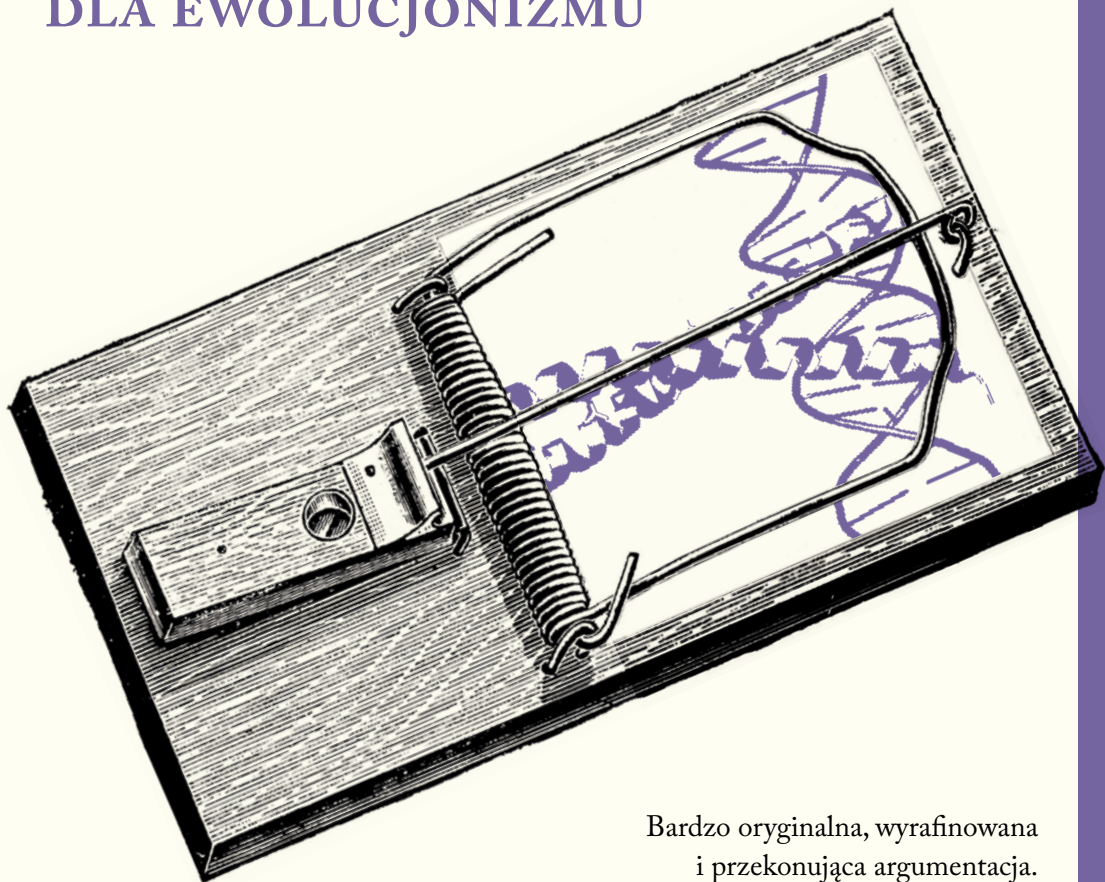


MICHAEL J. BEHE

CZARNA SKRZYŃKA DARWINA

BIOCHEMICZNE WYZWANIE
DLA EWOLUCJONIZMU



Bardzo oryginalna, wyrafinowana
i przekonująca argumentacja.

– David Berlinski,

autor książki *A Tour of the Calculus*

En Arche

**Czarna skrzynka
Darwina**
Biochemiczne wyzwanie
dla ewolucjonizmu



SERIA INTELIGENTNY PROJEKT

Seria Inteligentny Projekt to pierwsza tak ambitna i bogata propozycja na polskim rynku wydawniczym, w ramach której ukazują się książki dotyczące teorii inteligentnego projektu – Intelligent Design (ID).

Autorzy zastanawiają się: Czy różnorodność życia na Ziemi może być wyjaśniona wyłącznie przez procesy czysto przyrodnicze? Czy złożone struktury biologiczne mogły powstać drogą przypadku i konieczności, bez udziału inteligencji? Czy Ziemia jest tylko jedną z wielu niczym niewyróżniających się planet?

Teoria inteligentnego projektu jest ogólną teorią rozpoznawania projektu i ma szerokie zastosowanie w takich dziedzinach nauki, jak kryminalistyka, historia, kryptografia, astronomia i inżynieria. Seria Inteligentny Projekt pokazuje, że koncepcja ID powinna być stosowana również w zagadnieniach pochodzenia i rozwoju różnych form życia, a także w próbie zrozumienia nas samych.



