie było wcale takie proste. Życie na lądzie składało się z czterech megadynastii, jak czasem się je określa. Pierwsza składała się z prymitywnych, powolnych, lecz niekiedy całkiem masywnych płazów i gadów. Najlepiej znanym przedstawicielem tej dynastii był dimetrodon, znany z żagla na grzbiecie, często mylnie zaliczany do dinozaurów (łącznie z opisem rysunku w książce Comet Carla Sagana). Dimetrodon był synapsydem, podobnie jak nasi ówcześni przodkowie. Synapsydy stanowiły jedną z czterech głównych gałęzi wczesnych gadów, pozostałe to anapsydy, euriapsydy oraz diapsydy. Nazwy odnoszą się po prostu do liczby i położenia małych otworów po jednej stronie czaszki ich przedstawicieli<sup>12</sup>. Synapsydy miały jeden otwór w dolnej części skroni; euriapsydy także miały jeden otwór, lecz wyżej; diapsydy miały dwa otwory.

W miarę upływu czasu w ramach tych głównych gałęzi następowały dalsze podziały. Niektóre z linii genealogicznych prosperowały i rozwijały się dalej, inne zanikały. Anapsydy dały początek żółwiom, które przez pewien czas aspirowały do statusu najbardziej zaawansowanych i niebezpiecznych zwierząt na całej planecie, lecz ewolucyjna odmiana losu odebrała im dominującą rolę i skierowała je na drogę długowieczności. Synapsydy podzieliły się na cztery strumienie, z których tylko jeden przetrwał poza perm, z pożytkiem dla nas, ponieważ przekształcił się w rodzinę protossaków zwanych terapsydami. Utworzyły one megadynastię numer dwa.

Niefortunne dla terapsydów koleje ewolucji sprawiły, że diapsydy - ich kuzyni - również pomyślnie ewoluowały, przekształcając się w końcu w dinozaury (między innymi), które stopniowo zdobyły przewagę. Niezdolne do stawienia czoła tym agresywnym istotom terapsydy w zasadzie zniknęły. Niewielka ich liczba przekształciła się w małe, futrzane, ukryte w norach istoty, które czekały na swoją kolej jako małe ssaki. Największe z nich nie przekraczały rozmiarów domowego kota, lecz znaczna część była nie większa od myszy. Ostatecznie okazało się to dla nich zbawienne, ale musiały czekać prawie 150 milionów lat, zanim dobiegła końca era megadynastii numer trzy, dinozaurów, oddając pole megadynastii numer cztery i naszej epoce ssaków.

Wszystkie te potężne transformacje, jak również wiele mniejszych, zależały od paradoksalnie istotnego motoru postępu: wymierania. To zadziwiający fakt, lecz śmierć gatunku na Ziemi jest, w jak najbardziej dosłownym sensie, sposobem na przedłużenie życia. Nikt nie wie, ile gatunków organizmów istniało, odkąd powstało życie na naszej planecie. Najczęściej przytaczaną liczbą jest 30 miliardów, lecz mówi się nawet o 4 bilionach<sup>13</sup>. Jakkolwiek duża jest prawdziwa liczba, 99,99 procent wszystkich gatunków już nie istnieje. „W pierwszym przybliżeniu można powiedzieć, że wszystkie gatunki na Ziemi wymarły”<sup>14</sup>, jak lubi powtarzać David Raup z University of Chicago. Średni czas życia gatunku zaawansowanych, złożonych organizmów

wynosi zaledwie około 4 milionów lat<sup>15</sup>, mniej więcej tyle, ile obecnie liczy nasz własny gatunek.

Wymieranie stanowi oczywiście złą wiadomość dla ofiar, lecz jest pożyteczne dla dynamicznej planety. „Alternatywą wymierania jest stagnacja<sup>16</sup> - mówi Ian Tattersall z American Museum of Natural History - a stagnacja rzadko stanowi pożyteczny stan w jakimkolwiek środowisku”, (powinienem zapewne dodać, że mówimy tu o wymieraniu jako naturalnym, długotrwałym procesie; wymieranie spowodowane przez ludzką nieostrożność to zupełnie inna sprawa).

Kryzysom w historii Ziemi nieodmiennie towarzyszą spektakularne kroki do przodu<sup>17</sup>. Po upadku fauny z Ediacaran Hills nastąpił kreatywny wybuch okresu kambru. Wymieranie ordowickie 440 milionów lat temu oczyściło oceany z nieruchomych organizmów filtrujących i stworzyło warunki, które faworyzowały szybko pływające ryby oraz gigantyczne morskie gady. Te z kolei znalazły się w idealnej pozycji, aby wysłać kolonistów na suchy ląd, gdy ponowne wymieranie pod koniec dewonu znów dało życiu potężnego kopa. Wiele takich raptownych zdarzeń punktuje całą historię życia w nieregularnych odstępach czasu. Gdyby niektóre z tych zdarzeń nie zaszły lub nie zaszły wtedy, gdy zaszły, niemal na pewno nie byłoby nas tutaj.

Ziemia doświadczyła pięciu głównych epizodów wymierania - w ordowiku, dewonie, permie, triasie i kredzie, w tej kolejności - oraz wielu mniejszych. Wymierania w ordowiku (440 milionów lat temu) i dewonie (365 milionów) starły z powierzchni planety około 80 do 85 procent gatunków. W triasie (210 milionów lat temu) oraz kredzie (65 milionów) zniknęło 70-75 procent gatunków. Największą jednak katastrofą było wymieranie permskie (około 245 milionów lat temu), które podniosło kurtynę przed długą erą dinozaurów. Co najmniej 95 procent zwierząt znanych z danych wykopaliskowych zniknęło bezpowrotnie<sup>18</sup>. Był to jedyny przypadek masowego wymierania owadów - nawet one straciły jedną trzecią gatunków<sup>19</sup>. Nigdy nie byliśmy bliżej całkowitego unicestwienia.



„Było to naprawdę masowe wymieranie, rzeź na skalę nigdy wcześniej nie spotkaną na Ziemi”<sup>20</sup>, mówi Richard Fortey. Epizod w permie był szczególnie dotkliwy dla istot żyjących w morzu. Trylobity zniknęły w całości. Mięczaki i szkarłupnie wyginęły prawie co do jednego. Niemal wszystkie organizmy morskie zostały zdziesiątkowane. Licząc łącznie istoty morskie i lądowe, szacuje się, że Ziemia straciła 52 procent wszystkich swoich rodzin - jest to kategoria taksonomiczna powyżej rodzaju i poniżej rzędu na wielkiej drabinie życia (temat następnego rozdziału) - i być może nawet do 96 procent wszystkich gatunków. Uplłynęło bardzo dużo czasu - - aż 80 milionów lat według jednego z oszacowań - zanim całkowita liczba gatunków powróciła do poprzedniego poziomu.

Należy pamiętać o dwóch rzeczach. Po pierwsze, są to tylko wyniki mniej lub bardziej trafnego zgadywania. Szacuje się, że liczba gatunków żyjących pod koniec permu sięgała od 45 000 aż do 240 000<sup>21</sup>. Skoro nie wiemy, ile gatunków pozostało, nie potrafimy także zbyt dokładnie oszacować, jaka część zginęła. Co więcej, mówimy tu o wymieraniu całych gatunków, a nie pojedynczych osobników. Względna liczba indywidualnych ofiar mogła być znacznie wyższa - | nierzadko ginęli niemalże wszyscy przedstawiciele gatunku, a te gatunki, które przetrwały do następnej fazy na loterii życia, prawdopodobnie zawdzięczają swoje istnienie kilku śmiertelnie wystraszonym, osłabionym niedobitkom<sup>22</sup>.

Oprócz głównych epizodów wymierania było jeszcze wiele mniejszych, mniej znanych i o mniej dotkliwych skutkach - na granicy mioce-nu i pliocenu, franu i famenu, pod koniec plejstocenu, oraz jakiś tuzin innych - które nie były tak niszczące dla całych gatunków, lecz często doprowadzały do zaniku określonych populacji. Zwierzęta trawożerne, łącznie z koniowatymi, zostały niemal całkowicie zmiecione około 5 milionów lat temu<sup>23</sup>. Z koniowatych ocalał jeden gatunek, który pojawia się w danych wykopaliskowych tak sporadycznie, że prawdopodobnie także otarł się o granicę unicestwienia. Trudno sobie wyobrazić historię naszej cywilizacji bez koni i zwierząt trawożemych.

Niemal we wszystkich przypadkach wymierania, zarówno głównych, jak i mniejszych, zaskakująco niewiele wiemy o ich przyczynach. Nawet po odrzuceniu bardziej ekstrawaganckich hipotez mamy więcej teorii wyjaśniających wymieranie niż samych epizodów tego zjawiska. Jako przyczyny lub ewentualnie jako istotne czynniki proponowano co najmniej dwa tuziny potencjalnych winowajców, między innymi globalne ocieplenie, globalne ochłodzenie, zmiany poziomu mórz, spadek poziomu tlenu w morzach (zjawisko zwane anoksją), epidemie, gigantyczne wycieki gazów z dna mórz, upadki meteorytów i komet, potężne huragany zwane hiperhuraganami, wybuchy wulkanów oraz katastrofalne wybuchy słoneczne<sup>24</sup>.

Te ostatnie stanowią szczególnie intrygującą ewentualność. Nikt nie wie, jak duże mogą być słoneczne wybuchy, ponieważ obserwujemy je dopiero od początku ery podboju kosmosu. Słońce jest potężnym źródłem energii i sztormy na jego powierzchni są równie spektakularne. Przeciętny wybuch słoneczny, którego z Ziemi nawet nie zauważymy, uwalnia energię odpowiadającą miliardowi bomb wodorowych, wyrzucając w przestrzeń 100 miliardów ton cząstek o morderczo wysokich energiach. Ziemska magnetosfera i atmosfera odrzucają je z powrotem w przestrzeń lub kierują w stronę biegunów (gdzie wywołują one piękne zjawisko zorcz polarnych). Naukowcy sądzą jednak, że wyjątkowo silny wybuch - około stu razy silniejszy od przeciętnego - mógłby pokonać nasze magnetyczno-atmosferyczne linie obronne. Byłby to prawdziwie spektakularny pokaz świetlny, lecz niemal na pewno zabiłby większość istot, które znalazłyby się w jego zasięgu. Co więcej - i jest to dość niepokojąca wiadomość - zdaniem Bruce'a Tsurutaniego z należącego do NASA Jet Propulsion Laboratory, „nie zostawiłby żadnego śladu w historii”.

W rezultacie, jak ujął to jeden z badaczy, zostają nam „tony domysłów i bardzo mało dowodów”<sup>25</sup>. Globalne ochłodzenie jest zwykle kojarzone przynajmniej z trzema głównymi epizodami wymierania - w ordowiku, dewonie i permie - lecz poza tym niewiele jest ogólnie przyjętych teorii, a na dodatek nie

wiemy, czy poszczególne epizody miały szybki czy powolny przebieg. Naukowcy nie mogą między innymi ustalić, czy wymieranie dewońskie - które utworowało kręgowcom drogę na ląd - zaszło w okresie milionów lat, tysiący lat czy zdarzyło się w ciągu jednego popołudnia.

Sformułowanie przekonujących wyjaśnień jest trudne między innymi dlatego, że eksterminacja życia na znaczną skalę jest niezwykle trudna. Jak widać choćby na przykładzie impaktu w Manson, nawet po tak potężnym uderzeniu życie potrafi się w pełni - aczkolwiek zapewne nieco chwiejnie - odrodzić. Skoro Ziemia zniosła tysiące takich uderzeń, to dlaczego im-pakt KT sprzed 65 milionów lat, który wykończył dinozaury, był tak wyjątkowo niszczący? No cóż, przede wszystkim był naprawdę potężny - uderzył z siłą 100 milionów megaton TNT. Niełatwo wyobrazić sobie coś takiego, więc - jak sugeruje James Lawrence Powell - gdyby zdetonować taką liczbę bomb o mocy porównywalnej z bombą zrzuconą na Hiroszimę, ile obecnie na Ziemi żyje istot ludzkich, impakt KT byłby jeszcze o około miliard bomb silniejszy<sup>26</sup>. Jednak nawet to mogłoby nie wystarczyć do starcia 70 procent życia z powierzchni Ziemi, wliczając dinozaury.

Meteoryt KT miał jeszcze tę dodatkową przewagę - oczywiście z punktu widzenia skuteczności w unicestwianiu żywych istot - że wylądował w płytkim morzu, o głębokości zaledwie dziesięciu metrów, prawdopodobnie pod odpowiednim kątem, w epoce gdy poziom tlenu był o 10 procent wyższy niż obecnie, co oznacza, że świat był znacznie bardziej podatny na wybuchowe spalanie. Co więcej, dno morza, w które trafił, było bogate w związki siarki. W rezultacie uderzenie meteorytu zamieniło obszar o rozmiarach Belgii w rezerwar aerzoli kwasu siarkowego. Przez wiele miesięcy Ziemia była wystawiona na kwaśne deszcze o takim stężeniu, że paliły skórę<sup>27</sup>.

W pewnym sensie zamiast pytać: „Co zmiotło 70 procent gatunków, które istniały wówczas na Ziemi?” należałoby rozważyć: „W jaki sposób pozostałe 30 procent zdołało przetrwać?”. Dlaczego uderzenie było tak wszechstronnie i

nieuchronnie niszczące dla dinozaurów, skoro inne gady, na przykład węże i krokodyle, przetrwały nietknięte? O ile nam wiadomo, żaden gatunek ropuch, traszek, salamander ani innych płazów Ameryki nie wymarł. „W jaki sposób te delikatne istoty zdołały znieść bez szwanku katastrofę o tak nieporównywalnej skali?”<sup>28</sup>, pyta Tim Flannery w swojej fascynującej prehistorii Ameryki, *Eternal Frontier*.

Z bardzo podobnym zjawiskiem mamy do czynienia w morzach<sup>29</sup>; Zniknęły wszystkie amonity, lecz przetrwały blisko z nimi spokrewnione łodziki, które prowadziły podobny styl życia. Wśród planktonu niektóre gatunki zostały niemalże zmiecione - zniknęło na przykład 92 procent otwornic - natomiast inne organizmy, jak okrzemki, żyjące w tym samym środowisku i mające podobny plan budowy, wyszły z tego niemal bez szwanku.

Takie sprzeczności są trudne do wyjaśnienia. Jak zauważył Richard Fortey: „Nazwanie ich »szczęśliwcami« i poprzestanie na takim wyjaśnieniu nie wydaje się wystarczające”<sup>30</sup>. Jeżeli po uderzeniu nastąpiły długie miesiące ciemności z atmosferą wypełnioną dławiącym dymem, co wydaje się całkiem prawdopodobne, to trudno wyjaśnić, w jaki sposób przetrwały liczne gatunki owadów. „Niektóre owady, na przykład żuki, mogły przeżyć, żywiąc się tym, co znalazły na ziemi, między innymi drewnem - pi-sze Fortey. - Ale co z tymi małymi pszczołami, które nawigują według Słońca i żywią się pyłkami? Niełatwo wytłumaczyć ich przetrwanie”.

Najtrudniej wyjaśnić problem raf koralowych. Ich przetrwanie zależy od alg. Algi potrzebują światła słonecznego. Jedne i drugie wymagają stałej, nie za niskiej temperatury. W ostatnich latach w środkach masowego przekazu sporo uwagi poświęcono rafom koralowym, które giną na skutek zmian temperatury morza nawet o jeden stopień. Jeżeli są tak wrażliwe na małe zmiany, to w jaki sposób przetrwały długą zimę, która nastąpiła po uderzeniu meteoru?

Istnieje także wiele regionalnych różnic, które również trudno wytłumaczyć. Wydaje się, że wymieranie zaszło na znacznie mniejszą skalę na

półkuli południowej w porównaniu z północną. W szczególności Nowa Zelandia wyszła z tego prawie nietknięta, mimo że jest właściwie pozbawiona zwierząt żyjących w norach. Nawet wegetacja Nowej Zelandii została w większej części oszczędzona, chociaż skala pożarów na innych obszarach zdaje się sugerować, że dewastacja roślin miała globalny zasięg. Krótko mówiąc, nie wiemy bardzo wielu rzeczy.

Niektóre zwierzęta wręcz skorzystały, między innymi - ponownie, i raz jeszcze dość nieoczekiwanie - żółwie. Jak pisze Flannery, okres bezpośrednio po zagładzie dinozaurów mógłby zostać nazwany erą żółwi<sup>31</sup>. W Ameryce Północnej przetrwało szesnaście gatunków, a trzy kolejne pojawiły się wkrótce potem..

Bez wątplenia łatwiej było przeczekać ciężkie czasy w wodzie niż na lądzie. Impakt KT zmiotł prawie 90 procent gatunków żyjących na lądzie, lecz tylko 10 procent wodnych. Woda niewątpliwie stanowiła osłonę przed bezpośrednimi skutkami uderzenia - wysoką temperaturą i ogniem - lecz niewątpliwie zapewniała także lepsze warunki w trudnym okresie, który nastąpił później. Wszystkie lądowe zwierzęta, które przetrwały, miały zwyczaj wycofywania się w bezpieczniejsze miejsce w obliczu zagrożenia - do wody lub pod ziemię. W obu przypadkach dawało im to poważną osłonę przed niszczycielskimi siłami natury wyzwolonymi przez upadek meteorytu. Zwierzęta żywiące się padliną również miały przed sobą okres prosperity. Jaszczurki były - i nadal są - właściwie niewrażliwe na bakterie żyjące w rozkładającej się padlinie, która nierzadko stanowi dla nich atrakcję. Pokłosie impaktu KT niewątpliwie było rajem dla padlinożerców.

Dość często powtarzane jest błędne stwierdzenie, że tylko małe zwierzęta przetrwały przełom KT. W rzeczywistości przeżyły także krokodyle, które były wręcz kolosalne - trzy razy większe niż obecnie. Lecz ogólnie prawdą jest, że większość ocalałych stworzeń stanowiły istoty małe i płochliwe. W ogarniętym ciemnością, niebezpiecznym świecie znacznie łatwiej było przetrwać, jeżeli było

się małym, ciepłokrwistym, nocnym, elastycznym pod względem diety i z natury ostrożnym zwierzęciem - dokładnie takie cechy wyróżniały naszych ssaczych przodków. Gdyby ich ewolucja doszła do bardziej zaawansowanego stadium, prawdopodobnie zostałyby unicestwione. W rzeczywistości w wyniku impaktu KT znalazły się w świecie, do którego były lepiej przystosowane niż większość konkurencji.

Ssaki nie ruszyły jednak natychmiast, aby wypełnić wszystkie nisze. „Ewolucja zapewne nie znosi próżni - napisał paleobiolog Steven M. Stanley - lecz często potrzebuje dużo czasu, aby ją zapełnić”<sup>32</sup>. Być może nawet przez 10 milionów lat ssaki ewoluowały ostrożnie i pozostawały małe<sup>33</sup>. W początkach trzeciorzędu wystarczyło mieć rozmiary rysia, aby być królem zwierząt.

Gdy jednak w końcu ruszyły z miejsca, rozrosły się do ogromnych, niekiedy aż groteskowych rozmiarów. Przez pewien czas świnki morskie miały rozmiary nosorożców, a nosorożce - dwupiętrowych domów<sup>34</sup>. Gdziekolwiek istniała luka w łańcuchu pokarmowym, zapełniały ją (nierzadko dosłownie) ssaki. Wczesne gatunki z rodziny szopów, migrujące do Ameryki Południowej, odkryły lukę i rozrosły się do rozmiarów niedźwiedzia, także pod względem temperamentu. Ptaki również prosperowały niezwykle pomyślnie. Przez miliony lat gigantyczny, mięsożerny nietop, zwany Titanis, był prawdopodobnie najgroźniejszą istotą Ameryki Północnej<sup>15</sup>. Był to niewątpliwie najstraszliwszy ptak w historii Ziemi. Miał trzy metry wysokości, ważył 350 kilogramów i posiadał dziób, którym mógł urwać łeb każdej istocie, jaka stanęła mu na drodze. Jego rodzina przeżyła w tej potężnej formie 50 milionów lat, a my nie mieliśmy pojęcia o jego istnieniu aż do 1963 roku, gdy na Florydzie odkryty został jego szkielet.

Z powyższym odkryciem wiąże się kolejny powód naszej niepewności co do wymierań, mianowicie ubóstwo danych wykopaliskowych. Wspomniałem już o niezwykle nikłych szansach oraz potężnych przeszkodach, jakie dowolna istota musi pokonać, aby po śmierci stać się skamieliną lecz fakty są jeszcze

mniej sprzyjające, niż można by się spodziewać. Weźmy pod uwagę dinozaury. Muzea stwarzają pozory, jakobyśmy dysponowali obfitymi zasobami skamielin dinozaurów, lecz w rzeczywistości większość dinozaurów na wystawach muzealnych to tylko modele. Gigantyczny diplodok, który dominuje nad holem wejściowym Natural History Museum w Londynie i który nieodmiennie wprawia w zachwyt całe pokolenia odwiedzających - jest wykonany z gipsu. Został zbudowany w 1903 roku w Pittsburghu i podarowany muzeum przez Andrew Carnegiego<sup>36</sup>. Hol wejściowy w American Museum of Natural History w Nowym Jorku także opanowały dinozaury: szkielet samicy barozaura, broniącej swoje młode przed kłami atakującego alozaura. Ta imponująca inscenizacja - barozaur mierzy chyba około dziewięciu metrów - jest także całkowicie sztuczna. Każda spośród kilkuset kości stanowi odlew. Niemal w każdym dużym muzeum historii naturalnej - w Paryżu, Wiedniu, Frankfurtu, Buenos Aires, Meksyku - powita cię całkowicie sztuczny model, nie zawierający ani jednej autentycznej kości.

Prawdą jest, że nasza wiedza o dinozaurach jest dość skromna. Spośród wszystkich przedstawicieli ery dinozaurów zidentyfikowaliśmy mniej niż 1000 gatunków (prawie połowę z nich reprezentują pojedyncze egzemplarze), co stanowi około jednej czwartej liczby gatunków obecnie żyjących ssaków. Biorąc pod uwagę, że dinozaury królowały na Ziemi mniej więcej trzy razy dłużej niż ssaki, musimy uznać, że albo dinozaury były zadziwiająco słabo produktywne gatunkowo, albo my jesteśmy mało produktywni w poszukiwaniach ich szczątków.

Całe miliony lat ery dinozaurów to białe plamy - nie mamy ani jednego wykopaliskowego śladu ich istnienia. Nawet z późnej kredy - najintensywniej studiowanego okresu prehistorycznego, głównie dzięki naszemu długotrwałemu zainteresowaniu dinozaurami oraz ich losem - około trzech czwartych gatunków zapewne nadal czeka na odkrycie. Ziemię mogły zamieszkiwać zwierzęta większe od diplodoka lub groźniejsze od tyranozaura, a my nic o nich nie wiemy

i być może nigdy się nie dowiemy. Jeszcze do niedawna cała nasza wiedza o dinozaurach z tego okresu pochodziła od około 300 egzemplarzy reprezentujących zaledwie szesnaście gatunków<sup>37</sup>. Ubóstwo danych wykopaliskowych doprowadziło do powszechnego przekonania, że w momencie impaktu KT dinozaury były już i tak na wymarciu.

Pod koniec lat osiemdziesiątych paleontolog z Milwaukee Public Museum, Peter Sheehan, przeprowadził pewien eksperyment. Z pomocą 200 ochotników przebadał szczegółowo określony fragment słynnego stanowiska wykopaliskowego Heli Creek Formation w stanie Montana. Przesiewając starannie każdą piędź ziemi, ochotnicy zebrali wszystkie zęby, kręgi i piszczele - wszystko, co przeoczyli ich poprzednicy - z tego bądź co bądź dokładnie przeszukanego obszaru. Praca trwała trzy lata, a gdy została zakończona, okazało się, że w jej wyniku globalna liczba skamielin z późnej kredy uległa potrojeniu. Przy okazji udowodniono, że dinozaury występowały jednakowo liczne aż do momentu, gdy nastąpił impakt KT. „Nie ma powodów do przypuszczeń, że dinozaury stopniowo wymierały w ciągu ostatnich 3 milionów lat kredy”<sup>38</sup>, stwierdził Sheehan.

Jesteśmy tak przywiązani do przekonania o naszym nieuniknionym przeznaczeniu do roli dominującego gatunku, że trudno nam się pogodzić z faktem, iż jesteśmy tu tylko dzięki pozaziemskim pociskom oraz innym przypadkowym zbiegom okoliczności, które zdarzyły się we właściwych momentach i w sprzyjających okolicznościach. Wraz z wszystkimi innymi żywymi istotami zawdzięczamy swe istnienie serii przypadków, dzięki którym przez ostatnie 4 miliardy lat nasi przodkowie zawsze zdołali we właściwym momencie prześlizgnąć się przez zamykające się drzwi. Stephen Jay Gould wyraził to zwięźle w słynnym zdaniu: „Ludzie istnieją tu dzisiaj dlatego, że nasza linia nigdy nie uległa załamaniu - w żadnym z miliarda punktów, które mogły wymazać nas z historii”<sup>39</sup>.

Zaczęliśmy ten rozdział od trzech stwierdzeń: życie chce być; życie na



ogół nie ma wielkich wymagań; od czasu do czasu życie wymiera. Możemy jeszcze dodać czwarte: życie trwa. I bardzo często, jak zobaczymy, robi to w zdumiewającym stylu.

## Rozdział 23

### BOGACTWO BYCIA

Tu i ówdzie w Natural History Museum w Londynie -^ w słabo oświetlonym zaułku korytarza, między szklanymi gablotami z minerałami, strusimi jajami lub innymi owocami wytężonej pracy bezimiennych poszukiwaczy i entuzjastów geologii - można napotkać tajemne wejście. Tajemne raczej nie w dosłownym sensie, lecz dlatego, że nie ma w nim niczego, co mogłoby przyciągnąć uwagę zwiedzających. Od czasu do czasu można zobaczyć jakiegoś roztargnionego osobnika z rozwichrzoną fizyurą, wedle powszechnego stereotypu charakteryzującą naukowca, jak wyłania się z owych drzwi, aby niebawem zniknąć w następnych, lecz jest to raczej rzadkie zjawisko. Drzwi najczęściej pozostają zamknięte, nie zdradzając, że za nimi ukrywa się drugie, równoległe muzeum historii naturalnej, tak samo rozległe i pod wieloma względami równie, a może bardziej cudowne niż to, które publiczność zna i podziwia.

Natural History Museum posiada około 70 milionów okazów z każdej dziedziny życia i każdego zakątka planety, a kolejne 100 000 przybywa co roku, lecz tylko w tej ukrytej przed publicznością części można naprawdę się przekonać, jakie skarby przechowuje. W szafach, gablotach i długich pomieszczeniach całkowicie zapelnionych półkami znajdują się dziesiątki tysięcy zakonserwowanych zwierząt, miliony przyszpilonych owadów, szuflady pełne mięczaków, kości dinozaurów, czaszek wczesnych ludzi, niezliczone zielniki sprasowanych roślin. Przebywanie wśród tych eksponatów ma w sobie coś z wędrówki wewnątrz mózgu Darwina. Pomieszczenie „spirytusowe” zawiera 15 mil półek, szczelnie zapelnionych słoikami ze zwierzętami zakonserwowanymi w spirytusie metylowanym<sup>1</sup>.

Są tu egzemplarze, które zebrał Joseph Banks w Australii, Alexander von

Humboldt w Amazonii, Darwin w czasie podróży na „Beagle”, oraz wiele innych - albo bardzo rzadkich, albo historycznie bardzo ważnych, albo przechowywanych z obu powyższych powodów. Wielu ludzi chciałoby choć dotknąć tych eksponatów. Niektórym to się nawet udało. W 1954 roku Richard Meinertzhagen, zapalony zbieracz, autor książki *Birds of Arabia* oraz wielu innych publikacji naukowych, podarował muzeum swoją wyjątkową kolekcję ornitologiczną. Meinertzhagen przez wiele lat regularnie, prawie codziennie odwiedzał muzeum, sporządzając notatki do swych książek i monografii. Gdy skrzynie nadeszły, pracownicy muzeum niezwłocznie zajrzeli do środka i ku swemu - oględnie rzecz ujmując zaskoczeniu odkryli, że na znacznej części egzemplarzy znajdowały się muzealne etykiety. Okazało się, że Mr Meinertzhagen przez całe lata eksploatował zasoby muzeum w jak najbardziej dosłownym sensie. Przy okazji wyjaśnił się jego zwyczaj noszenia obszernego płaszcza nawet w pogodne dni.

Kilka lat później uroczy bywalec oddziału mięczaków - „dystyngowany dżentelmen” według określenia samych pracowników muzeum - został przyłapany na ukrywaniu cennych morskich muszli w wydrążonej ramie swego wózka inwalidzkiego.

„Nie sądzę, aby można tu znaleźć jakąkolwiek rzecz, na którą nie byłoby amatora”, powiedział zamyślony Richard Fortey, gdy oprowadzał mnie po czarodziejskim świecie tworzącym zaplecze muzeum. Wędrowaliśmy po labiryncie pomieszczeń, w których ludzie przy dużych stołach badali stawonogi, liście paproci i poźółkłe kości. Wszędzie panowała aura spokojnej dokładności, emanująca z ludzi zaangażowanych w gigantyczne przedsięwzięcie, które może nigdy się nie skończyć i które nie może być realizowane w pośpiechu. W 1967 roku muzeum opublikowało raport z ekspedycji Johna Murraya dotyczącej badania Oceanu Indyjskiego, która zakończyła się czterdzieści cztery lata wcześniej<sup>2</sup>. To jest świat, w którym wszystko porusza się zgodnie ze swoim własnym rytmem, łącznie z maleńką windą w której Fortey uciął sobie

pogawędkę z jednym ze starszych kolegów, podczas gdy winda niosła nas do góry mniej więcej w takim tempie, w jakim odkładają się warstwy osadów na dnie morza.

Gdy zostaliśmy sami, Fortey powiedział mi, że „ten sympatyczny facet, o nazwisku Norman, spędził czterdzieści dwa lata, studiując jeden gatunek roślin, tak zwane »ziele św. Jana«\*. W 1989 roku przeszedł na emeryturę, lecz nadal przychodzi co tydzień”.

„Jak można spędzić czterdzieści dwa lata nad jednym gatunkiem rośliny?”, zapytałem.

| Dziurawiec zwyczajny (przyp. tłum.).

HHH

„To rzeczywiście zadziwiające - zgodził się Fortey. Zastanawiał się przez chwilę. - Zapewne jest bardzo dokładny”. Drzwi windy otworzyły się, odkrywając zamurowane ceglami przejście. Fortey robił wrażenie zaskoczonego. „To bardzo dziwne - powiedział. - Tu zwykle była Botanika”. Nacisnął guzik innego piętra. Dotarliśmy do Botaniki dłuższą drogą, pokonując tylne schody oraz dyskretnie przemykając przez inne oddziały, starając się nie zakłócić pracy naukowcom badającym obiekty, które niegdyś były żywymi istotami. W ten sposób zostałem przedstawiony Lenowi Ellisowi, dzięki któremu poznałem świat mszaków - nam, zwykłym śmiertelnikom, lepiej znanym jako mchy.

Gdy Emerson zauważył, że mchy wolą północną stronę pni drzew („Leśne mchy na drzewach, gdzie śniła Gwiazda Polarna ciemną nocą”\*), miał na myśli porosty. W dziewiętnastym wieku nie rozróżniano mchów i porostów. Mchy nie są tak wybredne co do miejsca, w którym rosną więc raczej nie nadają się na naturalny kompas. Właściwie nie nadają się do niczego. „Niewiele grup roślin ma tak nieliczne zastosowania, zarówno komercyjne, jak i praktyczne, jak mchy”, napisał Henry S. Conard, z lekką nutką smutku, w książce *How to Know the Mosses and Liverworts*, wydanej w 1956 roku i nadal

obecnej na półkach bibliotek jako niemal jedyne wydawnictwo, w którym podjęto próbę spopularyzowania tego tematu<sup>3</sup>.

Mchy są wszelako bardzo płodne. Nawet pomijając porosty, mszaki stanowią bogate królestwo, liczące ponad 10 000 gatunków podzielonych na około 700 rodzajów. Obszerna i okazała pozycja Moss Flora of Britain and Ireland A.J.E. Smitha liczy 700 stron, a Brytania i Irlandia nie należą do wyjątkowo omszonych krain. „Największą różnorodność znajdziesz w tropikach”<sup>4</sup>, powiedział mi Len Ellis, spokojny, oszczędny w ruchach kustosz mszaków, pracownik muzeum od dwudziestu siedmiu lat i szef departamentu od 1990 roku. „Jeżeli wybierzesz się w tropikalny malezyjski las, to dość łatwo znajdziesz nowe odmiany. Mnie samemu całkiem niedawno się to przydarzyło. Spojrzałem pod nogi i zobaczyłem gatunek, który nigdy nie został opisany”.

„Zatem nie wiemy, ile gatunków jest jeszcze do odkrycia?”, zapytałem.

„Och, nie. Nie mamy pojęcia”.

\* Ralph Waldo Emerson, The Heart of all the Scene, w: Woodnotes.

Można by przypuszczać, że niewielu ludzi na świecie jest skłonnych poświęcić życie badaniom czegoś tak nieuchronnie nieistotnego, lecz w rzeczywistości mchami zajmują się setki ludzi, którzy całkiem poważnie traktują swoje zajęcie. „O, tak - mówi Ellis - zdarzają się całkiem ożywione posiedzenia”.

Poprosiłem go o przykład kontrowersji.

„No cóż, tu jest jedna, którą sprowadził na nas jeden z naszych rodaków”, powiedział z lekkim uśmiechem, otwierając opasły tom zawierający ilustracje mchów. Dla niewprawnego oka najbardziej wyraźną cechą wszystkich tych mchów jest ich niesamowite wzajemne podobieństwo. „To - Ellis wskazał na jedną z ilustracji - był niegdyś jeden rodzaj, Drepanocladus. Obecnie jest podzielony na trzy: Drepanocladus, Warnstorfia oraz Hamatacoulis”.

„I to doprowadziło do rękoczynów?”, zapytałem z lekką nutką nadziei.

„No cóż, to było sensowne. Całkiem sensowne. Lecz oznaczało mnóstwo

pracy przy reorganizowaniu zbiorów i zdezaktualizowało wszystkie ówczesne książki, więc wywołało sporo, no wiesz, pomruków”.

Mchy mają także swoje tajemnice. Jeden słynny przypadek - w każdym razie słynny wśród fachowców od mchów - dotyczył zanikającego typu zwanego *Hyophila stanfordensis*, który odkryto na kampusie Stanford University w Kalifornii, później znaleziono go także rosnącego wzdłuż pewnej ścieżki w Kornwalii, lecz nie odkryto go nigdzie indziej. Nikt nie potrafi wytłumaczyć, w jaki sposób pojawił się w tak odległych miejscach. „Obecnie jest znany jako *Hennediella stanfordensis* - mówi Ellis. - Kolejna rewizja”.

Przytaknąłem w zamyśleniu.

Gdy zostaje znaleziony nowy mech, musi zostać porównany z wszystkimi innymi, aby wykluczyć możliwość, że już go opisano. Następnie musi zostać sporządzony formalny opis oraz ilustracje, a rezultat musi być opublikowany w odpowiednim czasopiśmie. Cały proces rzadko trwa krócej niż sześć miesięcy. Z punktu widzenia taksonomii mchów dwudziesty wiek nie stanowił wyjątkowo owocnego okresu. Większość wysiłków koncentrowała się na rozwikływaniu nieporozumień i powtórzeń jeszcze z poprzedniego stulecia.

Złotym wiekiem zbieraczy mchów był właśnie wiek dziewiętnasty (być może przypominasz sobie, że ojciec Charlesa Lyella był wielkim miłośnikiem mchów). Pewien Anglik o trafnie brzmiącym nazwisku, John Hunt\*, tak wytrwale polował na brytyjskie mchy, że prawdopodobnie przyczynił się do wyginięcia kilku gatunków. Jednak to właśnie dzięki wysiłkom takich zbieraczy kolekcja Lena Ellisa należy do najbogatszych na świecie. Wszystkie egzemplarze, w liczbie 780 000 sztuk, są sprasowane między dużymi kartami grubego papieru. Część z nich jest dość stara i pokryta ręcznymi notatkami o wiktoriańskim charakterze pisma. Niektóre mogą pochodzić z kolekcji samego Roberta Browna, wielkiego wiktoriańskiego botanika - odkrywcy jądra komórkowego oraz zjawiska zwanego obecnie ruchami Browna - który założył oddział botaniczny muzeum i kierował nim przez pierwsze trzydzieści jeden lat

jego istnienia, aż do swojej śmierci w 1858 roku. Wszystkie okazy są przechowywane w błyszczących, mahoniowych gablotach, tak starannie wykonanych, że zwróciłem na nie uwagę Ellisa.

„Och, sir Joseph Banks zamówił je do swojego domu na Soho Square i umieścił w nich swe okazy zgromadzone w czasie podróży na »Endeavour«,» odpowiedział Ellis zdawkowo, tak jakby niedawno kupił te gablotki w IKEA. Przez chwilę spoglądał na nie z namysłem, jakby widział je po raz pierwszy od dłuższego czasu. „Nie mam pojęcia, jak trafiły do nas na briologię”, dodał.

To było zdumiewające. Joseph Banks był największym angielskim botanikiem, a podróż na „Endeavour” - w trakcie której kapitan Cook zaobserwował oraz wykonał pomiary przejścia Wenus przed tarczą Słońca, przyłączył Australię do imperium brytyjskiego oraz dokonał jeszcze kilku odkryć - - była największą ekspedycją botaniczną w historii. Banks zapłacił 10 000 funtów, czyli około 600 000 w przeliczeniu na dzisiejsze funty, za udział jego samego oraz dziewięciu innych osób - przyrodnika, trzech artystów oraz czterech służących - w trzyletniej podróży dookoła świata. Bóg jeden wie, co prostoduszny kapitan Cook sądził o tym wykwintnym i rozpieszczonym towarzystwie, lecz wydaje się, że polubi! Banksa i podziwiał jego botaniczne uzdolnienia - to uczucia podzielane przez potomność.

Żadna inna botaniczna wyprawa w historii nie odniosła większych sukcesów. Częściowo dzięki temu, że podróż prowadziła przez liczne nowe lub mało znane miejsca na globie tó Ziemię Ognistą, Tahiti, Nową Zelandię, Australię, Nową Gwineę jj| lecz głównie dlatego, że Banks był tak by

\* Hunt (ang.) - polować, łowy (przyp. tłum.). strym i pomysłowym zbieraczem. Nawet w Rio de Janeiro, gdzie nie mógł zejść na ląd z powodu kwarantanny, przeszukał zapasy paszy pozyskane dla podróżującego na statku żywego inwentarza i dokonał kilku nowych odkryć<sup>5</sup>. Wydaje się, że nic nie mogło ujść jego uwagi. Zgromadził łącznie 30 000 okazów roślin, wliczając 1400 wcześniej niewidzianych, co zwiększyło o jedną czwartą liczbę znanych

na świecie roślin.

Ogromny zbiór Banksa stanowił tylko część osiągnięć i zdobyczy tego niemal absurdalnie kolekcjonerskiego stulecia. Zbieranie roślin stało się w osiemnastym wieku czymś w rodzaju międzynarodowej manii. Chwała i bogactwo czekały na każdego, kto zdołał odkryć jakiś nowy gatunek, a botanicy i awanturnicy wszelkiej maści dokonywali najbardziej niewiarygodnych wyczynów, aby zaspokoić powszechny głód ogrodniczych nowości. Thomas Nuttall, człowiek, który dla uhonorowania Caspara Wistara nadał nazwę wistarii, przybył do Ameryki jako pozbawiony wykształcenia malarz, odkrył w sobie zamiłowanie do roślin i przewędrował połowę kraju tam i z powrotem, gromadząc setki nigdy wcześniej nie widzianych okazów amerykańskiej flory. John Fraser, na cześć którego nazwano jodłę Fra-sera, spędził kilka lat w dziczy, gromadząc okazy roślin dla Katarzyny Wielkiej, aby po powrocie zastać na tronie Rosji nowego cara, który uznał go za wariata i nie miał zamiaru wywiązać się z umowy. Fraser zabrał wszystko do Chelsea, gdzie założył szkółkę i żył dostatnio ze sprzedaży zachwyconym angielskim dżentelmenom rododendronów, azalii, magnolii, wirginijskich winobluszczy, astrów i innych egzotycznych roślin.

Niektóre odkrycia przynosiły ich odkrywcom prawdziwą fortunę. John Lyon, botanik amator, spędził dwa lata na pełnym trudów i niebezpieczeństw kolekcjonowaniu roślin, lecz uzyskał na czysto równowartość dzisiejszych 125 000 funtów. Wielu poszukiwaczy robiło to jednak z czystego zamiłowania. Nuttall podarował większość swoich zbiorów Ogrodowi Botanicznemu w Liverpoolu, a sam został dyrektorem har-wardzkiego Ogrodu Botanicznego i autorem encyklopedycznej pozycji *Genera of North American Plants*, którą nie tylko napisał, ale przy której wykonał także większą część składu drukarskiego.

Wszystko to dotyczyło wyłącznie roślin, a przecież była jeszcze fauna nowo odkrytych lądów - kangury, kiwi, szopy, rysie, moskity i inne formy, nierzadko przekraczające możliwości ludzkiej wyobraźni. Rozmaitość życia na



Ziemi robiła wrażenie nieskończonej, jak zauważył Jonathan Swift w jednej ze swych nieśmiertelnych strof:

Tak więc, jak wiedzą przyrodnicy, pchła posiada mniejsze pchły, które na niej się pasają;

A te mają jeszcze mniejsze, aby je kąsały;

I tak to trwa ad infinitum\*.

Wszystkie te nowe informacje musiały zostać zapisane, uporządkowane i porównane z dotychczasową wiedzą. Świat desperacko potrzebował praktycznego systemu klasyfikacji. Szczęśliwym zbiegiem okoliczności w Szwecji znalazł się ktoś, kto potrafił taki system stworzyć.

Nazywał się Carl Linne (później uzyskał zezwolenie, aby zmienić nazwisko na bardziej arystokratyczne von Linne), lecz obecnie jest lepiej pamiętany pod zlatynizowaną formą jako Carolus Linnaeus [w Polsce: Linneusz]. Urodził się w 1707 roku w wiosce Rishult w południowej Szwecji, jako syn ubogiego, lecz ambitnego luterańskiego wikariusza. Był tak kiepskim uczniem, że zdesperowany ojciec oddał go w termin do szewca (według niektórych przekazów skończyło się jedynie na groźbie). Przerażony perspektywą przybijania zelówek przez resztę życia młody Linneusz wyblagał jeszcze jedną szansę i już nigdy więcej nie opuszczał się w nauce. Studiował medycynę w Szwecji i Holandii, aczkolwiek jego pasją stał się świat natury. W początkach lat trzydziestych osiemnastego wieku, jeszcze jako dwudziestoparolatek zaczął wydawać katalogi roślin i zwierząt świata, stosując własny system, dzięki któremu stopniowo stawał się coraz bardziej znany.

Rzadko się zdarza, aby uczonego był bardziej zakochany we własnej wielkości. Większość wolnego czasu Linneusz poświęcał na pisanie długich panegiryków na cześć samego siebie, w których deklarował, że nigdy nie „istniał większy botanik lub zoolog”, a jego system klasyfikacji stanowił „największe osiągnięcie w dziedzinie nauki”. W odruchu skromności zasugerował, że napis na jego nagrobku powinien zawierać określenie Princeps

Botanicorum, „Księżę Botaników”. Kwestionowanie jego samooceny nie było zbyt rozważne. Ci, którym się to zdarzyło, nierzadko przekonywali się, że od ich imienia pochodzą nazwy chwastów.

Kolejną cechą Linneusza było jego niewzruszone - niekiedy graniczące z obsesją - zainteresowanie seksem. Uważał za uderzające podobieństwo

| Jonathan Swift, *On Poetry: A Rhapsody*. niektórych skorupiaków do kobiecych narządów płciowych. Częściom ciała pewnego gatunku mięczaków nadał nazwy vulva - srom, labia - wargi, pubes - łono, anus - odbyt i hymen - błona dziewicza<sup>6</sup>. Grupował rośliny według cech ich organów reprodukcyjnych i przypisywał im zadziwiająco antropomorficzną kochliwość. Jego opisy kwiatów i ich zachowań są pełne odwołań do „promiskuitycznego stosunku”, „jałowych konkubin” i „weselnego łoża”. Pewnej wiosny napisał dzieło, z którego często cytowany jest poniższy fragment:

Miłość gości nawet u roślin. Samce i samice [...] trzymają swe godowe [...] swoimi organami płciowymi wskazując, które są samcami, a które samicami. Liście kwiatów służą jako małżeńskie łoże, tak wspaniale ułożone przez Stwórcę, ozdobione tak dostojnymi kurtynami i tak licznymi miękkimi zapachami, że nowożeniec i jego wybranka mogą tym uroczyściej celebrować swe gody. Gdy łoże jest gotowe, nadchodzi czas, aby nowożeniec objął swą ukochaną wybrankę i oddał się jej<sup>7</sup>.

Jednemu z rodzajów roślin Linneusz nadał nazwę Clitoria. Wiele osób uważało go za dziwaka, lecz nie sposób było odrzucić jego systemu klasyfikacji. Przed Linneuszem roślinom nadawano niezwykle długie, ekspansywne, opisowe nazwy. Zwykła wiśnia karłowata nosiła nazwę *Physalis anno ramosissime ramis angulosis glabris foliis dentoserratis*. Linneusz skrócił nazwę do *Physalis angulata*, która pozostaje w użyciu do dziś<sup>8</sup>. Świat roślin był pełen nieporządku wywołanego przez niespójne nazewnictwo. Botanik nigdy nie mógł być pewny, czy *Rosa syfoe-stris alba cum rubore, folio glabro* jest tą samą rośliną co *Rosa sylvestris inodora seu canina*. Linneusz rozwiązał ten problem, skracając nazwę

do *Rosa canina*. Samo skrócenie nazw nie wystarczyłoby jednak, aby uczynić je użytecznymi i zarazem powszechnymi. Wymagało także instynktu;<sup>^</sup> a w istocie geniuszu - niezbędnego do uchwycenia kluczowych cech danego gatunku.

System Linneusza jest obecnie tak powszechny, że z trudem wyobrażamy sobie alternatywę. Wcześniejsze systemy były często niezwykle cudaczne. Zwierzęta były klasyfikowane według takich cech, jak udomowienie lub dzikość, naziemny lub wodny tryb życia, rozmiary ciała, a nawet w zależności od tego, czy były uważane za piękne lub szlachetne. Buffon klasyfikował zwierzęta według ich przydatności dla człowieka. Kwestie anatomiczne rzadko odgrywały rolę. Linneusz spędził całe życie na usuwaniu ułomności wcześniejszych systemów i klasyfikowaniu wszystkich żywych istot według ich cech fizycznych. Od tego czasu taksonomia - czyli nauka o klasyfikowaniu - nigdy nie oglądała się wstecz.

To wszystko nie nastąpiło oczywiście z dnia na dzień. Pierwsze wydanie jego wielkiego dzieła *Systema Naturae* w 1735 roku liczyło zaledwie czternaście stron<sup>9</sup>. W miarę upływu czasu rozrastało się i przy dwunastym wydaniu - ostatnim, które Linneuszowi dane było zobaczyć - miało już 2300 stron w trzech tomach i zawierało nazwy lub opisy około 13 000 gatunków roślin i zwierząt. Inne prace były jeszcze obszerniejsze - trzytomowa *Historia Generalis Plantarum* Johna Raya<sup>10</sup>, wydana o jedno pokolenie wcześniej, obejmowała nie mniej niż 18 625 gatunków roślin - jednakże system Linneusza wyróżniał się spójnością, porządkiem i prostotą, a przy tym idealnie trafił we właściwy moment. Jego prace zaczęły się ukazywać w latach trzydziestych osiemnastego wieku, lecz stały się powszechnie znane w Anglii dopiero w latach sześćdziesiątych dziewiętnastego wieku i uczyniły z Linneusza swego rodzaju ojca chrzestnego brytyjskich przyrodników<sup>11</sup>. Nigdzie indziej nie przyjęto jego systemu z większym entuzjazmem (o czym między innymi świadczy fakt, że Linnaean Society ma swą siedzibę w Londynie, a nie w Sztokholmie).

Linneusz niekiedy popełniał błędy. Uwzględnił mityczne bestie oraz

„monstrualnych ludzi”, których opisy bezkrytycznie przejął od żeglarzy i innych podróżników o bogatej wyobraźni<sup>12</sup>. Sklasyfikował dzikiego człowieka, *Homo ferus*, który chodził na wszystkich czterech kończynach i nie opanował jeszcze mowy, oraz *Homo caudatus*, „człowieka z ogonem”. Nie powinniśmy jednak zapominać, że była to dość łatwowierna epoka. Nawet wielki Joseph Banks poważnie interesował się raportami o syrenkach, które jakoby wielokrotnie obserwowano u wybrzeży Szkocji pod koniec osiemnastego wieku. Omyłki Linneusza kompensowała jednak solidna, a często wręcz błyskotliwa taksonomia. Wśród jego licznych osiągnięć można między innymi wymienić sklasyfikowanie wielorybów, wraz z krowami, myszami i innymi powszechnie znanymi naziemnymi zwierzętami, w rzędzie *Quadrupedia* - czworonogi (później przemianowanym na *Mammalia* - ssaki), czego nikt inny przed nim nie dokonał<sup>13</sup>.

Początkowo Linneusz zamierzał nadać każdej roślinie tylko nazwę rodzajową oraz numer - *Convolvulus* 1, *Convolvulus* 2 i tak dalej - lecz szybko zdał sobie sprawę, że było to niezadowalające rozwiązanie i niebawem wpadł na pomysł dwumiennego układu, który do dzisiaj stanowi istotę jego systemu. Jego intencją było zastosowanie systemu binominalnego do wszystkiego - skał, minerałów, chorób, wiatrów - krótko mówiąc, do wszystkiego, co istnieje w przyrodzie. Nie wszyscy przyjęli jego propozycje z jednakowym entuzjazmem. Wielu ludzi gorszyła jego skłonność do stosowania nieco wulgarnych nazw, co zresztą miało trochę ironiczną wydźwięk, ponieważ przed Linneuszem niektóre powszechnie używane nazwy roślin i zwierząt nie należały bynajmniej do najdelikatniejszych. Mniszek lekarski, czyli pospolity miecz, był długo znany jako *pissabed*\* ze względu na swe domniemane właściwości moczopędne. Inne na co dzień stosowane nazwy zawierały między innymi *mare 's fart* [pierdnięcie klaczy], *naked ladies* [nagie damy], *twitch-ballock* [skurcz jaj], *hound's piss* [siki ogara], *open arse* [otwarta dupa] i *bum-towel* [zadni ręcznik]<sup>14</sup>. Parę takich niewybrednych określeń mogło mimochodem przetrwać w dzisiejszej

angielszczyźnie. Na przykład maidenhair\*\* w maidenhair moss [złotowłos] nie odnosi się bynajmniej do włosów na dziewiczej głowie. Tak czy inaczej, od dawna panowało przekonanie, że wprowadzenie pewnej dawki klasycznego nazewnictwa mogłoby nieco uszlachetnić nauki przyrodnicze, więc nikogo nie zachwyciło odkrycie, że w tekstach samo-zwańczego Księcia Botaników pełno jest takich określeń, jak Clitoria, Fornicata i Vulva.

Niektóre z tych nazw zostały później bez rozgłosu zmienione (aczkolwiek nie wszystkie: popularna nazwa „skałoczep” w oficjalnych okolicznościach ustępuje formalnemu określeniu *Crepidulaformicata* - trajkotka cudzołożna), a inne uległy uściśleniu w miarę rosnącej specjalizacji nauk przyrodniczych. W szczególności system został rozbudowany przez stopniowe wprowadzanie dodatkowych poziomów hierarchii. Rodzaj i gatunek istniały ponad sto lat przed Linneuszem, a rząd, klasa i rodzina weszły do użycia jako kategorie taksonomiczne w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych osiemnastego wieku, lecz typ został wprowadzony dopiero w 1876 roku (przez Niemca Ernsta Haeckla), a rodzina i rząd były traktowane wymiennie jeszcze na początku dwudziestego wieku. Przez pewien

\* *Piss a bed* (ang.) - dosł. zasikać łóżko (przyp. tłum.).

\* *Malden* (ang.) - panna, dziewica, *hair* - włos (przyp. tłum.). czas zoolodzy stosowali rodzinę w miejscu, gdzie botanicy umieścili rząd, co nieodmiennie prowadziło do częstych konfuzji\*.

Linneusz podzielił zwierzęta na sześć kategorii: ssaki, gady, ptaki, ryby, owady oraz *vermes*, czyli robaki, do których zaliczył wszystko, co nie mieściło się w pierwszych pięciu kategoriach. Od początku było ewidentne, że umieszczenie homarów i krewetek w tej samej kategorii co robaki nie było zadowalającym rozwiązaniem. Powstały różne nowe kategorie, takie jak mięczaki i skorupiaki, choć w różnych krajach przyjęto różne systemy klasyfikacji. Aby przywrócić porządek, w 1842 roku Brytyjczycy proklamowali nowy zestaw reguł, nazwany *Stricklandian Code*, lecz Francuzi uznali go za

zbyt arbitralny i Societe Zoologique storpedowało angielską próbę dominacji, wysuwając własny system. Tymczasem American Ornithological Society z bliżej nie znanych przyczyn zadecydowało o użyciu wydania Systema Naturae z 1758 roku jako podstawy nazewnictwa zamiast wydania z 1766 roku, które przyjęli wszyscy inni. W rezultacie amerykańskie ptaki spędziły dziewiętnasty wiek w innych rodzajach niż ich europejscy kuzyni. Dopiero w 1902 roku, na Międzynarodowym Kongresie Zoologicznym, przyrodnicy zaczęli w końcu przejawiać ducha kompromisu i przyjęli uniwersalny system.

Taksonomia jest niekiedy określana jako nauka, niekiedy jako sztuka, lecz w rzeczywistości stanowi pole bitwy. Nawet dzisiaj panuje w niej znacznie większy nieporządek, niż większość ludzi byłaby skłonna podejrzewać. Weźmy dla przykładu typ - kategorię taksonomiczną która określa podstawowe plany budowy organizmów. Istnieje kilka powszechnie znanych typów, takich jak mięczaki (należą do niego małże i ślimaki), stawonogi (owady i skorupiaki) i strunowce (my oraz inne zwierzęta posiadające rdzeń kręgowy lub protordzeń); pozostałe typy są zdecydowanie mniej znane. Można wśród nich wymienić Gnathostomulida - szczęko-gębe, Cnidaria - parzydełkowce (czyli meduzy, polipy i koralowce) oraz delikatne Priapulida - niezmogowce (dosłownie: „penisowe robaczki”).

| Dla ilustracji, człowiek należy do: domeny Eukarya, królestwa zwierząt, typu strunowców, podtypu kręgowców, gromady ssaków, rzędu naczelnych, rodziny hominidów, rodzaju Homo, gatunku Homo sapiens (według stosowanej konwencji kursywą pisze tylko nazwy rodzaju i gatunku). Niektórzy taksonomiści stosują jeszcze dalsze podziały: szczep, podrząd, nadrząd, zespół i inne.

Znane czy nie, są to podstawowe grupy taksonomiczne. Wśród fachowców istnieje jednak zadziwiająco nikłe porozumienie co do liczby typów, które obecnie istnieją lub powinny istnieć. Większość biologów uznaje około 30 typów, niektórzy skłaniają się jednak ku liczbie bliższej 20, natomiast Edward

O. Wilson w książce *Różnorodność życia* proponuje zaskakująco dużą liczbę 89 typów<sup>15</sup>. W zasadzie zależy to od tego, gdzie dokonasz podziału - czy jesteś „hurtownikiem” czy „detalistą”, jak mówi się w świecie biologów.

Na poziomie gatunków istnieje znacznie więcej możliwości i okazji do powstania różnicy zdań. Poza botanikami raczej nikogo nie obchodzi, czy gatunek trawy powinien być nazwany *Aegilops incurva*, *Aegilops incurva*-ta czy *Aegilops ovala*, lecz w pewnych sferach może to stanowić temat ożywionej dyskusji. Problem polega na tym, że istnieje 5000 gatunków traw i wiele z nich trudno rozróżnić nawet specjalistom. W rezultacie niektóre gatunki zostały odkryte i nazwane co najmniej dwadzieścia razy, a niemal wszystkie zostały niezależnie zidentyfikowane przynajmniej dwa razy. Dwutomowy *Manual of the Grasses of the United States* poświęca 200 stron drobnym drukiem kwestii zidentyfikowania i rozdzielenia synonimów, jak świat biologów określa swe nieumyślne, lecz częste powtórzenia. A dotyczy to tylko gatunków traw w jednym kraju.

Arbitrażem w skali globalnej zajmuje się Międzynarodowa Organizacja ds. Systematyki i Nomenklatury Roślin w Utrechcie, która rozstrzyga kwestie priorytetu oraz powtórzeń. Od czasu do czasu wydaje ona dekrety, w których deklaruje na przykład, że *Zauschneria californica* (roślina rozpowszechniona w ogródkach skalnych) będzie odtąd zwana *Epilobium ca-num*, a gatunek *Aglaothamnion tenuissimum* może być odtąd uważany za tożsamy z *Aglaothamnion byssoides*, lecz nie z *Aglaothamnion pseudobys-soides*. Zwykle są to drobne kwestie związane z porządkowaniem i nie zwracają niczyjej uwagi, ale gdy dotyczą na przykład ulubionych roślin ogrodowych, podnosi się natychmiast krzyk oburzenia. Pod koniec lat osiemdziesiątych minionego wieku zwykła chryzantema została wykluczona (na podstawie ewidentnie solidnych naukowych przesłanek) z rodzaju o tej samej nazwie i relegowana do mniej atrakcyjnego świata roślin z rodzaju *Dendranthema*.

Hodowcy chryzantem, którzy stanowią liczne i zwarte środowisko,

wystosowali protest do instytucji o oryginalnie brzmiącej nazwie Committee on Spermatophyta - Komitet ds. Roślin Nasiennych (istnieją także od-powiednie komitety dla innych kategorii, między innymi Pteridophyta - Papromiki, Bryophyta - Mszaki i Fungi - Grzyby; wszystkie podlegają dostojnikowi noszącemu tytuł Rapporteur-General). Reguły rządzące nomenklaturą powinny być wprawdzie sztywno stosowane i przestrzegane, lecz botanikom także nie są obce sentymenty, dlatego w 1995 roku decyzja dotycząca chryzantem została cofnięta. Podobne rozstrzygnięcia uratowały przed zmianą przynależności petunie, trzmieliny oraz popularne gatunki amarylisy, lecz nie oszczędziły licznych gatunków geranium, które kilka lat temu zostały przeniesione do rodzaju Pelargonium<sup>16</sup>. Wszystkie te dysputy są interesująco opisane w książce Charlesa Elliotta *The Potting - - Shed Papers*.

Mniej więcej takie same dyskusje i porządki dotyczą wszystkich innych kategorii istot żywych, więc szacowanie globalnych liczb nie jest bynajmniej tak proste, jak mogłoby się wydawać. W rezultacie stajemy w obliczu dość zdumiewającego faktu, że nie mamy najmniejszego pojęcia - „nawet z dokładnością do rzędu wielkości”, zdaniem Edwarda O. Wilsona - jaka liczba gatunków żyje na naszej planecie. Oszacowania sięgają od 3 do 200 milionów<sup>17</sup>. Jeszcze bardziej zaskakujące jest to, że - według raportu zamieszczonego w „The Economist” - aż 97 procent gatunków roślin i zwierząt wciąż oczekuje na odkrycie<sup>18</sup>.

Spośród organizmów, o których istnieniu wiemy, ponad 99 na 100 znamy tylko ze szkicowych opisów. „Nazwa, parę okazów w muzeum, jakiś pobieżny opis w czasopiśmie naukowym” - w taki sposób Wilson charakteryzuje stan naszej wiedzy. W *Różnorodności życia* oszacował on liczbę znanych gatunków - roślin, owadów, mikroobów, alg, wszystkiego, co żyje - na 1,4 miliona<sup>19</sup>, lecz dodał, że to tylko wynik zgadywania. Inne autorytety podają nieco wyższe liczby, między 1,5 a 1,8 miliona<sup>20</sup>, choć nie istnieją żadne centralne rejestry, więc nie da się nigdzie tego sprawdzić. Krótko mówiąc, znajdujemy się w takiej



sytuacji, że nie wiemy nawet tego, co wiemy.

W zasadzie powinna istnieć możliwość zapytania eksperta z każdej specjalizacji, ile gatunków liczy jego własna dziedzina, po czym należałoby dodać wszystkie te liczby. Wiele osób w istocie wykonało taką procedurę, lecz problem polega na tym, że dość rzadko dwaj eksperci z tej samej dziedziny otrzymują taką samą liczbę. Niektóre źródła podają, że liczba znanych typów grzybów wynosi 70 000, inne - 100 000, czyli prawie o 50 procent więcej. Można napotkać kategoryczne stwierdzenia, że liczba znanych gatunków dżdżownic wynosi 4000, oraz równie kategoryczne szacunki, że liczba ta wynosi 12 000. Dla owadów liczby wahają się między 750 000 i 950 000 gatunków. Należy przy tym pamiętać, że są to znane liczby gatunków. Dla roślin powszechnie przyjęte liczby sięgają od 248 000 do 265 000. To może nie robić wrażenia wielkiej rozbieżności, lecz liczba wszystkich roślin kwiatowych w Ameryce Północnej jest ponad dwadzieścia razy mniejsza od powyższej różnicy.

Uporządkowanie tego wszystkiego nie jest łatwym zadaniem. Na początku lat sześćdziesiątych Colin Groves z Australian National University zaczął systematyczne badania ponad 250 znanych gatunków naczelnych. Okazało się, że często ten sam gatunek bywał opisany dwukrotnie - niekiedy wielokrotnie - lecz żaden z odkrywców nie był świadom, że ma do czynienia ze zwierzęciem, które jest już znane nauce. Rozszyfrowanie tego wszystkiego zajęło Grovesowi cztery dekady<sup>21</sup>, a była to przecież stosunkowo nieliczna grupa łatwo rozróżnialnych zwierząt, w odniesieniu do których w zasadzie nie było żadnych kontrowersji. Bóg jeden wie, jaki byłby rezultat, gdyby ktoś podjął się podobnego zadania wobec żyjących na planecie 200 000 gatunków porostów, 50 000 gatunków mięczaków lub ponad 400 000 gatunków chrząszczy.

Jest oczywiste, że liczba gatunków musi być ogromna, lecz rzeczywiste liczby są z konieczności jedynie oszacowaniami opartymi na ekstrapolacjach, i to niekiedy na bardzo daleko sięgających ekstrapolacjach. W pewnym znanym

eksperymentach z lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku Teny Erwin ze Smithsonian Institution rozpylił silny środek przeciw owadom wokół dziewiętnastu drzew w tropikalnym lesie w Panamie, po czym zebrał wszystko, co spadło na ziemię z korony drzew. Później powtórzył tę morderczą procedurę w różnych porach roku, żeby mieć pewność, że złapał wszystkie migrujące gatunki, po czym doliczył się 200 gatunków chrząszczy. Następnie na podstawie rozkładu chrząszczy w innych rejonach, liczby gatunków drzew w lesie, liczby lasów na świecie, liczby innych typów owadów i tak dalej, wzdłuż długiego łańcucha zmiennych, oszacował, że liczba gatunków owadów na całym globie wynosi 30 milionów. Później uznał ten wynik za nadmiernie konserwatywny. Inni badacze, wykorzystując te same lub podobne dane, podali liczby 13 milionów, 80 milionów lub 100 milionów, podkreślając, że takie oszacowania - niezależnie od tego, jak starannie są wyliczone - opierają się co najmniej w takiej samej mierze na przypuszczeniach, jak na badaniach ilościowych.

Według „Wall Street Journal” świat liczy „około 10 000 aktywnych taksonomistów”. Niezbyt duża liczba, zważywszy na to, ile jest pracy do wykonania. Jednak ze względu na koszty (1250 funtów na jeden gatunek według tego samego raportu) oraz nakład pracy związany z wykonaniem dokumentacji rejestrują oni tylko około 15 000 nowych gatunków rocznie<sup>22</sup>.

„To nie kryzys bioróżnorodności, lecz kryzys taksonomistów”<sup>23</sup>, uważa Koen Maes, urodzony w Belgii szef działu bezkręgowców w Kenijskim Muzeum Narodowym w Nairobi, którego spotkałem przelotnie podczas wizyty w Kenii jesienią 2002 roku. Powiedział mi między innymi, że w całej Afryce nie ma wyszkolonych taksonomistów. „Był jeden w Wybrzeżu Kości Słoniowej, lecz wydaje mi się, że przeszedł na emeryturę”. Wykształcenie taksonomisty trwa od ośmiu do dziesięciu lat, ale nie ciągną oni masowo do Afryki. „To ich trzeba by zaliczyć do wykopalisk”, dodał Maes. On sam pod koniec roku kończy swój siedmioletni kontrakt, który nie zostanie przedłużony. „Brak funduszy”, wyjaśnia.

Kilka miesięcy wcześniej brytyjski biolog G.H. Godfray w artykule zamieszczonym w „Nature” zwrócił uwagę na chroniczny „brak środków oraz niski prestiż” taksonomistów na całym świecie. W rezultacie „wiele gatunków jest kiepsko opisanych w pojedynczych publikacjach, bez próby powiązania nowego taksonu\* z istniejącymi gatunkami w ramach aktualnych klasyfikacji”<sup>24</sup>. Co gorsza, taksonomiści spędzają najwięcej czasu nie na opisywaniu nowych gatunków, lecz na porządkowaniu już istniejących. Według Godfraya wielu z nich „spędziło większą część kariery na próbach zinterpretowania dziewiętnastowiecznej systematyki, czyli na rekonstruowaniu niepełnych opisów lub na przetrząsaniu światowych muzeów w poszukiwaniu materiałów, które często są w bardzo kiepskim stanie”. Godfray szczególnie podkreśla brak zainteresowania możliwościami, jakie stwarza Internet. Faktem jest, że taksonomia jest wciąż bardzo przywiązana do papieru.

W ramach próby pewnego unowocześnienia, w 2001 roku Kevin Kelly, współzałożyciel czasopisma „Wired”, zainicjował przedsięwzięcie pod nazwą Ali Species Foundation<sup>25</sup>, którego celem miało być zidentyfikowanie i zapisanie w bazie danych wszystkich żywych organizmów. Koszt tej

\* Formalne określenie dla kategorii zoologicznej lub botanicznej, na przykład gromady lub rodzaju. inicjatywy został oszacowany na nie mniej niż 1,3 miliarda funtów, z górną granicą sięgającą aż 30 miliardów. Na wiosnę 2002 roku fundacja dysponowała funduszami w wysokości 750 000 funtów oraz czterema pełnoetatowymi pracownikami.

Jeżeli mamy znaleźć jeszcze około 100 milionów gatunków owadów, jak wydają się sugerować obecnie dostępne dane, i jeżeli tempo nowych odkryć pozostanie na obecnym poziomie, powinniśmy uzyskać ostateczny wynik dla owadów po około 15 000 lat. Reszta królestwa zwierząt zajmie jeszcze nieco więcej czasu.

Dlaczego zatem wiemy tak niewiele? Istnieje niemal tyle samo powodów, ile gatunków zwierząt do policzenia, lecz można wyróżnić kilka zasadniczych

przyczyn.

Żywe istoty są na ogół małe i łatwo je przeoczyć. W praktyce nie zawsze oznacza to coś złego. Być może nie będziesz spał tak smacznie, gdy się dowiesz, że dzielisz swój materac z 2 milionami mikroskopijnych roztoczy, które delektują się tymi pysznymi, chrupkimi płatkami skóry, jakie zrzucasz w czasie snu, i upijają się twoimi wydzielinami łojowymi<sup>26</sup>. Sama poduszka może mieścić około 40 000 tych małych stworzeń (twoja głowa jest dla nich niewyczerpanym źródłem smakowitych, tłustych batoników). Nie sądz przy tym, że czysta powłoczka robi im jakąś różnicę. Dla istot o takich rozmiarach jak roztocza nawet najściślejsza tkanina nie jest gęstsza niż olinowanie statku. Jeżeli twoja poduszka liczy sześć lat (tyle wynosi średnia wieku dla poduszek), około jednej dziesiątej jej wagi pochodzi ze „złuszczonego naskórka, żywych roztoczy, martwych roztoczy oraz odchodów roztoczy” - według oszacowania, które na podstawie własnych pomiarów wykonał doktor John Maunder z British Medical Entomology Centre<sup>27</sup>. Te roztocza były z nami od niepamiętnych czasów<sup>28</sup>, lecz zostały odkryte dopiero w 1965 roku\* (ale przynajmniej są to twoje roztocza; pomyśl, do czego się przytulasz, gdy wskakujesz do łóżka w hotelu).

\* W rzeczywistości trochę się zaniedbujemy w niektórych kwestiach związanych z higieną. Doktor Maunder sądzi, że rozpowszechnienie środków piorących przystosowanych do niskich temperatur wpłynęło na tempo rozmnażania się insektów: „Jeżeli pierzesz zawszoną odzież w niskich temperaturach, wyciągasz z pralki czystsze wszy”.

Skoro istoty tak intymnie związane z nami jak łóżkowe roztocza umknęły naszej uwagi aż do epoki kolorowej telewizji, nie ma nic dziwnego w fakcie, że nie znamy większości ich kuzynów. Wejdz do lasu - jakiegokolwiek lasu - schyl się i weź do ręki garść ziemi. Trzymasz w dłoni 10 miliardów bakterii, z których większość jest nie znana nauce. Twoja próbka prawdopodobnie zawiera także około miliona pulchnych drożdży, 200 000 małych, włoskowatych pleśni, 10

000 pierwotniaków (najbardziej znaną przedstawicielką jest ameba) oraz przegląd wrotków, płazińców, ob-leńców i innych mikroskopijnych istot, znanych pod kolektywną nazwą Cryptozoa<sup>29</sup>. Znaczna część z nich również okaże się nieznaną.

Najobszerniejszy podręcznik mikroorganizmów, *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, wylicza około 4000 typów bakterii. W latach osiemdziesiątych para norweskich naukowców, Jostein Goksoyr i Vigdis Torsvik, pobrała przypadkowo wybraną, jednogramową próbkę ziemi z bukowego lasu w pobliżu ich laboratorium w Bergen i szczegółowo przeanalizowała jej skład bakteryjny. W tej grudce ziemi znajdowało się od 4000 do 5000 odrębnych gatunków bakterii, więcej niż w całym podręczniku *Bergeya*. Następnie badacze pobrali podobną próbkę z nadmorskiego gruntu kilka mil dalej i odkryli od 4000 do 5000 innych gatunków bakterii. Jak zauważył Edward O. Wilson: „Skoro ponad 9000 typów bakterii istnieje w dwóch szczytach gruntu w Norwegii, o ile więcej oczekuje na odkrycie w innych, radykalnie odmiennych środowiskach?”<sup>30</sup> No cóż, według jednego z oszacowań może ich być nawet 400 milionów<sup>31</sup>.

[Nie szukamy we właściwych miejscach. W *Różnorodności życia* Wilson opisuje pewnego botanika, który spędził kilka dni, koczując w obrębie dziesięciu hektarów dżungli na Borneo, gdzie odkrył 1000 nowych gatunków roślin kwiatowych<sup>32</sup> - więcej niż w całej Ameryce Północnej. Nie było wcale trudno je znaleźć, lecz wcześniej nikt nie szukał. Koen Maes z Kenijskiego Muzeum Narodowego powiedział, że wybrał się kiedyś do „chmurowego lasu”, jak nazywają się lasy na szczytach gór w Kenii, i po półgodzinie „nieszczęśliwie intensywnych poszukiwań” znalazł cztery nowe gatunki stonóg, z czego trzy reprezentowały nowe rodzaje, oraz jeden nowy gatunek drzewa. „Dużego drzewa”, dodał i rozpostarł dłonie, jakby zabierał się do tańca z wyjątkowo pulchną partnerką. Chmurowe lasy znajdują się na szczytach płaskowyżów i niekiedy stanowią środowiska odizolowane od milionów lat.

„Stanowią idealne miejsce do uprawiania biologii, lecz w zasadzie nie zostały w ogóle zbadane”, powiedział Maes.

Tropikalne lasy deszczowe zajmują zaledwie 6 procent ogólnej powierzchni Ziemi, ale stanowią środowisko dla ponad połowy zwierząt i około dwóch trzecich roślin kwiatowych<sup>33</sup>. Większość tego bogactwa życia pozostaje nieznaną. Zbyt mała liczba badaczy zajmuje się florą i fauną lasów tropikalnych, mimo że jedna i druga może mieć dla nas ogromne znaczenie. Co najmniej 99 procent roślin kwiatowych nigdy nie zostało zbadanych pod kątem zastosowań medycznych. Rośliny nie mogą po prostu uciec przed drapieżnikami, więc muszą rozwijać skomplikowane środki obronne, co z kolei powoduje, że niektóre z nich wytwarzają intrygujące związki chemiczne. Obecnie prawie jedna czwarta wszystkich lekarstw pochodzi od około 40 roślin, a kolejne 16 procent od zwierząt oraz mikrobów, więc z każdym hektarem wyciętego lasu tracimy potencjalnie bardzo istotne z medycznego punktu widzenia, lecz nieujawnione możliwości. Stosując metodę zwaną chemią kombinatoryczną, chemicy potrafią wygenerować 40 000 związków chemicznych naraz. Większość tych związków ma jednak przypadkowy charakter i na ogół jest bezużyteczna, natomiast każda naturalna molekula ma już za sobą to, co „The Economist” nazywa „ostatecznym programem testującym: ponad 3,5 miliarda lat ewolucji”<sup>34</sup>.

Poszukiwanie nieznanych form życia nie polega wyłącznie na podróżowaniu do odległych lub odludnych miejsc. W książce *Życie*. Nieautoryzowana biografia Richard Fortey pisze o odkryciu archaicznej bakterii na ścianie wiejskiego pubu, „na którą całe pokolenia bywalców oddawały mocz”<sup>35</sup>. Wydaje się, że takie odkrycie wymaga sporej dozy szczęścia w połączeniu z pewną dawką samozaparcia i zapewne jeszcze jakichś bliżej nieokreślonych cech u badacza.

Brak specjalistów. Liczba żywych istot, które czekają na odkrycie, zbadanie i zapisanie, znacznie przewyższa rezerwy ludzkie - liczbę naukowców,

którzy mogą wykonać tę pracę. Weźmy jako przykład organizmy zwane bdelloidalnymi wrotkami. Są to mikroskopijne zwierzątka, które potrafią przetrwać w niemal każdym środowisku. Gdy warunki ulegają pogorszeniu, zwijają się w zwartą formę, wyłączają metabolizm i czekają na lepsze czasy. W tym stanie można je wrzucić do gotującej się wody lub zamrozić niemal do absolutnego zera - gdzie nawet atomy się poddają - a gdy tortury się skończą i środowisko wróci do bardziej sprzyjającego Etanu, rozwiną się z powrotem i zajmą swoimi sprawami, tak jakby nic nie [zaszło. Dotychczas zidentyfikowano około 500 gatunków (inne źródła mówią 360), lecz nikt nie ma pojęcia, jaka może być całkowita liczba<sup>36</sup>. Przez [długie lata niemal całą wiedzę na ich temat zawdzięczaliśmy pełnej poświęceniu i ceniącej pracę amatora, londyńskiego duchownego Davida Bryce'a, który badał je w wolnych chwilach. Bdelloidalne wrotki można znaleźć na całym świecie, lecz gdybyś wszystkich ekspertów od wrotków zaprosił na obiad, nie musiałbyś pożyczyc talerzy od sąsiadów.

Nawet tak ważne i wszędobylskie istoty jak grzyby (a grzyby są zarówno ważne, jak i wszędobylskie) przyciągają stosunkowo niewiele uwagi. Grzyby rzeczywiście są wszędzie i istnieją w wielu formach - grzyby jadalne, rdze, pleśnie, drożdże, purchawki, żeby wymienić tylko reprezentatywną próbkę - w takich ilościach, jakich większość z nas nawet nie podejrzewa. Jeżeli zbierzesz wszystkie grzyby z jednego hektara przeciętnej łąki, będziesz miał do dyspozycji 2800 kilogramów żywej masy<sup>37</sup>. To nie są w żadnym razie marginalne organizmy. Bez grzybów nie byłoby zarazy ziemniaczanej, holenderskiej choroby wiązów ani grzybicy. Nie byłoby także jogurtów, piwa ani sera. Łącznie zidentyfikowano około 70 000 gatunków grzybów, choć naukowcy sądzą, że całkowita liczba może sięgać 1,8 miliona<sup>38</sup>. Wielu mykologów pracuje w przemyśle, przy produkcji serów, jogurtów i innych tego typu produktów, trudno więc ocenić, ilu z nich aktywnie uczestniczy w badaniach, lecz możemy z całą pewnością stwierdzić, że liczba gatunków grzybów, które czekają na swoich odkrywców, znacznie przewyższa liczbę

osób, które ich szukają.

Świat jest naprawdę bardzo duży. Dzisiaj, w epoce transportu lotniczego i innych szybkich form komunikacji, świat może się nam wydawać mały, lecz na poziomie gruntu, gdzie muszą pracować naukowcy zajmujący się poszukiwaniem nieznanymi form życia, świat jest w istocie ogromny, tak ogromny, że wciąż kryje mnóstwo interesujących zagadek. Okapi, gatunek najbliższej spokrewniony z żyrafą, żyje w dość dużej liczbie w dżungli Zairu - całkowita populacja jest szacowana na 30 000 sztuk - lecz o jego istnieniu nikt nie miał pojęcia aż do początków dwudziestego wieku. Duży nowozelandzki nietoperz, zwany takahe, od 200 lat był uznany za wymarły, zanim znaleziono go żywego w trudno dostępnej części Wyspy Południowej<sup>39</sup>. W 1995 roku zespół francuskich i brytyjskich naukowców zgubił drogę w czasie burzy śnieżnej w pewnym wąwozie w Tybecie, gdzie natknął się na rasę koni zwanych Riwoche, znanych uprzednio jedynie z prehistorycznych rysunków naskalnych. Lokalni mieszkańcy byli całkowicie zaskoczeni informacją, że poza ich wąwozem koń był uważany za rzadkość<sup>40</sup>.

Niektórzy sądzą, że wciąż czekają na podobne lub jeszcze większe niespodzianki. „Czołowy brytyjski etnobiolog - napisał w 1995 roku „The Economist” - przypuszcza, że Megatherium, pewnego rodzaju gigantyczny leniwiec o rozmiarach zbliżonych do żyrafy [...] może ukrywać się w niedostępnej puszczy amazońskiej”<sup>41</sup>. Nazwisko etnobiologa nie zostało jednak podane. Co jeszcze bardziej znamienne, nic więcej nie słyszano ani na jego temat, ani na temat samego leniwca. Nikt nie może jednak kategorycznie zaprzeczyć, że takie istoty mogą tam się znajdować, dopóki nie przetrząśniemy każdej polanki we wszystkich ziemskich lasach, a do tego jeszcze nam bardzo daleko.

Gdybyśmy nawet wysłali tysiące badaczy do wszystkich zakątków globu, i tak nie osiągnęlibyśmy zasadniczego celu, ponieważ życie istnieje wszędzie, gdzie tylko zdołało się kiedykolwiek zagnieździć. Wyjątkowa płodność życia



jest zdumiewająca i godna podziwu, lecz z punktu widzenia poszukiwań i badań stwarza poważne problemy. Aby zbadać je całościowo, musielibyśmy odwrócić każdy kamień, przeszukać ściółkę w każdym lesie, przesiać niewyobrażalne ilości piasku i ziemi, dotrzeć do wszystkich koron drzew i znaleźć znacznie skuteczniejsze metody badania mórz. Nawet wtedy przeoczylibyśmy prawdopodobnie całe ekosystemy. W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku grupa speleologów w Rumunii weszła do głębokiej jaskini, która była odcięta od świata przez dość długi, lecz bliżej nieokreślony czas. Znaleźli w niej 33 gatunki owadów i innych małych istot - pająków, stonóg, wszy - wszystkie były ślepe, bezbarwne i nieznane nauce. Żywiły się mikrobami żyjącymi w pianie na powierzchni stawów, a mikroby z kolei eksploatowały siarkowodór z gorących źródeł.

Niemożność wyśledzenia i zbadania wszystkich form życia na Ziemi możemy instynktownie postrzegać jako frustrującą, zniechęcającą, może nawet zatrważającą okoliczność, lecz równie dobrze można uznać ją za niesamowicie podniecającą. Żyjemy na planecie, która ma niemal nieskończoną zdolność do zaskakiwania i stwarzania niespodzianek. Któż rozsądny wolałby, aby było inaczej?

Jedną z bardziej frapujących cech współczesnej nauki jest ogromna liczba ludzi, którzy byli skłonni poświęcić życie całkowicie ezoterycznym dziedzinom badań. W jednym ze swoich esejów Stephen Jay Gould wspomina jednego ze swoich bohaterów, Henry'ego Edwarda Cramptona, który spędził pięćdziesiąt lat, od 1906 roku do swej śmierci w 1956 roku, prowadząc spokojnie badania pewnego rodzaju polinezyjskich ślimaków, zwanych Partula. Rok po roku Crampton wykonywał pomiary - do ośmiu cyfr po przecinku - spiral, kątów i łuków niezliczonych okazów Partula, gromadząc wyniki w niezwykle szczegółowych tabelach. Jedna linijka tekstu w tabeli Cramptona mogła przedstawiać całe tygodnie pomiarów i obliczeń<sup>42</sup>.

Tylko trochę mniej poświęcenia wykazał Alfred C. Kinsey, który dość

nieoczekiwanie dla siebie samego stał się sławny dzięki badaniom ludzkiej seksualności, prowadzonym w latach czterdziestych i pięćdziesiątych zeszłego wieku. Wcześniej Kinsey był entomologiem, i także w tym przypadku traktował to zajęcie całkiem serio. W czasie trwającej dwa lata ekspedycji przewędrował 4000 kilometrów, łapiąc po drodze 300 000 os<sup>43</sup>. Nie wiemy, niestety, ile złapał żadeł.

Zawsze intrygowała mnie kwestia, jak mianowicie zapewniona jest ciągłość badań - pewnego rodzaju łańcuch sukcesji - w tych ezoterycznych dziedzinach. Niewiele instytucji na świecie jest gotowych kształcić i utrzymywać specjalistów od bemikli lub pacyficznych ślimaków. Rozstając się z Richardem Forteyem w Natural History Museum w Londynie, zapytałem go, jak nauka radzi sobie z problemem sukcesji - - w jaki sposób znajduje następcę dla kogoś, kto odchodzi.

Forteya szczerze rozbawiła moja naiwność. „Obawiam się, że w nauce nie ma ławki rezerwowych, cierpliwie czekających na wejście do gry. Gdy specjalista z jakiejś dziedziny odchodzi na emeryturę lub, co gorsza, umiera, badania w jego dziedzinie mogą ulec zahamowaniu, a nawet zatrzymaniu, niekiedy na długie lata”.

„W takim razie przypuszczam, że cenicie kogoś, kto potrafi spędzić czterdzieści lat na badaniach jednego gatunku roślin, nawet jeśli nie przynosi to żadnych spektakularnych wyników?”

„Oczywiście”, odpowiedział z całym przekonaniem.

## Rozdział 24

### KOMÓRKI

Zaczyna się od pojedynczej komórki. Komórka dzieli się na dwie. Dwie dzielą się na cztery i tak dalej. Po 47 podziałach masz dziesięć tysięcy bilionów (10 000 000 000 000 000) komórek i twoje ciało jest gotowe, aby stać się istotą ludzką\*. A każda z tych komórek dokładnie wie, jaka jest jej funkcja w chronieniu i podtrzymywaniu twojego istnienia od poczęcia do ostatniego tchu.

Nie masz żadnych sekretów przed swoimi komórkami. One wiedzą o tobie znacznie więcej niż ty sam. Każda posiada pełną kopię genetycznego kodu - planu budowy twojego ciała - więc zna nie tylko własną rolę, lecz także role wszystkich innych twoich komórek. W żadnym momencie swojego życia nie będziesz musiał przypominać żadnej swojej komórce, aby pilnowała poziomu adenozyntrifosforanu lub znalazła miejsce na tę dodatkową szczyptę kwasu foliowego, który nieoczekiwanie pojawił się w twoim organizmie. Komórki zrobią to za ciebie, wraz z milionami innych rzeczy.

Każda żywa komórka to cud natury. Nawet najprostsze z nich znacznie przekraczają granice naszych możliwości. Aby zbudować podstawową komórkę drożdży, musiałbyś zminiaturyzować mniej więcej taką samą liczbę elementów, z jakiej złożony jest boeing 777, tak by zmieściły się w kuli o średnicy zaledwie pięciu mikronów<sup>1</sup>. Następnie musiałbyś w jakiś sposób przekonać tę kulę, żeby zaczęła się reprodukować.

A komórki drożdży to drobiazg w porównaniu z komórkami ludzkimi, które nie tylko są bardziej zróżnicowane i złożone. Fascynującymi czynią je przede wszystkim ich wzajemne oddziaływania.

\* W rzeczywistości wiele komórek ginie w trakcie rozwoju, więc ostateczny rezultat nie jest zbyt pewny. Liczby podawane przez niektóre źródła

różnią się o wiele rzędów wielkości. Wartość 10 tysięcy bilionów (czyli dziesięciu biliardów) pochodzi z książki *Microcosmos* Margulis i Sagana.

Twoje komórki stanowią krainę liczącą 10 000 bilionów obywateli, z których każdy w określony, bardzo konkretny sposób troszczy się o twoje istnienie. Nie ma takiej rzeczy, której twoje komórki nie uczyniłyby dla ciebie. Umożliwiają ci odczuwanie przyjemności, pozwalają myśleć, wspierają cię, gdy stoisz, gdy się przeciągasz i gdy tańczysz. Gdy jesz, twoje komórki zajmują się ekstrakcją składników odżywczych, dystrybucją energii i usuwaniem odpadów - wszystkimi tymi funkcjami, o których uczyłeś się w szkole. Pamiętają także, żebyś w odpowiednim momencie był głodny, a po posiłku nagradzają cię poczuciem sytości, żebyś nie zapomniał, jak miło jest być najedzonym. Pilnują, aby twoje włosy rosły, a uszy były nawoskowane. Dbają, aby twój mózg miał wszystko, czego mu potrzeba do prawidłowego funkcjonowania. Zajmują się każdym, nawet najdrobniejszym aspektem twego istnienia. Rzucają się do walki w twojej obronie natychmiast, gdy pojawia się zagrożenie. Bez wahania zginą dla ciebie - miliardy komórek robią to każdego dnia. A ty ani razu nie podziękowałeś żadnej z nich. Poświęćmy zatem chwilkę, aby je poznać i okazać im podziw, na który w pełni zasługują.

Rozumiemy niektóre funkcje komórek - w jaki sposób składują tłuszcz, produkują insulinę i angażują się w wiele innych działań niezbędnych do utrzymania tak złożonej istoty jak ty - lecz tylko do pewnego stopnia. Wewnątrz twojego ciała funkcjonuje co najmniej 200 000 tysięcy różnych typów białek. Jak dotąd, rozumiemy nie więcej niż około 2 procent z nich<sup>2</sup> (niektóre źródła podają liczby bliższe 50 procent; najwyraźniej zależą one od tego, co kto rozumie przez pojęcie „rozumieć”).

Badacze komórek dość często natrafiają na rozmaite niespodzianki. W stanie wolnym tlenek azotu stanowi groźną truciznę i jest uważany za jeden ze wskaźników zanieczyszczenia powietrza. W połowie lat osiemdziesiątych naukowcy z zaskoczeniem odkryli, że jest on regularnie produkowany przez

nasze komórki. Z początku nie bardzo było wiadomo po co, lecz niebawem okazało się, że ma rozliczne zastosowania - kontroluje przepływ krwi oraz poziom energii komórek, atakuje nowotwory i inne patogeny, reguluje zmysł zapachu, a nawet wspomaga erekcję<sup>3</sup>. Przy okazji wyjaśniło się, dlaczego nitrogliceryna, znana substancja wybuchowa, łagodzi bóle serca zwane dusznicą bolesną (jest przetwarzana we krwi na tlenek azotu zmniejszający napięcie wewnętrznej, mięśniowej wyściółki naczyń krwionośnych i tym samym ułatwia przepływ krwi<sup>4</sup>). W ciągu zaledwie jednego dziesięciolecia tlenek azotu zmienił status z pozaustrojowej toksyny na wszechobecny eliksir.

Według belgijskiego biochemika Christiana de Duve każdy z nas posiada „kilkaset” typów komórek, które różnią się znacznie pod względem kształtu - od komórek nerwowych, których włókna mogą osiągać ponad metr długości, przez komórki krwi w kształcie dysku, po fotokomórki w postaci pręcików, które stanowią światłoczułe elementy narządów wzroku<sup>5</sup>. Równie imponująca jest rozpiętość rozmiarów komórek - czego najbardziej uderzający przykład stanowi sam moment poczęcia, gdy zadyszany plemnik dociera do jaja, które jest 85 000 razy większe od niego (to może być właściwa perspektywa do rozważania pojęcia męskich podbojów). Średnica przeciętnej komórki wynosi jednak zaledwie 20 mikronów - czyli dwie setne części milimetra - za mało, aby można ją zobaczyć gołym okiem, lecz wystarczająco dużo, by pomieścić tysiące skomplikowanych, złożonych struktur, jak mitochondria, zbudowanych z milionów cząsteczek. Komórki różnią się także, w jak najbardziej dosłownym sensie, pod względem żywotności. Wszystkie komórki skóry są martwe. To może być nieco irytujące uczucie, lecz fakt pozostaje faktem, że każdy cal twojej skóry składa się z komórek, które już zakończyły aktywną fazę swej kariery. Jeżeli jesteś dorosłą osobą o przeciętnych rozmiarach, mieścisz się w dwukilogramowym worku martwej skóry, z której codziennie odpada kilka miliardów maleńkich fragmentów<sup>6</sup>. Przejedź palcem wzdłuż zakurzonej półki, a zamiast kurzu na desce pozostanie ślad złożony głównie ze starej skóry.

Większość komórek rzadko żyje dłużej niż około miesiąca, aczkolwiek istnieje kilka godnych uwagi wyjątków. Komórki wątroby mogą przetrwać całe lata, chociaż niektóre ich składniki są wymieniane co kilka dni<sup>7</sup>. Komórki mózgu żyją tak długo jak ich właściciel. W momencie urodzin mózg człowieka składa się ze 100 miliardów komórek i więcej nie będzie. Naukowcy szacują, że co godzinę każdy z nas traci około 500 komórek mózgowych, więc jeżeli masz w planie jakiś poważny wysiłek umysłowy, to nie trać czasu. Dobra wiadomość jest taka, że pojedyncze elementy komórek mózgowych są często odnawiane, więc - podobnie jak w przypadku wątroby - żadna część mózgu nie jest w rzeczywistości starsza niż miesiąc. Istnieją nawet sugestie, że żaden, nawet najdrobniejszy fragment ludzkiego organizmu - j ani jedna zabłąkana cząsteczka B jeszcze dzie-więć lat wcześniej nie był częścią tego samego organizmu<sup>8</sup>. Na poziomie komórkowym nie jesteśmy nawet nastolatkami.

Pierwszą osobą, która opisała komórkę, był Robert Hooke, z którym spotkaliśmy się już, gdy spierał się z Isaakiem Newtonem o pierwszeństwo przy odkryciu prawa odwrotnych kwadratów. W ciągu 68 lat swego życia Hooke dokonał wielu wybitnych osiągnięć - był zarówno zdolnym teoretykiem, jak i utalentowanym konstruktorem pomysłowych i pożytecznych przyrządów - lecz żadne z nich nie przyniosło mu takiej sławy jak jego popularna książka *Microphagia: or Some Physiological Descriptions of Miniature Bodies Made by Magnifying Glasses*, opublikowana w 1665 roku. Ukazała ona zachwyconym czytelnikom wszechświat bardzo małych żywych obiektów, które były znacznie bardziej zróżnicowane, ciasno spłoczone i obdarzone bogatszą strukturą, niż ktokolwiek był w stanie sobie wyobrazić.

Wśród mikroskopowych obiektów zidentyfikowanych przez Hooke'a u roślin były małe struktury, które nazwał „komórkami”\*, ponieważ kojarzyły mu się z pomieszczeniami zamieszkiwanymi przez mnichów w klasztorze. Hooke obliczył, że na jednym calu kwadratowym korka znajduje się 1 259 712 000 komórek - był to pierwszy przypadek wystąpienia tak wielkiej liczby w

jakiegokolwiek dziedzinie nauki<sup>9</sup>. Mikroskopy istniały już wtedy od kilkudziesięciu lat, lecz modele Hooke'a przewyższały wszystkie inne konstrukcje pod względem zaawansowania technicznego. Osiągały powiększenie rzędu trzydziestu razy, co stawiało je w pierwszym szeregu siedemnastowiecznej technologii optycznej.