*Jeśli by można było wykazać,
że istnieje jakikolwiek narząd złożony,
który nie mógłby być utworzony na drodze
licznych, następujących po sobie,
drobnych przekształceń – teoria moja
musiałaby absolutnie upaść.*

K. Darwin, *O powstawaniu gatunków*,
tłum. S. Dickstein, J. Nusbaum, Warszawa 2001, s. 200.

Czarna skrzynka Darwina

Biochemiczne wyzwanie dla ewolucjonizmu

Michael J. Behe



Warszawa 2020

En Arche

Tytuł oryginału
Darwin's Black Box
The Biochemical Challenge to Evolution

Published in the United States by FREE PRESS
A Division of Simon & Schuster, Inc.
1230 Avenue of the Americas
New York, NY 10020

Copyright © 1996, 2006 by Michael J. Behe

Copyright © for the Polish edition by Fundacja En Arche, Warszawa 2020

Przekład
Dariusz Sagan

Redaktor naukowy serii
prof. dr hab. Kazimierz Jodkowski

Redaktor prowadzący
Barbara Giża

Redakcja merytoryczna
dr Grzegorz Nowak

Redakcja językowa
Monika Marczyk

Korekta
Dorota Śrutowska

Projekt okładki
Katarzyna Trzeszczkowska

Projekt graficzny i skład
Maria Rostonec

Ilustracja na okładce
Wikimedia Commons

Wydanie I

ISBN 978-83-66233-12-6 (PDF)
ISBN 978-83-66233-13-3 (EPUB)
ISBN 978-83-66233-14-0 (MOBI)

Fundacja En Arche
al. Jana Pawła II 80 lok. 15
00-175 Warszawa
biuro@enarche.pl
Księgarnia internetowa
enarche.pl/ksiegarnia/

En Arche

Dla Celeste

En Arche

En Arche

Spis treści

Przedmowa	9
Część I	
Otwarcie skrzynki	13
Rozdział 1. Lilipucia biologia	15
Rozdział 2. Nakrętki i śruby	39
Część II	
Zawartość skrzynki	65
Rozdział 3. Płyn tódka moja	67
Rozdział 4. System Rube'a Goldberga we krwi	91
Rozdział 5. Dotrzeć do celu	117
Rozdział 6. Niebezpieczny świat	137
Rozdział 7. Śmierć na drodze	161
Część III	
O czym mówi skrzynka?	185
Rozdział 8. Publikuj albo giń	187

Rozdział 9. Inteligentny projekt	215
Rozdział 10. Pytania o projekt	239
Rozdział 11. Nauka, filozofia, religia	265
Postowie Dziesięć lat później	289
Dodatek Chemia życia	313
Podziękowania	337
Bibliografia	339

Przedmowa

Zjawisko molekularne

Stwierdzenie, że nauka poczyniła ogromne postępy w pojmowaniu przyrody, nie jest niczym zaskakującym – to wręcz banal. Tak dobrze rozumiemy już prawa fizyki, że jesteśmy w stanie wysłać sondy kosmiczne do miejsc oddalonych o miliardy kilometrów od Ziemi i je fotografować. O panowaniu dzięki nauce i technologii nad siłami przyrody świadczą komputery, telefony, elektryczność i niezliczone inne wynalazki. Dzięki szczepionkom i wysoce wydajnym plonom udało nam się, przynajmniej w niektórych częściach świata, wstrzymać pochód odwiecznych wrogów ludzkości: chorób i głodu. Niemal co tydzień komunikaty o odkryciach w dziedzinie biologii molekularnej podsycają nadzieję na stworzenie leków na choroby genetyczne i inne.

Jednak wiedza o tym, jak coś funkcjonuje, to nie to samo, co wiedza na temat tego, jak to coś powstało. Można na przykład z ogromną dokładnością przewidzieć ruchy planet w Układzie Słonecznym, ale kwestia jego powstania (w jaki sposób uformowały się Słońce, planety i ich księżyce) nadal pozostaje sporna¹. Być może kiedyś nauka rozwiąże i tę zagadkę. Nie zmienia to jednak faktu, że wiedza o pochodzeniu rzeczy różni się zasadniczo od pojmowania, jak one funkcjonują.

Wielu ludzi uznało, że skoro nauka umożliwiła panowanie nad przyrodą, to może ona, a właściwie powinna, wyjaśnić również powstanie świata przyrody oraz życia. Wprawdzie propozycja Darwina, że życie da się wytłumaczyć oddziaływaniem doboru naturalnego na ulegające zmianom organizmy, zyskała uznanie większości naukowców już ponad 100 lat temu, ale podstawowe mechanizmy życia poznano dopiero w ciągu kilkudziesięciu ostatnich lat.

Współcześni naukowcy dowiedzieli się ostatecznie, że życie jest zjawiskiem molekularnym: wszystkie organizmy zbudowane są z cząsteczek, które

¹ A.G.W. Cameron, *Origin of the Solar System*, „Annual Review of Astronomy and Astrophysics” 1988, Vol. 26, s. 441–472.

w układach biologicznych pełnią funkcję nakrętek i śrub, przekładni i bloków. Oczywiście istnieją złożone układy biologiczne (takie jak układ krążenia krwi), które są obserwowalne na wyższych poziomach organizacji, ale najdrobniejsze szczegóły życia należą do domeny cząsteczek biologicznych. Biochemia, która bada te cząsteczki, zajmuje się więc samym fundamentem życia.

Od połowy lat pięćdziesiątych XX wieku biochemia drobiazgowo wyjaśniała funkcjonowanie życia na poziomie molekularnym. Darwin nie znalazł przyczyn zmienności w obrębie gatunków (jednego z wymogów swojej teorii). Dopiero biochemia zidentyfikowała molekularną podstawę tego zjawiska. Dziewiętnastowieczni naukowcy nie mogli się nawet domyślać, jak działają mechanizmy widzenia, odporności czy ruchu, ale dzięki współczesnej biochemii znamy już cząsteczki, które umożliwiają te i inne funkcje.

Niegdyś sądzono, że podstawy procesów życiowych są bardzo proste. To jednak okazało się nieprawdą. Wykazano, że widzenie, ruch i inne funkcje biologiczne są nie mniej skomplikowane niż kamery telewizyjne i samochody. Nauka poczyniła ogromny postęp w rozumieniu, jak działa chemia życia, a mimo to elegancja i złożoność systemów biologicznych na poziomie molekularnym sparaliżowała próby wyjaśnienia ich powstania. Niemal nikt się nad tym nie zastanawiał, a tym samym nie ma mowy o jakimkolwiek postępie w tym obszarze badań. Wielu naukowców usilnie zapewniało, że wyjaśnienia już istnieją albo że wcześniej czy później je znajdziemy, przeczą temu jednak rezultaty przeglądu profesjonalnej literatury naukowej. Co ważniejsze, istnieją poważne powody – związane z samą strukturą biologicznych układów molekularnych – by sądzić, że mechanizmów życia nigdy nie da się wyjaśnić zgodnie z zasadami darwinowskimi.

Ewolucja to pojęcie, któremu nadaje się różne znaczenia². Można go użyć na oznaczenie czegoś tak prostego jak zmiana w czasie lub w odniesieniu do pochodzenia wszystkich form życia od wspólnego przodka, nie precyzując jednocześnie mechanizmu zmiany. Jednakże w swoim pełnym, biologicznym sensie słowo *ewolucja* oznacza proces, za sprawą którego życie powstało z materii nieożywionej, a następnie jego formy rozwijały się wyłącznie na zasadzie działania procesów naturalnych. Taki sens nadał mu Darwin i tak rozumie je społeczność naukowców. W takim też znaczeniu używam słowa *ewolucja* w tej książce.

² P.E. Johnson, *Darwin przed sądem*, tłum. P. Drygas, Warszawa 2020, rozdz. 5; E. Mayr, *One Long Argument*, Cambridge 1991, s. 35–39.

Przepraszam za szczegóły

Kilka lat temu, w Boże Narodzenie, Święty Mikołaj podarował mojemu najstarszemu synowi plastikowy rowerek na trzech kołach. Święty Mikołaj jest niestety bardzo zajęty i nie miał czasu na wyjęcie rowerka z opakowania i zmontowanie go. To zadanie przypadło w udziale tacie. Wyjąłem części z opakowania, otworzyłem instrukcję montażu i ciężko westchnąłem. Było tam sześć stron szczegółowego opisu: ustaw w szeregu osiem różnych typów śrub, wsuń dwie półtoracalowe śruby przez uchwyt do wału, wetknij wał do kwadratowego otworu w ramie rowerka i tak dalej. Nie miałem nawet ochoty tego czytać, ponieważ wiedziałem, że nie można przejrzeć instrukcji pobieżnie, jak gazety, gdyż wszystko zależy od szczegółów. Zakasałem jednak rękawy, otworzyłem puszkę z piwem i zabrałem się do roboty. Po kilku godzinach rowerek był złożony. W trakcie montażu czytałem opis każdego etapu po kilka razy (aby wbić go sobie do głowy) i robiłem dokładnie to, o czym była tam mowa.

Sądzę, że taką samą niechęć do czytania szczegółowych instrukcji przejawiają również inni ludzie. Chociaż w wielu domach są magnetowidy (VCR), to większość osób nie potrafi ich zaprogramować. Do tych cudów techniki dołączone są kompletne instrukcje obsługi, ale już sama myśl o nudnym ich studiowaniu sprawia, że znaczna liczba dorosłych woli jednak zlecić takie zadanie najbliższemu znajdującemu się dziesięciolatkowi.

Niestety, duża część biochemii przypomina instrukcje obsługi pod tym względem, że ważne są w niej szczegóły. Jest niemal pewne, że student, który tylko pobieżnie przejrzał podręcznik biochemii, podczas egzaminu będzie wpatrywał się w sufit, a z jego czoła spływać będą krople potu. Po szybkim przewertowaniu podręcznika nie będzie przygotowany do odpowiedzi na takie pytania, jak: „Przedstaw w szczegółach mechanizm hydrolizy wiązania peptydowego przez trypsynę, zwracając szczególną uwagę na rolę energii wiązania stanu przejściowego”. Chociaż w biochemii istnieją powszechne zasady, które mogą dać zwykłym śmiertelnikom ogólne wyobrażenie o chemii życia, to do niczego więcej się one nie przydadzą. Posiadanie stopnia naukowego w dziedzinie inżynierii nie zastąpi instrukcji montażu rowerka na trzech kołach ani nie pomoże bezpośrednio w zaprogramowaniu magnetowidu.

Wielu ludzi ma niestety doskonałą świadomość tego, że biochemia jest wybredna. Osoby cierpiące na anemię sierpowatą, znoszące wiele bólu w swoim krótkim życiu, wiedzą, jak ważny jest pewien mały szczegół, który zmienił jedną ze 146 reszt aminokwasowych w jednym z dziesiątek tysięcy białek w ich ciele. Rodzice dzieci, które umierają na chorobę Taya-Sachsa lub mukowiscydozę albo chorują na cukrzycę lub hemofilię, znają bolesną prawdę o znaczeniu biochemicznych szczegółów.