Hooke oraz inni członkowie londyńskiego Royal Society przeżyli prawdziwy szok, gdy zaledwie dziesięć lat później zaczęli otrzymywać rysunki oraz raporty od kupca bławatnego z holenderskiego miasta Delft. Nazywał się Antoni van Leeuwenhoek, nie miał prawie żadnego formalnego wykształcenia, żadnych formalnych związków z nauką, był jednak bystrym oraz cierpliwym obserwatorem i zarazem technicznym geniuszem. Konstruowane przez niego mikroskopy osiągały 275-krotne powiększenie.

Do dzisiaj nie wiadomo, w jaki sposób zdołał uzyskać tak fantastyczne powiększenia za pomocą tak prostych urządzeń, jakimi dysponował

\* Celi (ang.) - komórka, cela (przyp. tłum.).

- maleńkich bąbli szkła oprawionych w skromne drewniane uchwyty - z wyglądu bardziej przypominających współczesną lupę niż mikroskop. Leeuwenhoek konstruował nowy przyrząd do każdego nowego eksperymentu i utrzymywał w wielkiej tajemnicy swe techniczne rozwiązania, aczkolwiek niekiedy doradzał Brytyjczykom, w jaki sposób mogą poprawić rozdzielczość swoich urządzeń\*. W ciągu pięćdziesięciu lat swych mikroskopowych obserwacji - które skądinąd zaczął, gdy miał już ponad 40 lat - Leeuwenhoek wysłał do Royal Society prawie 200 raportów, wszystkie w niderfrankisch, jedynym języku, który znał. Nie silił się na interpretacje, tylko wysyłał opisy faktów i obserwowanych zjawisk wraz z doskonałymi rysunkami. Pisał niemal o wszystkim, co dało się przebadać - o pleśni na chlebie, żądle pszczoły, komórkach krwi, zębach, włosach, własnej ślinie, ekskrementach, nasieniu (te ostatnie wraz z solennymi przeprosinami za ich niewątpliwie niestosowną naturę) - niemal żadnej z tych rzeczy nigdy wcześniej nie oglądano pod

mikroskopem.

Gdy w 1676 roku w jednym z raportów opisał „drobnoustroje” zaobserwowane w próbce wody z pieprzem, członkowie Royal Society przez ponad rok próbowali zobaczyć „małe zwierzątka”, wykorzystując wszystkie urządzenia, które angielska technologia potrafiła wyprodukować, zanim w końcu udało im się uzyskać właściwe powiększenie<sup>10</sup>. Leeuwenhoek odkrył pierwotniaki i przy okazji obliczył, że w jednej kropli wody znajduje się 8 280 000 tych maleńkich stworzeń - więcej niż ludzi w całej Holandii<sup>11</sup>. Świat tętnił życiem na tyle różnych sposobów i w takich ilościach, o jakich nikomu nawet się nie śniło.

Zainspirowani przez odkrycia Leeuwenhoeka inni badacze również zaczęli zaglądać w mikroskopy, niektórzy z takim zapałem, że niekiedy widzieli rzeczy, których w rzeczywistości nikt inny nie zaobserwował. Pewien powszechnie szanowany holenderski uczyony, Nicolaus Hartsoecker, był przekonany, że widzi „maleńkie postaci ludzkie” w komórkach sper-

| Leeuwenhoek był bliskim przyjacielem innego wybitnego mieszkańca Delft, Jana Vermeera. W połowie siedemnastego wieku Vermeer, który uprzednio był zdolnym, lecz niewyróżniającym się malarzem, nagle stał się mistrzem światła oraz perspektywy, dzięki czemu dzisiaj zaliczany jest do najwybitniejszych przedstawicieli malarstwa holenderskiego. Nigdy tego nie dowiedziono, lecz od dawna istnieją podejrzenia, że używał zbudowanego z soczewek urządzenia do projekcji obrazów, zwanego camera obscura. Po jego śmierci nie znaleziono wprawdzie żadnego urządzenia tego rodzaju, lecz tak się złożyło, że wykonawcą testamentu Vermeera był nie kto inny, tylko najbardziej tajemniczy konstruktor soczewek owej epoki - Antoni van Leeuwenhoek. my. Nazwał je „homunkulusami”<sup>12</sup>. Przez pewien czas panowało dość rozpowszechnione przekonanie, że wszyscy ludzie, a właściwie wszystkie żywe istoty stanowią znacznie powiększone wersje maleńkich, lecz całkowicie ukształtowanych drobnoustrojów. Sam Leeuwenhoek niekiedy dawał się



ponosić swemu entuzjazmowi. W jednym z mniej udanych eksperymentów próbował badać wybuchowe właściwości prochu strzelniczego, obserwując mały wybuch z bliskiej odległości; w rezultacie prawie oślepl<sup>13</sup>.

W 1683 roku Leeuwenhoek odkrył bakterie, lecz dalszy postęp w tej dziedzinie nie był możliwy przez półtora wieku ze względu na ograniczenia technologii budowy mikroskopów. Dopiero w 1831 roku po raz pierwszy zaobserwowano jądro komórkowe - odkrył je Robert Brown, ów częsty gość na kartach historii nauki (żył w latach 1773-1858), zawsze jednak pozostający w cieniu innych. Brown nazwał swe odkrycie nucleus - jądro - od łacińskiego słowa *nucula* oznaczającego mały orzech lub ziarno. W 1839 roku dokonano kolejnego odkrycia, mianowicie, że wszelka ożywiona materia ma naturę komórkową<sup>14</sup>. Jego autorem był Niemiec Theodor Schwann. Odkrycie nie tylko było dość późne, lecz początkowo niezbyt powszechnie zaakceptowane. Dopiero w latach sześćdziesiątych dziewiętnastego wieku, w wyniku pewnych fundamentalnych prac Louisa Pasteura, wykazano niezbicie, że życie nie może powstawać spontanicznie, ale musi pochodzić od uprzednio istniejących komórek. To przekonanie stało się znane jako „teoria komórkowa”, stanowiąca podstawę całej współczesnej biologii.

Komórka wielokrotnie była porównywana do rozmaitych rzeczy, od „skomplikowanej rafinerii chemicznej” (porównanie autorstwa fizyka Jamesa Trefiła), po „olbrzymią, tętniącą metropolię” (według biochemika Guya Browna)<sup>15</sup>. W jakimś sensie komórka zarazem jest i nie jest zarówno „fabryką” jak i „metropolią”. Przypomina rafinerię w tym sensie, że stanowi ośrodek, w którym zachodzi wiele różnych, intensywnych reakcji chemicznych. Podobieństwo do metropolii można uzasadniać tym, że w komórce jest ciasno, jest dużo ruchu oraz oddziaływań, które robią wrażenie pogmatwanych i przypadkowych, lecz ewidentnie są podporządkowane funkcjonowaniu jakiegoś systemu. Wnętrze komórki jest jednak znacznie bardziej koszmarnym miejscem niż jakiegokolwiek miasto lub fabryka. Przede wszystkim nie istnieje tu pojęcie

góry i dołu (grawitacja nie odgrywa istotnej roli w skali komórkowej). Nie ma żadnego pustego obszaru, nawet o rozmiarach pojedynczego atomu. Wszędzie coś się dzieje. Wszystkim rządzi energia elektryczna. Zapewne większość z nas nie odczuwa tego w ten sposób, lecz wszyscy jesteśmy ogniwami elektrycznymi. Pożywienie, które pochłaniamy, oraz tlen, który wdychamy, są w komórkach poddawane procesom, w wyniku których powstaje energia elektryczna. Nie odczuwamy wstrząsów elektrycznych przy dotknięciu innej osoby, a wyściółka krzesła nie zapala się, gdy na niej siadamy, ponieważ wszystkie te elektryczne procesy zachodzą w bardzo małej skali, rzędu 0,1 wolta, na odległościach mierzonych w nanometrach. Gdyby przeliczyć to na skalę jednego metra, mielibyśmy do czynienia z polami elektrycznymi rzędu 100 milionów woltów na metr, o wiele silniejszymi niż w rdzeniu błyskawicy<sup>16</sup>.

Niezależnie od rozmiarów i kształtu prawie wszystkie twoje komórki są zbudowane według tego samego podstawowego planu: posiadają zewnętrzną obudowę, zwaną błoną jądrową, w którym znajduje się cała twoja genetyczna informacja, oraz przestrzeń pomiędzy błoną i jądrem zwaną cytoplazmą, w której zachodzi cała ta elektrochemiczna aktywność. Wbrew powszechnym wyobrażeniom błona komórkowa nie jest trwałą podobną do gumy powłoką, do której przebicia potrzebna byłaby ostra igła. W rzeczywistości jest zbudowana z cząsteczek tłuszczów zwanych lipidami, dzięki czemu konsystencja jest mniej więcej taka jak „lekkiego oleju maszynowego”<sup>17</sup>, cytując Sherwina B. Nulanda. To może robić zaskakująco niematerialne wrażenie, lecz należy pamiętać, że na poziomie mikroskopowym świat działa inaczej, niż jesteśmy przyzwyczajeni sądzić na podstawie naszego codziennego doświadczenia. W skali molekularnej woda staje się czymś w rodzaju mocnego żelu, a lipid zachowuje się jak stal.

Wnętrze komórki również nie przypomina niczego, co zwykle kojarzy się nam ze słowem „komórka” lub „cela”. Powiększona do skali, w której atomy miałyby rozmiary ziaren fasoli, komórka stanowiłaby kulę o średnicy około pół mili, której kształt nadaje rozbudowany układ dźwigarów zwany cytoszkieletem.

Wewnątrz komórki znajdują się miliony obiektów - niektóre o rozmiarach piłki do koszykówki, inne wielkie jak samochody - które pędzą we wszystkich kierunkach jak pociski. Nie ma tam ani jednego miejsca, w którym nie byłbyś nieustannie - tysiące razy na sekundę - bombardowany ze wszystkich stron. Nawet dla stałych mieszkańców wnętrza komórki stanowi niebezpieczne środowisko. Każda nić DNA jest atakowana (i niekiedy uszkodzana) co około 8,4 sekundy

10 000 razy dziennie - przez różne chemikalia i inne czynniki, które bez przeszkód wpadają na nią lub przelatują na wylot. Wszystkie te uszkodzenia muszą być szybko pozszywane, w przeciwnym razie komórce groziłaby zagłada.

Szczególną aktywność wykazują białka, które wirują pulsują i wpadają na siebie nawzajem nawet do miliarda razy na sekundę<sup>18</sup>. Enzymy, które także są białkami, pędzą na wszystkie strony, wykonując aż tysiąc zadań w ciągu jednej sekundy. Niczym robotnice mrówek, lecz w znacznie szybszym tempie, pracowicie budują i przebudowują cząsteczki, odrywając kawałek od jednej, dodając kawałek do innej. Niektóre monitorują przebiegające w pobliżu białka, zaznaczając chemicznymi markerami te, które są wadliwe lub uszkodzone i nie nadają się do naprawy. Skazane na zagładę białka podążają w kierunku struktur zwanych proteosomami, gdzie są demontowane, a ich elementy mogą być użyte do budowy innych białek. Niektóre typy białek istnieją krócej niż pół godziny, inne żyją wiele tygodni, lecz wszystkie prowadzą wręcz niewiarygodnie szalony tryb życia. Jak pisze de Duve, „molekularny świat z konieczności pozostaje poza możliwościami naszej wyobraźni, na skutek ogromnej prędkości, z jaką wszystko w nim się dzieje”<sup>19</sup>.

Wystarczyłoby jednak zwolnić tempo do prędkości, przy których da się zaobserwować poszczególne oddziaływania, aby wewnątrz komórki przestało wywierać tak groźne wrażenie. Obserwując wewnątrz komórki w odpowiednio zwolnionym tempie, można się przekonać, że składa się ono z milionów

obiektów - lizosomów, endosomów, rybosomów, ligandów, peroksysomów, białek o wszelkich możliwych rozmiarach i kształtach - wpadających na miliony innych obiektów i wykonujących powtarzające się funkcje: pozyskiwanie energii ze składników pokarmowych, budowa struktur, usuwanie odpadów, obronę przed intruzami, wysyłanie i odbieranie wiadomości, wykonywanie napraw. Przeciętna komórka zawiera około 20 000 różnych typów białek, z których około 2000 jest reprezentowane przez co najmniej 50 000 pojedynczych cząsteczek. „Oznacza to - mówił Nuland - że nawet jeżeli uwzględnimy tylko te rodzaje białek, które występują w większej liczbie niż 50 000 cząsteczek jednego typu, w sumie oznacza to co najmniej miliony cząsteczek białek w każdej komórce. I Ta oszałamiająca liczba daje nam pewne wyobrażenie o tym, jak intensywna i rozległa jest biochemiczna aktywność naszych komórek”<sup>20</sup>.

Praca komórek stanowi niezwykle wymagający proces. Twoje serce musi przepompować 343 litry krwi na godzinę, ponad 8000 litrów dziennie, a 3 miliony litrów rocznie - wystarczająco dużo, aby zapełnić cztery olimpijskie baseny pływackie - żeby zapewnić wszystkim komórkom wystarczającą ilość tlenu (i to tylko w spoczynku; gdy zaczniesz ćwiczyć, tempo wzrośnie nawet sześciokrotnie). Tlen jest dostarczany do mitochondriów, które są czymś w rodzaju komórkowych elektrowni. W przeciętnej komórce znajduje się około 1000 mitochondriów, aczkolwiek ich liczba zmienia się w znacznym zakresie, w zależności od funkcji danej komórki oraz jej wymagań co do zużycia energii.

W rozdziale 19 wspomnieliśmy o tym, że mitochondria są uważane przez naukowców za schwyte w niewolę bakterie, które obecnie żyją jako lokatorzy naszych komórek, lecz zachowują własne genetyczne instrukcje, dzielą się według własnego harmonogramu i mówią własnym językiem. Niezależnie od ich pochodzenia oraz niegdysiejszego statusu obecnie wszyscy dosłownie żyjemy na łasce naszych mitochondriów, ponieważ prawie całe spożywane przez nas pożywienie jest po przetworzeniu dostarczane do mitochondriów,

gdzie w obecności tlenu, który wdychamy, zostaje z kolei zamienione na cząsteczki pewnej substancji, zwanej adenozyntri-fosforanem, w skrócie ATP.

Niewielu ludzi w ogóle wie o istnieniu cząsteczek ATP, mimo że dzięki nim wszyscy funkcjonujemy. Są to w zasadzie małe bateryjki, które dostarczają energii wszystkim procesom wewnątrz komórki. W dowolnym momencie przeciętna komórka twojego ciała zawiera około miliarda molekuł ATP<sup>21</sup>. W ciągu dwóch minut wszystkie zostaną rozładowane i następny miliard zajmie ich miejsce. Każdego dnia twój organizm produkuje i zużywa taką ilość cząsteczek ATP, która odpowiada mniej więcej połowie masy całego ciała<sup>22</sup>. Kiedy czujesz ciepło czyjegoś ciała, doznajesz działania jego cząsteczek ATP.

Gdy komórki nie są już potrzebne, giną z godnością. Usuwają wszystkie podpory i wzmocnienia, które utrzymują je w całości, po czym spokojnie trawią pozostałe elementy. Proces zaprogramowanej śmierci komórki jest nazywany apoptozą. Każdego dnia miliardy twoich komórek giną dla ciebie, a miliardy innych sprzątają pozostałe resztki. Komórki niekiedy giną także gwałtowną śmiercią - na przykład wskutek infekcji - lecz najczęściej giną dlatego, że są zaprogramowane, aby umrzeć. Jeżeli w odpowiednim momencie nie dostaną nakazu, aby żyć dalej - pewnego rodzaju aktywnej instrukcji od innej komórki - automatycznie same się zabijają. Komórki wymagają sporo reasekuracji.

Gdy komórka nie ginie w przewidziany sposób, co niekiedy się zdarza, lecz zaczyna się raptownie dzielić i rozmnażać, mamy do czynienia z nowotworem. Komórki nowotworowe to po prostu zdezorientowane komórki. Dzieje się to dość często, lecz organizmy mają rozbudowane mechanizmy przeciwdziałania, dlatego bardzo rzadko proces wymyka się spod kontroli. Średnio rzecz biorąc, jeden śmiertelny przypadek nowotworu przypada na 100 milionów miliardów podziałów komórek<sup>23</sup>. Rak stanowi niefortunny przypadek w każdym znaczeniu tego słowa.

Cudowna natura komórek polega nie tylko na tym, że umieją sobie poradzić, jeżeli od czasu do czasu coś pójdzie nie tak jak trzeba, lecz także na

tym, że komórki potrafią tak sprawnie radzić sobie dosłownie ze wszystkim przez dziesiątki lat. Robią to dzięki nieustannemu wysyłaniu i monitorowaniu licznych strumieni informacji - prawdziwej kakofonii sygnałów - ze wszystkich zakątków ciała: instrukcji, zapytań, poprawek, próśb

o pomoc, uaktualnień, zleceń podziału, nakazów śmierci. Większość tych sygnałów jest przekazywana w postaci posłańców zwanych hormonami, czyli związków chemicznych, takich jak insulina, adrenalina, estrogen

i testosteron, które przenoszą informacje z odległych placówek - tarczycy czy innych gruczołów wydzielania wewnętrznego. Inne sygnały przychodzą telegrafem z mózgu lub z regionalnych ośrodków, za pośrednictwem procesu zwanego sygnalizacją parakrynową. Poza tym komórki komunikują się bezpośrednio z najbliższymi sąsiadami w celu skoordynowania swoich działań.

Prawdopodobnie najbardziej godne podziwu jest to, że wszystkie te działania stanowią jedynie nieskończoną sekwencję elektrochemicznych oddziaływań sterowanych przez elementarne reguły przyciągania i odpychania. Działaniu komórek nie towarzyszy żaden proces myślowy. To wszystko po prostu samo się dzieje, gładko, powtarzalnie i tak niezawodnie, że rzadko jesteśmy choćby świadomi ich funkcjonowania. W jakiś sposób wszystkie te procesy prowadzą nie tylko do porządku wewnątrz pojedynczej komórki, ale i do doskonałej harmonii w całym organizmie. Dzięki mechanizmom, które dopiero zaczęliśmy poznawać, i procesom, które wciąż rozumiemy bardzo ogólnikowo, biliony zwrotnych reakcji chemicznych sumują się, dając mobilną, myślącą, podejmującą świadome decyzje istotę - ciebie - lub, zapewne nieco mniej świadomego, lecz także niewiarygodnie, perfekcyjnie zorganizowanego żuka gnojowego. Warto pamiętać, że każde żywe stworzenie stanowi cud inżynierii molekularnej.

Niektóre organizmy, które skądinąd uważamy za prymitywne, osiągnęły poziom komórkowej organizacji, przy którym my sami wyglądamy jak pierwotniaki. Jeżeli rozdzielisz komórki gąbki (na przykład przesiewając ją

przez sitko), a następnie wsypiesz je do jakiegoś roztworu, wszystkie pojedyncze komórki znajdą drogę na swoje miejsce i utworzą ponownie gąbkę. Możesz to powtarzać wiele razy, a komórki z uporem będą wracać do pierwotnej postaci gąbki, ponieważ podobnie jak ty, ja i każda inna żywa istota kierują się jednym przemożnym impulsem - nieodpartym dążeniem do istnienia.

A wszystko to dzięki dziwnej, zdeterminowanej cząsteczce, którą dopiero niedawno odkryliśmy i wciąż nie do końca ją rozumiemy, która sama w sobie nie jest żywa i która sama na ogół nic nie robi. Nazywamy ją DNA. Aby zrozumieć jej niezwykle znaczenie dla nauki i dla nas samych, musimy się cofnąć o 160 lat, do epoki wiktoriańskiej Anglii, gdy przyrodnikowi Charlesowi Darwinowi objawił się - jak się później okazało - „najlepszy pomysł, jaki komukolwiek przyszedł kiedykolwiek do głowy”<sup>24</sup>, lecz z powodów, które wymagają nieco wyjaśnień, pomysł został zamknięty w szufladzie na piętnaście lat.

## Rozdział 25

### OSOBLIWY POMYSŁ DARWINA

Pod koniec lata lub wczesną jesienią 1859 roku Whitwell Elwin, wydawca poważnego brytyjskiego kwartalnika „Quarterly Review”, otrzymał egzemplarz sygnałny nowej książki, której autorem był przyrodnik Charles Darwin. Elwin przeczytał książkę z uwagą, pochwalił, lecz wyraził obawę, że temat jest zbyt wąski, aby mógł zainteresować liczne grono czytelników. W zamian starał się skłonić Darwina do napisania książki o gołębiach. „Wszyscy interesują się gołębiami”<sup>1</sup>, zauważył w recenzji.

Rozsądna porada Elwina została jednak zignorowana i książkę O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego, czyli o utrzymaniu się doskonalszych ras w walce o byt opublikowano pod koniec listopada 1859 roku. Pierwsze wydanie, w cenie piętnastu szylingów za egzemplarz i nakładzie 1250 sztuk, rozeszło się w ciągu jednego dnia. Od tego czasu książka nie przestała być bestsellerem i zarazem źródłem kontrowersji; nie najgorszy rezultat wydawniczy jak na autora, którego drugim obiektem zainteresowania były dżdżownice i który - - gdyby nie podjęta pod wpływem chwilowego impulsu decyzja o podróży dookoła świata - najprawdopodobniej spędziłby całe życie jako anonimowy wiejski pastor, znany jedynie z... no cóż, zainteresowania dżdżownicami.

Charles Robert Darwin urodził się 12 lutego 1809 roku\* w Shrewsbury, sennym miasteczku targowym w środkowej Anglii. Jego ojciec był lekarzem, a matka, która zmarła, gdy Charles miał zaledwie osiem lat, była córką Josiaha Wedgwooda, znanego producenta porcelany.

Darwin w pełni korzystał z pożytków, jakie dawało dobre pochodzenie, lecz nieustannie martwił swego owdowiałego ojca słabymi postępami w nauce.



„Nic cię nie obchodzi poza strzelaniem, psami i łapaniem szczu-

\* Wyjątkowa data w historii: w tym samym dniu w Kentucky urodził się Abraham Lincoln. rów, wstyd przyniesiesz sobie i całej rodzinie”<sup>2</sup>, ta reprimenda ojca jest cytowana niemal w każdej biografii Darwina. Interesował się głównie historią naturalną, lecz z woli ojca studiował medycynę na uniwersytecie w Edynburgu. Nie znosił widoku krwi i cierpienia, a obserwowanie operacji u przerażonego dziecka - było to oczywiście w czasach, gdy nie znano jeszcze znieczulenia - pozostawiło w nim uraz na całe życie<sup>3</sup>. Przeniósł się na prawo, lecz okazało się nudne nie do wytrzymania. W końcu, w zasadzie nie mając nic więcej do wyboru, zdołał uzyskać dyplom teologii w Cambridge.

Los wiejskiego wikarego wydawał się nieunikniony, gdy ni z tego, ni z owego pojawiła się bardziej kusząca oferta. Darwin został zaproszony do udziału w podróży dookoła świata na statku badawczym HMS „Beagle”, w zasadzie jako gość i towarzysz podróży kapitana Roberta FitzRoya. Ranga gospodarza dopuszczała wybór gościa wyłącznie spośród dżentelmenów. FitzRoy, który bez wątplenia był dziwakiem, wybrał Darwina, częściowo też ze względu na kształt jego nosa (ponieważ sądził, że ten konkretny kształt oznacza mocny charakter\*). Darwin nie był pierwszy na liście kandydatów, lecz otrzymał tę propozycję, gdy jego poprzednik zrezygnował. Z naszej obecnej perspektywy najbardziej uderzającą, wspólną cechą obu dżentelmenów był ich wyjątkowo młody wiek. Gdy „Beagle” wyruszał w rejs, FitzRoy miał 23 lata, a Darwin 22.

Zadanie FitzRoya polegało na badaniu i sporządzaniu map obszarów przybrzeżnych, lecz jego hobby, a właściwie pasję, stanowiło poszukiwanie dowodów dosłownej, biblijnej interpretacji stworzenia. Istotny element decyzji FitzRoya dotyczącej zaproszenia Darwina do wzięcia udziału w podróży stanowiło teologiczne wykształcenie kandydata. Dopiero w trakcie podróży okazało się, że Darwin nie tylko był liberałem, ale zarazem nie był

ortodoksyjnym zwolennikiem chrześcijańskich zasad wiary, co stało się przyczyną nieustannych tarć między nimi.

Czas spędzony na pokładzie „Beagle”, od 1831 do 1836 roku, stanowił niewątpliwie formatywny okres w życiu Darwina. Było to zarazem jedno z najtrudniejszych doświadczeń w jego życiu. Zajmował niewielką kabinę, wspólnie z kapitanem FitzRoyem, który ulegał atakom furii, a po nich na-

\* Autor nieco pobłądził; FitzRoy wybrał Darwina pomimo obaw, iż kształt nosa kandydata wskazuje na brak wytrwałości (przyp. red.). Stępowały długie okresy depresji. Obaj nieustannie się spierali, niekiedy „do granic szaleństwa”, jak wspominał później Darwin. Podróże oceaniczne stanowiły w najlepszym razie długie okresy melancholii - poprzedni kapitan „Beagle” strzelił sobie w głowę w chwili przygnębiającej samotności - a FitzRoy pochodził z rodziny znanej ze skłonności do depresji. Jego wuj, wicehrabia Castlereagh, podciął sobie gardło dziesięć lat wcześniej, gdy pełnił funkcję ministra spraw wewnętrznych (w 1865 roku sam FitzRoy w identyczny sposób popełnił samobójstwo). Nawet w rzadkich momentach pogodniejszego nastroju FitzRoy stanowił nieprzeniknioną zagadkę. Niemal natychmiast po zakończeniu podróży ożenił się z młodą kobietą, z którą był od dawna zaręczony, co dla Darwina stanowiło całkowite zaskoczenie, ponieważ przez pięć lat spędzonych wspólnie na pokładzie „Beagle” kapitan ani razu nie wspomniał o zaręczynach, a nawet nie wymienił imienia swej wybranki<sup>5</sup>.

Pod każdym innym względem podróż na „Beagle” stanowiła dla Darwina sukces. Doświadczenia, przez które przeszedł, wystarczyły mu na całe życie. Zgromadził kolekcję okazów, które zapewniły mu reputację przyrodnika i dały zajęcie na wiele lat. Odkrył wspaniałe stanowisko gigantycznych skamielin, łącznie z najlepiej zachowanym egzemplarzem Megatherium (leniwca ziemnego); przeżył śmiertelnie niebezpieczne trzęsienie ziemi w Chile; odkrył nowy gatunek delfinów (który lojalnie nazwał *Delphinus fitzroyi*); prowadził pracowite i owocne badania geologiczne Andów; sformułował nową teorię

formowania atoli koralowych, która zyskała ogólne uznanie, a jedną z konsekwencji tej teorii była sugestia, że atole nie mogły powstać w czasie krótszym niż milion lat<sup>6</sup> - wtedy po raz pierwszy Darwin dał wyraz swemu przekonaniu, że ziemskie procesy są niezwykle długotrwałe. W 1936 roku, w wieku 27 lat, Darwin powrócił do domu, po pięciu latach i dwóch dniach podróży. Nigdy więcej nie opuścił Anglii.

Jedną z rzeczy, których Darwin nie uczynił w trakcie podróży, było wysunięcie teorii (lub choćby hipotezy) ewolucji. Po pierwsze, idea ewolucji była już wtedy znana od kilkudziesięciu lat. Jego własny dziadek, Erasmus, oddał cześć ewolucyjnym koncepcjom w natchnionym, lecz raczej miernym wierszu *The Temple of Nature*, napisanym wiele lat przed urodzeniem Charlesa. Dopiero po powrocie do Anglii i po przeczytaniu dzieła Thomasa Malthusa *Essay on the Principle of Population* (w którym Malthus wy sunął i matematycznie uzasadniał tezę, że wzrost zapasów pożywienia nie nadąża za wzrostem populacji) w umyśle Darwina zaczęła kiełkować idea, że życie jest nieustanną walką i że dobór naturalny decyduje o tym, że niektóre gatunki prosperują, a inne giną<sup>7</sup>. W szczególności Darwin zauważył, że organizmy konkurują o zasoby i że te z nich, które mają jakąś wrodzoną przewagę, prosperują lepiej i przekazują tę przewagę swemu potomstwu. W ten sposób gatunki nieustannie ewoluują.

Wydaje się, że to niezwykle prosta idea - bo to jest niezwykle prosta idea - lecz wyjaśnia ona bardzo wiele i Darwin był gotów poświęcić jej całe życie. „Jakże głupio z mojej strony, że na to nie wpadłem”<sup>8</sup>, wykrzyknął T.H. Huxley po przeczytaniu *O powstawaniu gatunków*. Pogląd Huxleya nie był odosobniony.

Darwin nie użył sformułowania „przetrwanie najlepiej dostosowanych” w żadnej ze swoich prac (aczkolwiek wyrażał swój podziw dla tego określenia). Zostało ono po raz pierwszy użyte pięć lat po publikacji *O powstawaniu gatunków*, w 1864 roku przez Herberta Spencera w książce *Principles of*

Biology. Słowo „ewolucja” pojawiło się dopiero w szóstym wydaniu O powstawaniu gatunków (w tym czasie było już tak powszechnie znane, że autor nie mógł się oprzeć), zastępując w końcu wcześniejsze sformułowanie „dziedziczenie z modyfikacją”. Konkluzje Darwina nie były w żaden sposób inspirowane przez jego własne odkrycie - dokonane podczas pobytu na wyspach Galapagos - interesującej różnorodności dziobów zięb. Według konwencjonalnej wersji tej historii (w każdym razie większość z nas w takiej wersji ją pamięta), Darwin - podróżując od wyspy do wyspy - zwrócił uwagę, że dzioby są doskonale przystosowane do eksploatacji lokalnych zasobów. Na jednej wyspie dzioby były krótkie i mocne, dostosowane do łupania orzechów, na innej - długie i cienkie, przydatne do wyciągania pożywienia ze szczelin. Te spostrzeżenia naprowadziły Darwina na myśl, że być może zięby nie zostały stworzone z takimi dziobami, lecz w jakimś sensie same sobie je stworzyły.

W rzeczywistości zięby stworzyły same siebie, lecz to nie Darwin dokonał tego spostrzeżenia. Darwin ukończył studia na krótko przed podróżą na „Beagle”, w trakcie żeglugi nie był jeszcze doświadczonym przyrodnikiem i nie zauważył, że ptaki z Galapagos należały do tego samego typu. Odkrycia tego dokonał jego przyjaciel, ornitolog John Gould, który spostrzegł, że Darwin znalazł w istocie mnóstwo dziobów o rozmaitych przystosowaniach<sup>9</sup>. Niestety, Darwin nie zanotował, które ptaki pochodziły z której wyspy (podobną pomyłkę popełnił z żółwiami). Rozstrzygnięcie tych wszystkich wątpliwości zajęło całe lata.

Ze względu na te i inne przeoczenia, a także konieczność uporządkowania wielu skrzyń z okazami przywiezionymi na „Beagle”, dopiero w 1842 roku, pięć lat po powrocie do Anglii, Darwin zaczął formułować podstawy swojej nowej teorii. Dwa lata później miał gotowy 230-stronicowy „szkie”, po czym zrobił coś wyjątkowo dziwnego: schował notatki do szuflady i przez następne piętnaście lat zajmował się czymś zupełnie innym<sup>10</sup>. Spłodził dziesięcioro dzieci, poświęcił prawie osiem lat na napisanie wyczerpującego dzieła o bemiklach

(„Nienawidzę bernikli jak nikt inny”<sup>11</sup>, stwierdził po ukończeniu pracy) i uległ tajemniczej chorobie, w wyniku której odczuwał chroniczną apatię, osłabienie oraz powracające skłonności do zachowań neurotycznych. Wśród objawów niemal zawsze występowały nudności, palpacje, bóle głowy, wyczerpanie, drżenie, plamy przed oczami, przyspieszony oddech, zawroty głowy i - co raczej zrozumiałe §M| depresje.

Przyczyny choroby nigdy nie ustalono. Najbardziej romantyczną i zarazem dość prawdopodobną z wielu sugerowanych możliwości jest choroba Chagasa, przewlekła choroba tropikalna, której Darwin mógł się nabawić na skutek zetknięcia z pluskwiakiem *Benchuga* w Ameryce Południowej. Według bardziej prozaicznego wyjaśnienia podłoże choroby było psychosomatyczne. Tak czy inaczej, stan zdrowia Darwina był rzeczywiście kiepski. Niekiedy nie mógł pracować dłużej niż dwadzieścia minut, a czasem nie był w stanie w ogóle nic robić.

Większość czasu poza pracą naukową poświęcał na coraz bardziej desperackie terapie medyczne - kąpiele lodowe, okłady z octu, owijanie w „elektryczne łańcuchy”, aplikujące pacjentowi niewielkie impulsy prądu. Stopniowo stał się swego rodzaju pustelnikiem, bardzo rzadko opuszczając Down House, swój dom w wiosce Down, w hrabstwie Kent. Jedną z pierwszych rzeczy, jakie zainstalował po przeniesieniu się do nowego domu, było lustro za oknem gabinetu, dzięki któremu mógł identyfikować - i w razie potrzeby unikać - nieproszonych gości.

Darwin nie ujawniał swojej teorii, ponieważ doskonale zdawał sobie sprawę z burzy, jaką wywołałoby jej rozpowszechnienie. W 1844 roku, w tym samym czasie, gdy zamknął w szufladzie swoje notatki, ukazała się książka *Vestiges of the Natural History of Creation*, która wywołała furję u większości czytelników, ponieważ sugerowała, że ludzie wyewoluowali od innych naczelników bez pomocy boskiego stwórcy. Przewidując taką reakcję, jej autor przedsięwziął liczne kroki, aby starannie ukryć swoją tożsamość. Nie ujawnił jej

przez czterdzieści lat nawet swym najbliższym przyjaciołom. Niektórzy sądzą, że jest nim sam Darwin<sup>12</sup>. Inni podejrzewali księcia Alberta. W rzeczywistości autorem był znany, lecz skromny szkocki wydawca, Robert Chambers, którego ostrożność była podyktowana zarówno praktycznymi, jak i prywatnymi względami: jego firma była jednym z głównych wydawców Biblii\*. Publikacja Vestiges została gorąco potępiona z ambon w całej Wielkiej Brytanii. Spotkała się także z gniewną reakcją środowiska naukowego. „Edinburgh Review” przeznaczył prawie cały jeden numer - 85 stron - na miażdżącą krytykę Vestiges. Nawet T.H. Huxley, zwolennik ewolucji, zaatakował z zacietrzewieniem książkę Chambersa, nie wiedząc, że autorem jest przyjaciel.

Rękopis Darwina zapewne pozostałby w szufladzie aż do jego śmierci, gdyby wczesnym latem 1858 roku nie nastąpił nagły zwrot w rozwoju wydarzeń za sprawą paczki zawierającej przyjazny w tonie list od młodego przyrodnika, Alfreda Russela Wallace’a, oraz rękopisu artykułu zatytułowanego On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely from the Original Type, opisującego teorię doboru naturalnego niesamowicie podobną do nieujawnionej, tajemnej wersji Darwina. Nawet niektóre sformułowania Wallace’a łudzaco przypominały tekst Darwina. „Nigdy nie widziałem bardziej uderzającej koincydencji - skonstatował zaskoczony Darwin. - Gdyby Wallace miał mój szkic z 1842 roku, nie mógłby napisać wierniejszego abstraktu”<sup>13</sup>.

Wallace nie pojawił się w życiu Darwina całkiem nieoczekiwanie, jak niekiedy się sugeruje. Od dłuższego czasu korespondowali ze sobą, a Wallace niejednemu raz przysyłał Darwinowi okazy, o których sądził, że mogą być interesujące. W trakcie wymiany listów Darwin dyskretnie ostrzegł Wallace’a, że uważa kwestię powstawania gatunków za swoje wyłączne terytorium. „Niedługo minie dwadzieścia lat (!) od dnia, gdy zacząłem moje pierwsze notatki na temat, jak i w jaki sposób gatunki i odmiany różnią się od siebie nawzajem - napisał w jednym z wcześniejszych listów do

\* Darwin był jedną z nielicznych osób, które odgadły prawidłowo. Tak

się złożyło, że odwiedził Chambersa w tym samym dniu, w którym nadszedł sygnałny egzemplarz szóstego wydania *Vestiges*. Gorliwość, z jaką Chambers sprawdzał poprawki, upewniła Darwina w jego podejrzaniach, aczkolwiek wydaje się, że nie poruszył tej kwestii w rozmowie z Chambersem.

Wallace'a. - Obecnie przygotowuję moją pracę do publikacji", dodał, mimo że w rzeczywistości wcale nie zaczął tych przygotowań<sup>14</sup>.

Wallace nie domyślił się, co Darwin próbował mu powiedzieć, a tym bardziej nie mógł wiedzieć, że jego własna teoria była niemal identyczna z wersją, którą Darwin rozwijał od prawie dwudziestu lat.

Darwin znalazł się w nie lada kłopotcie. Gdyby szybko wysłał swój rękopis do publikacji, aby zachować pierwszeństwo, wykorzystałby niewinną wskazówkę nieświadomego wielbiciela. Gdyby usunął się w cień, co zapewne byłoby najlepszym rozwiązaniem z punktu widzenia dżentelmeńskiego kodeksu postępowania, straciłby prawo autorstwa teorii, którą niezależnie sformułował. Teoria Wallace'a, co on sam przyznawał, stanowiła rezultat nagłego przeblysku intuicji; wersja Darwina to produkt wielu lat wnikliwych rozmyślań oraz metodycznej, ciężkiej pracy. To byłaby jawna, miażdżąca niesprawiedliwość.

Przykrą sytuację dodatkowo potęgował fakt, że najmłodszy syn Darwina, także o imieniu Charles, zachorował na szkarlatynę i znajdował się w krytycznym stanie. Mimo choroby syna Darwin znalazł czas na napisanie listów do przyjaciół, Charlesa Lyella i Josepha Hookera, w których zadeklarował gotowość ustąpienia, lecz zarazem zwracał uwagę, że cała jego praca, „cokolwiek jest warta, zostanie unicestwiona”<sup>15</sup>. Syn Darwina zmarł w kluczowym momencie kryzysu, 28 czerwca. W tym czasie Lyell i Hooker znaleźli kompromisowe rozwiązanie, w ramach którego idee Darwina i Wallace'a miały zostać zaprezentowane łącznie. Jako forum wybrali posiedzenie Linnaean Society, które w owym czasie przechodziło kryzys i walczyło

o przywrócenie statusu poważnej instytucji naukowej. Teoria Darwina

1 Wallace'a została zaprezentowana światu 1 lipca 1858 roku. Sam

Darwin nie był obecny. W dniu posiedzenia odbył się pogrzeb jego syna.

Referat Darwina i Wallace'a był jednym z siedmiu prezentowanych tego wieczoru - tematem jednego z pozostałych była fauna Angoli. Jeżeli którykolwiek spośród około 30 słuchaczy miał świadomość, że jest świadkiem naukowego przełomu stulecia, nie okazał tego w żaden sposób. Nie było żadnej dyskusji. Wykład nie wywołał także prawie żadnej reakcji zewnętrznej. Darwin pogodnie odnotował później, że tylko jedna osoba, niejaki profesor Haughton z Dublina, zamieścił w druku wzmiankę na temat obu referatów, a w konkluzji stwierdził, że „wszystko, co w nich nowe, było błędne, a to, co było prawdą, było stare”<sup>16</sup>.

Wallace, nadal przebywający na Dalekim Wschodzie, dowiedział się o tych manewrach znacznie później. Zareagował zadziwiająco spokojnie i wydawał się zadowolony, że jego wkład został w ogóle uwzględniony. W późniejszych latach zawsze stosował w odniesieniu do nowej teorii określenie „darwinizm”.

Znacznie mniej skłonny do uznania priorytetu Darwina był szkocki ogrodnik, Patrick Matthew, który również ogłosił zasady doboru naturalnego<sup>17</sup>. Co ciekawe, opublikował je ponad dwadzieścia lat wcześniej, w tym samym roku, w którym Darwin wyruszył w podróż statkiem „Beagle”. Niestety, Matthew zamieścił swoje przemyślenia w książce zatytułowanej *Naval Timber and Arboriculture* [Drewno do budowy statków i uprawa drzew], której publikację przeoczył nie tylko Darwin, ale właściwie cały świat. Gdy Matthew zorientował się, że jego odkrycie zostało powszechnie przypisane Darwinowi, energicznie zaprotestował w liście do wydawnictwa „Gardener's Chronicle”. Darwin bez wahania przeprosił, zwracając jednak uwagę: „Sądzę, że nikt nie będzie zaskoczony faktem, że ani ja, ani żaden inny przyrodnik nie słyszał o poglądach pana Matthew, wzięwszy pod uwagę, jak zwięzłe są one podane, jak również to, że zostały opublikowane w dodatku do pracy na temat drewna do budowy statków oraz uprawy drzew”.



Wallace jeszcze przez pięćdziesiąt lat kontynuował karierę jako przyrodnik i myśliciel, niekiedy z bardzo dobrymi rezultatami, lecz stopniowo oddalał się od czysto naukowego nurtu, podejmując takie tematy, jak spirytualizm lub możliwość istnienia życia gdzie indziej we wszechświecie. W rezultacie teoria ewolucji stała się, w jakimś sensie automatycznie, wyłączną własnością Darwina.

Idee Darwina nigdy nie przestały być dla niego samego źródłem osobistej udręki. Sam siebie określał mianem „kapelana diabła”<sup>18</sup> i mawiał, że ogłoszenie swej teorii przeżył jak „przyznanie się do morderstwa”<sup>19</sup>. Niezależnie od wszystkich innych implikacji zdawał sobie sprawę, jak głęboko zranił uczucia swej ukochanej, bardzo pobożnej żony. Mimo to natychmiast zabrał się do pracy nad rękopisem, rozszerzając go do rozmiarów książki. Zatytułował ją wstępnie *An Abstract of an Essay on the Origin of Species and Varieties through Natural Selection*. Tytuł był tak mdły i prowizoryczny, że jego wydawca, John Murray, zdecydował się wydrukować tylko 500 egzemplarzy. Gdy w końcu otrzymał rękopis, wraz z nieco bardziej atrakcyjnym tytułem, zmienił zdanie i zwiększył liczbę egzemplarzy do 1250 sztuk.

Publikacja *O powstawaniu gatunków* stała się natychmiastowym sukcesem komercyjnym, lecz sukces naukowy odniosła w znacznie dłuższej skali czasowej. Teoria Darwina od samego początku natrafiła na dwie niemożliwe do pokonania trudności. Potrzebowała znacznie więcej czasu, niż lord Kelvin był skłonny dopuścić, i miała bardzo nikłe oparcie w danych wykopaliskowych. Rozsądnie myślący krytycy pytali, gdzie są te formy przejściowe, do których teoria Darwina tak wyraźnie się odwołuje. Skoro nowe gatunki nieustannie ewoluowały, to w danych wykopaliskowych powinno być mnóstwo pośrednich form, a tymczasem nie było żadnych\*. W rzeczywistości dane wykopaliskowe, które były wówczas (i jeszcze długo później) dostępne, nie zawierały żadnych śladów życia aż do momentu słynnej eksplozji kambryjskiej.

I oto Darwin, bez żadnych dowodów, upiera się, że dawne morza musiały być pełne życia, my zaś nie znaleźliśmy żadnych śladów, ponieważ z jakichś powodów ślady nie zostały zachowane. Darwin twierdził, że po prostu nie mogło być inaczej. „Stan obecny musi pozostać niewyjaśniony; i może być w istocie użyty jako słuszny argument przeciwko prezentowanym tutaj poglądom”<sup>20</sup>, przyznał szczerze, acz odrzucił alternatywną możliwość. W formie wyjaśnienia fm pomysłowego, lecz błędnego - wysunął hipotezę, że prekambryjskie morza były zbyt czyste, aby zgromadzić osady wystarczające do zachowania skamielin<sup>21</sup>.

Nawet najbliżsi przyjaciele Darwina byli zakłopotani niefrasobliwością niektórych jego twierdzeń. Adam Sedgwick, który uczył Darwina w Cambridge i w 1831 roku zabrał go na geologiczną wyprawę po Walii, stwierdził, że książka przysporzyła mu „więcej bólu niż przyjemności”. Louis Agassiz, słynny szwajcarski paleontolog, odrzucił ją jako zbiór kiepskich domysłów. Nawet Lyell stwierdził posępnie, że „Darwin poszedł za daleko”<sup>22</sup>.

T.H. Huxley krytykował upór Darwina w kwestii długości czasu geologicznego, ponieważ był saltacjonistą, czyli zwolennikiem poglądu, że zmiany ewolucyjne zachodzą nie stopniowo, lecz gwałtownie<sup>23</sup>. Saltacjoniści (określenie to pochodzi od łacińskiego słowa salto oznaczającego „skok”) kwestionowali możliwość, że skomplikowane organy mogły kie

\* Tak się złożyło, że w 1861 roku, w szczytowym momencie debaty, pojawiła się dokładnie taka forma przejściowa, gdy robotnicy w Bawarii znaleźli kości archaicznego archeopteryksa, stworzenia pośredniego między ptakiem i dinozaurem (miał pióra, lecz miał też zęby). Było to odkrycie godne uwagi i stanowiło temat ożywionej debaty, jednak pojedyncze odkrycie nie mogło być uznane za decydujący dowód.

402 dykolwiek powstawać powoli i stopniowo. W końcu jaki byłby pożytek z kawałka skrzydła lub połowy oka? Ich zdaniem takie narządy miały sens tylko wtedy, gdy pojawiały się od razu w gotowym stanie.

U tak radykalnego osobnika jak Huxley było to nieco zaskakujące przekonanie, ponieważ jest ono związane z bardzo konserwatywnym, religijnym argumentem wysuniętym po raz pierwszy w 1802 roku przez angielskiego teologa, Williama Paleya, obecnie znanym jako hipoteza inteligentnego projektu. Paley dowodził, że gdyby ktoś znalazł na ziemi zegarek, to nawet gdyby nigdy wcześniej nie widział takiego przedmiotu, natychmiast doszedłby do wniosku, że został on wykonany przez inteligentną istotę. Podobnie, zdaniem Paleya, rzeczy mają się z naturą: jej złożoność dowodzi, że została zaprojektowana. W dziewiętnastym wieku był to potężny argument i także dla Darwina kwestia ta stanowiła poważny problem. „Na myśl o oku nawet dziś mam dreszcze”<sup>24</sup> - przyznał w liście do przyjaciela. W pracy O powstawaniu gatunków stwierdził, iż „wydaje się, co przyznaję bez przymusu, absurdem w najwyższym stopniu”<sup>25</sup>, że dobór naturalny mógłby wyprodukować taki narząd stopniowo, w kilku etapach.