Jako pisarz pragnący, aby inni czytali jego pracę, stoję przed dylematem: ludzie nie cierpią szczegółów, lecz historia wpływu biochemii na teorię ewolucji zależna jest wyłącznie od nich. Chcąc więc przekonać ich do idei, które skłoniły mnie do napisania tej książki, musiałem nadać jej taką konstrukcję, jakiej ludzie nie lubią. Aby docenić złożoność, trzeba najpierw jej doświadczyć. Wyczulonych czytelników proszę zatem o cierpliwość. W tej książce będzie dużo szczegółów.

Książka dzieli się na trzy części. Część pierwsza zarysowuje ogólne tło i wyjaśnia, dlaczego spór na temat ewolucji toczy się obecnie na poziomie molekularnym – w dziedzinie biochemii. Część ta w dużej mierze pozbawiona jest szczegółów technicznych, chociaż wkradają się one do omówienia mechanizmu działania oka. W części drugiej przedstawiam różne przykłady – to w niej znajduje się większość opisów złożonych systemów. Część trzecia zawiera nietechniczne omówienie implikacji płynących z odkryć biochemicznych.

Trudny materiał ogranicza się w większości do części drugiej. Swobodnie stosuję tam jednak analogie do przedmiotów znanych z codziennego doświadczenia, a więc nawet w tej partii materiału szczegółowe opisy układów biochemicznych nie są aż tak bardzo uciążliwe. Fragmenty zawierające najwięcej szczegółów – najeżone technicznymi terminami, które mogą przyprowadzić o zawroty głowy – oddzieliłem od tekstu podstawowego za pomocą symbolu □, którego zadaniem jest uprzedzenie czytelnika. Niektórzy mogą być w stanie przebrnąć przez całą część drugą. Inni mogą natomiast woleć tylko ją przejrzeć lub nawet pominąć pewne jej fragmenty, by powrócić do nich później, gdy będą gotowi na przyswojenie większej ilości informacji. Dla tych, którzy chcieliby lepiej zrozumieć biochemię, dołączyłem Dodatek, w którym przedstawiłem zarys ogólnych zasad biochemicznych. Wszystkich, którzy chcieliby zapoznać się z każdym szczegółem, zachęcam do odwiedzenia biblioteki i wypożyczenia podręcznika biochemii.

CZĘŚĆ I
OTWARCIE SKRZYNKI

En Arche



Rozdział 1

Lilipucia biologia

Ograniczenia pewnej teorii

Książka ta dotyczy pewnej teorii – ewolucjonizmu darwinowskiego – która została doprowadzona do swoich granic za sprawą odkryć w biochemii. Biochemia jest nauką o samej podstawie życia: cząsteczkach tworzących komórki i tkanki, które katalizują reakcje chemiczne procesów trawienia, fotosyntezy, odporności i wielu innych¹. Zdumiewający postęp, jaki biochemia poczyniła od połowy lat pięćdziesiątych XX wieku, stanowi monumentalny hold dla potęgi naukowej wiedzy o świecie. Przyniósł on wiele praktycznych korzyści w medycynie i rolnictwie. Za zdobytą wiedzę możemy jednak zapłacić pewną cenę. Gdy podkopuje się fundamenty, wspierające się na nich budowle zaczynają się chwiać, czasem nawet się zawalają. Gdy odsłonięto w końcu fundamenty takich nauk jak fizyka, trzeba było odrzucić dawne sposoby pojmowania świata, gruntownie je zrewidować lub ograniczyć do określonego obszaru przyrody. Czy tak samo stanie się w przypadku teorii ewolucji drogą doboru naturalnego?

Teoria Darwina, jak zresztą wiele innych wielkich teorii, cechuje się elegancją prostotą. Darwin zaobserwował, że wśród wszystkich gatunków występuje różnorodność: niektóre osobniki gatunku są większe, inne mniejsze, niektóre są szybsze, inne jaśniej ubarwione i tak dalej. Rozumował on, że skoro ograniczone zasoby pożywienia nie wystarczają dla wszystkich narodzonych organizmów, to przetrwają i rozmnożą się te, którym przypadkowe zmiany zapewnią przewagę w walce o byt. Współzawodnictwo przegrają organizmy słabiej przystosowane. Jeśli te zmiany będą dziedziczone, to cechy gatunku mogą się z czasem zmienić. W długim okresie nastąpić mogą duże zmiany.

¹ Do *biochemii* zaliczam wszystkie nauki, które badają życie na poziomie molekularnym, nawet jeśli niektóre z nich noszą inne nazwy, takie jak biologia molekularna, genetyka lub embriologia.

Przez ponad 100 lat większość naukowców uważała, że niemalże wszystkie formy życia lub przynajmniej najbardziej interesujące ich cechy powstały wskutek oddziaływania doboru naturalnego na losowo powstałe zmiany. Teorię Darwina stosowano do wyjaśnienia powstania dziobów zięb, końskich kopyt, ubarwienia ciem, zjawiska niewolnictwa u owadów oraz rozprzestrzeniania się życia na kuli ziemskiej na przestrzeni wieków. Niektórzy naukowcy rozszerzyli ją nawet na interpretację ludzkich zachowań: dlaczego desperaci popełniają samobójstwo, dlaczego młodzi ludzie mają nieślubne dzieci, dlaczego pewne grupy wypadają lepiej w testach inteligencji niż inne i dlaczego misjonarze religijni wyrzekają się małżeństwa i potomstwa. Nie ma niczego – żadnego narządu lub idei, zmysłu lub myśli – czego nie dałoby się wyjaśnić teorią ewolucji.

Prawie półtora wieku po tym, jak Darwin zaproponował swoją teorię, biologia ewolucyjna bardzo dobrze radzi sobie z wyjaśnianiem schematów życia, jakie widzimy wokół nas. Dla wielu jest to sukces tak ogromny, że wydaje się całkowity. Jednak rzeczywiste procesy życiowe nie zachodzą na poziomie anatomicznym zwierzęcia lub na poziomie narządu. Najważniejsze części organizmów żywych są zbyt małe, by dało się je zobaczyć. Procesy życiowe przebiegają na poziomie molekularnym i to cząsteczki są odpowiedzialne za szczegóły życia. Teoria Darwina jest w stanie wyjaśnić powstanie końskich kopyt, ale czy może wyjaśnić podstawy życia?

Krótko po roku 1950 nauka rozwinęła się na tyle, że naukowcy potrafili określić kształty i właściwości kilku cząsteczek, z których składają się organizmy żywe. Stopniowo i skrupulatnie poznawano coraz więcej struktur cząsteczek biologicznych, a dzięki niezliczonym eksperymentom zrozumiano sposób ich działania. Skumulowane wyniki badań jasno wskazują, że podstawą życia są *maszyny* – maszyny zbudowane z cząsteczek! Maszyny molekularne holują ładunek z jednego miejsca w komórce do innego wzdłuż „autostrad” utworzonych z innych cząsteczek, a pozostałe cząsteczki pełnią funkcję kabli, lin i bloków umożliwiających zachowanie kształtu komórki. Maszyny włączają i wyłączają komórkowe przełączniki, niekiedy zabijając komórkę lub wywołując jej wzrost. Maszyny zasilane promieniami słonecznymi przechwytyują energię fotonów i przechowują ją w związkach chemicznych. Maszyny elektryczne umożliwiają przepływ prądu w nerwach. Maszyny produkcyjne budują inne maszyny molekularne, a także same siebie. Za pomocą maszyn komórki pływają, kopiują się i trawią pokarm. Krótko mówiąc, bardzo

wyrafinowane maszyny molekularne kontrolują przebieg każdego procesu komórkowego. Szczegóły życia są więc precyzyjnie dostrojone, a maszyneria życia – ogromnie złożona.

Czy darwinowska teoria ewolucji potrafi wyjaśnić wszystkie aspekty życia? Media popularne uwielbiają publikować teksty o ekscytujących historiach, a wielu naukowców lubi spekulować na temat tego, jak daleko mogą zejść ich odkrycia. Większość ludzi ma więc problem z rozstrzygnięciem, co jest faktem, a co domysłem. Znalezienie rzeczywistych danych empirycznych wymaga gruntownego przeglądu czasopism i książek publikowanych przez naukowców. W literaturze naukowej znajdujemy opisy bezpośrednio przeprowadzonych eksperymentów, w których zasadniczo nie występują spekulacje mogące wprowadzać ludzi w błąd. Później wykażę jednak, że jeśli przejrzeć się literaturę naukową na temat ewolucji w poszukiwaniu odpowiedzi na pytanie, jak powstały maszyny molekularne, czyli podstawa życia, jedyne, co da się znaleźć, to przeraźliwe i absolutne milczenie. Złożoność fundamentu życia sparaliżowała podejmowane przez naukowców próby jego wyjaśnienia. Jak dotąd, maszyny molekularne wzniosły nieprzekraczalną przeszkodę dla uniwersalnego zasięgu darwinizmu. Aby się dowiedzieć, co jest tego przyczyną, muszę zbadać kilka fascynujących maszyn molekularnych, a następnie odpowiedzieć na pytanie, czy w każdym przypadku da się je wyjaśnić za pomocą mechanizmu losowych mutacji i doboru naturalnego.

Temat ewolucji jest kontrowersyjny, na samym początku książki koniecznie należy więc zapoznać się z kilkoma podstawowymi kwestiami. Wielu ludzi sądzi, że krytykowanie ewolucjonizmu darwinowskiego jest równoznaczne z popieraniem kreacjonizmu. Powszechnie uważa się, iż z kreacjonizmem wiąże się wiara w to, że Ziemia powstała zaledwie około 10 tysięcy lat temu. Ta interpretacja Biblii jest wciąż bardzo popularna. Chciałbym jednak zauważyć, że nie znam żadnego powodu, by wątpić w twierdzenia fizyków, że Wszechświat liczy miliardy lat. Co więcej, uważam, że teoria wspólnego pochodzenia (głosząca, że wszystkie organizmy mają wspólnego przodka), jest całkiem przekonująca i nie znam żadnego szczególnego powodu, by w nią wątpić. Mam wielki szacunek dla pracy moich kolegów, którzy badają rozwój i zachowanie organizmów w ramach ujęcia ewolucjonistycznego. Uważam również, że biologowie ewolucyjni wnieśli ogromny wkład do naszej wiedzy o świecie. Mimo iż mechanizm darwinowski – dobór naturalny oddziałujący na skutki zmienności – jest w stanie wyjaśnić

wiele rzeczy, to nie sądzę, że tłumaczy życie na poziomie molekularnym. Nie zdziwiłbym się także, gdyby nowa nauka o tym, co niezmiernie małe, zmieniła sposób postrzegania rzeczy większych.