Mimo to, ku nieustannej irytacji swoich zwolenników, Darwin nie tylko upierał się, że wszystkie zmiany były stopniowe, ale niemal w każdym kolejnym wydaniu O powstawaniu gatunków zwiększał ilość czasu, który uważał za niezbędny, aby ewolucja mogła działać. W rezultacie jego idee coraz bardziej traciły na popularności. „W końcu - według historyka nauki, Jeffreya Schwartza - Darwin niemal całkowicie stracił poparcie wśród ekspertów od historii naturalnej oraz wśród geologów”<sup>26</sup>.

Paradoksalnie, jedyną rzeczą, której książka zatytułowana O powstawaniu gatunków nie potrafiła wyjaśnić, było pochodzenie gatunków. Teoria Darwina sugerowała istnienie mechanizmu, dzięki któremu gatunki mogły stawać się silniejsze, lepsze lub szybsze - krótko mówiąc, lepiej przystosowane - lecz nie wskazywała, w jaki sposób mógłby powstać całkiem nowy gatunek. Szkocki inżynier, Fleeming Jenkin, znalazł istotną lukę w argumentacji Darwina. Darwin sądził, że korzystna cecha, która pojawi się w pewnym pokoleniu, zostanie przekazana kolejnym pokoleniom, dzięki czemu dany gatunek się wzmocni.

Jenkin zwrócił uwagę, że korzystna cecha u jednego z rodziców nie będzie dominująca u kolejnych pokoleń, lecz w istocie zostanie osłabiona na skutek mieszania. Jeżeli dolejesz whisky do kubka z wodą, whisky nie będzie mocniejsza, tylko słabsza. Jeżeli następnie wlejesz tę rozcieńczoną whisky do kolejnej szklanki

403 z wodą, stanie się jeszcze słabsza. Na tej samej zasadzie jakakolwiek korzystna cecha, posiadana przez jednego z rodziców, będzie stopniowo osłabiana przez kolejne związki, aż w końcu całkowicie przestanie być widoczna. W ten sposób teoria Darwina stałaby się receptą nie na zmienność, ale na stałość. Sprzyjające przypadki mogą się od czasu do czasu zdarzać, lecz wszystkie szybko zanikną na skutek ogólnej tendencji do stabilnej miernoty. Jeżeli dobór naturalny ma działać, musi istnieć jakiś alternatywny, dotychczas nieznanym mechanizm.

Rozwiązanie znalazł skromny, nieznanym Darwinowi ani nikomu innemu mnich z klasztoru w odległym o 1200 kilometrów zakątku Europy Środkowej, Gregor Mendel.

Mendel urodził się w 1822 roku w ubogiej chłopskiej rodzinie, jako poddany cesarza Austro-Węgier, na terenie obecnej Republiki Czeskiej. Szkolne podręczniki przedstawiały go zwykle jako prostego, prowincjonalnego mnicha, którego odkrycia były w zasadzie przypadkowe - polegały na zaobserwowaniu pewnych interesujących wzorców dziedziczenia cech grochu hodowanego w przyklasztornym ogródku. W rzeczywistości Mendel był naukowcem z formalnym wykształceniem - studiował fizykę i matematykę w Philosophischen Institut Olmiitz oraz na Uniwersytecie Wiedeńskim<sup>^</sup> i wnosił naukową dyscyplinę do wszystkiego, co robił. Co więcej, klasztor w Brnie, gdzie mieszkał od 1843 roku, był znany jako instytucja naukowa. Szczycił się biblioteką zawierającą 20 000 książek oraz tradycją badań naukowych<sup>27</sup>.

Przed rozpoczęciem swych eksperymentów Mendel dwa lata przygotowywał egzemplarze kontrolne - siedem odmian grochu - aby mieć

pewność, że uzyskał czyste Unie. Następnie, wspomagany przez dwóch pełnoetatowych asystentów, wielokrotnie rozmnażał egzemplarze z czystej linii oraz krzyżował 30 000 okazów grochu. Była to praca wymagająca od wszystkich trzech wykonawców ogromnej uwagi, aby uniknąć niekontrolowanych przypadków krzyżowania. Powodzenie badań zależało także od starannego notowania wzrostu oraz wyglądu nasion, strąków, liści, łodyg i kwiatów. Mendel doskonale wiedział, co robi.

Nigdy nie użył słowa „gen” - po raz pierwszy pojawiło się ono w 1913 roku w angielskim słowniku medycznym - lecz to on stworzył określenia „dominujący” i „recesywny”. W wyniku swoich badań Mendel stwierdził, że każde ziarno zawiera dwa „czynniki”, nazywał je Elemente - jeden dominujący i jeden recesywny - których wspólne działanie produkowało przewidywalne wzorce dziedziczenia.

Rezultaty swoich ośmioletnich doświadczeń, potwierdzonych także w podobnych eksperymentach na kwiatach, kukurydzy oraz innych roślinach, Mendel przedstawił w formie precyzyjnych wzorów matematycznych. Sposób prezentacji był raczej za bardzo, a nie za mało naukowy, ponieważ jego referaty na posiedzeniach Towarzystwa Historii Naturalnej w Brnie w lutym oraz marcu 1865 roku spotkały się z uprzejmym brakiem reakcji czterdziestoosobowego audytorium, mimo że hodowla roślin stanowiła kwestię o poważnym praktycznym znaczeniu dla wielu członków stowarzyszenia.

Gdy raport z jego badań został opublikowany, Mendel natychmiast wysłał jeden egzemplarz wielkiemu szwajcarskiemu botanikowi Karlowi Wilhelmowi von Nagelemu, którego poparcie było w zasadzie niezbędne dla uznania teorii. Niestety, Nagele nie docenił wagi odkrycia Mendla. Zasugerował mu, aby spróbował hodować roślinę zwaną jastrzębcem. Mendel posłusznie zabrał się do pracy, lecz szybko się zorientował, że jastrzębiec nie posiada cech niezbędnych do badania dziedziczości. Ewidentnie Nagele nie przeczytał raportu zbyt uważnie, a może nawet w ogóle. Zawiedziony Mendel porzucił studiowanie

dziedziczenia i resztę życia spędził na hodowaniu znakomitych warzyw, studiowaniu pszczoł, myszy, plam słonecznych oraz wielu innych zagadnień. W 1868 roku został opatem.

Badania Mendla nie zostały tak powszechnie zignorowane, jak niekiedy się sądzi. Jego raport został obszernie omówiony w Encyclopaedia Britannica - w owych czasach było to forum naukowych odkryć liczące się bardziej niż obecnie - a także był wielokrotnie cytowany w ważnej publikacji niemieckiego botanika Wilhelma Olbersa Fockego. Idee Mendla nigdy nie zostały całkowicie zapomniane, dzięki czemu zostały bez trudu przypomniane, gdy świat był już gotowy na ich przyjęcie.

Darwin i Mendel wspólnie - aczkolwiek nie zdawali sobie z tego sprawy - położyli podwaliny pod wszystkie nauki biologiczne dwudziestego wieku. Darwin dostrzegł, że wszelkie żywe istoty są powiązane ze sobą i ostatecznie „pochodzą od jednego, wspólnego źródła”; prace Mendla ujawniły mechanizm, dzięki któremu było to możliwe. Współpraca między Darwinem i Mendlem była wprawdzie możliwa, lecz nigdy do niej nie doszło. Mendel posiadał niemieckie wydanie O powstawaniu gatunków i wiadomo, że je przeczytał, musiał więc zdawać sobie sprawę ze związku między swoimi badaniami i teorią Darwina, ale nic nie wskazuje na to, aby próbował nawiązać kontakt. Z kolei o Darwinie wiadomo, że studiował wpływową publikację Fockego, w której istnieją odwołania do pracy Mendla, lecz nie powiązał ich z własnymi badaniami<sup>28</sup>.

Jedną z rzeczy, o których wszyscy sądzą, że występuje w argumentach Darwina, stanowi kwestia pochodzenia ludzi od małp. W rzeczywistości w książce O powstawaniu gatunków nie ma o tym mowy, z wyjątkiem jednej marginesowej aluzji. Dostrzeżenie w teorii Darwina implikacji dotyczących pochodzenia człowieka nie wymagało jednak wielkiej wyobraźni i kwestia ta niemal natychmiast stała się przedmiotem publicznej debaty.

Odsłonięcie kurtyny nastąpiło w sobotę 30 czerwca 1860 roku, na posiedzeniu British Association for the Advancement of Science w Oksfordzie.

Robert Chambers, autor książki *Vestiges of the Natural History of Creation*, nakłonił do udziału w niej Huxleya<sup>29</sup>, który zresztą wciąż nie wiedział, że Chambers jest autorem owego kontrowersyjnego dzieła. Darwin był jak zwykle nieobecny. Posiedzenie odbyło się w Oxford Zoological Museum, gdzie zgromadziło się ponad 1000 osób, a setki innych nie dostały się do środka. Wszyscy zdawali sobie sprawę, że zdarzy się coś poważnego, aczkolwiek musieli przetrwać nudnawy, dwugodzinny wstęp Johna Williama Drapera z New York University zatytułowany *The Intellectual Development of Europe Considered with Reference to the Views of Mr Darwin*<sup>30</sup>.

W końcu do głosu doszedł Samuel Wilberforce, biskup Oksfordu. Wilberforce został wprowadzony w temat (w każdym razie tak się zwykle sądzi) przez zawziętego antydarwinistę, Richarda Owena, który uprzedniego wieczoru był gościem w jego domu. Jak zwykle w sytuacjach, które kończą się zamieszaniem, zeznania świadków różnią się znacznie. Według najbardziej popularnej wersji Wilberforce'a poniosła krasomówcza swada. W trakcie swej tyrady zwrócił się do Huxleya z drwiącym uśmiechem i zapytał, czy ten ostami wywodzi się od małpy ze strony babki czy dziadka. W zamierzeniu był to niewątpliwie żart, lecz przerodził się w wyzwanie. Według relacji samego Huxleya zwrócił się on do swego sąsiada, szepnął: „Bóg oddał go w moje ręce”, po czym podniósł się skwapliwie, aby zareplikować.

Inni świadkowie wspominają że Huxley trząsł się z furii i oburzenia. Tak czy inaczej, odpowiedział, że wolałby raczej pokrewieństwo z małpą niż z ignorantem, który wykorzystuje swoją pozycję, aby paplać, zamiast skupić się na tym, co miało stanowić temat poważnego naukowego forum. Taka riposta była skandaliczną impertynencją a także obrazą urzędu Wilberforce'a. Posiedzenie natychmiast zamieniło się w tumult. Lady Brewster zemdląła. Robert FitzRoy, towarzysz Darwina w czasie podróży na „Beagle” sprzed dwudziestu pięciu lat, przemierzał hol z Biblią uniesioną w górę, krzycząc: „Księga, Księga!” (przybył na konferencję w celu wygłoszenia wykładu na

temat sztormów, jako szef nowo utworzonego Wydziału Meteorologicznego). Po fakcie obie strony rościły sobie prawo do zwycięstwa i przypisywały sobie rozgromienie przeciwnika.

Darwin w końcu ujawnił swoje przekonania co do naszego pokrewieństwa z małpami, gdy w 1871 roku opublikował O pochodzeniu człowieka. Konkluzja była odważna, ponieważ nie potwierdzały jej żadne dane wykopaliskowe. Jedynymi znanymi wówczas szczątkami wczesnych ludzi były słynne kości neandertalczyków odkryte w Niemczech, oraz kilka niepewnych fragmentów kości szczękowych. Wiele ówczesnych autorytetów kwestionowało ich archaiczne pochodzenie. Książka O pochodzeniu człowieka stanowiła znacznie bardziej kontrowersyjną pozycję niż O powstawaniu gatunków, lecz do czasu jej opublikowania świat stał się nieco bardziej odporny na kontrowersyjne hipotezy, więc argumenty Darwina wywołały znacznie mniej zamieszania.

Pod koniec swego życia Darwin dużo więcej uwagi i czasu poświęcał innym zagadnieniom, które tylko marginalnie wiązały się z zagadnieniami dobom naturalnego. Zaskakująco wiele czasu spędził na oględzinach ptasich odchodów, badając ich zawartość pod kątem rozprzestrzeniania się nasion między kontynentami. Przez wiele lat studiował zachowanie dżdżownic. W jednym z eksperymentów grał im na pianinie - nie dla rozrywki (dżdżownic), lecz w celu zbadania wpływu dźwięku i wibracji<sup>31</sup>. Darwin był pierwszym badaczem, który zdał sobie sprawę, jak ważne są dżdżownice w zapewnieniu urodzajności ziemi. „Można powątpiewać, czy istnieje wiele innych zwierząt, które odegrały tak istotną rolę w historii świata”, napisał w doskonałej pracy na ten temat, zatytułowanej *The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms*. Książka została wydana w 1881 roku i pod względem popularności przewyższyła O powstawaniu gatunków. Wśród pozostałych książek Darwina były także: *On the Various Contrivances by which British and Foreign Orchids Are Fertilised by In-secls*, wydana w 1862 roku, O wyrazie uczuć u człowieka i zwierząt, wydana w 1872 roku (w pierwszym dniu



sprzedano prawie 5300 egzemplarzy), Skutki krzyżowania i samozapłodnienia w świecie roślin, wydana w 1876 roku - jej temat był nieprawdopodobnie bliski pracom Mendla, lecz Darwin nie wyciągnął aż tak daleko idących wniosków jak czeski zakonnik, oraz *The Power of Movement in Plants*. Wiele czasu poświęcił badaniom konsekwencji chowu wsobnego, który interesował go z czysto prywatnych powodów. Ożeniwszy się z własną kuzynką, Darwin podejrzewał, że pewne fizyczne i psychiczne ułomności wśród jego dzieci wynikają z braku różnorodności w genealogicznym drzewie jego rodziny<sup>32</sup>.

Darwin był często za życia nagradzany, lecz nigdy za książki *O powstawaniu gatunków* lub *O pochodzeniu człowieka*<sup>33</sup>. Royal Society przyznało mu medal Copleya za osiągnięcia w dziedzinie geologii, zoologii oraz botaniki, a nie za teorie ewolucyjne. Linnaean Society również uhonorowało go bez odwoływania się do jego radykalnych poglądów. W odróżnieniu od Newtona Darwin nigdy nie otrzymał tytułu szlacheckiego. Został jednak pochowany w Opactwie Westminsterskim, tuż obok Newtona. Zmarł w Down House w kwietniu 1882 roku. Dwa lata później zmarł Gregor Mendel.

Teoria Darwina nie została powszechnie zaakceptowana aż do lat trzydziestych lub nawet czterdziestych dwudziestego wieku<sup>34</sup>, gdy pojawiła się jej współczesna wersja, neodarwinizm, w języku angielskim zwany nieco górnolotnie *Modern Synthesis*, łączący idee Darwina, Mendla i innych. Uznanie dla prac Mendla także nastąpiło po śmierci ich autora, choć nieco wcześniej niż w przypadku Darwina. W 1900 roku trzech europejscy uczeni powtórzyli, niezależnie od siebie i mniej więcej równocześnie, odkrycia Mendla. Jeden z nich, Holender o nazwisku Hugo de Vries, robił wrażenie, jakby chciał odkrycia Mendla przypisać sobie, lecz został przywołany do porządku przez drugiego, który głośno i dobitnie przypomniał, że wszystkie zasługi należą w rzeczywistości do zapomnianego mnicha<sup>35</sup>.

Świat był bliski, aby zrozumieć, jak się tu znaleźliśmy - w jaki sposób jedne istoty powstają z innych. To zdumiewające, gdy sobie uświadomimy, że

jeszcze na początku dwudziestego wieku, a nawet jakiś czas potem, najtęższe naukowe umysły nie były w stanie sensownie nam wytłumaczyć, skąd się biorą dzieci.

A byli to, jak z pewnością pamiętasz, ludzie, którzy uważali, że koniec nauki jest bliski.

## Rozdział 26

### MATERIA ŻYCIA

Gdyby twoi rodzice nie połączyli się w ściśle określonym momencie - z dokładnością do sekundy, a może nawet nanosekundy - nie byłoby cię tutaj. A gdyby ich rodzice nie połączyli się w ściśle określonym momencie, również by cię nie było. A gdyby z kolei ich rodzice się nie połączyli... i tak dalej, i tak dalej, w nieskończoność, nie byłoby cię tutaj.

Gdy w ten sposób posuwasz się wstecz w czasie, ta zależność od przodków zaczyna się kumulować. Cofnij się zaledwie o osiem pokoleń, do czasów, gdy narodzili się Charles Darwin i Abraham Lincoln, a twoje istnienie zależy od ponad 250 osób i odpowiednich związków między nimi. Idź dalej wstecz, do czasów Szekspira i pielgrzymów z „May flower”, a doliczysz się nie mniej niż 16 384 przodków, sumiennie wymieniających materiał genetyczny i tworzących łańcuch, który w końcu doprowadzi do ciebie.

Przy dwudziestu pokoleniach liczba ludzi dokonujących prokreacji na twój użytek wynosi już 1 048 576. Jeszcze pięć pokoleń wstecz i mamy nie mniej niż 33 554 432 mężczyzn i kobiet, których oddane związki uwarunkowały twoje istnienie. Przy trzydziestu pokoleniach całkowita liczba twoich przodków - pamiętaj, to nie są kuzyni, ciotki czy inni przypadkowi krewni, lecz wyłącznie rodzice, rodzice rodziców i tak dalej, w linii wiodącej wprost do ciebie - wynosi ponad miliard (a dokładnie 1 073 741 824). Jeżeli cofniemy się o 64 pokolenia, do czasów imperium rzymskiego, liczba ludzi, których wspólne wysiłki dały światu twoją skromną osobę, wzrośnie w przybliżeniu do miliona bilionów - jest to kilka tysięcy razy więcej niż całkowita liczba ludzi, którzy kiedykolwiek żyli na naszej planecie.

Ewidentnie coś szwankuje w tej matematyce. Odpowiedź, wbrew

pozorem, jest prosta - twoja linia reprodukcyjna nie jest czysta. Nie byłoby cię tutaj, gdyby twoim przodkom nie zdarzały się przypadki kazirodztwa. Tych przypadków było w istocie całkiem sporo, aczkolwiek na ogół były dostatecznie odległe i genetycznie niegroźne. Wśród milionów twoich przodków musiało dość często dochodzić do sytuacji, że akt prokreacji zachodził między kimś z linii twojej matki a jakimś odległym kuzynem z linii ojca. W istocie, jeżeli jesteś obecnie związany z osobą tej samej rasy i pochodzącą z tego samego kraju co ty, są bardzo duże szanse, że jesteście w jakimś stopniu spokrewnieni. Jeżeli rozejrzysz się wokół siebie w autobusie, w parku lub w kawiarni, to okaże się, że większość ludzi wokół ciebie to twoi krewni. Gdy ktoś się chwali, że jest potomkiem Szekspira lub Wilhelma Zdobywcy\*, możesz spokojnie odpowiedzieć: „Ja też!”. W całkiem dosłownym i fundamentalnym sensie wszyscy tworzymy jedną rodzinę.

Jesteśmy przy tym niesamowicie podobni. Jeżeli porównasz swoje geny z jakąkolwiek inną istotą ludzką, zazwyczaj 99,9 procent z nich okaże się identyczne. To właśnie czyni z nas jeden gatunek. Niewielkie różnice w tej pozostałej 0,1 procentu - „z grubsza jeden nukleotyd na tysiąc”<sup>1</sup>, jak mówi brytyjski genetyk i niedawny laureat Nagrody Nobla, John Sulston - stanowią o naszych indywidualnych cechach. Bardzo wiele dowiedzieliśmy się ostatnio dzięki Projektowi Sekwencjonowania Ludzkiego Genomu - Human Genome Project. Przede wszystkim nie ma czegoś takiego jak jeden ludzki genom. Każdy ludzki genom jest inny, w przeciwnym razie byłibyśmy wszyscy identycznymi osobnikami. Nieustanna rekombinacja naszych genomów - z których każdy jest prawie, lecz nie całkowicie identyczny z wszystkimi innymi - czyni nas tym, czym jesteśmy, zarówno w sensie gatunku, jak i w sensie indywidualnych osób.

Czym zatem jest ów genom, o którym tyle ostatnio się mówi? Czym są geny? No cóż, musimy znowu zacząć od komórki. Wewnątrz komórki znajduje się jądro, a wewnątrz każdego jądra znajdują się chromosomy - 46 maleńkich nitek, z których 23 pochodzą od twojej matki i 23 od ojca. Z bardzo nielicznymi

wyjatkami każda komórka twojego ciała - powiedzmy 99,999 procent komórek - posiada taki sam zestaw chromosomów (do wyjątków należą czerwone ciała krwi, niektóre komórki systemu immunologicznego, a także komórki spermy oraz jajowe, które z różnych organizacyjnych przyczyn nie posiadają pełnego zestawu genetycznego<sup>2</sup>). Chromosomy zawierają kompletny zestaw instrukcji niezbędnych do stworzenia i funkcjonowania organizmu. Mają kształt długich nici i są zbudowane

\* W języku polskim w takiej konwersacji pojawiłby się zapewne Jan Kochanowski lub Bolesław Chrobry (przyp. tłum.). z pewnej cudownej substancji, zwanej kwasem deoksyrybonukleinowym, w skrócie DNA\* - „najbardziej niezwykłej cząsteczki na Ziemi”, jak się ją czasem określa.

DNA istnieje tylko w jednym celu - aby stworzyć więcej DNA - a każdy z nas zawiera w sobie całkiem sporą ilość: prawie dwa metry nici DNA są upchane niemal w każdej komórce. Każdy zestaw DNA zawiera około 3,2 miliarda liter kodu genetycznego, co zapewnia  $10^{3\ 480000\ 000}$  możliwych kombinacji i „gwarantuje unikatowość w granicach możliwego do pomyślenia prawdopodobieństwa”<sup>3</sup>, pisze de Duve. Spójrz na swój obraz w lustrze - widzisz około 10 000 bilionów komórek. Niemal każda z nich zawiera dwa metry gęsto upakowanego DNA. Ile tego jest łącznie? Gdyby cały twój DNA został rozwinięty w prostą nić, można by ją rozciągnąć od Ziemi do Księżyca i z powrotem, nie raz, nie dwa, lecz bardzo wiele razy<sup>4</sup>. Według jednego z oszacowań, każdy z nas posiada łącznie około 20 milionów kilometrów DNA<sup>5</sup>.

Twoje ciało uwielbia produkować DNA. Bez DNA nie mógłbyś istnieć. Jednak DNA samo w sobie nie jest żywe. Żadna cząsteczka nie jest żywa, lecz DNA jest, jeżeli można tak powiedzieć, wyjątkowo nieżywy, ponieważ „należy do najmniej reaktywnych, chemicznie obojętnych cząsteczek materii ożywionej”<sup>6</sup>, jak mówi genetyk Richard Lewontin. Dzięki temu laboratoria policyjne mogą uzyskać DNA z dawno zaschniętych plam krwi lub nasienia, a nawet z kości neandertalczyków. Z tego samego powodu dużo czasu zajęło

naukowcom wyjaśnienie, dlaczego ta niepozorna - jakby pozbawiona życia - substancja stanowi w rzeczywistości samą esencję życia.

DNA został odkryty znacznie wcześniej, niż się powszechnie sądzi. W 1869 roku Johann Friedrich Miescher, szwajcarski uczoney pracujący na uniwersytecie w Tybindze w Niemczech, badając pod mikroskopem ropę na bandażach chirurgicznych, odkrył pewną nieznaną substancję, którą nazwał nukleina<sup>7</sup> (ponieważ znajdowała się w jądrach komórek). Miescher ograniczył się wtedy do odnotowania swego odkrycia, lecz nukleina najwyraźniej pozostała w kręgu jego zainteresowań, ponieważ dwadzieścia trzy lata później, w liście do swego wuja, poruszył kwestię ewentual-

<sup>7</sup>DNA (ang.) - Deoxyribonucleic Acid (przyp. tłum.). nego związku między tymi molekułami i dziedziczeniem. Był to zadziwiający przebłysk intuicji, ale tak bardzo wyprzedzał ówczesne tendencje oraz możliwości nauki, że nie zwrócił niczyjej uwagi.

Przez większą część drugiej połowy dziewiętnastego stulecia panowało powszechne przekonanie, że substancja ta - obecnie zwana kwasem deoksyrybonukleinowym, czyli DNA - pełniła w najlepszym razie drugorzędną funkcję w kwestiach dziedziczenia. Była zbyt prosta. Składała się z zaledwie czterech elementów zwanych nukleotydami. Ile wart jest alfabet składający się z czterech liter? Jak napisać historię życia za pomocą tak prostego kodu? (Odpowiedź jest taka, że DNA koduje skomplikowane informacje przy użyciu tych czterech symboli mniej więcej na tej samej zasadzie, jak koduje się słowa i zdania za pomocą alfabetu Morse'a - łącząc kropki i kreski w grupy). Wydawało się, że molekuly DNA nie pełnią żadnej funkcji, w każdym razie nikt nie potrafił im żadnej funkcji przypisać<sup>1</sup>. Znajdowały się w jądrze komórki, więc sądzono, że może wiążą w jakiś sposób chromosomy, kontrolują kwasowość lub wykonują jakieś inne trywialne zadanie. Panowało przekonanie, że złożoność życia jest w pewien sposób zakodowana w białkach znajdujących się w jądrze<sup>9</sup>.

Negowanie roli DNA napotkało jednak dwa problemy. Po pierwsze, jest

go bardzo dużo - prawie dwa metry prawie w każdym jądrze - więc komórki najwyraźniej do czegoś go potrzebują. Po drugie, DNA ciągle się pojawiał, niczym podejrzany w śledztwie o morderstwo, w różnych eksperymentach. W szczególności dwie serie eksperymentów, jedna dotycząca bakterii *Pneumococcus* i druga, w której obiekt badań stanowiły bakteriofagi (wirusy, które atakują bakterie), ujawniły, że DNA odgrywa bardziej istotną rolę, niż powszechnie sądzono. Wyniki doświadczeń wskazywały, że DNA jest w jakiś sposób zamieszany w produkcję białek. Proces wytwarzania białek jest oczywiście bardzo istotny dla funkcjonowania organizmu, lecz z drugiej strony było jasne, że białka są produkowane poza jądrem, daleko od DNA. W takim razie w jaki sposób DNA mógłby kierować produkcją białek?

Nikt nie potrafił wyjaśnić, jaki mechanizm pozwala przetransmitować informacje od DNA do białek. Obecnie wiemy, że pośrednikiem jest RNA, kwas rybonukleinowy, który działa jako tłumacz. Białka i DNA nie mówią tym samym językiem, co stanowi godną uwagi osobliwość biologii. Przez prawie cztery miliardy lat stanowiły dwa filary materii ożywionej, lecz stosują dwa wzajemnie niekompatybilne kody, tak jakby jedno mówiło po hiszpańsku, a drugie w hindi. Aby się porozumiewać, potrzebują pośrednika, którym jest RNA. Wykorzystując pewnego chemicznego pośrednika, zwanego rybosomem, RNA tłumaczy informacje zawarte w DNA na instrukcje, które białka rozumieją i potrafią wykonać.

Jednak w początkach dwudziestego wieku daleko było nam jeszcze do zrozumienia tych mechanizmów, a właściwie niemal wszystkiego, co wiąże się ze skomplikowanymi kwestiami dziedziczenia.

Nadszedł jednak właściwy czas, a także potrzeba wykonania jakichś pomysłowych doświadczeń. Tak się szczęśliwie złożyło, że znalazł się też ktoś dostatecznie pracowity i zdolny, aby je zrealizować. Nazywał się Thomas Hunt Morgan. W 1904 roku, cztery lata po ponownym odkryciu praw Mendla i prawie dziesięć lat przed pojawieniem się w obiegu słowa „gen”, Morgan zaczął

przewodzą systematyczne badania chromosomów.

Chromosomy zostały przypadkowo odkryte w 1888 roku. Zostały tak nazwane, ponieważ łatwo absorbują barwniki, dzięki czemu można je lepiej obserwować pod mikroskopem. Na przełomie dziewiętnastego i dwudziestego wieku istniały już silne podejrzenia, że chromosomy mają coś wspólnego z dziedziczeniem cech, lecz nikt nie wiedział, jaki jest mechanizm.

Jako obiekt swych badań Morgan wybrał maleńkie, delikatne muszki o łacińskiej nazwie *Drosophila melanogaster*, powszechnie znane jako muszki owocowe (zwane także muszkami octowymi, bananowymi lub śmietnikowymi), owe natrętne owady, które wydają się mieć nieopanowaną skłonność do topienia się w naszych napojach. Jako obiekt laboratoryjnych badań muszki *Drosophila* mają wiele istotnych zalet: ich utrzymanie i karmienie nie kosztuje niemal nic, można je rozmnażać w milionach sztuk na pożywcze ze zwykłego mleka, dorastają od fazy jaja do reprodukcyjnej dorosłości w niecałe dziesięć dni i mają tylko cztery chromosomy, co znacznie upraszcza sprawę.

Pracując w małym laboratorium (które stało się znane jako Pokój Muszek) w budynku Schermerhorn Hall na Columbia University w Nowym Jorku, Morgan i jego zespół zaczęli zakrojony na szeroką skalę program pracowitego rozmnażania i krzyżowania milionów muszek<sup>10</sup> (jeden z biografów pisze o miliardach, ale prawdopodobnie przesadza). Każda z nich musiała zostać schwytana szczypczykami i zbadana pod jubilerską lupą pod kątem dziedziczonych zmian. Przez sześć lat badacze próbowali stworzyć mutacje za pomocą wszelkich środków, jakie przychodziły im do głowy - poddawali muszki różnym rodzajom promieniowania, łącznie z promieniami X, hodowali je w ciemności i w świetle, trzymali je w rozgrzanym piekarniku, w wirówce - lecz w żaden sposób nie mogli się dochować mutantów. Morgan był już bliski rezygnacji, gdy w końcu pojawiła się nagła, powtarzalna mutacja - muszka z białymi oczami zamiast zwykłych czerwonych. Od tego momentu badacze byli już w stanie wytwarzać użyteczne deformacje pozwalające śledzić pojawianie



się różnych cech w kolejnych pokoleniach, dzięki czemu odkryli korelacje między określonymi cechami oraz chromosomami. Ostateczne wyniki ich badań stanowiły przekonujący dowód, że chromosomy stanowią nośnik dziedziczności.

Odkrycia Morgana i jego zespołu nie rozwiązały oczywiście wszystkich problemów i nie odpowiedziały na wszystkie pytania. Tajemnicze geny oraz struktura DNA nadal stanowiły zagadkę, która okazała się znacznie trudniejsza do rozgryzienia. Gdy w 1933 roku Morgan odbierał Nagrodę Nobla, wielu naukowców nadal nie było przekonanych, że geny w ogóle istnieją. Jak stwierdził wówczas Morgan, nie istniał konsensus w kwestii „czym są geny - czy są rzeczywiste, czy fikcyjne”<sup>11</sup>!. Może się wydawać nieco zaskakujące, że naukowcy mieli trudności z zaakceptowaniem fizycznej realności czegoś tak fundamentalnie istotnego dla aktywności komórkowej, lecz - jak piszą Wallace, King i Sanders w książce *Biology: The Science of Life* (rzadka rzecz: ciekawy podręcznik) - ■ obecnie jesteśmy w podobnej sytuacji w odniesieniu do procesów umysłowych takich jak myślenie i pamięć<sup>12</sup>. Wiemy oczywiście, że myślenie i pamięć stanowią atrybuty naszych umysłów, lecz nie znamy fizycznej realizacji tych atrybutów. Nie wiemy nawet, czy mają jakąkolwiek fizyczną realizację. Podobnie rzecz się miała z genami. W czasach Morgana pomysł, aby wyjąć jeden z genów z ciała i poddawać go badaniom, wielu naukowców uważało za równie absurdalny, jak schwytywanie wątku myśli i badanie go pod mikroskopem.

Początkowo pewne było tylko to, że coś związanego z chromosomami kierowało replikacją komórek. W 1944 roku, po piętnastu latach wysiłków, zespół badaczy z Rockefeller Institute na Manhattanie, kierowany przez błyskotliwego, lecz bardzo nieśmiałego i niedostatecznie pewnego siebie Kanadyjczyka, Oswalda Avery'ego, zdołał przeprowadzić niezwykle trudny eksperyment, w którym nieszkodliwy szczep bakterii został przekształcony w zaraźliwy przez skrzyżowanie z obcym DNA, dostarczając tym samym dowodu,

że DNA odgrywa znacznie bardziej istotną rolę i niemal na pewno stanowi aktywny czynnik dziedziczności. Obraz DNA jako pasywnej molekuly stał się przeszłością. Erwin Chargaff, biochemik pochodzący z Austrii, całkiem poważnie twierdził, że odkrycie Avery'ego zasługuje na dwie Nagrody Nobla<sup>13</sup>.

Avery miał niestety przeciwnika w osobie jednego z kolegów we własnym instytucie, porywczego i apodyktycznego zwolennika białek, Alfreda Mirsky'ego, który uczynił wszystko, co było w jego mocy, aby zdyskredytować odkrycie Avery'ego - mówi się, że posunął się nawet do przekonywania władz Karolińska Institute w Sztokholmie, aby nie przyznały Avery'emu nagrody<sup>14</sup>. Avery miał wtedy 66 lat. Zniechęcony, niezdolny do przełamania stresu oraz rozstrzygnięcia kontrowersji, zrezygnował z dalszej pracy i nigdy więcej nie pojawił się w pobliżu laboratorium. Jego konkluzje zostały jednak szybko potwierdzone przez inne eksperymenty i wkrótce potem zaczął się wyścig o pierwszeństwo w odkryciu struktury DNA.

Gdyby w latach pięćdziesiątych bukmacherzy przyjmowali zakłady

o to, kto złamie kod DNA, największe pieniądze stawiano by bez wątpienia na Linusa Paulinga z Caltechu, czołowego amerykańskiego biochemika. Pauling był pionierem w dziedzinie zastosowania promieni X w krystalografii (krystalografia rentgenowska), do badania architektury cząsteczek. Odkrył strukturę molekularną nieprzeliczonej liczby molekuł organicznych

i nieorganicznych. Jego metoda rentgenografii okazała się kluczowa przy zagłądaniu do wnętrza DNA. W trakcie swej wyjątkowo bogatej kariery naukowej Pauling zdobył dwie Nagrody Nobla (w 1954 roku w dziedzinie chemii i w 1962 pokojową), lecz w przypadku DNA był przekonany, że podstawowy szkielet struktury stanowi potrójna, a nie podwójna helisa i jakoś nie mógł trafić na właściwy ślad. W rezultacie zwycięstwo przypadło w udziale dość oryginalnej, czteroosobowej grupie naukowców z Anglii, którzy nie tworzyli zespołu - niektórzy z nich nawet nie odzywali się do siebie nawzajem - i w większości byli nowicjuszami w tej dziedzinie.

Z tej czwórki najbliższy konwencjonalnemu stereotypowi naukowca był Maurice Wilkins, który spędził większą część drugiej wojny światowej, pracując przy amerykańskim projekcie bomby atomowej. W tym czasie Francis Crick projektował miny magnetyczne i akustyczne dla brytyjskiej admiralicji, a Rosalind Franklin także pracowała dla brytyjskiego rządu - badając strukturę molekularną węgla.

Najbardziej niekonwencjonalną postacią z całej czwórki był James Watson, amerykański młodociany geniusz, który już jako chłopiec wyróżnił się w popularnym programie radiowym „The Quiz Kids”<sup>15</sup> (dzięki czemu mógł się przynajmniej w części uważać za pierwowzór członków rodziny Glassów we Franny i Zooey i innych dziełach J.D. Salinger). W wieku zaledwie piętnastu lat Watson rozpoczął studia na University of Chicago, a doktorat zrobił, gdy miał 22 lata. Rok później, w 1951 roku, znalazł się w słynnym Cavendish Laboratory w Cambridge. Na fotografiach z tamtego okresu wygląda nieco gamoniowato, a włosy na jego głowie robią wrażenie, jakby przyciągał je jakiś potężny magnes położony tuż poza ramką fotografii.

Crick, dwanaście lat starszy od Watsona, lecz wciąż bez doktoratu, miał nieco mniej spektakularną fryzurę i nieco bardziej wielkopańskie maniery. We wspomnieniach Watsona jest przedstawiony jako niecierpliwy, kłótlivy zawiadziaka z wielkim nosem, nieustannie zagrożony zwolnieniem z laboratorium. Żaden z nich nie miał formalnego wykształcenia z biochemii.

Crick i Watson założyli - jak się okazało, słusznie że odkrycie kształtu molekuly DNA umożliwi równocześnie wytłumaczenie, jak ona robi to, co robi. Wydaje się, że mieli również nadzieję, iż uda im się osiągnąć cel przy minimalnym nakładzie pracy, nie licząc pracy umysłowej, lecz także i tej ostatniej nie więcej niż to konieczne. Watson radośnie przyznał w swojej autobiograficznej książce Podwójna helisa: relacja naoczna o wykryciu struktury DNA: „Miałem nadzieję, że gen może zostać zbadany bez konieczności studiowania chemii”<sup>16</sup>. Praca nad DNA nie była ich oficjalnym zadaniem i w

pewnym momencie otrzymali polecenie, aby ją przerwać. Watson ostentacyjnie uczył się krystalografii; Crick miał kończyć doktorat na temat dyfrakcji promieni X na dużych molekułach.

W popularnych opracowaniach rozwiązanie zagadki DNA jest niemal zawsze przypisywane wyłącznie Crickowi i Watsonowi, lecz ich sukces w zasadniczym stopniu zależał od wyników prac eksperymentalnych prowadzonych przez ich współzawodników. Dostęp do tych wyników uzyskali „przypadkowo”<sup>17</sup> - jak taktownie ujęła to historyk nauki, Lisa Jardine - od dwojga naukowców z King's College w Londynie, Wilkinsa i Franklin, którzy znacznie ich wyprzedzali, przynajmniej na początku.

Wilkins, z pochodzenia Nowozelandczyk, był osobą niezwykle skromną niemal niewidoczną. W 1998 roku telewizja PBS nakręciła dokumentalny film na temat odkrycia struktury DNA - za które w 1962 roku Crick, Watson i Wilkins otrzymali Nagrodę Nobla - i zdołała całkowicie pominąć Wilkinsa.

Franklin stanowiła najbardziej enigmatyczną osobowość z całej czwórki. Watson w książce *Podwójna helisa*<sup>18</sup> skreślił bardzo niepochlebny portret Franklin jako osoby nierozsądnej, tajemniczej, chronicznie niezdolnej do współpracy oraz - co chyba najbardziej go irytowało - świadomie unikającej podkreślania swej kobiecości. Przyznał wprawdzie, że „nie była nieatrakcyjna i mogłaby wywierać zupełnie inne wrażenie, gdyby choć w niewielkim stopniu przywiązywała uwagę do stroju”, lecz pod tym ostatnim względem nie spełniała nawet najmniej wygórowanych oczekiwań. Watson z zaskoczeniem odnotował, że w ogóle nie używała szminki, a jej styl „odzwierciedlał wyobraźnię przemądrzałej angielskiej nastolatki”<sup>\*</sup>.

Franklin miała jednak przynajmniej jedną bezsporną zaletę. Dysponowała najlepszymi na świecie obrazami struktury DNA, uzyskanymi techniką krystalografii doprowadzoną do perfekcji przez Linusa Paulinga. Krystalografia była stosowana do określania położenia atomów w kryształach (stąd nazwa), lecz cząsteczki DNA stanowiły znacznie poważniejsze wyzwanie. Tylko Franklin

potrafiła uzyskać dobre wyniki, tylko że, ku nieustannej irytacji Wilkinsa, odmawiała podzielenia się nimi.

Wziąwszy pod uwagę wszystkie okoliczności, nie można jednoznacznie potępiać Franklin za jej brak entuzjizmu do współpracy. W latach pięćdziesiątych oficjalny status oraz sposób traktowania kobiet w King's College nosił wszelkie cechy administracyjnie usankcjonowanego lekceważenia, które wykracza daleko poza współczesne standardy i kłóci się z naszą dzisiejszą wrażliwością (a właściwie z jakąkolwiek wrażliwością). Niezależnie od swego wieku i ewentualnych osiągnięć, kobiety nie miały prawa wstępu do sali, w której spotykali się na posiłkach stali pracownicy college<sup>^</sup>, lecz musiały jadać obiady w bardziej utylitarnym pomieszczeniu, które nawet Watson określił jako „obskurne i ciasnawe”. Na dodatek do tych administracyjnych upokorzeń Franklin była nieustannie pod presją -

| W 1968 roku Harvard University Press wycofało się z publikacji Podwójnej helisy po tym, jak Crick i Wilkins oprotestowali zawarte w niej charakterystyki, które Lisa Jardine określiła jako „nieuzasadnione złośliwości”<sup>19</sup>. Cytowane powyżej opisy pochodzą z wersji, w której Watson złagodził swoje komentarze. niekiedy graniczącą z molestowaniem - ze strony pozostałego trio, które za wszelką cenę starało się zdobyć lub podejrzec jej rezultaty. Ich tęsknota do jej wyników raczej nie szła w parze z odpowiednią dozą szacunku dla niej samej. „Obawiam się, że zawsze mieliśmy do niej, powiedzmy, protekcyjnalne nastawienie”, wspominał później Crick. Dwaj spośród nich pracowali w konkurencyjnej instytucji, a trzeci mniej lub bardziej otwarcie brał ich stronę, trudno się więc dziwić, że ukrywała przed nimi swoje wyniki.

Wydaje się, że Watson i Crick wykorzystali fakt, że współpraca Wilkinsa i Franklin nie układała się najlepiej. Mimo że Watson i Crick dość bezwstydnie wdzierali się na teitytorium Wilkinsa, ten ostatni w coraz większym stopniu solidaryzował się właśnie z nimi. Jednak nie należy się temu dziwić, ponieważ Franklin zaczęła się zachowywać dość dwuznacznie. Jej wyniki zdecydowanie

wskazywały, że DNA ma kształt helisy, ale ona sama upierała się, że tak nie jest. Ku konsternacji i zakłopotaniu Wilkinsa w lecie 1952 roku umieściła na wydziale fizyki King's College notatkę następującej treści: „Z wielką przykrością zmuszeni jesteśmy ogłosić śmierć, w piątek, 18 lipca 1952 roku, helisy DNA [...] Oczekuje się, że dr M.H.F. Wilkins wygłosi mowę żałobną nad grobem zmarłej helisy”<sup>20</sup>.

W rezultacie tych wszystkich nieporozumień w styczniu 1953 roku Wilkins pokazał Watsonowi obrazy uzyskane przez Franklin, „najwyraźniej bez jej wiedzy i zgody”<sup>21</sup>. Nazwanie tego istotną pomocą byłoby jeszcze dość poważnym eufemizmem. Wiele lat później Watson przyznał, że „było to kluczowe zdarzenie [...] zmobilizowało nas”<sup>22</sup>. Uzbrojeni w wiedzę o kształcie oraz pewnych istotnych wymiarach cząsteczki DNA Watson i Crick podwoili swoje wysiłki. Wszystko wydawało się im sprzyjać. W pewnym momencie Pauling planował udział w konferencji w Anglii. Według wszelkiego prawdopodobieństwa w trakcie konferencji spotkałby Wilkinsa i dowiedziałby się dostatecznie dużo, aby zweryfikować swoje błędne przekonania, które zaprowadziły go w ślepią uliczkę. Była to jednak era McCarthy'ego. Pauling został zatrzymany na lotnisku Idlewild w Nowym Jorku, gdzie odebrano mu paszport i zakazano wyjazdu za granicę pod pozorem, że reprezentuje nazbyt liberalne poglądy. Crickowi i Watsonowi sprzyjał także fakt, iż syn Paulinga pracował w Cavendish Laboratory i prostodusznie przekazywał im wieści o postępach i kłopotach w domu.

W pełni świadomi, że w każdej chwili mogą jednak zostać wyprzedzeni, Watson i Crick zabrali się z zapałem do pracy. Wiadomo było, że DNA zawiera cztery składniki chemiczne zwane adeniną, guaniną, cytozyną i tyminą które łączą się w pary w określony sposób. Manipulując kawałkami kartonu wyciętymi w kształcie molekuł, Watson i Crick potrafili zrekonstruować, w jaki sposób wszystkie elementy łączą się ze sobą tworząc helisę. Na tej podstawie sporządzili model - prawdopodobnie najsłynniejszy model współczesnej nauki -

zbudowany z połączonych bolcami metalowych płytek przypominających elementy zabawek systemu Mecca-no, po czym zaprosili do jego obejrzenia Wilkinsa, Franklin oraz resztę świata. Każdy w miarę wykształcony widz mógł się natychmiast przekonać, że rozwiązali problem. Był to bez wątpienia kawał błyskotliwej roboty detektywistycznej, niezależnie od przyspieszenia, jakie nadały ich pracy obrazy uzyskane od Franklin.

25 kwietnia 1953 roku w „Nature” ukazał się liczący 900 słów artykuł Watsona i Cricka zatytułowany „Structure for Deoxyribose Nucleic Acid”. W tym samym numerze ukazały się także dwa oddzielne artykuły Wilkinsa i Franklin. W tym czasie w Anglii i na świecie zaszło wiele interesujących wydarzeń - Edmund Hillary był już blisko szczytu Mount Everest, królową Anglii miała niebawem zostać Elżbieta II - więc odkrycie sekretu życia przeszło niemal niezauważone, nie licząc niewielkiej wzmianki w „News Chronicle”<sup>24</sup>.

Rosalind Franklin nie dostała Nagrody Nobla. W wieku zaledwie 37 lat zmarła na raka jajników w 1958 roku, cztery lata przed przyznaniem nagrody za DNA. Nagrody Nobla nie przyznaje się pośmiertnie. Nowotwór niemal z całą pewnością powstał w wyniku nadmiernej dawki promieni X, z którymi Franklin miała na co dzień do czynienia w pracy. Brenda Maddox pisze, w niedawno wydanej biografii, że Franklin rzadko zakładała ołowiany fartuch i często lekkomyślnie przechodziła przez wiązkę promieniowania<sup>25</sup>. Oswald Avery także nie otrzymał Nagrody Nobla i został w zasadzie zapomniany przez potomność, lecz miał przynajmniej tę satysfakcję, że dożył czasów, gdy jego odkrycia zostały potwierdzone. Zmarł w 1955 roku.