Bardzo krótka historia biologii

Gdy w życiu sprawy idą po naszej myśli, większość z nas skłonna jest sądzić, że społeczeństwo, w którym żyjemy, jest czymś naturalnym i że nasze teorie na temat świata są bezsprzecznie prawdziwe. Trudno sobie wyobrazić, że ludzie w innych czasach i miejscach żyli inaczej lub dlaczego wierzyli w to, w co wierzyli. Jednakże w okresach wstrząsów, kiedy kwestionuje się pozornie niepodważalne prawdy, może się wydawać, że nic na świecie nie ma sensu. Historia przypomina nam wówczas, że poszukiwanie wiarygodnej wiedzy to długi i trudny proces, który jeszcze nie dobiegł końca. Na kilku dalszych stronach książki przedstawię bardzo krótki zarys historii biologii. Umożliwi to ocenę darwinowskiej teorii ewolucji z perspektywy historycznej. Cała historia biologii ukazuje jak gdyby wiele zagnieżdżonych czarnych skrzynek – po otwarciu jednej z nich pojawiała się bowiem następna.

Czarna skrzynka to żartobliwy termin odnoszący się do urządzeń, które wykonują określone czynności, ale których wewnętrzne mechanizmy działania są nieznane – czasem dlatego, że nie można ich zobaczyć, a niekiedy z tego względu, że po prostu ich nie rozumiemy. Dobrym przykładem czarnych skrzynek są komputery. Większość ludzi używa tych niezwykłych maszyn, nie mając nawet mglistego pojęcia, jak one działają, gdy przetwarzamy słowa, sporządzamy grafiki lub gry. Nie mamy zielonego pojęcia, co dzieje się wewnątrz obudowy. Nawet po zdjęciu obudowy niewielu z nas potrafi się połapać w tej gmatwaninie znajdujących się w środku części. Nie istnieje prosty, obserwowalny związek między częściami komputera a wykonywanymi przez niego działaniami.

Wyobraźmy sobie, że komputer wyposażony w bardzo wydajną baterię został przeniesiony w czasie o tysiąc lat wstecz na dwór króla Artura. Jak ludzie tamtej epoki zareagowaliby, widząc działający komputer? Większość z nich byłaby zatrwożona, ale przy odrobinie szczęścia być może znalazłby się ktoś, kto chciałby zrozumieć jego działanie. Mógłby zauważyć, że po naciśnięciu klawiszy na ekranie pojawiają się litery. Pewne kombinacje liter, będące komputerowymi komendami, mogłyby powodować zmianę obrazów na ekranie.

Po pewnym czasie poznano by wiele takich komend. Średniowieczni Anglicy mogliby sądzić, że rozszyfrowali tajniki działania komputera. Później ktoś mógłby jednak zdjąć obudowę i odkryć wewnętrzne mechanizmy tego sprzętu. W tym samym momencie teoria mówiąca, jak działa komputer, okazałaby się zupełnie naiwna. Czarna skrzynka, którą stopniowo rozszyfrowywano, ukazałaby następną czarną skrzynkę.

W czasach starożytnych *cała* biologia była czarną skrzynką, ponieważ nikt nawet w ogólnym zarysie nie rozumiał, jak funkcjonują organizmy żywe. Ludzie starożytni, którzy przypatrywali się roślinom i zwierzętom oraz zastanawiali się, jak one działają, stawali w obliczu niezgłębionej dla nich technologii. Pograżeni byli w mrokach niewiedzy.

Najwcześniejsze dociekania biologiczne prowadzili za pomocą jedyne go przyrządu, jaki był wtedy dostępny – nieuzbrojonego oka². W wielu książkach napisanych około 400 roku przed naszą erą (przypisywanych Hipokratesowi, który był ojcem medycyny) opisywane są objawy różnych pospolitych chorób, a za przyczyny ich występowania uznawane są nieodpowiednie odżywianie się i inne czynniki fizyczne, nie zaś uczynki bogów. Wprawdzie pisma te stanowiły początki biologii, ale dla starożytnych budowa organizmów żywych była całkowicie niezrozumiała. Wierzyli, że cała materia składa się z czterech elementów: ziemi, powietrza, ognia i wody. Sądzi li, że ciała istot żywych utworzone są z czterech płynów organicznych – krwi, żółtej i czarnej żółci oraz flegmy – a wszystkie choroby były rezultatem nadmiaru jednego z tych płynów.