Odkrycie Watsona i Cricka zostało ostatecznie potwierdzone dopiero w latach osiemdziesiątych. Crick napisał w jednej ze swoich książek: „Ponad dwadzieścia pięć lat zajęła naszemu modelowi DNA zmiana statusu od dość prawdopodobnego do bardzo prawdopodobnego [...] i w końcu do niemal całkowitej pewności”<sup>26</sup>.

Odkrycie struktury DNA spowodowało jednak znaczne przyspieszenie i

postęp genetyki. W 1968 roku czasopismo „Science” zamieściło artykuł pod tytułem *That Was the Molecular Biology That Was*<sup>27</sup>, sugerującym - wydaje się to niemal niemożliwe, ale taki był sens tego tytułu - że ko-niec genetyki jest bliski.

W rzeczywistości był to oczywiście dopiero początek. Nawet dzisiaj nie rozumiemy bardzo wielu rzeczy na temat DNA, na przykład, dlaczego tak duża jego część wydaje się nie mieć żadnej funkcji. Aż 97 procent twojego DNA składa się z długich fragmentów bezsensownego białka - zwanego potocznie „śmieciowym DNA” lub „niekodującym DNA”, jak mówią bio-chemicy. Tylko gdzieś tam między tymi fragmentami znajdują się sekcje, które kontrolują i organizują funkcje życiowe - owe zadziwiające, tajemnicze, długo ukrywające swą tożsamość geny.

Geny są niczym więcej (ani mniej) niż instrukcjami do produkcji białek. To i tylko to potrafią robić z pewnego rodzaju ślełą dokładnością. W tym sensie stanowią jakby analogię klawiszy pianina, z których każdy odtwarza tylko jedną nutę i nic więcej, co oczywiście dałoby nieco monotonna melodię<sup>28</sup>. Wystarczy jednak połączyć geny, podobnie jak łączy się dźwięki różnych klawiszy pianina, aby stworzyć akordy i melodie o nieskończonej różnorodności. Odpowiednie zestawienie wszystkich genów tworzy (kontynuując tę muzyczną metaforę) wielką symfonię istnienia zwaną ludzkim genomem.

Alternatywną, bardziej rozpowszechnioną analogię stanowi postrzeganie genomu jako pewnego rodzaju podręcznika - instrukcji obsługi organizmu. Z tego punktu widzenia chromosomy mogą być uważane za rozdziały podręcznika, a geny za konkretne instrukcje produkcji określonych białek. Poszczególne słowa instrukcji stanowią tak zwane kodony, a literami genetycznego alfabetu są cztery wspomniane już parę stron wcześniej nukleotydy zbudowane z zasad azotowych: adeniny, tyminy, guaniny i cytozyny. Mimo swej niezwykle ważnej roli molekule te nie są zbudowane z niczego niezwykłego. Na przykład guanina jest tą samą substancją, w którą



obfituje guano, i od niego bierze nazwę<sup>29</sup>.

Wszyscy znamy kształt cząsteczki DNA - słynną podwójną helisę, przypominającą spiralne schody lub skręconą drabinę sznurową. Pionowe elementy tej struktury są zrobione z cukru zwanego deoksyrybozą, a całość jest kwasem nukleinowym - stąd nazwa „kwas deoksyrobonu-kleinowy”. Szczeble są zbudowane z dwóch połączonych ze sobą zasad azotowych rozciągniętych w poprzek od jednej pionowej nici do drugiej. Cztery zasady mogą się łączyć w pary tylko na dwa sposoby: guanina jest zawsze połączona z cytozyną, a tymina zawsze z adeniną. Kolejność ułożenia tych par stanowi kod DNA; tematem Projektu Sekwencjonowania Ludzkiego Genomu było właśnie odczytanie tej kolejności.

Genialna pomysłowość kodu DNA polega na jego sposobie replikacji. Gdy zachodzi potrzeba wyprodukowania nowej cząsteczki DNA, obie nici rozdzielają się wzdłuż środka, jak zamek błyskawiczny, po czym każda połowa udaje się w swoją stronę, aby utworzyć nową kompletną cząsteczkę. Każdy nukleotyd łączy się w parę tylko z jednym spośród pozostałych trzech, więc każda z dwu nici stanowi jednoznaczny wzorzec do produkcji drugiej nici. Gdybyś posiadał tylko jedną nić swojego własnego DNA, mógłbyś bez trudu zrekonstruować drugą, dobierając odpowiednio pary: jeżeli na przykład pierwszy szczebel pierwszej nici jest zrobiony z guaniny, to pierwszy szczebel drugiej nici musi być z cytozyny. Odtwarzając w ten sposób wszystkie pary nukleotydów wzdłuż całej drabiny, otrzymałbyś w końcu kod dla nowej cząsteczki. Tak właśnie dzieje się w naturze, z tą różnicą że natura radzi sobie z tym szybciej - w ciągu zaledwie kilku sekund.

DNA zazwyczaj replikuje się idealnie dokładnie, lecz od czasu do czasu - mniej więcej raz na milion - jakaś litera pojawia się w niewłaściwym miejscu. Takie zdarzenie nosi nazwę polimorfizmu punktowego, czyli polimorfizmu pojedynczego nukleotydu, w skrócie SNP (od ang. single nucleotide polymorphism), przez biochemików zwanego potocznie snip. Sw/pj' najczęściej

zdarzając się w odcinkach niekodującego DNA, w związku z czym nie mają żadnych wykrywalnych konsekwencji dla organizmu. Od czasu do czasu zdarzają się jednak przypadki, gdy błędy replikacji wywołują jakieś dostrzegalne zmiany - mogą zwiększyć predyspozycje do jakiejś choroby, lecz równie dobrze mogą wywołać pewną korzystną zmianę, na przykład ochronną pigmentację skóry lub zwiększoną produkcję czerwonych krwinek u kogoś żyjącego na dużej wysokości. W miarę upływu czasu te drobne modyfikacje akumulują się zarówno u pojedynczych osobników, jak i w całych populacjach, przyczyniając się do różnicowania jednych i drugich.

Równowaga między dokładnością i błędami replikacji musi być bardzo precyzyjnie dobrana. Zbyt dużo błędów może zaburzyć funkcjonowanie organizmów, natomiast zbyt mało - zmniejsza zdolności adaptacyjne populacji. Jeżeli dana osoba lub grupa żyje na dużej wysokości, większa liczba czerwonych ciałek krwi może ułatwić im oddychanie i poruszanie się, ponieważ więcej krwinek może przetransportować więcej tlenu. Lecz czerwone krwinki powodują także gęstnienie krwi, co zmusza serce do pracy „niczym pompa oleju” - jak mówi antropolog z Temple University, Charles Weitz. Darwinowski dobór naturalny dba o nas w ten sposób, że osoby żyjące na dużych wysokościach zyskują na większej wydajności oddychania, lecz płacą za to podwyższonym ryzykiem związanym z niedomagania-mi i chorobami serca. Na podobnej zasadzie można wytłumaczyć, dlaczego jesteśmy wszyscy tak podobni. Ewolucja po prostu nie pozwoli nikomu zanadto się różnić - przynajmniej w obrębie jednego gatunku.

Różnica 0,1 procent między twoimi i moimi genami wynika z naszych snipów. Gdybyś porównał swoje geny z trzecią osobą, stopień podobieństwa także wyniósłby około 99,9 procent, lecz snipy na ogół byłyby w innych miejscach. Przy większej liczbie ludzi byłoby jeszcze więcej snipów w coraz to innych miejscach. Dla każdego z twoich 3,2 miliarda nukleotydów gdzieś na planecie istnieje osoba lub grupa osób, których kod jest inny w tym właśnie

miejscu. Tak więc nie tylko nie mamy jednego, wspólnego ludzkiego genomu, lecz mamy 6 miliardów różnych genomów. Jesteśmy w 99,9 procent identyczni, lecz, jak mówi biochemik David Cox, „można powiedzieć, że wszyscy ludzie nie mają ze sobą nic wspólnego, i to także będzie prawdziwe stwierdzenie”<sup>30</sup>.

Pozostaje jeszcze do wyjaśnienia, dlaczego tak niewielka część DNA posiada jakikolwiek widoczny powód czy cel istnienia. To zaczyna być irytujące, lecz naprawdę wydaje się, że pytanie należy odwrócić, a odpowiedź brzmi: Cel istnienia życia stanowi unieśmiertelnienie DNA. Owe 97 procent naszego DNA, powszechnie nazywane „śmieciowym”, zdaniem Matta Ridleya „istnieje wyłącznie z tego prostego powodu, że potrafi się skutecznie replikować”<sup>31</sup>. Innymi słowy, twoje DNA nie służy tobie,

\* Śmieciowe DNA posiada jedno interesujące zastosowanie. Służy do identyfikacji. Jego praktyczną użyteczność przypadkowo odkrył Alec Jeffreys z University of Leicester. W 1986 roku Jeffreys badał sekwencje DNA pod kątem genetycznych markerów związanych z chorobami dziedzicznymi, gdy policja poprosiła go o pomoc przy znalezieniu gwałciciela i mordercy dwóch nastolatków. Jeffreys zdał sobie sprawę, że jego technika powinna się idealnie nadawać do rozwiązywania kryminalnych zagadek - i dokładnie tak się stało. Młody piekarz o nieprawdopodobnie brzmiącym nazwisku Colin Pitchfork [ang-pitchfork - widły (przyp. tłum.)] został skazany na dwukrotne dożywocie. Był to pierwszy w historii proces, w którym wykorzystano dowody oparte na DNA<sup>12</sup>.  
lecz wyłącznie sobie. Jesteś jedynie maszyną, która została stworzona przez DNA na użytek DNA, a nie na odwrót. Życie, jak pamiętasz, po prostu chce być, a tym, co je do tego zmusza, jest DNA.

Aczkolwiek DNA zawiera instrukcje do produkowania białek gdy je, jak mówią naukowcy, koduje - niekoniecznie robi to z myślą o sprawnym funkcjonowaniu organizmu. Jeden z najbardziej rozpowszechnionych genów koduje białko zwane odwrotną transkryptazą, nieposiadające żadnej znanej nam funkcji, która byłaby pożyteczna dla ludzkich istot. W przypadku retrowirusów

jedyna funkcja, jaką realizuje, ich odwrotna transkryptaza polega na tym, że retrowirusy mogą niezauważone zadomowić się we wnętrzu ludzkiego organizmu.

Innymi słowy, nasze ciała poświęcają sporo energii na produkcję białka, które nie spełnia żadnej pożytecznej funkcji, a niekiedy wręcz przynosi szkody. Nasze organizmy nie mają wyboru i muszą je produkować, ponieważ to geny decydują o tym, co ma być, a co nie ma być wytwarzane. My jesteśmy tylko nośnikami dla ich zachcianek. Łącznie prawie połowa ludzkich genów - największa proporcja wśród wszystkich znanych organizmów - nie robi absolutnie nic (w każdym razie nic, o czym byśmy wiedzieli) z wyjątkiem reprodukcji się<sup>33</sup>.

Wszystkie organizmy są w jakimś sensie niewolnikami swoich genów. Dlatego łośosie, pająki oraz różne inne istoty są gotowe umrzeć w procesie rozmnażania. Dążenie do rozmnażania, do rozprzestrzeniania własnych genów stanowi najsilniejszy popęd w przyrodzie. Jak ujął to Sherwin B. Nuland: „Imperia upadają, popędy eksplodują, wielkie symfonie powstają, a za tym wszystkim kryje się jeden jedyny instynkt który domaga się spełnienia”<sup>34</sup>. Z ewolucyjnego punktu widzenia seks jest tylko mechanizmem, za pomocą którego nasze geny zachęcają nas do przekazywania naszego materiału genetycznego.

Naukowcy jeszcze nie oswoili się z zaskakującą informacją, że większość naszego DNA nic nie robi, gdy zaczęły się pojawiać jeszcze bardziej nieoczekiwane wieści. Najpierw w Niemczech, a następnie w Szwajcarii badacze przeprowadzili dość dziwaczne eksperymenty, po których spodziewali się dziwnych wyników, lecz z zaskoczeniem przekonali się, że wyniki bynajmniej nie okazały się dziwaczne. W jednym z eksperymentów gen kontrolujący rozwój oka u myszy został przeniesiony do larwy muszki owocowej. Naukowcy sądzili, że w rezultacie powstanie coś interesująco groteskowego. W rzeczywistości myszy gen nic tylko wyprodukował ■j u muszki

działające oko, ale wyprodukował oko muszki. Mamy tu dwie ▼ istoty, które nic miały wspólnego przodka od 500 milionów lat, lecz mogą i wymieniać się materiałem genetycznym, jakby były siostrami<sup>39</sup>.

Taka sama historia powtarzała się w prawie każdym kolejnym eksperymencie. Naukowcy stwierdzili, że gdy wstawią ludzkie DNA do pewnych komórek muszek, muszki przyjmą je jak własne. Okazuje się, że ponad 60 procent ludzkich genów jest w zasadzie identyczne z genami muszek owocowych. Co najmniej 90 procent koreluje na pewnym poziomie z genami myszy<sup>36</sup>(mamy nawet wspólne z myszami geny kodujące ogon, tylko u nas nie są one włączane<sup>37</sup>). Na każdym kolejnym polu badacze przekonywali się, że badane przez nich organizmy - czy były to nicienie, czy istoty ludzkie - mają w zasadzie takie same geny. Okazało się, że życie zostało zrobione według jednego wspólnego wzorca.

Dalsze badania ujawniły istnienie grupy kontrolnych genów, które sterują rozwojem poszczególnych części ciała. Te geny regulatorowe nazwano genami homeotycznymi (od greckiego słowa oznaczającego „podobny”)<sup>38</sup>. Geny regulatorowe stanowiły odpowiedź na kłopotliwe pytanie, skąd miliardy embrionalnych komórek, pochodzących z jednego zapłodnionego jaja i niosących identyczny garnitur DNA, wiedzą, dokąd mają się udać i co robić - że ta komórka ma zostać komórką wątroby, ta neuronem, ta krwinką, a ta częścią błyszczącej powierzchni skrzydła. To właśnie geny regulatorowe instruują komórki i decydują o ich przeznaczeniu. We wszystkich organizmach odbywa się to mniej więcej w taki sam sposób.

Równie ciekawe jest to, że ilość materiału genetycznego oraz sposób jego organizacji niekoniecznie odzwierciedla poziom złożoności danej istoty. Człowiek posiada 46 chromosomów, natomiast niektóre paprocie mają ich ponad 600<sup>39</sup>. Ryba płucodyszna, jedno z najsłabiej ewolucyjnie zaawansowanych zwierząt, posiada czterdzieści razy więcej DNA niż człowiek<sup>40</sup>. Nawet zwykła traszka jest obficie zaopatrzona genetycznie niż ty, i

to aż pięciokrotnie.

Ewidentnie liczy się nie tyle liczba genów, lecz to, co z nimi zrobisz. Skądinąd to bardzo pomyślna okoliczność, ponieważ liczba genów u ludzi uległa niedawno poważnej redukcji. Jeszcze do niedawna sądzono, że człowiek posiada więcej niż 100 000 genów, może nawet znacznie więcej, lecz pierwsze rezultaty Projektu Sekwencjonowania Ludzkiego Genomu dowiodły, że jest ich znacznie mniej - 35 000 do 40 000, czyli mniej więcej tyle samo genów, ile posiada zwykła trawa. Była to zarówno niespodzianka, jak i powód do pewnego rozczarowania.

Z pewnością zauważyłeś, że genom wielokrotnie przypisywano winę za rozmaite ludzkie niedomagania. Naukowcy niejednokrotnie z triumfem deklarowali, że znaleźli geny odpowiedzialne za otyłość, schizofrenię, homoseksualizm, przestępczość, przemoc, alkoholizm, a nawet za kradzieże sklepowe i bezdomność. Apogeum (lub raczej nadir) tej wiary w biodeterminizm stanowiło zapewne studium opublikowane w czasopiśmie „Science”<sup>41</sup> w 1980 roku, w którym stwierdzono, że kobiety są genetycznie słabsze z matematyki. Obecnie wiemy, że genetyczne uwarunkowania niemal wszystkich ludzkich cech są znacznie bardziej złożone.

W pewnym sensie ta złożoność może zostać uznana za niepożądaną ponieważ gdyby pojedynczy gen określał pewne cechy, na przykład wzrost, skłonność do cukrzycy, łysienia lub jakąkolwiek wyraźnie zdefiniowaną cechę, łatwo - w każdym razie względnie łatwo - byłoby go wyizolować i nim manipulować. Niestety, 35 000 niezależnie funkcjonujących genów to o wiele za mało, aby wyprodukować tego rodzaju fizyczną złożoność, która składa się na istotę ludzką. Geny muszą ze sobą współpracować. Przyczyną zaledwie kilku schorzeń - na przykład hemofilii, choroby Parkinsona, płasawicy Huntingtona, mukowiscydozy - są dysfunkcje pojedynczych genów. Dobór naturalny zwykle odsiewa takie kłopotliwe geny na długo przed tym, zanim staną się szkodliwe dla całej populacji. Nasz los, nasze cechy - nawet kolor naszych oczu -

determinują nie pojedyncze geny, lecz zespoły genów, pracujących wspólnie i oddziałujących na siebie nawzajem. To dlatego tak trudno jest odkryć, w jaki sposób to wszystko pasuje do siebie nawzajem. I dlatego nieprędko będziemy mogli projektować swoje potomstwo.

Im więcej dowiedzieliśmy się w ostatnich latach, tym bardziej sprawy stawały się skomplikowane. Okazuje się, że nawet myślenie wpływa na działanie genów. Na przykład tempo wzrostu męskiej brody częściowo zależy od tego, jak często dany osobnik myśli o seksie<sup>42</sup> (ponieważ myślenie

o seksie powoduje wzrost produkcji testosteronu). Na początku lat dziewięćdziesiątych naukowcy dokonali istotnego odkrycia. Stwierdzili, że gdy u embrionów myszy wyłączą się pewne bardzo ważne geny, myszy nie tylko rodzą się zdrowe, lecz niekiedy nawet w lepszej formie niż ich bracia

i siostry, u których nie dokonywano żadnych manipulacji. Okazało się, że gdy zniszczy się niektóre ważne geny, zastępują je inne. To doskonała wiadomość dla nas jako organizmów, choć mniej pomyślna z punktu widzenia naszych prób zrozumienia, jak działają komórki, ponieważ pojawił się kolejny poziom złożoności w dziedzinie, w której i tak dopiero zaczęliśmy raczkować.

Z powodu tych dodatkowych czynników złożoności oraz innych komplikacji odczytanie ludzkiego genomu niemal od razu było postrzegane raczej jako początek, a nie koniec badań. Jak ujął to Erie Lander z MIT, genom stanowi jedynie listę części zamiennych ludzkiego organizmu - pokazuje nam, z czego jesteśmy zbudowani, lecz nie mówi nic na temat tego, jak funkcjonujemy. Obecnie potrzebujemy czegoś w rodzaju podręcznika dla użytkownika - instrukcji, które mówią, co i jak działa. Ten etap jest jeszcze wciąż przed nami.

Następne zadanie polega zatem na odczytaniu ludzkiego proteomu. Pojęcie to powstało całkiem niedawno - jeszcze dziesięć lat temu nie istniało nawet słowo proteom\*, które oznacza zbiór informacji o białkach. „Niestety - odnotował „Scientific American” na wiosnę 2002 roku - proteom jest znacznie bardziej skomplikowany niż genom”<sup>43</sup>.

Powyższe stwierdzenie to jeszcze eufemizm. Białka, jak pamiętasz, są koźmi pociągowymi wszystkich żywych systemów. W dowolnym momencie w pojedynczej komórce może równocześnie znajdować się nawet 100 milionów aktywnych białek. Dość dużo, jeżeli mamy zamiar zrozumieć ich działanie. Co gorsza, funkcje oraz zachowania białek wynikają nie tylko z ich chemii, jak w przypadku genów, lecz także z ich kształtów. Białko musi nie tylko mieć odpowiednie chemiczne elementy, ułożone w odpowiedniej kolejności, ale musi także być sfałdowane w ściśle określony kształt. Określenie „sfałdowane” jest nieco mylące, ponieważ sugeruje pewnego rodzaju geometryczny porządek, który w rzeczywistości nie istnieje. Białka zwijają się, skręcają i wyginają w kształty, które są zarazem ekstrawaganckie i niezwykle złożone - bardziej przypominają dziko poskręcane druczane wieszaki niż porządnie poskładane ręczniki.

Co więcej, białka są (jeżeli wolno mi użyć tego poręcznego określenia) swingersami biologicznego świata. Zależnie od nastroju i metabolicznych okoliczności pozwalają się fosforylować, glikozylować, acetylować, ubikwitynować, farnezylować, geranylować, sulfonować, przyłączać kotwicę glikozylofosfatydyloinozytolową<sup>44</sup>, żeby wymienić tylko niewielką próbkę ich możliwości. Wydaje się, że na ogół niewiele potrzeba, żeby puścić je w taniec. Jak pisze „Scientific American”, kieliszek wina wystarczy, żeby wyraźnie zmienić liczbę i rodzaje białek w twoim organizmie<sup>45</sup>. To może być przyjemne dla twojego organizmu, lecz przyprawia o ból głowy genetyków, którzy próbują zrozumieć, co się dzieje.

Wszystko to zaczyna robić wrażenie niemożliwych do rozwikłania komplikacji. W jakimś sensie to jest niemożliwie skomplikowane, lecz istnieje także łącząca wszystko prostota wynikająca z pewnej fundamentalnej jedności, będącej podstawą funkcjonowania wszelkiego życia. Wszystkie te drobne, zgrabne procesy chemiczne, które stanowią o życiu komórek i animują je - współdziałanie nukleotydów, transkrypcja z DNA na RNA - wyewoluowały



tylko raz i od tego czasu pozostają w zasadzie niezmiennie w całej materii ożywionej. Jak ujął to nieżyjący już francuski genetyk, Jacques Monod, tylko po części żartobliwie: „Cokolwiek jest prawdą

o E. coli, musi być również prawdą o słoniach, tylko jeszcze bardziej”<sup>46</sup>.

Każda żywa istota stanowi rozwinięcie jednego, oryginalnego planu. Jako gatunek jesteśmy jedynie kolejną wersją wciąż zmieniającego się planu, a każdy z nas stanowi indywidualne wcielenie przykurzonego archiwum poprawek, adaptacji, modyfikacji i innych opatrnościowych manipulacji sięgających 3,8 miliarda lat wstecz. W tym sensie jesteśmy spokrewnieni,

1 to całkiem blisko, z owocami i warzywami. Około połowy chemicznych reakcji, które zachodzą w bananie, to są te same reakcje, które zachodzą w tobie.

Wszelkie życie stanowi jedność. To stwierdzenie jest - i podejrzewam, że zawsze będzie - najgłębszym ze wszystkich prawdziwych stwierdzeń.

Potomkowie małp! Miejmy nadzieję, że to nie jest prawda, a jeżeli jest, to módlmy się, aby nie stała się ona powszechnie znana.

Uwaga przypisywana żonie biskupa Worcesteru, gdy wyjaśniono jej teorię ewolucji Darwina

## Rozdział 27

### EPOKA LODOWCOWA

Miałem dziwny sen, może i nie całkiem senny.

Zdało mi się, że nagle zagasnął blask dzienny, A gwiazdy, w nieskończoność biorąc lot niezwykły, Zbłąkawszy się...

Byron, Ciemność\*

W 1815 roku na wyspie Sumbawa w Indonezji eksplodowała piękna i spokojna góra, zwana Tambora. Spektakularny wybuch oraz towarzyszące mu tsunami zabiły 100 000 ludzi. Nikt z obecnie żyjących mieszkańców Ziemi nie widział takiej furii. Eksplozja wulkanu Tambora była znacznie silniejsza niż jakikolwiek kataklizm, którego doświadczył jakikolwiek współczesny człowiek. Była to najpotężniejsza eksplozja wulkaniczna w ciągu ostatnich 10 000 lat - stanowiła odpowiednik 60 000 bomb o energii równej bombie zrzuconej na Hiroszimę i była 150 razy silniejsza od wybuchu Mount St Helens.

W owych czasach wiadomości nie rozchodziły się tak szybko jak dzisiaj. W Londynie „The Times” opublikował niewielką wzmiankę<sup>1</sup> - a właściwie list od kupca - siedem miesięcy później. Do tego czasu efekty wybuchu zdążyły już się rozprzestrzenić na całą planetę; 240 kilometrów sześciennych popiołu i pyłu rozeszło się w atmosferze, osłabiając światło słoneczne i powodując ochłodzenie Ziemi. Zachody Słońca stały się niezwykle kolorowe, lecz zarazem przyćmione, co pięknie uwiecznił J.M.W. Turner. Dla malarza pejzażysty był to zapewne powód do estetycznych uniesień, lecz reszta świata żyła pod uciążliwym, ciemnym całunem, który zainspirował Byrona do napisania cytowanego powyżej wiersza.

| G. Byron, Wiersze i poematy, PIW, Warszawa 1961, wybrał i opracował Juliusz Żuławski, s. 152 (przyp. tłum.).

5

7

Wiosna nie nadeszła. Lato nie dopisało - rok 1816 stał się znany jako rok bez lata<sup>2</sup>. Zbiory były fatalne. W Irlandii na skutek głodu oraz związanej z nim epidemii tyfusu zmarło 65 000 ludzi. W Nowej Anglii rok 1816 stał się znany jako „tysiąc osiemset i zamarzył na śmierć”. Poranne przymrozki trwały do czerwca, niszcząc większość zasiewów. Brak paszy zdziesiątkował żywy inwentarz. Zwierzęta zdychały z głodu lub były przedwcześnie zabijane. Był to pod każdym względem fatalny rok - dla rolnictwa niemal na pewno jeden z najgorszych przypadków nowożytnej ery - mimo że globalny spadek temperatury był mniejszy niż 1 stopień Celsjusza. Naturalny termostat Ziemi, jak naukowcy niebawem mieli się przekonać, to wyjątkowo delikatny instrument.

Dziewiętnasty wiek i bez tego był chłodny. Od dwustu lat Europa i Ameryka Północna doświadczały tak zwanej małej epoki lodowcowej, dzięki której możliwe były najrozmaitsze imprezy - zimowe targi na lodzie skuwającym Tamizę, wyścigi na łyżwach wzdłuż kanałów w Holandii które dzisiaj są raczej nie do pomyślenia. Był to dość mroźny okres, więc można wybaczyć dziewiętnastowiecznym geologom, iż dość powoli uświadamiali sobie, że świat, w którym żyli, był w rzeczywistości całkiem łagodny w porównaniu z poprzednimi epokami, a otaczający ich krajobraz został po większej części ukształtowany przez nacisk lodowców oraz temperatury, przy których żadne targi nie miałyby zbyt licznej klienteli.

Wiedzieli, że przeszłość kryje jakieś dziwne zagadki. Europejski krajobraz był pełen niewytłumaczalnych anomalii - kości arktycznych reniferów na południu Francji, olbrzymich skał porzuconych w najbardziej nieprawdopodobnych miejscach - dla których wymyślali pomysły, lecz niezbyt prawdopodobne wyjaśnienia. Pewien francuski przyrodnik, o nazwisku de Luc, próbując wyjaśnić, w jaki sposób granitowe głązy znalazły się wysoko

na wapiennych zboczach gór Jury, zasugerował, że zostały wystrzelone przez powietrze sprężone w jaskiniach, niczym korki z dziecięce-<sup>\*</sup> go karabinu<sup>3</sup>. W języku angielskim gład narzutowy określa się terminem erratic boulder; równie dobrze można by użyć tego określenia w odniesieniu do dziewiętnastowiecznych teorii opisujących pochodzenie gładów<sup>\*</sup>.

Wielki brytyjski geolog, Arthur Hallam, zasugerował, że gdyby James Hutton, osiemnastowieczny ojciec geologii, odwiedził Szwajcarię, natychmiast dostrzegłby znaczenie głęboko powycinanych wąwozów o poryso-

<sup>\*</sup> Gra słów: ang. erratic oznacza też „kapryśny”, „niekonsekwentny” (przyp. tłum.). wanym dnem, wymownych, usianych skałami linii moren, oraz innych licznych śladów wskazujących na przemieszczające się lodowce<sup>4</sup>. Niestety, Hutton nie był typem podróżnika. Lecz nawet nie mając pod ręką innych dowodów niż relacje podróżników, Hutton z miejsca odrzucił pomysł, jakoby potężne gładzi zostały zaniezione 1000 metrów w górę przez powódzie - zwracając uwagę, że żadna woda na Ziemi nie zmusi kamienia, by pływał - i stał się jednym z pierwszych geologów, którzy sugerowali powszechne zlodowacenia jako czynnik sprawczy tych wszystkich anomalii. Jego idee niestety umknęły uwagi kolejnego pokolenia i przez następne półwiecze większość przyrodników nadal się upierała, że wyżłobienia w przydrożnych gładziach można przypisać przejeżdżającym zaprzęgom lub nawet podkutym butom.

Okazuje się, że okoliczni wieśniacy, nieskażeni nauką ortodoksją wiedzieli lepiej. Przyrodnik Jean de Charpentier opowiedział historię<sup>5</sup>, która przydarzyła mu się w 1834 roku, gdy wędrował polną drogą wraz ze szwajcarskim drwalem. Gdy rozmowa zeszła na przydrożne gładzi, drwal rzeczowo stwierdził, że zostały przyniesione z Grimsel - dość odległej przełęczy w Alpach Berneńskich. „Gdy zapytałem go, w jaki sposób te gładzi się tu znalazły, odpowiedział bez wahania: »Do obu stron wąwozu przyniósł je lodowiec Grimsel, ponieważ w przeszłości lodowiec rozciągał się aż do

Bema«,,.

Charpentier był zachwycony, ponieważ sam doszedł do podobnego wniosku; gdy jednak poruszał tę kwestię na posiedzeniach naukowych, jego idea była ignorowana. Jeden z bliskich przyjaciół Charpentiera, Louis Agassiz, początkowo także był nastawiony sceptycznie, lecz ostatecznie zaakceptował, a nawet do pewnego stopnia zaanektował teorię Charpentiera.

Agassiz studiował u Cuviera w Paryżu, a później objął katedrę historii naturalnej na Université de Neuchatel w Szwajcarii. Przyjaciel Agassiza, botanik o nazwisku Karl Schimper, był pierwszym uczonym, który użył określenia „epoka lodowcowa” (po niemiecku Eiszeit) i stwierdził, że istnieją wyraźne dowody wskazujące, iż lód pokrywał niegdyś nie tylko Alpy Szwajcarskie, lecz także większą część Europy, Azji i Ameryki Północnej. Była to dość radykalna sugestia. Schimper wypożyczył Agassizowi swoje notatki<sup>6</sup> - czego później żałował, gdy Agassizowi zaczęto przypisywać teorię, co do której Schimper miał pewne podstawy, aby uważać ją raczej za swoją. Z tego samego powodu Charpentier stał się w końcu zaciekle wrogiem swego niegdysiejszego przyjaciela. Alexander von Humboldt, kolejny przyjaciel Agassiza, mógł mieć właśnie jego na myśli, gdy stwierdził, że istnieją trzy etapy odkrycia naukowego: w pierwszym ludzie zaprzeczają, że jest prawdziwe; w drugim zaprzeczają, że jest istotne; ostatecznie przypisują je niewłaściwej osobie<sup>7</sup>.

Tak czy inaczej, Agassiz zawłaszczył całą dziedzinę. W swoich próbach zrozumienia dynamiki zlodowaceń dotarł wszędzie<sup>8</sup> - schodził na samo dno niebezpiecznych kanionów, wspinał się na niedostępne alpejskie szczyty, często nie mając świadomości, że on i jego zespół weszli tam pierwsi. Niemal wszędzie spotykał się z nieugiętym oporem wobec swoich teorii. Humboldt nakłaniał go, aby wrócił do skamielin ryb - dziedziny, w której był prawdziwym ekspertem - i dał sobie spokój z szaloną fascynacją zlodowaceniami, lecz Agassiz był człowiekiem, którego ta idea pochłaniała bez reszty.

Teoria Agassiza napotkała jeszcze silniejszy opór w Anglii, gdzie większość przyrodników nigdy nie widziała lodowca i nie doceniała potężnych, miażdżących sił wywieranych przez masy lodu. „Czyż wyżłobienia i gładka powierzchnia mogłyby pochodzić od lodu?”, zapytał drwiącym tonem Roderick Murchison w trakcie jednego ze spotkań, ewidentnie wyobrażając sobie, że głązy były pokryte cienką warstewką szklistego szronu. Murchison całe życie z pobłażaniem traktował tych „szalonych na punkcie lodu” geologów, którzy sądzili, że lodowcom można przypisać tak wiele. William Hopkins, profesor Cambridge i jeden z czołowych członków Geological Society, zgadzał się z tym poglądem, argumentując, iż idea przenoszenia głązów przez lód prowadzi do „tak oczywistych absurdów mechanicznych”<sup>9</sup>, że nie zasługuje na uwagę szacownego gremium.

Niezrażony Agassiz nadal wytrwale podróżował, propagując swoją teorię. W 1840 roku wygłosił referat na posiedzeniu British Association for the Advancement of Science w Glasgow, gdzie został otwarcie skrytykowany przez Charlesa Lyella. W następnym roku Geological Society w Edynburgu przyjęło uchwałę, w której przyznało, że teoria może mieć pewne merytoryczne podstawy, lecz z pewnością nie ma zastosowania do Szkocji.

Lyell jednak się nawrócił, za sprawą kilku głązów morenowych w pobliżu swego rodzinnego domu. Widywał je setki razy, zanim w końcu uświadomił sobie, że ich obecność w tym miejscu można zrozumieć, jeżeli się zaakceptuje teorię, zgodnie z którą głązy przyniósł lodowiec. Nawróceniu Lyella nie towarzyszył jednak odpowiedni entuzjazm wobec publicz

434 nego poparcia idei zlodowaceń. Dla Agassiza był to bardzo frustrujący okres. Rozpadało się jego małżeństwo, Schimper zaciekle oskarżał go o kradzież swoich idei, Charpentier nie chciał z nim rozmawiać, a najwybitniejszy ówczesny geolog oferował wyjątkowo chwiejne poparcie.

W 1846 roku Agassiz udał się z serią wykładów do Ameryki i dopiero tam doczekał się uznania. Harvard dał mu profesurę i zbudował dla niego

pierwszorzędne Muzeum Zoologii Porównawczej. Akceptacji dla jego teorii zapewne sprzyjał fakt, że długie zimy w Nowej Anglii bez wątpienia wywołują pewne zrozumienie dla idei długotrwałych okresów chłodu. Nie bez znaczenia były też wyniki pierwszej naukowej ekspedycji na Grenlandię, która wróciła sześć lat po przybyciu Agassiza do Ameryki i ogłosiła, że prawie cała powierzchnia tego quasi-kontynentu jest pokryta warstwą lodu, dokładnie tak, jak przewidywała teoria zlodowaceń Agassiza. W końcu jego hipotezy zaczęły znajdować potwierdzenie i uznanie, lecz wciąż pozostawał do rozwiązania jeden zasadniczy problem - postulowane przez Agassiza zlodowacenia nie miały przyczyny. Pomoc miała jednak niebawem nadejść z dość nieoczekiwanej strony.

W latach sześćdziesiątych dziewiętnastego wieku czasopisma naukowe w Wielkiej Brytanii zaczęły otrzymywać rękopisy publikacji na temat hydrostatyki, elektryczności oraz innych zagadnień, których autorem był James Croll z Anderson's University w Glasgow. Jeden z tych rękopisów, dotyczący wpływu zmian orbity Ziemi na zlodowacenia, opublikowany przez „Philosophical Magazine” w 1864 roku, został natychmiast uznany za pracę najwyższej jakości. Wkrótce potem niejaki zdziwienie i zapewne-także zakłopotanie wywołał fakt, że James Croll pracował wprawdzie na uniwersytecie, lecz jako portier.

Urodzony w 1821 roku Croll wychował się w ubogiej rodzinie i jego formalna edukacja zakończyła się w wieku trzynastu lat. Imał się wielu zajęć - był stolarzem, agentem ubezpieczeniowym, kierownikiem hotelu - zanim przyjął posadę portiera na Anderson's University (obecnie University of Strathclyde) w Glasgow. W jakiś sposób zdołał nakłonić swojego brata, aby zastępował go w pracy, dzięki czemu miał mnóstwo wolnego czasu i spędzał długie, ciche wieczory w uniwersyteckiej bibliotece, studiując fizykę, mechanikę, astronomię, hydrostatykę oraz inne modne dziedziny nauki. W wyniku tych studiów napisał serię publikacji, głównie na temat ruchów Ziemi oraz ich wpływu na klimat.

Croll pierwszy wysunął sugestię, że cykliczne zmiany kształtu orbity Ziemi, od eliptycznej do prawie kołowej i z powrotem do eliptycznej, mogą wyjaśnić pojawianie się i zanikanie zlodowaceń. Wcześniej nikt nie rozważał astronomicznego wyjaśnienia zmienności klimatu na Ziemi. Niemal wyłączną zasługą przekonującej teorii Crolla była zmiana nastawienia Brytyjczyków wobec idei, zgodnie z którą we wcześniejszych epokach znaczne obszary Ziemi znalazły się we władaniu lodowców. Uzdolnienia i pomysłowość Crolla w pełni doceniono - został zatrudniony przez Geological Survey of Scotland, a także uhonorowany członkostwem Royal Society, New York Academy of Science, honorowym doktoratem University of St Andrews oraz innymi wyróżnieniami.

Gdy teoria Agassiza zaczęła w końcu znajdować zwolenników w Europie, on sam był w Ameryce zajęty rozprzestrzenianiem jej na jeszcze bardziej egzotycznych terytoriach. Zaczął znajdować dowody istnienia lodowców niemal wszędzie, gdzie się obrócił, łącznie z okolicami równika<sup>10</sup>. W końcu doszedł do przekonania, że w przeszłości lód pokrywał całą powierzchnię Ziemi, całkowicie unicestwiając życie, które następnie Bóg odtworzył”. Znalezione przez niego dowody nie potwierdzały wprawdzie aż tak radykalnych poglądów, lecz jego status w przybranej ojczyźnie nieustannie się umacniał. Pod koniec życia był niekwestionowanym autorytetem w swojej dziedzinie. Gdy zmarł w 1873 roku, Harvard na jego miejsce zatrudnił aż trzech profesorów<sup>12</sup>.

Jego teorie dość szybko jednak wyszły z mody, co niekiedy się zdarza. Nie minęło nawet dziesięć lat od śmierci Agassiza, gdy jego następcą na katedrze geologii Harvardu napisał, że „tak zwana epoka glacialna [...] kilka lat temu bardzo popularna wśród geologów glacialnych, może obecnie zostać bez wahania odrzucona”<sup>13</sup>.

Problem polegał częściowo na tym, że z obliczeń Crolla wynikało, iż od ostatniego zlodowacenia minęło 80 000 lat, natomiast coraz więcej dowodów geologicznych wskazywało, że na Ziemi znacznie później doszło do jakichś gwałtownych perturbacji klimatycznych. Pozbawiona wiarygodnego



wyjaśnienia tych późniejszych zlodowaceń teoria popadłaby zapewne w zapomnienie, gdyby nie uratował jej Milutin Milanković, serbski naukowiec, który nie miał wprawdzie teoretycznego przygotowania do badania ruchów ciał niebieskich - z wykształcenia był inżynierem - lecz na początku dwudziestego wieku zainteresował się tym zagadnieniem i od krył, iż problem polega nie na tym, że teoria Crolla jest błędna, lecz że jest jedynie niekompletna.

Ruch obrotowy Ziemi wokół Słońca podlega wahaniom nie tylko w sensie zmian kształtu i rozmiarów orbity wokółsłonecznej. Zmienia się także nachylenie osi wirowania Ziemi względem płaszczyzny orbity. Na ilość i natężenie światła słonecznego padającego na dany fragment powierzchni planety mają wpływ trzy cykliczne procesy: precesja punktów równonocy, zmiany nachylenia osi wirowania Ziemi względem płaszczyzny orbity wokółsłonecznej oraz zmiany tak zwanej ekscentryczności orbity. Milanković zastanawiał się, czy istnieje związek między tymi cyklicznymi zmianami orbity a okresami lodowcowymi. Problem polegał na tym, że cykle miały różne długości - 23 000 lat, 41 000 lat oraz 95 000 lat - co oznaczało, że wyznaczenie punktów ich przecięcia wymagało przeprowadzenia bardzo długich i niezwykle żmudnych rachunków. W zasadzie Milanković musiał obliczyć kąt oraz czas trwania promieniowania słonecznego dla każdej szerokości geograficznej, dla każdego roku w okresie miliona lat, z uwzględnieniem trzech nieustannie zmieniających się parametrów.

Na szczęście było to dokładnie tego rodzaju zajęcie, które odpowiadało temperamentowi Milankovicia. Przez dwadzieścia lat, nawet w trakcie wakacji, pracował niezmiernie, wyliczając tabele cykli za pomocą ołówka i suwaka<sup>14</sup>. Obecnie te same rachunki zajęłyby nie więcej niż dzień lub dwa dni pracy na komputerze. Początkowo wszystkie obliczenia Milanković wykonywał po godzinach pracy, lecz od 1914 roku miał znacznie więcej wolnego czasu, ponieważ na początku pierwszej wojny światowej został aresztowany, jako rezerwista serbskiej armii. Całą wojnę spędził w areszcie domowym w

Budapeszcie. Raz na tydzień musiał się meldować na policji, a resztę czasu spędzał w bibliotece Węgierskiej Akademii Nauk. Prawdopodobnie był najszcześniejszym jeńcem wojennym w historii.

Rezultat pracowitych rachunków Milankovicia stanowiła wydana w 1930 roku książka *Mathematical Climatology and the Astronomical Theory of Climatic Changes*. Milanković miał rację, że istnieje związek między okresami lodowcowymi i cyklicznymi zmianami orbity oraz wahaniami osi Ziemi, aczkolwiek - jak większość ludzi - założył, iż za zlodowacenia odpowiedzialne są coraz surowsze zimy. Dopiero rosyjsko-niemiecki meteorolog, Władimir Kóppen - teść Alfreda Wegenera, znanego nam już odkrywcy tektoniki płyt - spostrzegł, że proces jest w istocie znacznie bardziej subtelny i raczej dość niepokojący.

Kóppen stwierdził, że przyczyną zlodowaceń są nie ciężkie zimy, lecz chłodne lata<sup>15</sup>. Jeżeli w lecie jest zbyt zimno, aby stopić cały śnieg na danym obszarze, więcej światła słonecznego ulega odbiciu od pokrytej śniegiem powierzchni, wzmacniając efekt chłodzenia i zarazem zwiększając kolejne opady śniegu. W rezultacie pojawia się samonapędzający się proces akumulacji śniegu na powłoce lodowej wywołujący obniżenie temperatury, które z kolei wzmacnia akumulację śniegu i tak dalej. Jak pisze glaciolog Gwen Schultz: „Przyczyną powstawania powłoki lodu niekoniecznie są silne opady śniegu, lecz to, że śnieg, nawet w małych ilościach, pozostaje”<sup>16</sup>. Przyпуска się, że epoka lodowcowa może się zacząć od jednej rocznej anomalii pogodowej. Pozostały przez lato śnieg odbija światło i wzmacnia efekt chłodzenia. „Proces sam siebie wzmacnia, jest niepowstrzymany, a gdy masa lodu przekroczy krytyczne minimum, zaczyna się rozprzestrzeniać”<sup>17</sup> - mówi McPhee. Wraz z ruchem lodowców nadchodzi zlodowacenie.

W latach pięćdziesiątych techniki datowania nie były jeszcze tak precyzyjne, aby naukowcy mogli powiązać starannie obliczone cykle Milankovicia z prawdopodobnymi datami zlodowaceń. W rezultacie rachunki

Milankovicia zostały w zasadzie zapomniane, a on sam zmarł w 1958 roku, nie udowodniwszy, że jego wyniki są poprawne. W tym czasie „miałbyś poważne trudności ze znalezieniem geologa lub meteorologa, który uważałby ów model za coś więcej niż historyczną ciekawostkę”<sup>18</sup>, jak ujął to jeden z historyków tego okresu. Dopiero w latach siedemdziesiątych, wraz z udoskonaleniem potasowo-argonowej metody datowania osadów na dnie dawnych mórz, teorie Milankovicia zostały ostatecznie potwierdzone.

Same cykle Milankovicia wciąż jednak nie wystarczają do wytłumaczenia cykli zlodowaceń. Konieczne jest uwzględnienie wielu innych czynników - w szczególności położenia kontynentów, a zwłaszcza obecności lądów na biegunach - lecz szczegóły nie są zbyt dobrze zbadane. Istnieją sugestie, że przesunięcie Ameryki Północnej, Eurazji i Grenlandii zaledwie o 500 kilometrów na północ spowodowałoby nieuniknioną i permanentną epokę lodową. Jak się okazuje, mamy szczęście i tylko szczęśliwemu przypadkowi zawdzięczamy, że w ogóle mieszymy jako taką pogodę. Jeszcze słabiej zbadane są cykle względnie ciepłych okresów w trakcie zlodowaceń, zwane interglacjami. Nieco niepokojąca jest konkluzja, że cała spisana ludzka historia - rozkwit rolnictwa, powstanie miast, pismo, matematyka, nauka i cała reszta - zdarzyła się w trakcie raczej nietypowej

438 fazy dobrej pogody. Poprzednie interglacjami trwały nie dłużej niż 8000 lat. Naszemu już minęło 10 000.

Faktem jest, że właściwie nadal jesteśmy w epoce lodowcowej<sup>19</sup>. Lodu jest wprawdzie nieco mniej, lecz nie aż tak mało, jak mogłoby się wydawać. W szczytowym momencie ostatniego zlodowacenia, około 20 000 lat temu, mniej więcej 30 procent ziemskich lądów znajdowało się pod lodem. Obecnie 10 procent nadal jest pod lodem (a dalsze 14 procent znajduje się w stanie wiecznej zmarzliny). Nawet dzisiaj trzy czwarte słodkiej wody na Ziemi istnieje w postaci lodu. Oba bieguny znajdują się pod lodowymi czapami, co prawdopodobnie stanowi rzadkość w historii naszej planety<sup>20</sup>. Śnieżne zimy w wielu częściach

świata oraz stałe lodowce nawet w miejscach o tak umiarkowanym klimacie jak Nowa Zelandia mogą nam się wydawać czymś naturalnym, lecz w rzeczywistości stanowią najbardziej niezwykle zjawisko na Ziemi.

Przez większą część istnienia Ziemi klimat był na ogół gorący, a całoroczny lód nie występował w zasadzie nigdzie. Obecna era lodowcowa - a właściwie epoka - zaczęła się około 40 milionów lat temu, a w czasie jej trwania warunki zmieniały się od morderczo mroźnych do umiarkowanych. My żyjemy w trakcie jednej z nielicznych faz względnie łagodnego klimatu. Kolejne okresy lodowcowe na ogół niszczą ślady poprzednich, więc im bardziej wstecz sięgamy, tym mniej wyraźny obraz się rysuje, lecz wydaje się, że mieliśmy co najmniej siedemnaście poważnych zlodowaceń w ciągu ostatnich 2,5 miliona lat<sup>21</sup> - w okresie pokrywającym się z pojawieniem się w Afryce gatunku Homo erectus, po którym nastąpił Homo sapiens. Dwie najczęściej wymieniane przyczyny obecnej epoki to wypiętrzenie Himalajów oraz powstanie Przesmyku Panamskiego. Himalaje przerwały ciągi powietrzne, Przesmyk Panamski - prądy morskie. Indie, niegdysiejsza wyspa, w ciągu ostatnich 45 milionów lat wdarły się na 2000 kilometrów w głąb Azji, wynosząc do góry nie tylko Himalaje, lecz także położoną za nimi olbrzymią Wyżynę Tybetańską. Istnieje hipoteza, że wysoki ląd nie tylko stał się chłodniejszy, lecz także zmienił kierunki wiatrów, zmuszając je do mchu na północ, w kierunku Ameryki Północnej, co z kolei spowodowało na ten kontynent długotrwałe okresy chłodu. Potem, około 5 milionów lat temu, Panama wynurzyła się z morza, zamykając cieśninę między Ameryką Południową i Północną przerwała ruch ciepłych prądów między Pacyfikiem i Atlantykiem, a w konsekwencji zmieniła strukturę opadów na obszarze co najmniej połowy całej planety. Jedną z wtórnych

439 konsekwencji było wysychanie Afryki, co skłoniło małpy do zejścia z drzew i do poszukiwania nowych środowisk oraz sposobów życia na rozszerzających się sawannach.

Tak czy inaczej, wydaje się, że przy obecnym układzie oceanów i

kontynentów jesteśmy skazani na obecność lodu w dość długiej perspektywie czasowej. Zdaniem Johna McPhee należy oczekiwać około 50 kolejnych epizodów zlodowaceń, z których każdy będzie trwał mniej więcej 100 000 lat, zanim doczekamy się porządnej odwilży<sup>22</sup>.

W okresie poprzedzającym ostatnie 50 milionów lat epoki lodowcowe nie pojawiały się regularnie, lecz gdy już się zdarzały, to na ogół w kolosalnej skali<sup>23</sup>. Potężne zlodowacenie zdarzyło się około 2,2 miliarda lat temu, po nim przyszedł ciepły okres trwający około miliarda lat, a później znowu nastąpiło zlodowacenie, jeszcze większe niż uprzednio - tak duże, że niektórzy naukowcy nazywają je erą kriogeniczną lub erąsuperlodowcową<sup>24</sup>. W popularnych opracowaniach używa się określenia „Ziemia-śnieżka”.

Słowo „śnieżka” nie w pełni oddaje mordercze warunki, jakie wówczas panowały na Ziemi. Teoria mówi, że na skutek spadku promieniowania słonecznego o około 6 procent oraz zmniejszenia produkcji (lub akumulacji) gazów cieplarnianych planeta w zasadzie straciła zdolność utrzymywania ciepła. Powierzchnia Ziemi stała się jedną wielką Antarktydą. Temperatury spadły aż o 45 stopni Celsjusza. Prawdopodobnie cała powierzchnia planety zamarzała, grubość skorupy lodu na oceanach sięgała 800 metrów na dużych szerokościach geograficznych i dziesiątków metrów w tropikach<sup>25</sup>.

Istnieje dość duża rozbieżność między dowodami geologicznymi, które wskazują że lód był wszędzie, także na równiku, a dowodami biologicznymi, które równie przekonująco sugerują, że gdzieś musiała istnieć otwarta powierzchnia wody. Główny argument stanowią cyjanobakterie, które nie tylko przeżyły to doświadczenie, ale także kontynuowały fotosyntezę, a do tego potrzebne jest światło słoneczne. Każdy, kto kiedykolwiek próbował coś zobaczyć przez warstwę lodu, doskonale wie, że lód bardzo szybko staje się nieprzezroczysty i już przy kilku metrach grubości w ogóle nie przepuszcza światła. Wysłunięto dwa możliwe rozwiązania. Być może istniał jakiś niewielki obszar odkrytego oceanu (na przykład wokół jakiegoś zlokalizowanego źródła

ciepła). Druga możliwość jest taka, że lód mógł się tworzyć w taki sposób, iż pozostał przezroczysty - to się czasem zdarza w naturalnych warunkach.

Jeżeli Ziemia rzeczywiście zamrzęła w całości, to powstaje bardzo trudne pytanie, w jaki sposób zdołała później rozmarznąć. Pokryta lodem planeta odbija tak dużą część ciepła, że powinna na zawsze pozostać zamrznięta. Okazuje się, że ratunek mógł nadejść ze strony stopionego wnętrza Ziemi. Być może raz jeszcze zawdzięczamy nasze istnienie tektonice. Zgodnie z tą hipotezą ocieplenie nastąpiło za sprawą wulkanów, które przebiły się przez warstwę lodu, emitując ciepło i wyrzucając na zewnątrz gazy, które stopiły śnieg i przywróciły atmosferę. Zapewne nie jest dziełem przypadku, że koniec tego superzłodowacenia zbiegł się w czasie z eksplozją kambryjską - wiosną w historii życia na Ziemi, aczkolwiek panujące wówczas warunki zapewne nie przypominały współczesnej wiosny. W miarę ocieplania się Ziemia przechodziła prawdopodobnie fazę najburzliwszej pogody, z huraganami wywołującymi fale wysokie jak drapacze chmur i deszczami o nieopisanej intensywności<sup>26</sup>.

W tym czasie robaki, mięczaki i inne istoty, których środowiskiem były otwory w dnie oceanu, zapewne nawet nie zauważyły, że na powierzchni coś się dzieje, lecz pozostałe formy życia na Ziemi najprawdopodobniej stanęły na krawędzi całkowitej zagłady. Nasza obecna wiedza na temat tych odległych zdarzeń jest jednak zbyt nikła, aby można cokolwiek stwierdzić z całkowitą pewnością.

W porównaniu ze złodowaceniem ery kriogenicznej ostatnie, czwartorzędowe okresy lodowcowe wydają się całkiem niepozorne, choć według dzisiejszych standardów były to jednak niezmiernie potężne masy lodu. Lodowiec Wisconsin, który pokrywał większą część Europy i Ameryki Północnej, miał ponad trzy kilometry grubości w niektórych miejscach i posuwał się naprzód w tempie 120 metrów na rok. Cóż to musiał być za widok! Nawet na samej krawędzi grubość lodu mogła sięgać 800 metrów. Wyobraź

sobie ścianę lodu o takiej wysokości. Poza krawędzią na obszarze milionów kilometrów kwadratowych nie było nic oprócz lodu oraz nielicznych szczytów najwyższych gór przebijających się tu i ówdzie przez powierzchnię. Całe kontynenty ugięły się pod tą masą lodu i nawet dzisiaj, 12 000 lat po jego ustąpieniu, wciąż podnoszą się do pierwotnej wysokości. Lodowce nie tylko porozrzucały głazy i uformowały długie linie zwirowatych form morenowych, lecz cierpliwie przenosiły całe masy lądowe - utworzyły między innymi Long Island, Cape Cod i Nantucket.

Trudno się dziwić, że geolodzy przed Agassizem mieli trudności z wyobrażeniem sobie monumentalnej zdolności lodowców do przekształcania krajobrazów.

Odyby lodowce zaczęły ponownie nacierać, nie mielibyśmy żadnych możliwości powstrzymania ich. W 1964 roku jeden z największych lodowców w Ameryce Północnej, położony w Zatoce Księcia Williama na Alasce, uległ najsilniejszemu trzęsieniu ziemi, jakie kiedykolwiek zanotowano na kontynencie - 9,2 w skali Richtera. Wzdłuż uskoku ląd uniósł się o sześć metrów. Wstrząs był tak silny, że wody wystąpiły z jezior nawet w Teksasie. A jaki skutek wywarł na lodowcach pokrywających Zatokę Księcia Williama? Żadnego. Lody zniosły wszystko bez szwanku.

Bardzo długo panowało przekonanie, że okresy lodowcowe nadchodziły i wycofywały się stopniowo, w ciągu setek tysięcy lat. Obecnie wiemy, że zmiany były znacznie szybsze. Dzięki rdzeniom lodowym z Grenlandii posiadamy dokładny zapis zmian klimatu w ciągu ostatnich 100 000 lat. Obraz, który się wyłania z tego zapisu, wcale nie jest pocieszający. Przez większą część swojej niedawnej historii Ziemia nie była bynajmniej stabilnym i spokojnym środowiskiem, jakiego doświadczyła nasza cywilizacja, lecz raczej szamotała się gwałtownie między okresami ciepła oraz brutalnego chłodu.

Pod koniec ostatniego dużego zlodowacenia, około 12 000 lat temu, Ziemia zaczęła się ocieplać, i to dość gwałtownie, po czym raptownie wróciła

ostra zima trwająca kolejne 1000 lat. Okres ten zwany jest przez naukowców dryasem młodszym<sup>27</sup> (nazwa pochodzi od arktycznej rośliny, dębika, która jako jedna z pierwszych zrekolonizowała ląd po ustąpieniu lądolodu; był także okres zwany dryasem starszym, lecz nie tak wyraźny). Pod koniec tego tysiącletniego mrozu średnie temperatury ponownie się podniosły, i to o 4 stopnie Celsjusza w ciągu dwudziestu lat. To może się wydawać niewiele, lecz w istocie oznacza zmianę klimatu od skandynawskiego do śródziemnomorskiego w ciągu zaledwie dwudziestu lat. Lokalne zmiany były jeszcze bardziej dramatyczne. Grenlandzkie rdzenie lodowe wskazują że temperatury wzrosły aż o 8 stopni w ciągu dziesięciu lat, drastycznie zmieniając strukturę opadów oraz warunki wegetacji. Nawet na słabo zaludnionej planecie takie zmiany musiały wywrzeć potężny skutek. Dzisiaj konsekwencje czegoś takiego trudno sobie w ogóle wyobrazić.

442

Najbardziej niepokojący jest fakt, że nic mamy najmniejszego pojęcia, jakie naturalne zjawisko potrafi tak szybko zmieniać wskazania ziemskiego termometru. Jak zauważyła Elizabeth Kolbert w „New Yorkerze”: „Żadna znana ani nawet hipotetyczna zewnętrzna siła nic wydaje się zdolna do spowodowania tak silnych i tak raptownych zmian temperatury, na jakie wskazują te rdzenie”. Wydaje się, że działa tu, jakaś potężna i straszliwa pętla sprzężenia zwrotnego”, pisze dalej Kolbert. Główną rolę odgrywają prawdopodobnie oceany, a właściwie zmiany oceanicznych prądów, lecz daleko nam jeszcze do pełnego zrozumienia tych zjawisk.

Według jednej z teorii spływające do mórz olbrzymie ilości wody z topniejących lodów spowodowały zmniejszenie zasolenia (i zarazem gęstości) północnych stref oceanów, co zmusiło prąd zatokowy - Golsztrom - do zmiany kierunku na południc, niczym próbującego uniknąć kolizji kierowcę. Bez dostarczanego przez prąd ciepła na północnych szerokościach geograficznych powróciły niskie temperatury. To jednak nie wyjaśnia, dlaczego 1000 lat



później, gdy Ziemia ponownie zaczęła się ocieplać, Gólsztrom nie skręcił ponownie na południe, lecz przyniósł nam okres niezwykłego spokoju, zwany holocencem, który trwa do dziś.

Nie ma powodów do przypuszczeń, że ten okres klimatycznej stabilności powinien trwać bardzo długo. W rzeczywistości niektóre autorytety sądzą, że wkrótce czeka nas coś znacznie gorszego. Może się wprawdzie wydawać, że globalne ocieplenie powinno działać jako pożyteczna przeciwwaga dla tendencji Ziemi do powrotu do warunków właściwych dla zlodowaceń, jednak, jak zwraca uwagę Kolbert, w obliczu fluktuującego, nieprzewidywalnego klimatu „ostatnią rzeczą, jaką chciałbyś zrobić, jest potężny, niekontrolowany eksperyment”<sup>21</sup>. Istnieją nawet sugestie, mimo pozornej sprzeczności nie pozbawione podstaw, że epoka lodowcowa może zostać wywołana przez wzrost temperatury. Opiera się ona na założeniu, że niewielkie ocieplenie przypiesza parowanie, a tym samym zwiększa pokrywę chmur, co prowadzi do wzrostu akumulacji śniegu na wysokich szerokościach geograficznych<sup>29</sup>. W rzeczywistości globalne ocieplenie może, paradoksalnie, prowadzić do potężnego ochłodzenia Ameryki Północnej oraz północnej części Europy.

Klimat jest rezultatem tak wielu czynników - wzrostu i spadku stężenia dwutlenku węgla, przesunięć kontynentów, aktywności Słońca, statecznych wahań cykli Milankovicia - że równie trudno jest pojąć przeszłe zdarzenia, jak przewidywać przyszłe. Większość z nich przekracza nasze obecne możliwości. Weźmy jako przykład Antarktydę. Przez ponad 20 milionów lat od usadowienia na biegunie południowym Antarktyda była pokryta roślinnością i wolna od lodu. To po prostu nie powinno być możliwe.

Nie mniej intrygujące są zasięgi niektórych późnych gatunków dinozaurów<sup>30</sup>. Brytyjski geolog Stephen Drury zwraca uwagę, że lasy w obrębie 10 stopni szerokości geograficznej od bieguna północnego były siedliskiem wielkich bestii, łącznie z tyranozaurem. „To zadziwiające - pisze Drury - ponieważ na tych szerokościach co roku jest ciemno przez trzy miesiące”. Co

więcej, istnieją obecnie dowody, że panowały tam ostre zimy. Badania izotopowe wskazują, że pod koniec okresu kredowego wokół Fairbanks na Alasce panował taki sam klimat jak dzisiaj. Co zatem robił tam *Tyrannosaurus rex*? Albo dokonywał sezonowych migracji na olbrzymie odległości, albo spędzał znaczną część życia po ciemku w zaspach śnieżnych. W Australii - która znajdowała się wówczas bliżej bieguna niż obecnie - migracja do cieplejszej strefy nie była możliwa<sup>31</sup>. Pozostaje zagadką, w jaki sposób dinozaury zdołały przetrwać takie warunki.

Należy pamiętać, że gdyby lodowce zaczęły się ponownie formować (niezależnie od przyczyn), to tym razem mają do dyspozycji znacznie więcej wody<sup>32</sup>. Wielkie Jeziora, Zatoka Hudsona, niezliczone jeziora Kanady nie zasilają poprzednich zlodowaceń. Zostały przez nie utworzone.

Może się jednak zdarzyć, że w następnej fazie naszej historii będziemy raczej topić lód, a nie produkować go. Gdyby wszystkie lodowce na Ziemi uległy stopieniu, poziom mórz wzrósłby o 60 metrów - na wysokość dwudziestopiętrowego wieżowca - i każde nadmorskie miasto zostałoby zatopione. Bardziej prawdopodobny, przynajmniej na krótką metę, jest rozpad lodowca Antarktydy Zachodniej. W ciągu ostatnich 50 lat temperatura wody wokół niego wzrosła o 2,5 stopnia Celsjusza, powodując dramatyczne przyspieszenie topnienia lodowca. Ze względu na geologię okolicznych mórz całkiem możliwy jest raptowny rozpad całego lodowca. Gdyby tak się stało, średni globalny poziom mórz wzrósłby bardzo szybko o cztery i pół do sześciu metrów<sup>33</sup>.

Zadziwiające, lecz prawdziwe jest to, że nie wiemy, który scenariusz przyszłości jest bardziej prawdopodobny: eony paraliżującego mrozu czy równie długotrwała epoka wilgotnych upałów. Jedno jest pewne: żyjemy na ostrzu noża.

Tak się składa, że na dłuższą metę okresy lodowcowe wcale nie są takie złe dla planety. Lodowce kruszą skały, zostawiając nowe warstwy bogatej

gleby, żłobią i zasilają w świeżą wodę jeziora, stwarzając środowiska obfitujące w składniki odżywcze dla setek gatunków żywych istot. Wymuszają migracje i podtrzymują dynamikę planety. Jak zauważył Tim Flannery: „Wystarczy zadać kontynentowi tylko jedno pytanie, aby poznać los jego mieszkańców: »Czy miałeś dobry okres lodowcowy?«<sup>M</sup> Pamiętając o tym, zajmijmy się teraz gatunkiem małp, które miały za sobą takie doświadczenie.

## Rozdział 28

### TAJEMNICZE DWUNOŻNE ISTOTY

Tuż przed Bożym Narodzeniem 1887 roku młody holenderski lekarz

o raczej nieholenderskim nazwisku Marie Eugene François Thomas Dubois\* przybył na Sumatrę, należącą wówczas do Holenderskich Indii Wschodnich, z zamiarem znalezienia szczątków najwcześniejszych ludzi na Ziemi<sup>1</sup>.

Było to dość niezwykle przedsięwzięcie, i to z kilku powodów. Po pierwsze, nikt wcześniej nie szukał kości dawnych ludzi. Wszystko, co dotychczas znaleziono, było dziełem przypadku. Po drugie, edukacja Dubois nie wskazywała, że jest on idealnym kandydatem. Był z wykształcenia anatomem i nie miał przygotowania paleontologicznego. Nie istniał żaden szczególnie powód do przypuszczeń, że poszukiwania należy prowadzić akurat w Indiach Wschodnich. Logika wydawała się wskazywać, że jeżeli w ogóle coś uda się znaleźć, to raczej na dużym i długo zaludnionym lądzie, a nie na względnie małym obszarze archipelagu. Dubois wybrał Indie Wschodnie ze względu na możliwość zatrudnienia, natomiast w kontekście poszukiwań kierował się raczej przecuciem, aczkolwiek wiedział także, że na Sumatrze jest mnóstwo jaskiń. Większość uprzednio odkrytych szczątków hominidów znaleziono właśnie w jaskiniach\*\*. Najbar

\* Dubois pochodził z miejscowości Eijsden położonej w pobliżu granicy z francuskojęzyczną częścią Belgii.

Człowiek należy do rodziny Hominidae. Do hominidów zalicza się wszystkie istoty (łącznie z wymarłymi), które są z nami spokrewnione bliżej niż współczesne szympansy. Natomiast małpy tworzą rodzinę zwaną Pongidae. Wielu naukowców uważa, że szympansy, goryle i orangutany powinny zostać

włączone do rodziny Hominidae, a ludzie

1 szympansy powinny tworzyć podrodzinę zwaną Homininae. W rezultacie istoty zwane hominidami w tym nowym układzie stałyby się homininami (Leakey i inni badacze upierają się przy tych określeniach). Hominoidea jest nadrodziną, do której należą małpy i my. dziej niezwykle - w istocie graniczącym z cudem - aspektem całej tej historii jest fakt, że Dubois znalazł to, czego szukał.

W momencie, gdy Dubois powziął plan poszukiwań brakującego ogniwa, dane wykopaliskowe dotyczące ludzi były bardzo nieliczne. Składało się na nie: pięć niekompletnych szkieletów neandertalczyków, jedna kość szczękowa niepewnego pochodzenia oraz pół tuzina osobników z okresu lodowcowego, znalezionych przez pracowników kolei w jaskini położonej w klifie zwanym Cro-Magnon<sup>2</sup>, w pobliżu Les Eyzies we Francji. Najlepiej zachowany szkielet neandertalczyka spoczywał nierozpoznany na półce w Londynie. Został przypadkowo znaleziony w 1848 roku w Gibraltarze, w wyniku odstrzelenia skały w kamieniołomie (więc fakt, że się zachował, także należy uznać za przypadek), lecz nikt, niestety, nie zorientował się, co reprezentował. Po pobieżnej prezentacji na posiedzeniu Gibraltar Scientific Society został przekazany do Hunterian Museum, gdzie przebywał niepokojony przez ponad pół wieku. Jego pierwszy formalny opis sporządził dopiero w 1907 roku niejaki William Sollas, geolog „niezbyt kompetentny w anatomii”<sup>3</sup>.

W rezultacie palma pierwszeństwa oraz prawo nadania nazwy przypadły w udziale dolinie Neander<sup>4</sup> w Niemczech. Niesamowity zbieg okoliczności sprawił, że lokalizacja znaleziska doskonale pasowała do nazwy - neander znaczy po grecku „nowy człowiek”. W 1856 roku pracownicy innego kamieniołomu, tym razem w klifie nad rzeką Diissel, znaleźli dziwnie wyglądające kości, które przekazali nauczycielowi lokalnej szkoły, znanemu z zainteresowania zjawiskami występującymi w naturze. Nauczyciel, Johann Karl Fuhlrott, zorientował się, że ma do czynienia z nowym typem człowieka,

aczkolwiek przez dłuższy czas trwała dysputa, czym właściwie był ten człowiek.

Wielu nie wierzyło, że kości neandertalczyka były rzeczywiście bardzo stare. August Mayer, wpływowy profesor uniwersytetu w Bonn, twierdził, że należały do kozackiego żołnierza, który został ranny w czasie walk w Niemczech w 1814 roku, po czym przeczołgał się do jaskini, w której dokonał żywota. Gdy sugestia Mayera dotarła do Anglii, T.H. Huxley zwrócił uwagę, że śmiertelnie ranny żołnierz wspiął się 20 metrów w górę klifu, rozebrał się, pozbył ubrania oraz rzeczy osobistych, zamknął wejście do jaskini, po czym sam siebie pochował pod półmetrową warstwą ziemi<sup>5</sup>. Inny antropolog, zastanawiając się nad masywnym kształtem łuków brwiowych neandertalczyka, zasugerował, że przyczyną mógł być długotrwały grymas twarzy wynikający z bólu w źle zrośniętym przedramieniu. (Próbując zdyskredytować ideę wczesnych ludzi, niektóre autorytety były skłonne dopuścić najbardziej osobliwe wyjaśnienia. Mniej więcej w tym samym czasie, gdy Dubois wyruszał na Sumatrę, w Périgueux znaleziono szkielet, który uznano za szczątki Eskimosa. Nigdy nie została jednak w zadowalający sposób wyjaśniona kwestia, skąd właściwie wziął się Eskimos w południowej Francji. W rzeczywistości był to wczesny kromaniończyk).

W takich mniej więcej okolicznościach Dubois zaczął swoje poszukiwania kości dawnych ludzi. Do prac wykopaliskowych wykorzystywał pięćdziesięciu skazańców, których wypożyczyły mu holenderskie władze<sup>6</sup>. Najpierw pracowali na Sumatrze, aby po roku przenieść się na Jawę. W 1891 roku Dubois - a raczej jego ludzie, bo on sam rzadko odwiedzał stanowiska wykopaliskowe - znalazł kalotę (sklepienie) czaszki, obecnie znanej jako czaszka z Trinil. Znaleziony fragment posiadał wyraźne cechy wskazujące, że jego właściciel wprawdzie różnił się od człowieka, lecz miał znacznie większy mózg niż małpa. Dubois nazwał go *Anthropithecus erectus* (później z przyczyn technicznych zmieniono nazwę na *Pithecanthropus erectus*) i uznał za brakujące ogniwo między małpami i ludźmi. Znajezisko szybko stało się znane jako

„człowiek jawajski”. Obecnie nazywamy go Homo erectus.

W następnym roku poszukiwacze Dubois znaleźli prawie kompletną kość udową która była zadziwiająco podobna do kości współczesnego człowieka. Wielu antropologów sądziło, że to rzeczywiście jest współczesna kość i że nie ma nic wspólnego z człowiekiem jawajskim<sup>7</sup>. Jeżeli istotnie należała do Homo erectus, to nie przypominała żadnej innej kości znalezionej w późniejszym okresie<sup>8</sup>. Niemniej Dubois na jej podstawie wydedukował - jak się okazało, poprawnie - że Pithecanthropus był dwunożny. Dubois stworzył także - dysponując wyłącznie fragmentem mózgowca oraz jednym zębem - kompletny model czaszki, który również okazał się niesamowicie dokładny<sup>9</sup>.

W 1895 roku Dubois wrócił do Europy, oczekując entuzjastycznego przyjęcia. W rzeczywistości spotkał się z dokładnie odwrotną reakcją. Większości naukowców nie spodobały się ani jego konkluzje, ani arogancki sposób ich prezentowania. Ich zdaniem znaleziona przez Dubois czaszka należała do małpy, prawdopodobnie gibona, a nie do żadnego wczesnego człowieka. Aby zdobyć poparcie, w 1897 roku Dubois zaprosił wybitnego anatoma z uniwersytetu w Strasburgu, Gustava Schwalbego, aby wykonał odlew znalezionej fragmentu czaszki. W rezultacie Schwalbe wydał monografię, która spotkała się ze znacznie przychylniejszą reakcją niż cokolwiek, co napisał sam Dubois<sup>10</sup>. Następnie Schwalbe wygłosił serię objazdowych wykładów, w trakcie których publiczność przyjmowała go tak pozytywnie, jakby to on sam dokonał odkrycia. Zaskoczony i rozgoryczony Dubois wycofał się całkowicie. Objął posadę profesora geologii na uniwersytecie w Amsterdamie i przez następne dwadzieścia lat nie pozwolił nikomu dotknąć swoich cennych znalezisk. Zmarł w 1940 roku, do końca nie pogodziwszy się z porażką.

Mniej więcej w tym samym czasie, lecz na drugim końcu świata, dokonano kolejnego znaleziska. Pod koniec 1924 roku Raymondowi Dartowi, pochodzącemu z Australii specjalście od anatomii, pracującemu na uniwersytecie Witwatersrand w Johannesburgu, przysłano małą lecz prawie

kompletną czaszkę dziecka, z nienaruszoną twarzą dolną szczęką oraz mózgiem - a raczej jego naturalnym odlewem w postaci skamieliny wypełniającej pustkę po tkance mózgowej - pochodzącą z kamieniołomu położonego na granicy pustyni Kalahari, w miejscu zwanym Taung. Dart natychmiast się zorientował, że czaszka z Taung nie należy do gatunku *Homo erectus*, jak kości człowieka jawajskiego znalezione przez Dubois, lecz do istoty wcześniejszej, bardziej zbliżonej do małp”. Dart określił jej wiek na dwa miliony lat i nazwał ją *Australopithecus africanus*, czyli „południowy małpolud z Afryki”. W raporcie wysłanym do „Nature” Dart określił szczątki z Taung jako „zaskakująco ludzkie” i zasugerował potrzebę stworzenia całkiem nowej rodziny, *Homo simiadae* („małpo-ludzie”), do której należałoby przypisać właściciela znalezionej czaszki.

Autorytety okazały się jeszcze mniej przychylnie nastawione do Darta niż uprzednio do Dubois. Ekspertów irytowało niemal wszystko w jego teorii - a raczej niemal wszystko, co miało związek z samym Dartem. Po pierwsze, okazał godną ubolewania zarozumiałość, wykonując analizę osobiście, zamiast zwrócić się o pomoc do światowych ekspertów. Nawet wybrana przez niego nazwa, *Australopithecus*, dowodziła braku wykształcenia, gdyż łączyła greckie i łacińskie korzenie. Przynajmniej jednak jego wnioski były jawnie sprzeczne z powszechnie akceptowaną wiedzą. Panowało przekonanie, że ludzie oddzielili się od małp co najmniej 15 milionów lat temu w Azji. Gdyby pierwszy człowiek narodził się w Afryce, to bylibyśmy negroidalnym gatunkiem, na litość boską! Dla ówczesnych badaczy twierdzenia Darta brzmiały mniej więcej tak, jakby dzisiaj ktoś ogłosił, że znalazł kości ludzkich przodków na przykład w Missouri. Nie pasowały do ówczesnej wiedzy.

Jedynym zwolennikiem Darta był Robert Broom, pochodzący ze Szkocji lekarz i paleontolog, osobnik o wybitnym intelekcie i wyjątkowo ekscentrycznej naturze. Kiedy tylko pozwalała na to pogoda, Broom miał zwyczaj prowadzić prace polowe nago, co często mu się zdarzało. Był także znany z dokonywania



problematycznych eksperymentów na swoich uboższych i bardziej uległych pacjentach. Gdy pacjenci umierali, co także często się zdarzało, ciała niektórych z nich chował w swoim ogrodzie, aby później wykopywać je do prowadzenia badań<sup>12</sup>.

Broom był także uznanym paleontologiem i kiedy mieszkał w Afryce Południowej, miał okazję osobiście zbadać czaszkę z Taung. Natychmiast zorientował się, że było to ważne odkrycie, tak jak sądził sam Dart, i energicznie opowiedział się po jego stronie. Nie przyniosło to jednak żadnego skutku. Przez następne pięćdziesiąt lat panowało przekonanie, że dziecko z Taung było małpą i niczym więcej. W większości podręczników nie było o nim nawet wzmianki. Dart spędził pięć lat na pisaniu monografii, lecz nie mógł znaleźć nikogo, kto chciałby ją opublikować<sup>13</sup>. W końcu dał sobie spokój z publikacją (lecz nadal zajmował się poszukiwaniem wykopalisk). Przez całe lata czaszka z Taung - dzisiaj uważana za jeden z najcenniejszych skarbów antropologii - pełniła funkcję przycisku do papieru na biurku kolegi<sup>14</sup>.

Gdy w 1924 roku Dart ogłosił swe odkrycie, znane były tylko cztery kategorie dawnych hominidów - Homo heidelbergensis, Homo rhodesiensis, neandertalczyk oraz człowiek jawajski odkryty przez Dubois - lecz niebawem miały w tej kwestii zajść duże zmiany.

Zacząło się w Chinach, gdzie utalentowany kanadyjski amator, Davidson Black, zaczął się rozglądać w okolicy miejscowości Zhoukoudian, na wzgórzu zwanym Górą Smoków, które było znane i często odwiedzane przez poszukiwaczy starych kości. Chińczycy niestety nie szukali tam kości, aby poddawać je badaniom paleontologicznym, lecz mieli je na proszek, z którego sporządzali lekarstwa. Możemy tylko zgadywać, ile bezcennych szczątków Homo erectus skończyło jako chińskie medykamenty. W momencie gdy przybył tam Black, miejsce to było już dość ogołocone, lecz zdołał znaleźć pojedynczy ząb trzonowy, na podstawie którego ogłosił odkrycie Sinanthropus pekinensis, który szybko stał się znany jako „człowiek pekiński”<sup>15</sup>.

W wyniku starań Blacka podjęto bardziej szczegółowe prace wykopaliskowe i znaleziono więcej kości. Niestety, wszystkie przypadły dzień po japońskim ataku na Pearl Harbor w 1941 roku, gdy oddział amerykańskiej piechoty morskiej, próbując przerzucić znalezione (a także własne) kości poza granice kraju, został schwytyany i uwięziony przez Japończyków. Widząc, że skrzynie nie zawierają niczego oprócz kości, japońscy żołnierze zostawili je przy drodze. Wtedy ostatni raz je widziano.

Tymczasem na Jawie, dawnym terenie Dubois, zespół poszukiwaczy kierowany przez Ralpa von Koenigswalda znalazł kolejną grupę wczesnych ludzi, nazwaną „ludźmi znad rzeki Solo”, od miejsca, w którym znaleziono szczątki w Ngandong. Odkrycia Koenigswalda byłyby jeszcze bardziej imponujące, gdyby nie pewien taktyczny błąd, z którego zbyt późno zdał sobie sprawę. Ofiarował on tubylcom dziesięć centów za każdą dostarczoną kość hominida, po czym z przerażeniem odkrył, że poszukiwacze z entuzjazmem tną duże kości na małe kawałki, aby zmaksymalizować swoje dochody<sup>16</sup>.

W następnych latach znajdowano i identyfikowano coraz więcej kości, a wraz z nimi pojawił się zalew nowych nazw - *Homo aurignacensis*, *Australopithecus transvaalensis*, *Paranthropus crassidens*, *Zinjanthropus boisei* i wiele innych. Niemal w każdym przypadku wraz z nową nazwą pojawiał się zarówno nowy rodzaj, jak i nowy gatunek. W latach pięćdziesiątych liczba nazwanych typów hominidów wyraźnie przekroczyła setkę. Zamieszanie dodatkowo powiększał fakt, że poszczególne formy sukcesywnie zmieniały nazwy, w miarę jak paleoantropolodzy przekształcali, udoskonalali i spierali się o klasyfikację. „Ludzie znad rzeki Solo” byli w różnych momentach znani jako *Homo soloensis*, *Homo primigenius asiaticus*, *Homo neanderthalensis soloensis*, *Homo sapiens soloensis*, *Homo erectus erectus* i ostatecznie *Homo erectus*<sup>7</sup>.

Próbując zaprowadzić jakiś porządek, w 1960 roku F. Clark Howell z University of Chicago, kierując się ogłoszonymi dziesięć lat wcześniej sugestiami Ernsta Mayra i innych badaczy, zaproponował zmniejszenie liczby

rodzajów do zaledwie dwóch - Australopithecus oraz Homo - i uzgodnienie niektórych nazw gatunkowych<sup>18</sup>. Człowiek jawajski oraz człowiek pekiński zostali sklasyfikowani wspólnie jako Homo erectus. W świecie hominidów na pewien czas zapanował porządek, lecz nie trwał długo.

Po upływie dekady względnego spokoju paleoantropologia weszła w kolejną fazę szybkich i licznych odkryć, która na razie wydaje się nie mieć końca. Lata sześćdziesiąte dały światu gatunek Homo habilis, przez niektórych uważany za brakujące ogniwo między ludźmi i małpami, lecz przez innych w ogóle nie traktowany jako oddzielny gatunek. Następnie przyszły (między innymi) Homo ergaster, Homo louisleakeyi, Homo rudolfensis, Homo microcranus oraz Homo antecessor, a także horda australopiteków: A. afarensis, A. praegens, A. ramidus, A. walkeri, A. anamensis i wiele innych. W dzisiejszej literaturze rozpoznawane jest dwadzieścia typów hominidów. Niestety, niemal żadna para ekspertów nie uznaje tej samej dwudziestki.

Niektórzy nadal uważają, że istnieją dwa rodzaje hominidów zasugerowane przez Howella w 1960 roku. Inni umieszczają niektóre gatunki australopiteków w oddzielnym rodzaju, zwanym Paranthropus, a jeszcze inni dodają wcześniejszą grupę zwaną Ardipithecus. Niektórzy dołączają praegens do Australopithecus, inni umieszczają go w oddzielnej kategorii, Homo antiguus, lecz większość w ogóle nie uznaje praegens za odrębny gatunek. Żadna nadrzędna władza nie administruje tymi sprawami. Akceptacja każdej nazwy następuje przez konsensus, którego często brakuje.

Paradoksalnie problem w znacznej części wynika z niedostatku dowodów. Od początku czasu kilka miliardów ludzkich (lub człekopodobnych) istot żyło na Ziemi i dodało swoją część genetycznej zmienności do ogólnoludzkich zasobów. Mimo tej ogromnej liczby cała wiedza na temat ludzkiej prehistorii opiera się na szczątkach, niekiedy niezwykle fragmentarycznych, około 5000 osobników<sup>19</sup>. „Mógłbyś ich wszystkich pomieścić w taksówce bagażowej, gdybyś ich upchał z odpowiednim brakiem szacunku”<sup>20</sup> - odpowiedział Ian

Tattersall, brodaty i przyjazny kustosz American Museum of Natural History w Nowym Jorku, gdy zapytałem go o rozmiary światowego archiwum hominidów i wczesnych ludzi.

Niedostatek nie byłby tak dotkliwy, gdyby kości były równomiernie rozłożone w czasie i przestrzeni, lecz oczywiście tak nie jest. Odkrycia są przypadkowe i nierzadko zwodnicze. Homo erectus mieszkał na Ziemi przez ponad milion lat na obszarze sięgającym od atlantyckiego brzegu Europy po pacyficzną granicę Chin, lecz gdybyśmy przywrócili do życia wszystkich osobników z gatunku Homo erectus, których niegdysiejsze istnienie potwierdzają obecnie istniejące dowody, nie wypełniłyby nawet jednego autobusu. Homo habilis pozostawił jeszcze mniej śladów: zaledwie dwa niekompletne szkielety oraz trochę kości kończyn. Coś tak krótkotrwałego jak nasza cywilizacja niemal z całą pewnością nie zostałaby w ogóle rozpoznane na podstawie wykopalisk.

„W Europie - opisuje dla ilustracji Tattersall - masz czaszki hominidów w Gruzji, datowane na około 1,7 milionów lat temu, lecz później przez prawie milion lat nie ma nic, po czym pojawiają się szczątki w Hiszpanii, na drugim końcu kontynentu, następnie znowu jest przerwa trwająca kolejne 300 000 lat i pojawia się Homo heidelbergensis w Niemczech, a żaden z nich wyglądem nie przypomina pozostałych. - Tattersall się uśmiecha. - I z takich fragmentarycznych dowodów próbujemy odtworzyć historie tych wszystkich gatunków. To dość ambitny zamiar. W rzeczywistości bardzo niewiele wiemy o związkach między różnymi dawnymi gatunkami - które prowadziły do nas, a które stanowiły ewolucyjne ślepe uliczki. Niektóre prawdopodobnie w ogóle nie powinny być uważane za odrębne gatunki”.

To właśnie ze względu na szczupłość danych wykopaliskowych każde nowe odkrycie wygląda tak odmiennie od pozostałych. Gdybyśmy mieli dziesiątki tysięcy szkieletów równomiernie rozłożonych w regularnych odstępach czasu moglibyśmy obserwować więcej pośrednich etapów. Nowe

gatunki nie pojawiają się natychmiastowo, jak wydają się sugerować obecnie istniejące dane wykopaliskowe, lecz stanowią rezultat stopniowych przekształceń innych istniejących gatunków. Im bliżej punktu dywergencji, tym większe podobieństwa, co powoduje, że odróżnienie późnego *Homo erectus* od wczesnego *Homo sapiens* staje się wyjątkowo trudne, a niekiedy wręcz niemożliwe, ponieważ dany okaz może być równocześnie jednym i drugim albo żadnym z nich. Podobne wątpliwości pojawiają się często w przypadkach identyfikacji niekompletnych szczątków - na przykład przy decyzji, czy dana kość reprezentuje samicę *Australopithecus boisei* czy samca *Homo habilis*.

Przy tak dużej niepewności naukowcy często muszą wyciągać wnioski na podstawie innych obiektów znalezionych w pobliżu, aczkolwiek niewiele się to różni od zgadywania. Jak zauważyli Alan Walker i Pat Shipman, jeżeli skoreluje się odkrycia dawnych narzędzi z gatunkami istot najczęściej znajdowanych w pobliżu, nasuwa się nieodparty wniosek, że pierwotne narzędzia stanowiły w przeważającej większości dzieło antylop<sup>21</sup>.

Prawdopodobnie nic nie ilustruje lepiej całego tego zamieszania niż liczne sprzeczności dotyczące *Homo habilis*. Najkrócej rzecz ujmując, kości *Homo habilis* nie składają się w żadną sensowną całość. Gdy ułoży się je w chronologicznej kolejności, okazuje się, że samce i samice ewoluowały w innym tempie i w przeciwnych kierunkach: wraz z upływem czasu samce stawały się mniej podobne do małp, a bardziej do człowieka, natomiast samice z tego samego okresu zmieniały się - w sensie podobieństwa - od człowieka do małpy<sup>22</sup>. Niektórzy eksperci w ogóle nie traktują *Homo habilis* jako poważnej kategorii. Tattersall oraz jego kolega Jeffrey Schwartz uważają go za „międzygatunkowy kosz na śmieci”<sup>23</sup>, do którego wszystkie niepasujące kości „mogą być wygodnie zmiecione”. Nawet ci naukowcy, którzy uznają *Homo habilis* za niezależny gatunek, nie są zgodni co do tego, czy należy on do tego samego rodzaju co my, czy raczej do bocznej gałęzi, która wymarła.

Ostatni, lecz zapewne najważniejszy czynnik stanowi ludzka natura.

Naukowcy mają naturalną tendencję do interpretowania swoich odkryć w taki sposób, jaki najbardziej sprzyja ich zawodowej pozycji. Niezwykle rzadko się zdarza, aby paleontolog ogłosił, że odkrył stanowisko pełne kości, lecz nie ma wśród nich niczego, czym warto by się ekscytować. Jak skromnie zauważył John Reader w książce *Missing Link* „To zadziwiające, jak często pierwsza interpretacja nowych dowodów potwierdza uprzedzenia ich odkrywcy”<sup>24</sup>.

To wszystko zostawia oczywiście mnóstwo miejsca dla sporów, a żadna grupa ludzi nie lubi się bardziej spierać niż paleoantropolodzy. „A ze wszystkich dziedzin nauki paleoantropologia prawdopodobnie może się pochwalić największym przydziałem wybujałego ego”<sup>25</sup> - mówi autor niedawno wydanej książki *Java Man*, której długie, nieco bezkrytyczne fragmenty stanowią ze szczerego serca płynącą krytykę kolegów po fachu, w szczególności Donalda Johansona, byłego bliskiego współpracownika autora.

Tak więc, nie licząc tego, że z pewnością mieliśmy jakąś prehistorię, niewiele można powiedzieć o ludzkiej prehistorii, nie ryzykując, że ktoś gdzieś to podważy. Biorąc pod uwagę powyższe zastrzeżenie, podsumujmy wszystko, co wiemy i uważamy za pewne w kwestii tego, czym jesteśmy i skąd pochodzimy. Wygląda to mniej więcej tak.

Przez pierwsze 99,99999 procent naszej historii byliśmy w tej samej linii genealogicznej co szympany<sup>26</sup>. Niemal nic nie wiadomo o prehistorii szympansów, lecz czymkolwiek byli ich przodkowie, byli także naszymi przodkami. Rozstaliśmy się około 7 milionów lat temu. Grupa nowych istot wyłoniła się z tropikalnych lasów Afryki i zaczęła się przemieszczać na otwarte sawanny.

Były to australopiteki, które przez następne 5 milionów lat stanowiły dominujący na świecie gatunek hominidów (australis oznacza po łacinie „południowy” i w tym kontekście nie ma nic wspólnego z Australią). Australopiteki miały kilka odmian. Niektóre były smukłe i drobne, jak odkryte przez Raymonda Darta dziecko z Taung, inne były nieco mocniej zbudowane,

wszystkie jednak potrafiły poruszać się na dwóch kończynach. Niektóre z tych gatunków istniały ponad milion lat, inne zaledwie kilkaset tysięcy, lecz warto pamiętać, że nawet te, które przetrwały najkrócej, miały historie wielokrotnie dłuższe od tego, co my dotychczas osiągnęliśmy.

Najsłynniejszy na świecie hominid został odkryty w 1974 roku w formacji skalnej Hadar w Etiopii przez zespół Donalda Johansona. Liczący 3,18 miliona lat szkielet australopiteka, formalnie nazwany AL 288-1 (od „Afar Locality” - zapadlisko Afar w Etiopii), jest lepiej znany jako Lucy, od tytułu piosenki Beatlesów Lucy in the Sky with Diamonds. Johanson, który nigdy nie wątpił, że Lucy stanowiła ważne odkrycie, stwierdził, że „ona jest naszym najdawniejszym przodkiem, brakującym ogniwem między małpą i człowiekiem”<sup>27</sup>.

Lucy była niewysoka - mierzyła zaledwie około metra. Umiała chodzić na dwóch kończynach, aczkolwiek jej sprawność w dwunożnym poruszaniu się stanowi kwestię sporną. Niewątpliwie umiała także się wspinać. Poza tym nie wiemy o niej niemal nic. Znaleziono tylko niewielkie fragmenty jej czaszki, więc niewiele można powiedzieć o rozmiarach mózgu, aczkolwiek zachowane fragmenty wydają się sugerować, że był mały. Większość książek opisuje szkielet Lucy jako kompletny w 40 procentach, niektóre mówią o połowie, a publikacja American Museum of Natural History o dwóch trzecich. W serialu telewizji BBC Ape Man określono go nawet jako „kompletny szkielet”, mimo że równocześnie pokazano na wizji coś, co mogło udawać wszystko, tylko nie kompletny szkielet.

Ludzki szkielet składa się z 206 kości, lecz wiele z nich występuje w dwóch egzemplarzach. Jeżeli znajdziesz lewą kość udową, to nie musisz szukać prawej, aby poznać jej rozmiary i kształt. Po odrzuceniu wszystkich nadmiarowych kości zostaje 120 - tak zwany półszkielet. Uwzględniając taki system liczenia - i przy założeniu, że nawet najmniejszy fragment potraktuje się jako pełną kość - Lucy stanowi zaledwie 28 procent półszkieletu (i tylko 20

procent pełnego szkieletu).

W książce *Wisdom of the Bones* Alan Walker wspomina, jak niegdyś zapytał Johansona, skąd wzięło się to 40 procent. Johanson rezolutnie odpowiedział, że odjął 106 kości rąk i stóp<sup>28</sup> - które stanowią ponad połowę całkowitej liczby, i to bardzo istotną połowę, jak można sądzić, skoro głównym, definiującym atrybutem Lucy było użycie tych rąk i stóp w zmieniającym się środowisku. Tak czy inaczej, wiemy znacznie mniej na temat Lucy, niż się powszechnie sądzi. Nie jest pewne nawet, czy była samicą. Jej płeć określono wyłącznie na podstawie jej niewielkiego wzrostu.

Dwa lata po odkryciu Lucy Mary Leakey odkryła w Laetoli w Tanzanii ślady stóp pozostawione przez dwa osobniki należące - w każdym razie takie są przypuszczenia - do tej samej rodziny hominidów. Ślady powstały, gdy dwoje australopiteków przeszło przez warstwę miękkiego tufu mulistego popiołu, który pozostał po erupcji wulkanu. Popiół stwardniał, zachowując odciski stóp na odcinku ponad 23 metrów.

W American Museum of Natural History w Nowym Jorku znajduje się intrygująca diorama przedstawiająca moment, w którym powstały te ślady; naturalnych rozmiarów samca oraz samicę idących obok siebie przez afrykański płaskowyż. Są owłosione i kształtem przypominają szympansy, lecz z ich postawy i sposobu chodzenia emanuje coś ludzkiego. Najbardziej uderzające w tym obrazie jest to, że samiec obejmuje samicę ochronnym gestem lewej ręki, sugerującym silny związek emocjonalny.