Największy biolog pośród Greków – Arystoteles – był też ich największym filozofem. W przeciwieństwie do prawie wszystkich swoich poprzedników Arystoteles, urodzony jeszcze za życia Hipokratesa, zdawał sobie sprawę z tego, że zdobywanie wiedzy o przyrodzie wymaga systematycznej obserwacji. Dzięki metodycznym badaniom ujrzał w świecie istot żywych zdumiewający porządek. Zaliczył zwierzęta do dwóch ogólnych kategorii – tych posiadających krew i tych, które jej nie miały – zbliżając się tym samym do współczesnej klasyfikacji kręgowców i bezkręgowców. W obrębie kręgowców wyróżnił kategorie ssaków, ptaków i ryb. Większość płazów i gadów włączył do jednej grupy, a węże zaliczył do osobnej klasy. Arystoteles prowadził obserwacje, nie wspomagając się żadnymi przyrządami, jednak dużą część jego

² Zaprezentowany tu rys historyczny został zaczerpnięty głównie z książki: C. Singer, *A History of Biology*, London 1959. Dodatkowe źródła stanowią: G.R. Taylor, *The Science of Life*, New York 1963; oraz L.N. Magner, *A History of the Life Sciences*, New York 1979.

rozumowania uznaje się i dzisiaj, nawet pomimo całej wiedzy, jaką zdobyto w ciągu tysięcy lat po jego śmierci.

Na przestrzeni tysiąca lat po Arystotelesie żyło tylko kilku znaczących biologów. Jednym z nich był Galen, rzymski lekarz z II wieku naszej ery. Dzieło Galena dowodzi, że skrupulatne obserwacje zewnętrznej i (po przeprowadzeniu sekcji) wewnętrznej budowy roślin i zwierząt są konieczne, ale nie wystarczą do zrozumienia biologii. Galen próbował pojąć na przykład funkcjonowanie narządów zwierzęcych. Mimo iż wiedział, że serce pompuje krew, to na podstawie samej tylko obserwacji nie mógł stwierdzić, że krew krąży i powraca do serca. Galen błędnie sądził, że krew jest wypompowywana, aby nawodnić tkanki, oraz że nieustannie tworzy się nowa krew, która ponownie zaopatruje serce. Jego teorii nauczano przez blisko 15 wieków.

Dopiero w XVII wieku pewien Anglik, William Harvey, zaproponował teorię głoszącą, że krew płynie nieustannie w jednym kierunku, wykonując pełne okążenie, i powracając do serca. Harvey obliczył, że gdyby serce wypompowywało tylko 60 gramów krwi na uderzenie, to przy 72 uderzeniach na minutę w ciągu godziny wypompowałoby ono 245 kilogramów krwi – trzykrotnie więcej niż waży człowiek! Skoro wytworzenie tak dużej ilości krwi w tak krótkim czasie jest fizyczną niemożliwością, to ten sam zasób krwi musi być wykorzystywany ponownie. Logiczne rozumowanie Harveya (wspomagane wtedy nowym wynalazkiem cyfr arabskich, które ułatwiały obliczenia) było bezprecedensowe i umożliwiało dostrzeżenie nieobserwowalnej funkcji. Położyło też podwaliny pod współczesną myśl biologiczną.

W średniowieczu tempo badań naukowych uległo przyspieszeniu. Wzrosła liczba przyrodników wzorujących się na Arystotelesie. Następnie pierwsi botanicy, tacy jak Otto Brunfels, Hieronim Bock, Leonhart Fuchs i Valerius Cordus, opisali wiele rodzajów roślin. Dzięki Guillaume'owi Rondeletowi, który wykonał szczegółowe ryciny przebiegu zwierzęcego życia, rozwinęło się naukowe ilustratorstwo. Encyklopedyści, tacy jak Konrad Gesner, publikowali grube tomy podsumowujące całą wiedzę biologiczną. Linneusz w dużym stopniu rozszerzył klasyfikację Arystotelesesa, wprowadzając kategorie klasy, typu, rodzaju i gatunku. Za sprawą badań w biologii porównawczej ukazano wiele podobieństw między różnorodnymi gałęziami życia. Tak rozpoczęła się debata nad teorią wspólnego pochodzenia.

W wiekach XVII i XVIII biologia rozwijała się w szybkim tempie. Było to możliwe dzięki połączeniu uważnej Arystotelesowskiej obserwacji i pomysłowego

Harveyowskiego rozumowania. Kiedy jednak najbardziej istotne części danego organizmu nie są widoczne dla ludzkiego oka, nawet najuważniejsza obserwacja i najbardziej pomysłowe rozumowanie pozwalają na poznanie ich jedynie w ograniczonym stopniu. Chociaż ludzkie oko może dostrzegać przedmioty tak małej wielkości, jak jedna dziesiąta milimetra, wiele procesów życiowych zachodzi na poziomie mikroskopijnym, w lilipuciej skali. Biologia dotarła zatem do pewnej granicy swojego rozwoju: jedna czarna skrzynka – duże struktury organizmów – została otwarta tylko po to, by ukazać czarną skrzynkę subtelniejszych poziomów życia. Do dalszego rozwoju biologia potrzebowała licznych wynalazków technicznych. Pierwszym z nich był mikroskop.