Obraz jest tak przekonujący, że łatwo przeoczyć fakt, iż wszystko oprócz samych śladów stóp stanowi wytwór wyobraźni. Niemal każdy aspekt tych dwóch postaci - stopień owłosienia, kształt twarzy (czy mieli nosy jak u szympansa czy bardziej zbliżone do nosa człowieka), wyraz twarzy, kolor skóry, rozmiar i kształt piersi u samicy - jest z konieczności oparty na przypuszczeniach. Nie możemy nawet stwierdzić, że byli parą. Ślady, które przypisujemy samicy, mogło w rzeczywistości pozostawić dziecko. Nie mamy



pewności, czy byli australopitekami. Zakładamy, że były to australopiteki, ponieważ nie mamy żadnych innych kandydatów.

Słyszałem, że zostali ustawieni w taki sposób, ponieważ w trakcie konstruowania dioramy figura samicy ciągle się przewracała, lecz Ian Tattersall ze śmiechem zaprzecza. „Nie wiemy oczywiście, czy samiec obejmował samicę, czy nie, lecz na podstawie pomiarów odległości śladów wiemy, że szli obok siebie i to dość blisko - na tyle blisko, że mogli się dotykać. Znajdowali się na odkrytym obszarze, więc mogli czuć się niepewnie. Dlatego próbowaliśmy dać im nieco przestraszony wyraz twarzy”.

Zapytałem go, czy nie uważa, że autorzy rekonstrukcji pozwolili sobie na nieco zbyt duży margines dowolności. „To zawsze jest problemem przy wszelkich próbach odtworzenia przeszłości - zgodził się skwapliwie. - Nie masz pojęcia, ile dyskusji potrafi wywołać kwestia, czy neandertalczycy mieli łuki brwiowe czy nie. Tak samo było z figurami istot z Laetoli. Nie znamy oczywiście zbyt wielu szczegółów, lecz możemy pokazać ich rozmiary, postawę, a także przyjąć pewne rozsądne założenia na temat ich wyglądu. Gdybym miał to robić od nowa, prawdopodobnie nadałbym im nieco bardziej małpi, a mniej ludzki wygląd. Te istoty nie były ludźmi. To były dwunożne małpy”.

Jeszcze do niedawna panowało przekonanie, że jesteśmy potomkami Lucy oraz istot z Laetoli, lecz obecnie wielu ekspertów zaczyna mieć wątpliwości. Pewne cechy fizyczne (na przykład zęby) sugerują wprawdzie możliwość istnienia związku między nimi i nami, lecz inne elementy anatomii australopiteka są bardziej kłopotliwe. W książce *Extinct Humans* Tattersall i Schwartz zwracają uwagę, że górna część kości udowej człowieka jest bardziej podobna do kości udowej małpy niż australopiteka. Jeżeli Lucy stanowi ogniwo łączące małpy i ludzi, to znaczy, że przez milion lat mieliśmy kość udową australopiteka, po czym w następnej fazie naszej ewolucji kość wróciła do małpiego kształtu. Autorzy książki sądzą, że Lucy nie tylko nie była naszym

przodkiem, ale także nie była typem wędrowca.

„Sposób poruszania się Lucy i jej krewniaków w niczym nie przypomina lokomocji współczesnego człowieka”<sup>29</sup> - twierdzi Tattersall. „Tylko wtedy, gdy musiały przemieszczać się między nadrzewnymi środowiskami, hominidy poruszały się na dwóch kończynach, »zmuszone« do tego przez ich własną anatomię”<sup>30</sup>. Johanson nie zgadza się z tym poglądem. „Ze względu na kształt bioder Lucy oraz układ mięśni miednicy wspinanie się na drzewa było dla niej równie trudne jak dla współczesnego człowieka”<sup>31</sup> - - napisał.

Sprawy jeszcze bardziej się skomplikowały w latach 2001 i 2002, gdy odkryto cztery nowe, niezwykle okazy. Jednego z nich Meave Leakey, członkini słynnej rodziny poszukiwaczy wykopalisk, znalazła nad jeziorem Turkana w Kenii i nazwała go *Kenyanthropus platyops*<sup>32</sup> („kenijską płaską twarzą”). Pochodzi on mniej więcej z tego samego okresu co Lucy. Wraz z jego odkryciem pojawiła się hipoteza, że to on może być naszym przodkiem, a Lucy jedynie boczną wymarłą gałęzią. W 2001 roku został także odkryty *Ardipithecus ramidus kadabba*, datowany na około 5,2 do 5,8 miliona lat, oraz *Orrorin tugenensis*, liczący 6 milionów lat. Przez krótką chwilę był to najstarszy znany hominid<sup>33</sup>. W lecie 2002 roku francuski zespół pracujący na pustyni Djurab w Czadzie (na terenie, gdzie dotychczas nie odkryto żadnych archaicznych kości) znalazł hominida liczącego prawie 7 milionów lat<sup>34</sup>. Odkrywczy nazwali go *Sahelanthropus tchadensis* (niektórzy krytycy sądzą, że nie był to hominid, lecz wczesna małpa, i powinien zostać nazwany *Sahelpithecus*<sup>35</sup>). Były to wczesne, dość prymitywne istoty, jednak chodziły w wyprostowanej postawie i robiły to znacznie dawniej, niż do tej pory sądzono.

Dwunożność stanowi wymagającą i ryzykowną strategię. Wiąże się z przekształceniem miednicy w taki sposób, aby mogła unieść cały ciężar górnej części ciała. Aby zachować odpowiednią wytrzymałość, kanał rodny u samicy musi być dość wąski, co powoduje dwie istotne, natychmiastowe konsekwencje oraz jedną długofalową. Po pierwsze, oznacza to silne bóle porodowe u każdej

rodzącej matki oraz znaczne zwiększenie śmiertelności matek i noworodków. Po drugie, jeżeli głowa noworodka ma się przecisnąć przez wąski kanał rodny, dziecko musi się rodzić wtedy, gdy jego mózg jest wciąż niewielki, co oznacza, że w momencie narodzin jest całkowicie bezradne. Oznacza to długi okres opieki matki nad dzieckiem i w konsekwencji także silne, długotrwałe związki między samcami i samicami.

To wszystko jest dostatecznie trudne do zrealizowania, gdy jesteś intelektualnym prymusem całej planety. Dla małego, słabego australopiteka, z mózgiem wielkości pomarańczy\*, ryzyko musiało być ogromne<sup>36</sup>.

Dlaczego zatem Lucy i jej krewniacy zeszli z drzew i wyszli z lasu? Prawdopodobnie nie mieli wyboru. Stopniowe wynurzenie Przesmyku Panamskiego odcięło przepływ wody z Pacyfiku na Atlantyk, zwracając

\* Bezwzględne rozmiary mózgu nie są jedynym, a może nawet nie najważniejszym wyróżnikiem inteligencji. Słonie i wieloryby mają mózgi większe od naszych, lecz nie miałybyś trudności z przechytrzeniem ich przy grze w brydża. Bardziej znaczące są względne rozmiary mózgu, o czym nierzadko się zapomina. Jak pisze Gould, *A. africanus* miał mózg o objętości zaledwie 450 centymetrów sześciennych, mniejszy od mózgu goryla, lecz przeciętny *africanus* ważył mniej niż 45 kilogramów, a samica jeszcze mniej, podczas gdy goryle nierzadko ważą ponad 150 kilogramów<sup>37</sup>. płynące do Arktyki ciepłe prądy wodne i wywołując wyjątkowo ostre zlodowacenia na północnych szerokościach geograficznych. W Afryce spowodowało to okresy suszy i chłodu, które stopniowo przekształcały dżungle w sawanny. „To nie Lucy i jej krewniacy opuścili lasy - napisał John Gribbin - to lasy opuściły ich”<sup>38</sup>.

Wyjście na otwarte sawanny spowodowało oczywiście, że wczesne hominidy wystawiły się na znacznie większe ryzyko zdemaskowania. Wyprostowany hominid widzi dalej i lepiej, lecz i on sam jest także lepiej widoczny. Nawet obecnie nasz gatunek jest niemal niedorzecznie bezbronny. Prawie każde duże zwierzę jest silniejsze, szybsze i ma lepsze uzębienie niż

człowiek. W konfrontacji z drapieżnikami mamy tylko dwie zalety, które dają nam szansę przeżycia. Mamy sprawny, duży mózg, dzięki któremu możemy obmyślać strategie przetrwania; i mamy ręce, dzięki którym możemy rzucać lub machać niebezpiecznymi przedmiotami. Jesteśmy jedynymi istotami na planecie, które potrafią walczyć na odległość, dlatego możemy sobie pozwolić na fizyczną słabość.

Wydaje się, że wszystko było przygotowane na raptowną ewolucję potężnego mózgu, lecz najwyraźniej taki scenariusz nie został zrealizowany. Przez ponad 3 miliony lat Lucy i jej krewniacy nie ulegli niemal żadnym ewolucyjnym zmianom<sup>39</sup>. Ich mózg się nie zwiększył. Nie ma żadnych znaków, które wskazywałyby, że używali choćby najprostszyc narzędzi. Co najbardziej dziwne, wiemy obecnie, że przez około milion lat australopiteki żyły równolegle z innymi hominidami, które używały narzędzi. Mimo to nigdy nie skorzystały z tej użytecznej technologii, którą miały do dyspozycji<sup>40</sup>.

Wydaje się, że w pewnym momencie, w okresie między 3 i 2 milionami lat temu, w Afryce mogło współistnieć aż sześć typów hominidów. Tylko jednemu przeznaczenie pozwoliło istnieć dłużej - Homo, który wyłonił się z mgły około 2 milionów lat temu. Nie wiadomo, czy i jaki był związek między australopitekami a Homo, lecz wiadomo, że współistniały przez ponad milion lat, zanim wszystkie australopiteki, zarówno *Australopithecus robustus*, jak i *Australopithecus gracile*, zniknęły tajemniczo, i chyba dość raptownie, ponad milion lat temu. Nie znamy przyczyn ich wyginięcia. „Możliwe, że je zjedliśmy”, sugeruje Matt Ridley<sup>41</sup>.

Według powszechnie przyjętej nomenklatury linia Homo zaczyna się od *Homo habilis*, istoty, o której nie wiemy niemal niczego, a kończy na nas, *Homo sapiens* (dosłownie „człowiek myślący”). Nazwy około pół tuzina gatunków, które istniały między tymi dwoma skrajnymi gatunkami, zależą trochę od tego, czyjej opinii jesteś skłonny dać ucha: *Homo ergaster*, *Homo neanderthalensis*, *Homo rudolfensis*, *Homo heidelbergensis*, *Homo erectus* i *Homo antecessor*.

Homo habilis („człowiek zręczny”) został tak nazwany przez Louisa Leakeya i jego współpracowników w 1964 roku, ponieważ był to pierwszy hominid, który używał narzędzi. Narzędzia były oczywiście bardzo proste, a ich użytkownik był dość prymitywną istotą, bardziej przypominającą szympansa niż człowieka, lecz jego mózg był około 50 procent większy od mózgu Lucy, licząc w liczbach bezwzględnych. W proporcji do masy ciała był większy prawie w takim samym stopniu, więc był to Einstein owej epoki. Nie istnieje żaden przekonujący powód, dla którego 2 miliony lat temu mózgi hominidów zaczęły nagle rosnać. Bardzo długo panowało przekonanie, że istnieje związek między dużym mózgiem i dwunożną postawą - wyjście z lasów wymusiło potrzebę wymyślania nowych strategii przeżycia, która z kolei napędzała lub faworyzowała mózgowców - więc pewną niespodziankę stanowiły liczne odkrycia dwunożnych tępaków, które przeczą istnieniu tego związku.

„Nie znamy żadnego przekonującego powodu, który wyjaśniałby, dlaczego ludzkie mózgi są duże”, mówi Tattersall. Mózg jest wymagającym narządem - stanowi zaledwie 2 procent masy ciała u człowieka, lecz pochłania 20 procent energii<sup>42</sup>. Jest także dość wybredny. Możesz do końca życia nie jeść nic tłustego, a twój mózg nie będzie protestował, ponieważ nie znosi tłuszczu, natomiast przepada za glukozą, i to w dużych ilościach, nawet jeżeli oznacza to oszukiwanie innych narządów. Jak pisze Guy Brown: „Organizm jest nieustannie wystawiony na niebezpieczeństwo pozbawienia pożywienia przez chciwy mózg, lecz organizm nie może sobie pozwolić na głodzenie mózgu, gdyż prowadzi to do szybkiej śmierci”<sup>41</sup>. Większy mózg potrzebuje więcej pożywienia, a więcej pożywienia oznacza większe ryzyko. Ian Tattersall sądzi, że powstanie dużego mózgu mogło być po prostu konsekwencją ewolucyjnego przypadku. Podobnie jak Stephen Gould, Tattersall uważa, że gdyby cofnąć taśmę życia - nawet do względnie niedawnej epoki, gdy powstały hominidy - i puścić ją od nowa, szanse, że człowiek lub podobna doń istota istniałaby teraz na Ziemi są „raczej znikome”.

„Dla człowieka jedną z najtrudniejszych do zaakceptowania rzeczy jest fakt, że nie jesteśmy zwieńczeniem niczego - mówi Tattersall. - W naszym istnieniu nie ma nic nieuniknionego. Nasza ludzka próżność każe nam myśleć o ewolucji jako o procesie, który był efektywnie zaprogramowany, aby nas wyprodukować. Nawet antropolodzy mieli skłonność do takiego myślenia jeszcze w latach siedemdziesiątych”. W wydanym w 1991 roku popularnym podręczniku *The Stages of Evolution* C. Loring Brace trzyma się uporczywie linearnej koncepcji, wspominając tylko jedną ewolucyjną ślepą uliczkę, australopiteka z gatunku *Australopithecus robustus*<sup>44</sup>. Wszystkie inne hominidy reprezentowały bezpośredni postęp - każdy gatunek niósł pałeczkę rozwoju, po czym przekazywał ją nowej, młodszej generacji. Obecnie jednak wydaje się pewne, że wiele z tych wczesnych form podążało bocznymi torami, które nie doprowadziły do niczego.

Szczęśliwym dla nas zbiegiem okoliczności jedna z form - grupa użytkowników narzędzi, która pojawiła się jakby znikąd i istniała równolegle z tajemniczymi, kontrowersyjnymi *Homo habilis* - trafiła na tor, który doprowadził do nas. Był to *Homo erectus*, gatunek odkryty w 1891 roku na Jawie przez Eugene'a Dubois. Różne źródła podają różne daty, lecz wydaje się, że *Homo erectus* pojawił się przed około 1,8 miliona laty, a wymarł bardzo niedawno, może nawet 20 000 lat temu.

*Homo erectus*, zdaniem autorów książki *Java Man*, stanowi linię graniczną - wszystkie wcześniejsze gatunki hominidów były bardziej zbliżone do małp, wszystkie późniejsze do ludzi<sup>45</sup>. *Homo erectus* był pierwszym łowcą, pierwszy używał ognia, produkował pierwsze złożone narzędzia, pozostawił najstarsze ślady obozowisk, pierwszy opiekował się chorymi i słabymi. W porównaniu z wszystkimi poprzednimi gatunkami *Homo erectus* był wyjątkowo zbliżony do człowieka, zarówno pod względem budowy, jak i zachowania. Miał długie kończyny, był szczupły, bardzo silny (znacznie silniejszy od współczesnego człowieka), dysponował energią i inteligencją, które pozwoliły

mu się rozprzestrzenić na olbrzymich obszarach. Na innych hominidach Homo erectus niewątpliwie robił wrażenie osobnika dużego, groźnego, szybkiego i bystrego. Jego mózg był o wiele bardziej zaawansowany niż cokolwiek, co świat widział uprzednio.

Według Alana Walkera z Penn State University, jednego z czołowych ekspertów, erectus był „velociraptorem swoich czasów”. Gdybyś spojrział któremuś z nich w oczy, mógłby zrobić na tobie zadziwiająco ludzkie wrażenie, lecz „nie nawiązałbyś kontaktu. Byłbyś łupem”. Zdaniem Walkera Homo erectus miał ciało dorosłego człowieka, ale mózg niemowlęcia.

Homo erectus był wprawdzie znany prawie od stu lat, lecz wyłącznie na podstawie nielicznych fragmentów, w żadnym stopniu niewystarczających do skompletowania pełnego szkieletu. Dopiero dzięki nieoczekiwanemu odkryciu, jakiego dokonano w latach osiemdziesiątych w Afryce, doceniono jego rolę - lub przynajmniej możliwą rolę - jako ewentualnego prekursora współczesnych ludzi. Odległy wąwóz jeziora Turkana (uprzednio Jeziora Rudolfa) w Kenii stanowi obecnie jedno z najbardziej produktywnych stanowisk wykopaliskowych wczesnych ludzi, mimo że przez długie lata nikt nie sądził, że warto tam kopać. Dopiero gdy samolot, którym leciał Richard Leakey, musiał zmienić kurs i przeleciał nad wąwozem, Leakey zdał sobie sprawę, że być może jest to bardziej obiecujący teren, niż sądzono. Wysłano zespół badawczy, który początkowo nie znalazł niczego. Pewnego późnego popołudnia Kamoya Kimeu, najslawniejszy łowca wykopalisk w grupie Leakeya, znalazł mały fragment czoła hominida na wzgórzu położonym dość daleko od jeziora. Takie miejsce raczej nie wydawało się sprzyjać wykopaliskom, lecz z szacunku dla Kimeu oraz jego instynktu zaczęli kopać i - ku swemu zdumieniu - znaleźli prawie kompletny szkielet osobnika z gatunku Homo erectus. Był to chłopiec w wieku około dziewięciu do dwunastu lat, który żył 1,54 miliona lat temu<sup>46</sup>. Szkielet miał „całkowicie współczesną strukturę ciała”, mówi Tattersall, co stanowiło odkrycie bez precedensu. Chłopiec z Turkana był „zdecydowanie jednym z

nas”<sup>47</sup>.

Kimeu znalazł także nad jeziorem Turkana liczący 1,7 miliona lat szkielet samicy, oznaczony KNM-ER 1808, który wyraźnie wskazywał, że *Homo erectus* był w istocie bardziej interesujący i godny uwagi, niż uprzednio sądzono. Kości były zdeformowane i pokryte grubymi kostniami, które stanowią rezultat poważnej choroby zwanej hiperwitaminozą A, wywołanej przez spożywanie wątroby mięsożernych zwierząt. To świadczyło przede wszystkim o tym, że *Homo erectus* jadł mięso. Jeszcze bardziej zaskakujący był stopień zaawansowania narostów, który wskazywał, że choroba trwała wiele tygodni, a może nawet miesięcy. W tym czasie ktoś się tą istotą musiał opiekować<sup>48</sup>. Był to pierwszy dowód zachowań opiekuńczych w ewolucji hominidów.

Odkryto także, że czaszki *Homo erectus* zawierały (lub, w opinii innych badaczy, prawdopodobnie zawierały) tak zwane pole Broki, położone w płacie czołowym i odpowiedzialne za mowę. Szympansy nie posiadają pola Broki. Alan Walker sądzi, że krtan nie miała wystarczających rozmiarów oraz złożoności umożliwiającej używanie mowy i że *erectus* prawdopodobnie komunikował się werbalnie mniej więcej na takim poziomie jak współczesne szympansy. Inni, zwłaszcza Richard Leakey, byli przekonani, że *erectus* używał mowy.

Wydaje się, że w owym czasie *Homo erectus* był jedynym gatunkiem hominidów. Był niezmiernie przedsiębiorczy - rozprzestrzenił się na planecie z zapierającą dech prędkością<sup>49</sup>. Dowody wykopaliskowe, gdyby potraktować je dosłownie, sugerują że niektórzy przedstawiciele gatunku pojawili się na Jawie mniej więcej w tym samym czasie (a nawet nieco wcześniej), gdy opuścili Afrykę. Niektórzy naukowcy wyciągnęli stąd wniosek, że pierwsi przodkowie współczesnych ludów nie pojawili się w Afryce, lecz w Azji - co byłoby godne uwagi, a właściwie graniczyłoby z cudem, ponieważ żaden poprzedzający gatunek nie został nigdy znaleziony poza Afryką. Azjatyckie hominidy



musiałyby zatem pojawić się spontanicznie. Zresztą nawet gdyby tak było, azjatyckie pochodzenie nie rozwiązałoby problemu, a jedynie odwróciło go - nadal pozostałaby do wyjaśnienia kwestia, w jaki sposób przedostały się tak szybko z Jawy do Afryki.

Istnieje kilka bardziej prawdopodobnych, alternatywnych wyjaśnień tego, jak Homo erectus zdołał znaleźć się w Azji tak szybko po tym, jak pojawił się po raz pierwszy w Afryce. Po pierwsze, datowanie szczątków wczesnych ludzi jest obarczone dość znaczną niepewnością. Jeżeli rzeczywisty wiek afrykańskich kości jest bliższy górnej granicy oszacowań, a wiek kości jawajskich - bliższy dolnej granicy, lub ewentualnie zachodzi jedno i drugie, to afrykański erectus miałby mnóstwo czasu na dojście do Azji. Po drugie, jest całkiem możliwe, że starsze kości gatunku erectus wciąż czekają na odkrycie w Afryce. Po trzecie, jawajskie daty mogą być całkowicie błędne.

Pewne jest tylko to, że ponad milion lat temu jakieś nowe, dość zbliżone do współczesnych ludzi dwunożne istoty opuściły Afrykę i śmiało rozeszły się po większej części globu. Wszystko wskazuje na to, że dokonały tego bardzo szybko. Średnie tempo ich rozprzestrzeniania się wynosiło aż 40 kilometrów na rok. Trzeba przy tym pamiętać, że musiały przekraczać góry, pokonywać rzeki, pustynie oraz inne przeszkody i równocześnie adaptować się do nowych warunków klimatycznych oraz nowych źródeł pożywienia. Szczególnie intrygujące jest pytanie, w jaki sposób przedostały się wzdłuż zachodniego brzegu Morza Czerwonego. Nawet dzisiaj jest to obszar znany z wyjątkowej jałowości, a w przeszłości był jeszcze bardziej suchy. Zadziwiający paradoks sprawił, że te same warunki, które skłoniły wychodźców do opuszczenia Afryki, uczyniły exodus jeszcze trudniejszym. Jakoś zdołali jednak pokonać wszystkie przeszkody i rozkwitnąć na wszystkich lądach, do których dotarli.

Obawiam się, że na tym kończy się zasób informacji, co do których panuje zgoda wśród naukowców. Jak zobaczymy w kolejnym rozdziale, następne fazy ludzkiej historii stanowią przedmiot długiej i zawziętej debaty.

Zanim do niego przejdziemy, warto zwrócić uwagę, że wszystkie te trwające 5 milionów lat ewolucyjne przepychanki, od najdawniejszego, zagadkowego australopiteka aż do w pełni ukształtowanego człowieka współczesnego, wyprodukowały istotę, która wciąż jest w 98,4 procent nieodróżnialna od współczesnego szympansa. Większa różnica dzieli zebkę od konia lub delfina od morświna niż ciebie od włochatych istot, które twoi dawni przodkowie pozostawili za sobą, gdy wyruszyli na podbój wszechświata.

## Rozdział 29

### NIESFORNA MAŁPA

Okolo półtora miliona lat temu jakiś nieznan nam geniusz świata hominidów zrobił coś nieoczekiwanego. Wziął (lub, co jest bardzo prawdopodobne, wzięła) do ręki kamień, aby za jego pomocą ociosać inny kamień. W rezultacie powstało proste kamienne ostrze - pierwszy światowy produkt zaawansowanej technologii.

Ten wynalazek miał tak wyraźną przewagę nad dotychczas stosowanymi narzędziami, że niebawem znalazło się wielu jego wytwórców. Niektórzy z nich oddawali się temu zajęciu z takim zapałem, że niekiedy odnosimy wrażenie, jakby całe społeczności nie zajmowały się niczym innym. „Produkowali je tysiącami<sup>1</sup> - mówi Ian Tattersall. - Są takie miejsca w Afryce, gdzie dosłownie nie da się przejść, aby się o nie nie potknąć. To trochę dziwne, ponieważ są to przedmioty wymagające sporo pracy. Wygląda na to, że robili je dla samej przyjemności”.

Z półki w swoim słonecznym biurze Tattersall zdjął i podał mi olbrzymi odlew, długości około pół metra, liczący dwadzieścia centymetrów w najszerszym miejscu. Odlew ma kształt ostrza włóczni, lecz rozmiary płyty chodnikowej. Jest bardzo lekki, waży zaledwie kilka uncji, choć oryginał, który znaleziono w Tanzanii, miał jedenaście kilogramów. „Był kompletnie bezużyteczny jako narzędzie - powiedział Tattersall. - Dwóch ludzi potrzeba, żeby go podnieść, ale uderzenie czegokolwiek przy jego użyciu byłoby dość problematyczne”.

„W takim razie do czego służył?”

Tattersall wzruszył ramionami, wyraźnie rozbawiony. „Nie mam pojęcia. Zapewne miał jakieś symboliczne znaczenie, ale możemy tylko zgadywać

jakie”.

Ostrza stały się znane jako pięściaki aszelskie, od St Acheul, przedmieścia Anuens w północnej Francji, gdzie w dziewiętnastym wieku po raz pierwszy je odkryto. Odmienny kształt miały starsze, prostsze narzędzia, [zwane olduwajskimi, których pierwsze egzemplarze znaleziono w wąwozie Olduvai w Tanzanii. W starszych podręcznikach narzędzia olduwajskie są zwykle przedstawiane jako tępe, okrągłe kamienie wielkości pięści. Obecnie paleoantropolodzy sądzą, że funkcję narzędzi pełniły fragmenty odłupane z tych większych kamieni, które mogły potem zostać użyte do cięcia.

I tu mamy pewną zagadkę. Gdy wczesni ludzie - nasi przodkowie - zaczęli wędrówkę z Afryki ponad 100 000 lat temu, narzędzia aszelskie stanowiły główny produkt ich technologii. Wczesny Homo sapiens był bardzo przywiązany do swoich narzędzi. Nosił je ze sobą na olbrzymie dystanse. Niekiedy zabierał nawet nieukształtowane kamienie, aby później uczynić z nich narzędzia. Krótko mówiąc, był miłośnikiem zaawansowanych technologii. W takim razie jak wytłumaczyć fakt, że znajdujemy narzędzia aszelskie wszędzie w Afryce, Europie, zachodniej i środkowej Azji, lecz niemal nigdzie na Dalekim Wschodzie? To wyjątkowo intrygująca zagadka.

W latach czterdziestych ubiegłego wieku Hallam Movius, paleontolog z Harvardu, narysował tak zwaną linię Moviusa oddzielającą obszar, na którym występują narzędzia aszelskie, od reszty świata. Biegnie ona na ukos przez Europę w kierunku południowo-wschodnim, dalej przez Środkowy Wschód i kończy się w okolicach współczesnej Kalkuty i Bangladeszu. Na wschód od linii Moviusa, w całej Azji Południowo-Wschodniej i w części Chin znane są tylko starsze, prostsze narzędzia olduwajskie. Wiemy, że Homo sapiens dotarł daleko poza tę linię, dlatego więc doniósł swoją zaawansowaną, wysoce cenioną technologię jedynie do granic Dalekiego Wschodu, a następnie ją porzucił.

„To mnie bardzo długo intrygowało - wspomina Alan Thome z Australian National University w Canberze. - Cała współczesna antropologia jest oparta na

idei, że ludzie wyszli z Afryki dwiema falami - jako Homo erectus, który między innymi spłodził człowieka jawajskiego i człowieka pekińskiego, oraz jako bardziej zaawansowany Homo sapiens, który zastąpił swego poprzednika. Zaakceptowanie tej teorii wymaga jednak przyznania, że Homo sapiens dotarł tak daleko ze swoją bardziej nowoczesną technologią, a następnie z jakiegoś powodu ją porzucił. To było, oględnie mówiąc, bardzo zagadkowe”.

Jak się okazało, antropologów czekało znacznie więcej takich zagadek, a jedna z najbardziej intrygujących pochodzi z tej samej części świata, w której mieszka Thorne - z Australii. W 1968 roku geolog Jim Bowler badał dno dawno wyschniętego jeziora Mungo w pustynnej, odludnej części zachodniej Nowej Południowej Walii, gdy coś bardzo nieoczekiwanego wpadło mu w oko - ludzkie kości wystające ze zbocza piaszczystej, półokrągłej wydmy, tworzącej formę terenową zwaną lunetą. W owych czasach sądzono, że ludzie byli w Australii przez nie więcej niż 8000 lat, lecz jezioro Mungo było wyschnięte od 12 000 lat. W takim razie co w tak niegościnnym otoczeniu robił ten osobnik?

Dzięki datowaniu węglowemu okazało się, że właściciel znalezionych przez Bowlera kości żył w czasach, gdy jezioro Mungo było znacznie bardziej gościnnym miejscem - długim na 20 kilometrów zbiornikiem wodnym, pełnym ryb, otoczonym przez lasy i kępy drzew o nazwie kazuaryna. Ku zaskoczeniu wszystkich, kości miały 23 000 lat. Inne znalezione w pobliżu kości miały aż 60 000 lat. Było to wyjątkowo nieoczekiwane odkrycie, niemalże graniczące z niemożliwością. Przez cały okres egzystencji hominidów na Ziemi Australia była wyspą. Wszelkie ludzkie istoty, które się tam znalazły, musiały dopłynąć, pokonawszy 100 lub więcej kilometrów otwartego oceanu, nie mając żadnej możliwości sprawdzenia, czy za horyzontem kryje się gościnny ląd. Musiało ich być wystarczająco dużo, aby stworzyć rozwijającą się populację. Po wylądowaniu lud Mungo musiał jeszcze pokonać 3000 kilometrów australijskiego interioru, od północnego wybrzeża - domniemanego miejsca lądowania - - co sugeruje, według raportu opublikowanego w „Proceedings of

the National Academy of Sciences”, że „ludzie mogli dotrzeć po raz pierwszy do Australii znacznie wcześniej niż 60 000 lat temu”<sup>2</sup>.

Dlaczego i jakim sposobem tam dotarli - to pytania, na które nie znamy odpowiedzi. Według większości antropologów nie ma nawet dowodów, że 60 000 lat temu ludzie potrafili mówić, nie wspominając już o tego rodzaju zbiorowych działaniach, jakie trzeba by przedsięwziąć, aby budować statki oceaniczne oraz kolonizować wyspy i zamorskie kontynenty.

„Nie wiemy wielu rzeczy na temat migracji ludzi przed fazą spisanej historii<sup>3</sup> - powiedział mi Alan Thorne podczas spotkania w Canberze. - Czy wiesz, że gdy dziewiętnastowieczni antropolodzy dotarli do Papui - Nowej Gwinei, odkryli ludy hodujące słodkie ziemniaki w interiorze, w górach, w najbardziej niedostępnych miejscach na Ziemi? Słodkie ziemniaki pochodzą z Ameryki Południowej. Skąd zatem wzięły się w Papui-Nowej Gwinei? Nie wiemy. Nie mamy najmniejszego pojęcia. Lecz jest pewne, że ludzie przemieszczali się ze znacznie większą pewnością i znacznie dłużej, niż się zwykle sądzi. I niemal na pewno wymieniali zarówno geny, jak i informacje”.

Problem, jak zwykle, leży w danych wykopaliskowych. „Na świecie jest bardzo niewiele miejsc, gdzie istnieją naturalne warunki choćby częściowo sprzyjające przetrwaniu ludzkich szczątków - ~ mówi Thome, sympatyczny typ naukowca z kózką bródką. - Gdyby nie kilka produktywnych obszarów, takich jak Hadar i Olduvai we wschodniej Afryce, wiedzielibyśmy niepokojąco mało. A gdy szukasz gdzie indziej, często okazuje się, że naprawdę wiemy niepokojąco mało. Na całym obszarze Indii znaleziono dokładnie jedną ludzką skamieniałość, sprzed około 300 000 lat. Między Irakiem i Wietnamem, a jest to odległość około 5000 kilometrów, dwie: tę z Indii oraz neandertalczyka w Uzbekistanie. - Skrzywił się. - To niezbyt wiele jak na materiał do badania migracji. W rezultacie mamy tylko kilka produktywnych obszarów do poszukiwań ludzkich skamielin, jak Wielki Rów Afrykański, Mungo, tu, w Australii, oraz bardzo niewiele pomiędzy nimi. Nic dziwnego, że paleontolodzy

mają trudności z połączeniem tych punktów na mapie”.

Tradycyjna teoria ludzkich migracji, nadal akceptowana przez większość fachowców z tej dziedziny, mówi o dwóch fazach rozprzestrzeniania się ludzi w Eurazji. W pierwszej fali był Homo erectus, który opuścił Afrykę zadziwiająco szybko - niemal natychmiast po tym, jak pojawił się jako gatunek - około 2 milionów lat temu. W późniejszym czasie, gdy osiedlał się w różnych rejonach, Homo erectus ewoluował i tworzył inne gatunki - człowieka jawajskiego i człowieka pekińskiego w Azji oraz Homo heidelbergensis i Homo neanderthalensis w Europie.

Następnie, około 100 000 lat temu, na afrykańskim płaskowyzu pojawiły się istoty tworzące nowy gatunek - przodkowie wszystkich ludzi żyjących obecnie na Ziemi - i zaczęły się rozchodzić po świecie jako druga fala: Homo sapiens. Gdziekolwiek doszły, wypierały swoich mniej bystrych poprzedników. Ewentualne metody tej eksterminacji do dzisiaj są kwestią sporną. Nigdy nie znaleziono żadnych śladów użycia siły, więc większość fachowców uważa, że nowe hominidy po prostu wygrały w ewolucyjnej konkurencji, choć inne czynniki mogły także wchodzić w grę. „Może zaraziliśmy ich ospą - sugeruje Tattersall. - Nie mamy sposobu, żeby to zbadać. Pewne jest tylko to, że my jesteśmy tu i teraz, a oni nie”.

Pierwsi przedstawiciele naszego gatunku są zaskakująco tajemniczymi. To dziwne, ale wiemy o nich mniej niż o jakiegokolwiek innej linii hominidów. Jak zauważył Tattersall, to naprawdę zadziwiające, „że najbardziej niedawny etap w ludzkiej ewolucji - powstanie naszego własnego gatunku - jest prawdopodobnie najmniej poznany”<sup>4</sup>. Nie ma nawet pełnej zgody co do tego, kiedy współczesny człowiek po raz pierwszy pojawił się w danych wykopaliskowych. Wiele ksiązek za jego debiut uznaje szczątki znalezione w pobliżu ujścia rzeki Klasies w Republice Południowej Afryki, liczące około 120 000 lat. Nie wszyscy badacze zgadzają się co do tego, czy byli to w pełni ukształtowani przedstawiciele naszego gatunku. Tattersall i Schwartz uważają że „nadal

potrzebne jest definitywne wyjaśnienie, czy którykolwiek z nich lub ewentualnie wszyscy reprezentują nasz gatunek”<sup>5</sup>.

Pierwsze niekwestionowane ujawnienie się Homo sapiens odnotowano we wschodniej części Morza Śródziemnego, w okolicach dzisiejszego Izraela, gdzie zaczęli się pojawiać około 100 000 lat temu - lecz nawet tam są oni określani (przez Trinkausa i Shipmana) jako „dziwni, trudni do sklasyfikowania i słabo poznani”<sup>6</sup>. Neandertalczycy, którzy byli już wtedy obecni w tym rejonie, używali zestawu narzędzi zwanego mustierskim. Ówczesni przedstawiciele nowoczesnych ludzi ewidentnie uznali ten zestaw za dostatecznie użyteczny, aby go sobie przyswoić. W północnej Afryce nigdy nie znaleziono żadnych szczątków neandertalczyków, lecz wszędzie pojawiają się ich zestawy narzędzi, nasuwa się więc wniosek, że ktoś musiał je tam dostarczyć<sup>7</sup>. Jedynym kandydatem jest Homo sapiens. Wiadomo także, że neandertalczycy i ludzie współistnieli przez dziesiątki lat na Bliskim Wschodzie. „Nie wiemy, czy tylko istnieli w tym samym czasie, czy faktycznie mieszkali obok siebie”, mówi Tattersall, ale ludzie nadal chętnie używali narzędzi neandertalczyków, co raczej nie świadczy o całkowitej wyższości Homo sapiens. Równie dziwny jest fakt, że narzędzia aszelskie były używane na Bliskim Wschodzie przez ponad milion lat, lecz niemal nie występują one w Europie aż do około 300 000 lat temu. Pozostaje zagadką dlaczego ludzie, którzy dysponowali tą technologią nie zabrali jej ze sobą.

Długo sądzono, że kromanieńczycy, jak nazywani są pierwsi ludzie w Europie, wypierali neandertalczyków, przemieszczając się ze wschodu na zachód, aż w końcu zapędzili ich na zachodnie krańce kontynentu, gdzie zostawili im wybór między ucieczką do morza lub wymarciem. <sup>wjj^H</sup> Obecnie wiemy, że kromanieńczycy byli obecni na zachodnich krańcach Europy mniej więcej w tym samym czasie, gdy nadchodzili ze wschodu. „Europa była dość pustawym miejscem w tych czasach - mówi Tattersall. - Być może nie spotykali się tak często, nawet uwzględniając wszystkie te migracje”. Jednym z



interesujących aspektów migracji kromaniończyków jest fakt, że ich nadejście zbiegło się w czasie z okresem znanym w paleoklimatologii jako interwał Boutelliera<sup>8</sup>, gdy po okresie względnie łagodnej pogody w Europie nastąpiła kolejna, długa faza ostrej zimy. Cokolwiek skłoniło ich do zaludnienia Europy, z pewnością nie była to sprzyjająca pogoda. Tak czy inaczej, hipoteza, zgodnie z którą neandertalczycy załamali się w obliczu konkurencji ze strony nowo przybyłych kromaniończyków, wydaje się nieco naciągana w świetle obecnie dostępnych dowodów. Neandertalczycy bynajmniej nie byli słabeuszami. Przetrwali dziesiątki tysięcy lat w warunkach, których nie doświadczył żaden współczesny człowiek, nie licząc paru polarników i odkrywców. W najgorszych fazach zlodowacenia powszechne były zamiecie śnieżne o sile huraganów. Temperatury często spadały do minus 45 stopni Celsjusza. Ośnieżone doliny południowej Anglii nawiedzały niedźwiedzie polarne. Neandertalczycy niewątpliwie wycofywali się z najbardziej niegościnnych obszarów, lecz nawet w bardziej sprzyjających warunkach doświadczali pogody co najmniej tak groźnej jak dzisiejsza syberyjska zima. Z pewnością nie było to łatwe życie - neandertalczyk, który znacznie przekroczył trzydziestkę, mógł się uważać za szczęśliwca - lecz jako gatunek byli niezwykle odporni i właściwie niezniszczalni. Przetrwali co najmniej 100 000 lat, a być może nawet dwukrotnie więcej, na obszarze rozciągającym się od Gibraltaru po Uzbekistan, co jak na gatunek zaawansowanych istot stanowi całkiem niezły wyczyn<sup>9</sup>.

Pytanie, kim byli i jak wyglądali, pozostaje wciąż kwestią, co do której nie ma zgody wśród antropologów, natomiast jest mnóstwo niepewności. Aż do połowy dwudziestego wieku wśród antropologów panował dość powszechnie przyjęty pogląd, że neandertalczyk był tępawym, przygarbionym, powłóczącym nogami małpoludem - kwintesencją jaskiniowca. Do zmiany tego przekonania przyczynił się bolesny wypadek, jaki przydarzył się w 1947 roku Camille'owi Arambourgowi, francusko-algijskiemu paleontologowi<sup>10</sup>. Pewnego dnia, w trakcie prac wykopaliskowych na Saharze, Arambourg schronił się przed

upalnym słońcem pod skrzydłem swego

470 lekkiego samolotu, lecz wybrał wyjątkowo pechowy moment, ponieważ I opona samolotu eksplodowała od gorąca i samolot uderzył go w górną część ciała. Po powrocie do Paryża zrobiono mu prześwietlenie szyi. Ku swemu zdumieniu paleontolog stwierdził, że jego kręgi są ułożone dokładnie tak samo jak u przygarbionego, niezgrabnego neandertalczyka. Z dwóch możliwych wyjaśnień - albo Arambourg jest fizjologicznie prymitywnym organizmem, albo postura neandertalczyka została błędnie opisana w literaturze - prawdziwe okazało się to drugie. Układ kręgowy neandertalczyka wcale nie miał małych cech. Odkrycie to całkowicie zmieniło sposób postrzegania neandertalczyków - przynajmniej przez pewien czas.

Wciąż jednak panuje dość powszechne przekonanie<sup>11</sup>, że pod względem inteligencji i charakteru neandertalczyk nie dorównywał swemu szczuplejszemu, bystrzejszemu krewniakowi, świeżo przybyłemu z Afryki przedstawicielowi Homo sapiens. Oto typowy cytat z niedawno wydanej książki: „Współcześni ludzie zneutralizowali tę przewagę [wyraźnie silniejszą budowę ciała neandertalczyków] lepszą odzieżą, lepszym ogniskiem i lepszym schronieniem; natomiast neandertalczyki utknęli ze swoim zbyt dużym ciałem, którego utrzymanie wymagało więcej żywności”<sup>12</sup>. Innymi słowy, te same czynniki, dzięki którym pomyślnie przetrwali 100 000 lat, nagle stały się niemożliwymi przeszkodami.

Przede wszystkim jednak pozostaje do wyjaśnienia kwestia, której niemal nigdy się nie porusza, mianowicie rozmiar mózgu-Mózg neandertalczyka był znacznie większy od mózgu współczesnego człowieka - 1,8 litra u neandertalczyka wobec 1,4 u człowieka, według jednego z opracowań<sup>13</sup>. To więcej, niż wynosi różnica między współczesnym Homo sapiens i późnym Homo erectus, gatunkiem, który zwykle traktujemy jako nie całkiem ludzki. Argument, który zazwyczaj się wysuwa, polega na tym, że nasze mózgi były wprawdzie mniejsze, lecz w jakimś sensie bardziej wydajne. Nie sądzę, abym

się mylił, jeżeli stwierdzę, że taki argument nie jest formułowany na żadnym innym etapie ludzkiej ewolucji.

Ktoś mógłby jednak zadać pytanie: Skoro neandertalczycy byli tacy dzielni, zdolni do adaptacji i mieli tak potężne mózgi, to dlaczego już ich nie ma wśród nas? Jedną z możliwości (ostro krytykowaną) jest taka, że być może oni jednak są wśród nas. Alan Thorne jest jednym z czołowych proponentów alternatywnej teorii, znanej jako hipoteza multiregionalna, zgodnie z którą ludzka ewolucja miała charakter ciągły - podobnie jak australopiteki ewoluowały i przekształciły się w *Homo habilis*, a *Homo hei-*

471 *delbergensis* stał się z czasem *Homo neanderthalensis*, także *Homo sapiens* po prostu wyłonił się z wcześniejszych form *Homo*. Zgodnie z tym punktem widzenia *Homo erectus* nie jest oddzielnym gatunkiem, lecz jedynie formą przejściową. Na tej samej zasadzie współcześni Chińczycy są potomkami dawnych *Homo erectus* żyjących niegdyś w Chinach, współcześni Europejczycy pochodzą od dawnych *Homo erectus* żyjących w Europie i tak dalej. „Z tym wyjątkiem, że według mnie nie ma czegoś takiego jak *Homo erectus* - mówi Thome. - Sądzę, że to pojęcie przestało być użyteczne. Moim zdaniem *Homo erectus* jest po prostu wcześniejszą fazą nas. Uważam, że tylko jeden gatunek ludzi kiedykolwiek opuścił Afrykę i że był to *Homo sapiens*”.

Przeciwnicy teorii multiregionalnej odrzucają przede wszystkim z tego powodu, że wymagałaby ona mało prawdopodobnej, zbliżonej, równoległej ewolucji hominidów na całym obszarze Starego Świata - w Afryce, Chinach, Europie, na najdalszych wyspach Indonezji - wszędzie, gdzie się tylko pojawili. Niektórzy formułują także zarzut, że multiregionalizm stanowi pożywkę dla rasizmu, od którego antropologia bardzo dawno się odcięła. Na początku lat sześćdziesiątych Carleton Coon, słynny antropolog z University of Pennsylvania, wysunął sugestię, że niektóre współczesne rasy mają różne pochodzenie, co mogłoby oznaczać, że niektórzy z nas przewyższają innych. Był to powrót do wcześniejszych, niesławnych koncepcji, według których

niektóre współczesne rasy, takie jak afrykańscy Buszmeni (a właściwie Kalahari San) oraz australijscy Aborygeni, są bardziej prymitywne niż pozostałe.

Cokolwiek Coon miał na myśli, dla wielu ludzi jego hipoteza była równoznaczna z sugestią, że niektóre rasy są bardziej zaawansowane lub że jakaś część ludzkości w zasadzie stanowi odrębny gatunek. Pogląd ten, który obecnie zostałby niemal instynktownie uznany za niestosowny, jeszcze niedawno był dość popularny w wielu szacownych instytucjach i opracowaniach. Mam przed sobą popularną książkę, zatytułowaną *The Epic of Man*, wydaną w 1961 roku przez Time-Life Publications i opartą na serii artykułów opublikowanych w czasopiśmie „Life”. Można w niej znaleźć na przykład taki komentarz: „Człowiek z Rodezji [...] żył jeszcze 25 000 lat temu i mógł być przodkiem afrykańskich Murzynów. Rozmiary jego mózgu były zbliżone do *Homo sapiens*”<sup>1\*</sup>. Innymi słowy, czarni Afrykanie są potomkami niedawno żyjących istot, które były jedynie „zbliżone” do *Homo sapiens*.

Thome zdecydowanie (i wydaje mi się, że szczerze) odrzuca zarzut, że jego teoria jest w jakimkolwiek stopniu rasistowska, a jednorodność ludzkiej ewolucji tłumaczy, odwołując się do sugestii, że między różnymi kulturami i regionami istniała nieustanna wymiana: „Nie ma powodu do przypuszczeń, że ludy wędrowały tylko w jednym kierunku. W rzeczywistości migracje zachodziły wszędzie, a wszystkim spotkaniom niemal na pewno towarzyszyła wymiana materiału genetycznego. Nowo przybyli nie zastępowali tubylczych populacji, lecz dołączali do nich. Ostatecznie stawali się nimi”. Thome porównuje to do sytuacji, gdy podróżnicy, tacy jak Magellan lub Cook, po raz pierwszy napotykali tubylcze ludy. „To nie były spotkania różnych gatunków, lecz przedstawiciele tego samego gatunku nieco różniących się fizycznie”.

Thome twierdzi, że obraz, który wyłania się z danych wykopaliskowych, dowodzi gładkiego, ciągłego przejścia. „Istnieje słynna czaszka z Pe-tralony w Grecji, datowana na około 300 000 lat, która była przedmiotem sporu wśród tradycjonalistów, ponieważ pod pewnymi względami przypomina *Homo*

erectus, a pod innymi Homo sapiens. No cóż, naszym zdaniem, tego właśnie należałoby się spodziewać po gatunku, który nie jest wypierany, lecz który ewoluuje”.

Kontrowersję rozwiązałyby dowody wskazujące na krzyżowanie, tylko że na podstawie wykopalisk nie jest to łatwe ani do udowodnienia, ani do obalenia. W 1999 roku archeolodzy znaleźli w Portugalii szkielet czteroletniego dziecka, które zmarło około 24 500 lat temu. Szkielet ogólnie przypominał kościec współczesnego człowieka, lecz miał też pewne charakterystyczne, archaiczne cechy, wskazujące na neandertalczyka: niezwykle mocne kości nóg, szerokie zęby oraz uskok na tylnej części czaszki zwany suprainiac fossa (w tej ostatniej kwestii nie było pełnej zgody), cechę typową dla neandertalczyków. Erik Trinkaus z Washington University w St Louis, czołowy ekspert od neandertalczyków, ogłosił, że dziecko było hybrydą - dowodem na krzyżowanie naszych przodków i neandertalczyków. Inni naukowcy mieli jednak wątpliwości związane z faktem, że domniemany efekt krzyżowania neandertalczyków i ludzi nie miał trochę bardziej jednorodnych cech. Jak ujął to jeden z krytyków: „Jeżeli patrzysz na muła, nie widzisz z przodu osła, a z tyłu konia”<sup>15</sup>. Ian Tattersall uznał je za „grubokościste, krępe współczesne dziecko”. Jego zdaniem, między neandertalczykami i naszymi przodkami mogły zdarzać się okazjonalne przypadki krzyżowania, lecz ich wynikiem nie byłoby zdolne do reprodukcji potomstwo\*. „Nie znam żadnych dwóch organizmów z żadnej dziedziny biologii, które różniłyby się w takim stopniu i nadal należały do tego samego gatunku”, mówi Tattersall.

Nie mogąc się oprzeć na danych wykopaliskowych, naukowcy coraz częściej wykorzystują badania genetyczne, w szczególności analizy tak zwanego mitochondrialnego DNA. Mitochondrialne DNA zostało odkryte dopiero w 1964 roku, lecz w latach osiemdziesiątych jakiś bystry osobnik z University of California w Berkeley zdał sobie sprawę, że posiada ono dwie cechy, które czynią z niego bardzo pożyteczny molekularny zegar: jest przekazywane

wyłącznie wzdłuż linii żeńskiej, więc nie jest mieszane z ojcowskim DNA w żadnym pokoleniu; mutuje około dwudziestu razy szybciej niż zwykle DNA, ułatwiając wykrycie i śledzenie genetycznych zmian w funkcji czasu. Badając tempo zmian genetycznych, można badać genetyczne historie oraz związki łączące różne grupy ludzkie.

W 1987 roku zespół z Berkeley, kierowany przez nieżyjącego już Allana Wilsona, przeprowadził analizę mitochondrialnego DNA u 174 osobników i na tej podstawie stwierdził, że ludzie anatomicznie identyczni z nami po raz pierwszy pojawili się w Afryce w ciągu ostatnich 140 000 lat i że „wszyscy współcześni ludzie są potomkami tamtej populacji”<sup>16</sup>. Dla multi-regionalistów był to poważny cios, lecz wkrótce zaczęli uważniej przyglądać się wynikom<sup>17</sup>. Okazało się, że jednym z najbardziej niezwykłych aspektów badań grupy Wilsona - tak niezwykłym, że raczej nie warto się nim chwalić - był fakt, że wszyscy „Afrykanie”, których DNA było analizowane i porównywane, byli w rzeczywistości amerykańskimi Murzynami. Ich geny niewątpliwie podlegały znaczącemu mieszaniu w ciągu ostatnich kilkuset lat. Pojawiły się także wątpliwości co do tempa mutacji, jakie przyjęła grupa z Berkeley.

Do 1992 roku badania grupy Wilsona zostały w zasadzie zdyskredytowane. Tymczasem techniki analizy genetycznej były nieustannie udoskonalane i w 1997 roku naukowcy z uniwersytetu w Monachium zdołali uzyskać

\* Istnieje także możliwość, że neandertalczyki i kromanieńscy mieli inną liczbę chromosomów. Taka komplikacja jest dość częsta, gdy kojarzą się zbliżone, lecz nie identyczne gatunki. Jeden z przykładów stanowią konie, które mają 64 chromosomy, oraz osły z 62 chromosomami. Potomstwo konia i osła posiada - bezużyteczne z reprodukcyjnego punktu widzenia - 63 chromosomy. Krótko mówiąc, muły są bezpłodne. i poddać analizie próbkę DNA z kości pierwszego odkrytego neandertal-I czyka<sup>18</sup>. Tym razem wyniki okazały się bezdyskusyjne. DNA neandertalczyka nie było podobne do DNA żadnego z

obecnie żyjących Ziemi, co dowodziło, że nie istnieje genetyczny związek między nami i nimi. Dla multiregionalizmu to już był poważny cios.

Następnie, pod koniec roku 2000, „Nature” oraz inne czasopisma nagłośniły raport szwedzkiej grupy badaczy, którzy przeanalizowali mitochondrialny DNA 53 osób. Ich wyniki sugerowały, że wszyscy współcześni ludzie stanowią potomstwo co najwyżej 10 000 osobników, którzy wywodzą się z Afryki i żyli tam nie więcej niż 100 000 lat temu<sup>19</sup>. Wkrótce potem Eric Lander, dyrektor Whitehead Institute/Massachusetts Institute of Technology Center for Genome Research, ogłosił, że współcześni Europejczycy, i zapewne także inne ludy, są potomkami „co najwyżej kilkuset Afrykanów, którzy opuścili swoją ojczyznę nie więcej niż 25 000 lat temu”.

Jak już wspomnieliśmy w innym miejscu w tej książce, współcześni ludzie wykazują zadziwiająco małą zmienność genetyczną - „różnicowanie genetyczne jest większe w społecznej grupie 55 szympanсів niż w całej ludzkiej populacji”<sup>20</sup>, jak ujął to jeden z autorytetów. Odkrycie Landera wyjaśniałoby przyczyny takiego stanu rzeczy. Skoro jesteśmy wszyscy potomkami stosunkowo niedawnej, małej populacji wyjściowej, było zbyt mało czasu i zbyt mało procesów krzyżowania, aby zapewnić źródło znaczącej zmienności. Wydawało się, że jest to kolejny, potężny cios dla multiregionalizmu. „Po tym odkryciu ludzie nie będą sobie zaprzętać głowy teorią multiregionalną, która nie ma zbyt wiele dowodów na swoje poparcie” - powiedział w wywiadzie dla „Washington Post” ekspert z Penn State University.

Niebawem okazało się jednak, że przeoczył niemal nieskończoną zdolność do zaskakiwania i stwarzania zagadek, jaką zdaje się wykazywać tajemniczy, antyczny lud Mungo z Nowej Południowej Walii. W początkach roku 2001 Thorne i jego koledzy z Australian National University opublikowali raport, w którym ogłosili, że DNA najstarszych przedstawicieli Mungo - datowanych na 60 000 lat - jest „genetycznie odmienne”<sup>21</sup>.

Zgodnie z tym raportem osobnik Mungo był anatomicznie identyczny ze współczesnym człowiekiem 7 - z tobą lub ze mną - lecz jego linia genetyczna wymarła. Jego mitochondrialny DNA nie pasuje do DNA współczesnych ludzi, a powinno, skoro - jak wszyscy współcześni ludzie - pochodził od osobników, którzy niedawno opuścili Afrykę.

„Wszystko zostało ponownie postawione na głowie” - mówi Thorne z nieukrywaną satysfakcją.

Wkrótce potem pojawiły się nowe, jeszcze bardziej zadziwiające anomalie. Rosalind Harding, genetyk populacyjny z Institute of Biological Anthropology w Oksfordzie, studiując geny betaglobiny u współczesnych ludzi, odkryła dwie odmiany, które są powszechne u Azjatów oraz u pierwotnych ludów Australii, lecz prawie nie występują w Afryce. Harding jest przekonana, że te odmiany pojawiły się ponad 200 000 lat temu, ale nie w Afryce, tylko w Azji - na długo przed tym, zanim dotarł tam współczesny Homo sapiens. Jedyny sposób wytłumaczenia obecności tych odmian sprowadza się do stwierdzenia, że wśród przodków obecnych mieszkańców Azji byli hominidzi - człowiek jawajski i jego krewniacy. Jeszcze bardziej interesujący jest fakt, że ta sama odmiana genu - nazwij-my ją genem człowieka jawajskiego - występuje u współczesnych mieszkańców Oxfordshire.

Nieco zdezorientowany poszedłem porozmawiać z panią Harding. Jej instytut mieści się w starej, ceglanej willi na Banbury Road w Oksfordzie. Harding, niewysoka, pogodna Australijka z Brisbane, posiada rzadką umiejętność - potrafi równocześnie się uśmiechać i mówić poważnie.

„Nie wiem - odpowiedziała natychmiast z szerokim uśmiechem, gdy zapytałem, w jaki sposób mieszkańcy Oxfordshire odziedziczyli sekwencje betaglobiny, których nie powinni byli posiadać. - Dane genetyczne rozpatrywane w całości podtrzymują hipotezę wyjścia z Afryki<sup>22</sup> - kontynuowała w bardziej poważnej tonacji. - Ale teraz mamy te anomalne klastery, o których większość genetyków woli nie rozmawiać. Dysponowalibyśmy olbrzymimi



ilościami informacji, gdybyśmy potrafili je zrozumieć, ale na razie nie potrafimy. Dopiero zaczęliśmy”. Nie dała się wciągnąć w dyskusję na temat konsekwencji obecności azjatyckich genów w Oxfordshire, nie licząc stwierdzenia, że sytuacja jest ewidentnie skomplikowana. „W tym momencie możemy jedynie powiedzieć, że mamy do czynienia z zamieszaniem, którego przyczyn nie znamy”.

Mniej więcej w tym samym czasie, na początku roku 2002, inny naukowiec z Oksfordu, Bryan Sykes, opublikował książkę zatytułowaną Siedem matek Europy, w której - na podstawie badań mitochondrialnego DNA - stwierdził, że prawie wszyscy obecnie żyjący Europejczycy są potomkami jednej grupy, składającej się z zaledwie siedmiu kobiet, owych tytułowych\* „cór Ewy”, które żyły w paleolicie, w okresie między 10 000 i 45 000 lat temu. Sykes nadał im wszystkim imiona - Ursula, Xenia, Ja-smine i tak dalej - a także przypisał każdej z nich osobistą historię („Ursula była drugim dzieckiem swojej matki. Pierwsze, gdy miało zaledwie dwa lata, porwał lampart [...]”).

Gdy zapytałem Harding o książkę Sykesa, uśmiechnęła się szeroko, lecz ostrożnie, jakby nie była pewna, co odpowiedzieć. „No cóż, sądzę, że możesz mu przypisać pewne zasługi w popularyzowaniu trudnego tematu - dodała i popadła w dłuższy namysł. - Zapewne istnieje jakieś niewielkie prawdopodobieństwo, że ma rację - uśmiechnęła się, po czym kontynuowała z jeszcze większym namysłem: - Nie można wyciągać tak definitywnych wniosków z danych dotyczących pojedynczego genu. Jeżeli prześledzisz losy mitochondrialnego genu wstecz w czasie, doprowadzi cię do jakiegoś miejsca, do Ursuli, Tary lub gdziekolwiek. Ale jeżeli weźmiesz jakikolwiek inny fragment DNA, inny gen, i prześledzisz jego historię, zaprowadzi cię zupełnie gdzie indziej”.

Jak zrozumiałem, przypomina to trochę jazdę wzdłuż przypadkowo wybranej drogi z Londynu, która kończy się na przykład w John 0\*Groats. Nie należy stąd wyciągać wniosku, że wszyscy mieszkańcy Londynu pochodzą

północnej Szkocji. Niektórzy z nich mogą oczywiście stamtąd pochodzić, lecz równie prawdopodobne są setki innych miejsc. Zdaniem Harding w tym sensie każdy gen jest inną autostradą, a my dopiero zaczęliśmy tworzyć mapy wszystkich tych dróg. „Żaden pojedynczy gen nigdy nie opowie ci całej historii”, podsumowała.

Czy w takim razie należy ufać badaniom genetycznym?

„Och, w ogólności można im w pełni zaufać. Nie należy ufać uogólniającym konkluzjom, które niekiedy się wyciąga na podstawie danych genetycznych”.

Harding sądzi, że hipoteza wyjścia z Afryki jest „prawdopodobnie w 95 procentach poprawna”, lecz dodaje: „Sądzę, że obie strony wyrządziły nauce niedźwiedzią przysługę, upierając się, że jest tylko jedna możliwość. Jest dość prawdopodobne, że prawda okaże się nie tak prosta, jak chcieliby przedstawiciele obu obozów. Zaczynają się ewidentnie pojawiać dowody sugerujące liczne migracje i radiacje, w różnych kierunkach

\* Dosłowne tłumaczenie angielskiego tytułu brzmi „Siedem cór Ewy” (przyp. tłum.) i w różnych częściach świata, które bez wątplenia powodowały mieszanie i zasobów genetycznych. To nie będzie łatwe do uporządkowania”.

W tym samym czasie pojawiły się także raporty kwestionujące wiarygodność badań dotyczących bardzo starych próbek DNA. W artykule opublikowanym w „Nature” opisano przypadek paleontologa, który został zapytany, czy czaszka, którą trzyma w ręce, została pokryta werniksem. Paleontolog polizał czaszkę i odpowiedział twierdząco. „W ten sposób - skomentował autor artykułu - na czaszce znalazła się znaczna ilość współczesnego, ludzkiego DNA”<sup>23</sup>, czyniąc ją bezużyteczną z punktu widzenia badań genetycznych. Zapytałem o to Harding. „Och, z pewnością była już uprzednio zanieczyszczona - odpowiedziała. - Wystarczy wziąć kość do ręki, aby ją zanieczyścić. Można ją zanieczyścić oddechem. Albo wodą z większości naszych laboratoriów. Wszyscy pływamy w obcym DNA. Aby uzyskać w miarę

czysty okaz, trzeba go wykopać w sterylnych warunkach i wykonać testy na miejscu. Zdobycie niezanieczyszczonego okazu to najtrudniejsza sztuka pod słońcem”.

„Czy zatem takie stwierdzenia powinny być traktowane jako niepewne?”, zapytałem.

Pani Harding przytaknęła z powagą „Z całą pewnością”, odpowiedziała.

Jest takie miejsce na Ziemi, w którym można w jednej chwili zrozumieć, dlaczego wiemy tak niewiele na temat ludzkich początków i naszego pochodzenia. Znajduje się tuż za krawędzią wzgórz Ngong w Kenii, na południowy zachód od Nairobi. Jeżeli wyjedziesz z miasta autostradą w kierunku Ugandy, w pewnej chwili dojedziesz do miejsca, gdzie teren raptownie się obniża, odsłaniając spektakularny widok nieskończonej, bladozielonej, oślepiającej afrykańskiej równiny.

Jest to Wielki Rów Afrykański, rozciągająca się na 3000 mil dolina we wschodniej Afryce, znacząca tektoniczną nieciągłość oddzielającą Afrykę od Azji. Tutaj, jakieś 65 kilometrów od Nairobi, na dnie skąpanego w promieniach słonecznych wąwozu, znajduje się stanowisko wykopaliskowe zwane Olorgesailie. Niegdyś było tu duże jezioro. W 1919 roku, długo po tym, jak jezioro zniknęło, geolog o nazwisku J.W. Gregory, który badał teren w poszukiwaniu złóż mineralnych, natknął się na otwartej przestrzeni na dziwne, ciemne kamienie, ewidentnie ukształtowane ludzką ręką. Znalazł jedno z miejsc produkcji narzędzi aszelskich, o których mówił mi Ian Tattersall.

Całkiem nieoczekiwany zbieg okoliczności sprawił, że jesienią 2002 roku miałem okazję osobiście odwiedzić to wyjątkowe miejsce. Byłem w Kenii z zupełnie innego powodu, w ramach pewnego projektu organizacji humanitarnej CARE International, lecz moi gospodarze, znając moje zainteresowanie pochodzeniem człowieka, związane z niniejszą książką uwzględnili w programie wizytę w Olorgesailie<sup>24</sup>.

Po odkryciu przez Gregory’ego Olorgesailie pozostawało nietknięte przez

dwadzieścia lat, zanim Louis i Mary Leakey, słynny małżeński zespół archeologów, zaczęli prowadzić prace wykopaliskowe, które trwają do dzisiaj. Leakeyowie stwierdzili, że na obszarze mniej więcej czterech hektarów wyprodukowano niezliczoną liczbę narzędzi w okresie prawie miliona lat, poczynając od około 1,2 miliona lat temu aż do 200 000 lat temu. Obecnie stanowiska archeologiczne są osłonięte przed działaniem czynników atmosferycznych przez duże, cynowe daszki oraz otoczone drutem kolczastym, aby odstraszyć ewentualnych nieproszonych archeologów amatorów. Nie licząc jednak tych osłon, narzędzia są pozostawione tam, gdzie porzucili je ich twórcy i gdzie znaleźli je Leakeyowie.

Jillani Ngalli, młody człowiek z Kenijskiego Muzeum Narodowego, który został mi przydzielony jako przewodnik, powiedział, że kwarcowe i obsydianowe skały, z których wykonano ostrza, nie występują na dnie kanionu. „Musieli je przynosić stamtąd”, wskazał parę wzgórz położonych w dwóch przeciwległych kierunkach: Olorgesailie oraz Ol Esakut. Każde z nich znajduje się w odległości około dziesięciu kilometrów - spory dystans dla kogoś, kto dźwiga pełne naręczce kamieni.

Możemy tylko zgadywać, dlaczego dawni mieszkańcy Olorgesailie zadawali sobie tyle trudu. Nie tylko dźwigali ciężkie kamienie z dużej odległości nad brzeg jeziora, lecz, co jeszcze bardziej godne uwagi, zorganizowali także sam proces produkcji. Badania Leakeyów wykazały, że cały obszar był podzielony na strefy - w jednych produkowano nowe ostrza, do innych dostarczano zużyte narzędzia w celu ich naostrzenia. Krótko mówiąc, Olorgesailie było pewnego rodzaju fabryką która funkcjonowała przez milion lat.

Różne próby wykonania kopii wykazały, że wyprodukowanie jednego ostrza nie jest proste i wymaga wielu godzin intensywnej pracy. Jednak ostrza te nie są szczególnie przydatne do cięcia, siekania, drapania lub jakiegokolwiek innej funkcji, do której zapewne zostały przeznaczone. W rezultacie

dochodzimy do wniosku, że przez milion lat - znacznie, znacznie dłużej, niż istnieje nasz gatunek, nie mówiąc już o organizacji i współpracy niezbędnej przy realizacji procesów ciągłej produkcji - dawni ludzie zjawiali się w dużej liczbie w tym konkretnym miejscu, aby wytwarzać olbrzymią liczbę narzędzi, które okazują się zadziwiająco bezużyteczne.

Kim byli ci ludzie? Nie wiemy. Zakładamy, że należeli do gatunku *Homo erectus*, ponieważ nie mamy żadnych innych kandydatów. Oznacza to, że w szczytowym momencie swej działalności rzemieślnicy z Olorgesailie mieliby mózgi współczesnego dziecka. Nie ma jednak żadnych materialnych dowodów, na których można by oprzeć jakiegokolwiek konkluzje. Mimo sześćdziesięciu lat prowadzenia wykopalisk ani w Olorgesailie, ani w okolicy nie znaleziono ani jednej kości hominida. Twórcy narzędzi poświęcali swej pracy mnóstwo czasu, lecz umierali gdzie indziej.

„Wszystko tutaj jest zagadką”, powiedział z promiennym uśmiechem Jiřłani Ngalli.

Lud Olorgesailie zniknął ze sceny 200 000 lat temu, gdy jezioro wyschło, a Wielki Rów Afrykański przekształcił się w gorące i trudne do przetrwania miejsce, którym pozostał do dzisiaj. Lecz w owym czasie jego dni były już i tak policzone. Niebawem miał się pojawić pierwszy gatunek, którego przeznaczeniem było panowanie nad światem - *Homo sapiens*. Nic nie będzie już takie jak dawniej.

## Rozdział 30

### POŻEGNANIE

Na początku lat osiemdziesiątych siedemnastego wieku, mniej więcej w tym samym czasie, gdy Edmond Halley oraz jego przyjaciele Christopher Wren i Robert Hooke zasiedli w londyńskiej kawiarni, aby uzgodnić warunki zakładu, który miał ostatecznie dać światu Principia Newtona, gdy Henry Cavendish ważył Ziemię, gdy podjęto wiele innych natchnionych i chwalebnych przedsięwzięć, którym poświęciliśmy ostatnie czterysta stron tej książki, znacznie mniej budujące wydarzenie zaszło na wyspie Mauritius, daleko na Oceanie Indyjskim, około 1300 kilometrów od wschodniego wybrzeża Madagaskaru.

Jakiś nieznany nam z imienia żeglarz, lub może pies żeglarza, ścigał ostatniego ptaka dodo, słynnego niełota, którego ufna natura i brak pary w nogach spowodowały, że stał się łatwym celem dla znudzonych majtków. Miliony lat spokojnej egzystencji nie przygotowały go na spotkanie z kapryśnymi i wyjątkowo niebezpiecznymi istotami ludzkimi.

Nie znamy dokładnych okoliczności ani nawet roku, w którym ostatni dodo dokonał swego żywota, więc nie wiemy, co było pierwsze - świat, który stworzył Principia, czy świat, który unicestwił dodo - lecz wiemy, że oba te światy zaistniały mniej więcej w tym samym czasie. Ośmielę się stwierdzić, że miałbyś trudności ze znalezieniem lepszej pary zdarzeń ilustrujących równocześnie boską i zbrodniczą naturę istot ludzkich - gatunku, który jest zdolny do odkrycia najgłębszych tajemnic nieba i zarazem potrafi bez żadnej przyczyny wy tłuc co do jednego bezbronne stworzenia, które nigdy nie uczyniły nam nic złego i nie były w najmniejszym stopniu zdolne do zrozumienia, co im uczyniliśmy ani dlaczego uczyniliśmy to, co uczyniliśmy.

Dodo były tak spektakularnie pozbawione zdolności przewidywania, że - według jednego z raportów - wystarczyło złapać jednego i skłonić go do skrzeczenia, aby zleciały się wszystkie inne w zasięgu głosu.

Niegodziwości wobec biednego dodo nie skończyły się bynajmniej wraz ze śmiercią ostatniego osobnika. W 1755 roku, jakieś siedemdziesiąt lat po wytępieniu tego gatunku, dyrektor Ashmolean Museum w Oksfordzie poczuł zapach stęchlizny i zdecydował, żeby spalić wypchany egzemplarz dodo. Była to zaskakująca decyzja, ponieważ - wypchany czy nie - był to wówczas jedyny istniejący dodo. Skonsternowany pracownik muzeum próbował uratować ptaka, lecz zdołał ocalić jedynie głowę oraz fragment jednej kończyny.

W rezultacie tych i innych wykroczeń przeciwko zdrowemu rozsądkowi nie jesteśmy obecnie pewni nawet tego, jak wyglądał żywy dodo. Dysponujemy skromniejszym zbiorem informacji, niż mogłoby się wydawać - parę pobieżnych opisów wykonanych przez „niewykształconych podróżników, trzy czy cztery obrazy oraz kilka fragmentów kości”<sup>1</sup>, według cokolwiek zgryźliwego podsumowania dziewiętnastowiecznego przyrodnika H.E. Stricklanda. Jak smutno skonstatował Strickland, mamy więcej fizycznych dowodów istnienia dawnych potworów morskich i niezdarnych zauropodów niż ptaka, który dotrwał do współczesnych czasów i nie potrzebował do przeżycia niczego oprócz naszej nieobecności.

Oto co wiemy na temat dodo: żył na Mauritiusie, był tłusty, lecz niesmaczny; był największym przedstawicielem rzędu gołębiowatych, aczkolwiek nie wiadomo, ile dokładnie ważył, ponieważ nikt nigdy tego nie zapisał. Oszacowania dokonane na podstawie „fragmentów kości” Stricklanda oraz skromnych szczątków uratowanych z ogniska w Ashmolean Museum wskazują, że miał nieco więcej niż dwie i pół stopy wysokości i mniej więcej tyle samo od końca dzioba do ogona. Będąc nielotem, składał jaja na ziemi, co czyniło je nad wyraz łatwym łupem dla świń, psów oraz małp, które pojawiły się na wyspie wraz z człowiekiem. W 1683 roku prawdopodobnie, a w 1693

niemal na pewno był już gatunkiem wymarłym. Nie wiemy o nim niemal nic więcej, oprócz tego, że nigdy go już nie zobaczymy. Nie znamy jego zachowań reprodukcyjnych, jego diety, zasięgu, dźwięków, które wydawał w chwilach spokoju lub w niebezpieczeństwie. Nie mamy ani jednego jaja dodo.

Nasza znajomość z żywymi dodo trwała zaledwie siedemdziesiąt lat. Wytepełiliśmy je z zapierającą dech w piersi szybkością, aczkolwiek trzeba przyznać, że w tym momencie naszej historii mieliśmy już za sobą tysiące lat praktyki w dziedzinie nieodwracalnych eksterminacji. Nikt nie wie dokładnie, jak bardzo ludzkie istoty są skuteczne w destrukcji, lecz pozostaje faktem, że gdziekolwiek się udaliśmy w ciągu ostatnich 50 000 lat, zwierzęta zaczynały znikać, często w zdumiewająco dużych ilościach..

W Ameryce trzydzieści rodzajów dużych zwierząt - niektóre były naprawdę bardzo duże - zniknęło niemalże od jednego uderzenia, gdy współcześni ludzie wkroczyli na kontynent 10 000 do 20 000 lat temu. Ameryka Północna i Południowa łącznie utraciły około trzech czwartych dużych zwierząt, gdy zjawił się człowiek łowca z włócznią i umiejętnością organizowania zbiorowych polowań. Europa i Azja, gdzie zwierzęta miały więcej czasu na wykształcenie niezbędnej ostrożności przed człowiekiem, utraciły nie mniej niż jedną trzecią i nie więcej niż połowę swoich dużych stworzeń. Australia, z dokładnie przeciwnych powodów, straciła nie mniej niż 95 procent<sup>2</sup>.

Populacje tych łowców były stosunkowo niewielkie, a populacje zwierząt prawdziwie monstrualne - naukowcy szacują, że tylko w tundrze północnej Syberii znajduje się 10 milionów martwych, zamrożonych ciał mamutów - więc niektóre autorytety sądzą, że musi istnieć jakieś inne wyjaśnienie, uwzględniające na przykład zmiany klimatu lub pandemie. Jak ujął to Ross MacPhee z American Museum of Natural History: „Nie ma żadnych materialnych korzyści z polowania na niebezpieczne zwierzęta częściej niż to konieczne - możesz zjeść tylko tyle steków z mamuta”<sup>3</sup>. Inni sądzą, że chwytanie i zabijanie niektórych zwierząt mogło być niemal haniebnie łatwe.



„W Australii i obu Amerykach - mówi Tim Flannery - zwierzęta prawdopodobnie nie wiedziały, że trzeba uciekać”.

Niektóre z wytępionych istot były wyjątkowo spektakularne i wymagałyby nieco ostrożności z naszej strony, gdyby nadal żyły. Wyobraź sobie żyjącego na ziemi leniwca, który może zaglądać przez okno na piętrze, żółwia o rozmiarach małego fiata lub długą na sześć metrów jaszczurkę wygrzewającą się na pustynnej autostradzie Australii Zachodniej. Niestety, żadnego z tych zwierząt już nie ma. Żyjemy na spustoszonej planecie. Do dzisiaj przeżyły tylko cztery rodzaje naprawdę ciężkich (liczących więcej niż tonę) zwierząt lądowych: słonie, nosorożce, hipopotamy i żyrafy<sup>4</sup>. Przez dziesiątki milionów lat życie na Ziemi nie było tak drobne i tak oswojone jak obecnie.

Powstaje pytanie, czy zjawiska wymierania epoki kamiennej oraz późniejsze stanowią w istocie elementy tego samego, pojedynczego epizodu wymierania. Inaczej mówiąc, czy ludzie nieuchronnie stanowią złą wiadomość dla innych istot żywych. Istnieje przykra ewentualność, że tak jest w istocie. Zdaniem Davida Raupa, paleontologa z University of Chicago, średnie tempo wymierania w ciągu całej biologicznej historii Ziemi to jeden gatunek na cztery lata. Richard Leakey oraz Roger Lewin piszą w *The Extinction*, że wywołane przez człowieka tempo wymierania może być nawet 120 000 razy szybsze<sup>5</sup>.

W połowie lat dziewięćdziesiątych Tima Flannery'ego, który obecnie jest dyrektorem Australian Museum w Adelaide, uderzyło, jak mało wiemy o wielu epizodach wymierania, łącznie z całkiem niedawnymi. „Gdziekolwiek się obróciłeś, wszędzie były luki w danych - brakowało fragmentów, jak z dodo, albo w ogóle nie było żadnych informacji” - powiedział mi w Melbourne na początku roku 2002.

Flannery zaangażował swego rodaka, artystę Petera Schoutena, i wspólnie wyruszyli w nieco obsesyjną podróż po wszystkich głównych światowych zbiorach, w celu zbadania, co zostało, co zaginęło, a co nigdy nie było w ogóle znane. Spędzili cztery lata, przeglądając wyschnięte, stare skóry, stęchłe okazy,

stare rysunki i opisy - wszystko, co jest dostępne. Schouten namalował naturalnej wielkości obrazy wszystkich zwierząt, które potrafili odtworzyć, a Flannery sporządził opisy. W rezultacie powstała wyjątkowa księga, zatytułowana *A Gap in Nature*, będąca najbardziej kompletnym - i trzeba przyznać, że poruszającym - katalogiem wymierania zwierząt w ciągu ostatnich trzystu lat.

Dane dotyczące niektórych zwierząt były całkiem obszerne, lecz przez całe lata nikt z nich nie korzystał. W niektórych przypadkach zachowane dane nigdy nie zostały wykorzystane w żadnej publikacji. Krowa morska Steller, podobne do morsa stworzenie spokrewnione z diugoniem, była jednym z ostatnich naprawdę dużych zwierząt, które niedawno wymarły. Była rzeczywiście olbrzymia - dorosłe osobniki osiągały prawie dziewięć metrów długości i ważyły dziesięć ton - lecz znamy ją tylko dlatego, że w 1741 roku rosyjska ekspedycja utknęła w jedynym miejscu, gdzie te istoty wciąż egzystowały, na odległych, mglistych Wyspach Komandorskich na Morzu Beringa.

Tak się szczęśliwie złożyło, że członkiem ekspedycji był przyrodnik, Georg Steller, zafascynowany tym olbrzymim zwierzęciem. „Sporządził niezwykle obszerne notatki - mówi Flannery. - Zmierzył nawet średnicę ich wąsów. Jediną rzeczą, której nie opisał, były genitalia samca, aczkolwiek nie miał oporów przed opisaniem żeńskich narządów płciowych. Zachował nawet kawałek skóry, dzięki czemu dość dobrze znamy jej teksturę. Nie zawsze mieliśmy tyle szczęścia”.

Jediną rzeczą, której Steller nie mógł uczynić, było uratowanie krowy morskiej. Już wtedy doprowadzony do granicy wymarcia gatunek zniknął całkowicie w ciągu dwudziestu siedmiu lat od odkrycia Steller. Wielu innych zwierząt nie można było uwzględnić, ponieważ zbyt mało jest danych na ich temat. Skacząca mysz z Darling Downs, łabędź z wysp Chatham, nielotny chruścielak atlantycki z Wyspy Wniebowstąpienia, przynajmniej pięć gatunków

dużych żółwi oraz wiele innych zwierząt przypadło na zawsze i pozostały po nich tylko nazwy.

Flannery i Schouten odkryli, że znaczna część wymierań była spowodowana nie bezmyślnym okrucieństwem, tylko pewnego rodzaju majestatyczną głupotą. Gdy w 1894 roku zbudowano latarnię morską na samotnej skale zwanej Stephens Island, na burzliwych wodach cieśniny między Północną i Południową Wyspą Nowej Zelandii, kot latarnika łapał i przynosił dziwne małe ptaszki. Latarnik sumiennie wysłał kilka okazów do muzeum w Wellington. Kustosz wielce się uradował, ponieważ ptaszek był reliktowym gatunkiem nielotnych strzyżyków - jedynym przykładem nielotnych wróblowatych na całym globie - i natychmiast wyruszył na wyspę, lecz zanim na nią dotarł, kot zdążył zabić wszystkie ptaki<sup>6</sup>. Obecnie istnieje dwanaście wypchanych okazów nielotnego strzyżyka ze Stephens Island.

W tym przypadku mamy przynajmniej tyle. Okazuje się, że znacznie częściej równie kiepsko troszczymy się o gatunki, które wymarły, jak troszczyliśmy się o nie, zanim wymarły. Weźmy jako przykład piękną papugę karolińską. Szmaragdowozielona, ze złotą głową była jednym z najpiękniejszych ptaków, jakie żyły kiedykolwiek w Ameryce Północnej - papugi zwykle nie docierają tak daleko na północ. W pewnym momencie populacja papug była mniejsza tylko od populacji gołębia wędrownego. Farmerzy jednak uważali papugi za szkodniki. Polowanie na nie było bardzo łatwe, ponieważ żyły w licznych gromadach i miały dziwny zwyczaj wzlatywania w górę na odgłos strzału (jak można by oczekiwać), lecz niemal natychmiast wracały w pobliże padłych towarzyszy.

W swej klasycznej książce *American Ornithology*, napisanej na początku dziewiętnastego wieku, Charles Willson Peale opisuje sytuację, w której wielokrotnie opróżniał magazynek dubeltówki w stronę drzewa, na którym siedziały papugi:

Po każdym strzale spadał deszcz martwych ciał, lecz przywiązanie i tych,

które przeżyły, wydawało się raczej wzrastać, ponieważ po kilkukrotnym okrażeniu tego miejsca ponownie obsiadały drzewo, spoglądając w dół na swoich zabitych towarzyszy z tak widocznymi objawami współczucia i niepokoju, że całkowicie mnie rozbroiły<sup>7</sup>.

Papugi karolińskie były tępione z taką nieustępliwością, że w drugiej dekadzie dwudziestego wieku pozostało już tylko kilka żywych egzemplarzy w ogrodach zoologicznych. Ostami, o imieniu Inca, zakończył życie w zoo w Cincinnati w 1918 roku (niecałe cztery lata po śmierci ostatniego gołębia wędrownego w tym samym zoo) i został z szacunkiem wypchany. Gdzie można dzisiaj zobaczyć biednego Incę? Nikt nie wie. Zaginął<sup>8</sup>.

W tej historii najbardziej intrygujące i zagadkowe jest zachowanie Peale'a, który był miłośnikiem ptaków, lecz nie miał zahamowań przed zabijaniem ich tylko z tego powodu, że ciekawiła go ich reakcja. Prawdziwie zdumiewające jest to, że przez bardzo długi czas ludzie, którzy byli najbardziej zainteresowani żywymi istotami zamieszkującymi naszą planetę, w największym stopniu przyczynili się do wytępienia niektórych z tych istot.

Nikt nie reprezentuje tej kategorii przyrodników na większą skalę (w każdym znaczeniu tego słowa) niż Lionel Walter Rothschild, drugi baron Rothschild. Członek wielkiej rodziny bankierów był dziwakiem i samotnikiem. Całe życie mieszkał w dziecięcym pokoju swojego domu w Tring, w hrabstwie Buckinghamshire, wśród tych samych mebli, jakich używał w dzieciństwie - spał w swoim dziecięcym łóżku nawet wtedy, gdy ważył 135 kilogramów.

Jego pasją była historia naturalna. Był niezwykle zaangażowanym kolekcjonerem. Wysyłał całe hordy wyszkolonych ludzi - niekiedy aż czterystu naraz - do wszystkich zakątków globu, aby wspinali się na góry i przetrząsali dżungle w poszukiwaniu nowych okazów, w szczególności latających, które najbardziej go interesowały. Schwytane okazy były pakowane w skrzynie i wysyłane do posiadłości Rothschilda w Tring, gdzie on sam oraz batalion jego asystentów niestrudzenie analizowali i spisywali wszystko, co przechodziło

przez ich ręce, produkując ciągły strumień książek, publikacji i monografii - w sumie około 1200 pozycji. Łącznie

486 przez fabrykę historii naturalnej Rothschilda przeszło ponad 2 miliony okazów, w wyniku czego do światowego archiwum nauki dodała ona 5000 gatunków.

Działalność Rothschilda nie była jednak ani najbardziej rozległym, ani najhojniej finansowanym przedsięwzięciem kolekcjonerskim dziewiętnastego wieku. Tytuł ten niemal z całą pewnością należy przyznać nieco starszemu, lecz również bardzo bogatemu brytyjskiemu kolekcjonerowi, Hugh Cumingowi, który z takim zapalem oddawał się temu zajęciu, że zbudował duży oceaniczny statek, zaangażował załogę i zorganizował ekspedycję, której jedynym zadaniem było chwywanie i zbieranie wszystkiego, co wpadło im w ręce - ptaków, roślin, wszelkich typów zwierząt - lecz przede wszystkim muszli<sup>9</sup>. To właśnie jego niezrównana kolekcja bernikli trafiła do Darwina i posłużyła za podstawę do przełomowego studium.

Rothschild miał jednak zdecydowanie bardziej naukowe podejście do swej kolekcjonerskiej pasji. Okazało się, niestety, że stanowił zarazem śmiertelne zagrożenie dla obiektów swego zainteresowania. W latach dziewięćdziesiątych dziewiętnastego wieku zainteresował się Hawajami, jednym z najbardziej wrażliwych środowisk, jakie stworzyła Ziemia. W ciągu milionów lat ewolucji we względnej izolacji od reszty świata na Hawajach pojawiło się 8800 unikatowych gatunków zwierząt i roślin<sup>10</sup>. Rothschild szczególnie interesował się charakterystycznymi, kolorowymi, hawajskimi ptakami, często występującymi w bardzo małych populacjach zamieszkujących ściśle określone obszary.

Tragedia hawajskich ptaków wynikała nie tylko z tego, że były charakterystyczne, pożądane i rzadkie - niebezpieczna kombinacja cech nawet w najbardziej sprzyjających okolicznościach - lecz także dlatego, że charakteryzował je wzruszający brak nieufności. Hawajka złotogłowa,

całkowicie nieszkodliwy członek rodziny hawajek, kryła się nieśmiało w koronach drzew koa, ale wystarczyło imitować jej pieśń, aby natychmiast porzuciła swą kryjówkę, sfrunęła na ziemię i rozpoczęła powitalny pokaz”. Ostatni egzemplarz zniknął w 1896 roku, zabity przez asa kolekcjonerów Rothschilda, Harry’ego Palmera. Pięć lat wcześniej zniknęła jej kuzynka, hawajka żółtawa, ptak tak rzadki, że tylko jeden egzemplarz był kiedykolwiek widziany - ten, który trafił do kolekcji Rothschilda<sup>12</sup>. W ciągu dziesięciu lat najbardziej intensywnych działań Rothschilda zniknęło co najmniej dziewięć gatunków hawajskich ptaków.

Rothschild nie był bynajmniej osamotniony w gorliwości, z jaką chwycił i tał ptaki, nie licząc się prawie w ogóle z kosztami i konsekwencjami. Inni ‘ zbieracze byli jeszcze bardziej bezwzględni. W 1907 roku, gdy znany kolekcjoner Alanson Bryan zorientował się, że ustrzelił trzy ostatnie okazy hawajki czarnej, gatunku leśnych ptaków, który został odkryty zaledwie dziesięć lat wcześniej, napisał, że wiadomość ta nappełniła go „radością”.

Była to dziwna, z dzisiejszej perspektywy trudna do zrozumienia epoka, w której niemal każde zwierzę było prześladowane, jeżeli choćby w najmniejszym stopniu uważano je za szkodnika. W 1890 roku stan Nowy Jork wypłacił ponad sto nagród za złowione egzemplarze pumy, chociaż było jasne, że wytrwale nękaný gatunek znajdował się na granicy wymarcia. Aż do lat czterdziestych dwudziestego wieku wiele stanów wciąż wypłacało nagrody niemal za wszystkie rodzaje drapieżnych zwierząt. Wirginia Zachodnia przyznawała roczne stypendium studentowi, który zlikwidował największą liczbę szkodników, przy czym określenie „szkodnik” było interpretowane jako niemal wszystko, co nie było zwierzęciem domowym lub rośliną uprawną.

Zapewne nic lepiej nie ilustruje tych dziwnych czasów niż los uroczej, małej lasówki żółtej Bachmana, żyjącej na południu Stanów Zjednoczonych. Gatunek ten był znany z wyjątkowo pięknych pieśni, lecz jego populacja, która

nigdy nie była liczna, stopniowo się zmniejszała i w latach trzydziestych ptak zniknął całkowicie. Nie widziano go nigdzie przez kilka lat, aż w 1939 roku szczęśliwy zbieg okoliczności sprawił, że dwaj entuzjaści ptaków, w okresie zaledwie dwóch dni, choć całkowicie niezależnie i w dużej odległości od siebie, napotkali dwa samotne, pozostałe przy życiu okazy. Obaj je zastrzelili.

Ten niesamowity pęd do eksterminacji w żadnym razie nie dotyczył wyłącznie Ameryki. W Australii wypłacano nagrody za wilka tasmańskiego (niekiedy zwanego tygrysem workowatym, formalna nazwa brzmi *Thylacynus cynocephalus*), podobne do psa stworzenie z charakterystycznymi „tygrysimi” pręgami na grzbiecie. Nagroda obowiązywała niemal do dnia śmierci ostatniego przedstawiciela gatunku, który zdechł, samotny i bezimienny, w 1936 roku w prywatnym zoo w Hobart. Gdy będziesz w Tasmanian Museum and Art Gallery, zapytaj o ten gatunek - jedyne duże mięsożerne torbacza, który przetrwał do naszych czasów. Wszystko, co będą mogli ci pokazać, to parę fotografii oraz 61 sekund starego filmu. Gdy ostatni przedstawiciel tego gatunku zdechł, został wyrzucony na śmietnik.

Opisuję to wszystko po to, żeby uzasadnić tezę, że gdyby ktoś projektował organizm, którego zadaniem byłaby opieka nad życiem w naszym pustawym kosmosie, śledzenie jego migracji oraz rejestrowanie miejsc, w których się pojawiło, zapewne nie powierzyłby tej funkcji człowiekowi.

Tak się jednak złożyło - zrzędzeniem losu lub decyzją Opatrzności, jakkolwiek to nazwiemy - że właśnie my zostaliśmy wybrani. O ile nam wiadomo, to właśnie my jesteśmy najlepsi. W każdym razie nie ma lepszych kandydatów, a być może w ogóle nie ma innych kandydatów. Nieco niepokojąca jest myśl, że możemy być największym osiągnięciem wszechświata i zarazem jego najgorszym koszmarem.

Jesteśmy tak zadziwiająco nieostrożni i bezmyślni w obchodzeniu się z innymi istotami, zarówno wtedy, gdy jeszcze żyją jak i wtedy, gdy są martwe, że nie mamy pojęcia - absolutnie żadnego - ile z nich wymarło całkowicie, ile

wymrze niebawem, ile zdoła przetrwać; nie wiemy, czy i jaką rolę odegraliśmy w większości procesów wymierania innych gatunków. W 1979 roku, w książce *The Sin king Ark*, Norman Myers wysunął sugestię, że z powodu działalności człowieka na naszej planecie ginie około dwóch gatunków na tydzień. Na początku lat dziewięćdziesiątych podwyższył swoje oszacowania do 600 gatunków tygodniowo<sup>11</sup> (ta liczba uwzględnia wszystkie żywe istoty - rośliny, zwierzęta, grzyby i całą resztę drzewa życia). Inni eksperci sądzą że skala zagłady może nawet przewyższać 1000 gatunków tygodniowo. Z kolei w raporcie ONZ z 1995 roku stwierdzono, że w ciągu ostatnich 400 lat wymarło nieco mniej niż 500 gatunków zwierząt i nieco więcej niż 650 gatunków roślin, dodając przy tym, że są to „prawie na pewno zaniżone”<sup>14</sup> liczby, zwłaszcza w odniesieniu do gatunków tropikalnych. Pewna niewielka grupa ekspertów uważa, że większość danych dotyczących wymierań jest znacznie zawyżona.

Pozostaje faktem, że nie wiemy. Nie mamy najmniejszego pojęcia. Nie wiemy, od kiedy obecność naszego gatunku na planecie zaczęła w istotny sposób przyczyniać się do wymierania innych gatunków. Nie wiemy, jak jest obecnie. Nie wiemy, jakie będą przyszłe skutki naszej obecnej działalności. Wiemy na pewno jedynie to, że jest tylko jedna planeta, a na niej tylko jeden gatunek, który jest zdolny do świadomej zmiany kierunku swoich działań. Edward O. Wilson wyraził to z niezrównaną zwięzłością w książce *Różnorodność życia: „Jedna planeta, jeden eksperyment”*<sup>15</sup>.

Jeżeli ta książka zawiera jakieś przesłanie, to brzmi ono następująco:

Skoro jesteśmy tutaj, to znaczy, że mieliśmy bardzo dużo szczęścia. To stwierdzenie obejmuje wszystkie żywe istoty. Wydaje się, że zaistnienie w postaci jakiegokolwiek formy życia stanowi nie lada osiągnięcie w tym wszechświecie. My, ludzie, mieliśmy oczywiście jeszcze większe szczęście niż cała reszta. Mamy nie tylko przywilej istnienia, lecz także zdolność zrozumienia, a nawet - na wiele różnych sposobów - do polepszenia go. Tę wyjątkową wśród żywych istot zdolność dopiero całkiem niedawno zaczęliśmy



pojmować.

Osiągnęliśmy tę wybitną pozycję w uderzająco krótkim czasie. behawioralnie współcześni ludzie istnieli nic dłużej niż około 0,0001 procent historii Ziemi - czyli naprawdę znikomo mało, niemal wcale lecz nawet tak krótkie istnienie wymagało niemal nieskończonego łańcucha szczęśliwych przypadków.

Jesteśmy dopiero na samym początku tego wszystkiego. Sztuczka polega oczywiście na tym, aby nigdy nie znaleźć końca. A to niemal na pewno będzie wymagało znacznie więcej niż serii szczęśliwych przypadków.