Czarne skrzynki w czarnych skrzynkach

Soczewki znano już w czasach starożytnych, a od wieku XV powszechnie stosowano je w okularach. Jednakże dopiero w XVII stuleciu soczewki wkleśły i wypukłe włożono razem do tuby, tworząc pierwszy prosty mikroskop. Jednego z tych pierwszych przyrządów używał Galileusz, którego zaskoczyło odkrycie złożoności oczu owadów. Francesco Stelluti obserwował oczy, język, czułki i inne części ciała pszczoł oraz chrząszczy ryjkowców. Marcello Malpighi potwierdził, że krew krąży przez naczynia włosowate, i opisał wczesny etap zarodkowego rozwoju serca kurczaka. Nehemiah Grew badał rośliny. Jan Swammerdam przeprowadził sekcję jętki. Antoni van Leeuwenhoek był pierwszym człowiekiem w historii, który zobaczył komórkę bakterii, a Robert Hooke opisał komórki występujące w korku i liściach (nie docenił jednak ich znaczenia).

Rozpoczął się proces odkrywania nieznanego wcześniej lilipuciego świata, a przy tym unieważniono ustalone pojęcia dotyczące natury organizmów żywych. Historyk nauki Charles Singer zauważył, że „ukazana w ten sposób nieskończona złożoność organizmów żywych była, w sensie filozoficznym, równie niepokojąca jak uporządkowana majestatyczność świata astronomicznego, którą Galileusz ukazał wcześniejszemu pokoleniu. Dlatego minęło sporo czasu, zanim ludzie zrozumieli jej implikacje”. Innymi słowy, czasami pojawienie się nowych skrzynek wymaga rewizji wszystkich naszych teorii. Może się to jednak spotykać z ogromnym oporem.

Komórkową teorię życia przedstawili na początku XIX wieku Matthias Schleiden i Theodor Schwann. Schleiden badał tkanki roślinne. Przekonywał

o kluczowym znaczeniu ciemnej plamki – jądra – występującej we wszystkich komórkach. Schwann koncentrował się na tkankach zwierzęcych, w których trudniej było zobaczyć komórki. Niemniej zauważył, że pod względem budowy komórkowej zwierzęta są podobne do roślin. Schwann wyciągnął wniosek, że komórki lub ich wydzieliny składają się na całe ciała zwierząt i roślin oraz że – pod pewnym względem – komórki są indywidualnymi jednostkami, które żyją własnym życiem. Napisał, że „kwestia podstawowej siły uorganizowanych ciał sprowadza się do pojedynczych komórek”. Schleiden dodał: „dlatego najważniejsze pytanie brzmi: Jak powstał ten osobliwy, mały organizm – komórka?”.

Schleiden i Schwann działali od początku do połowy XIX wieku – był to okres podróży Darwina i przygotowywania jego książki *O powstawaniu gatunków*. Dla Darwina i pozostałych naukowców tamtego czasu komórka była więc czarną skrzynką. Niemniej Darwin był w stanie sensownie wyjaśnić dużą część biologii, ale na wyższym poziomie niż poziom komórkowy. Idea, że życie ewoluuje, nie była oryginalnym pomysłem naukowca, lecz to on właśnie dowodził jej w najbardziej systematyczny sposób. Teoria ewolucji drogą doboru naturalnego oddziałującego na skutki zmian stanowiła już jego własny wkład.

W międzyczasie ciągle badano komórkową czarną skrzynkę. Badania komórek ograniczone były możliwościami mikroskopu wyznaczanymi przez długość fali światła. Z przyczyn fizycznych mikroskop nie umożliwia rozróżnienia dwóch punktów, które są zbliżone do siebie na odległość mniejszą od połowy długości oświetlającej je fali światła. Skoro długość fali światła widzialnego wynosi w przybliżeniu jedną dziesiątą średnicy komórki bakterii, to pod zwykłym mikroskopem nie da się zaobserwować wielu maleńkich, istotnych szczegółów budowy komórki. Nie można otworzyć czarnej skrzynki komórki, jeśli nie towarzyszą temu dalsze nowinki techniczne.

Pod koniec XIX wieku, kiedy nastąpił szybki rozwój fizyki, Joseph John Thomson odkrył elektron. Kilkadziesiąt lat później wynaleziono mikroskop elektronowy. Długość fali elektronu jest mniejsza od długości fali światła widzialnego i dlatego dzięki „oświetleniu” elektronami można oglądać znacznie mniejsze obiekty. Z mikroskopią elektronową wiąże się wiele trudności natury praktycznej. Niemalą kłopot stanowi, że wiązki elektronów najczęściej „przysmażają” preparaty. Uporano się jednak z tym problemem i po II wojnie światowej mikroskop działał już prawidłowo. Odkryto nowe struktury subkomórkowe: w jądrze zaobserwowano dziury, a wokół mitochondriów

(fabryk energii w komórce) wykryto podwójne błony. Ta sama komórka, która pod zwykłym mikroskopem wyglądała na bardzo prostą, przedstawia się teraz zupełnie inaczej. Gdy dwudziestowieczni naukowcy ujrzeli złożoność komórki, poczuli taki sam zachwyt jak pierwsi użytkownicy mikroskopu, którzy zobaczyli szczegółową budowę owadów.

Ten poziom odkrycia pozwolił biologom na zbliżenie się do największej ze wszystkich czarnych skrzynek. Darwin i jego współcześni nie mogli odpowiedzieć na pytanie: *Jak funkcjonuje życie?* Rozumieli, że widzimy dzięki oczom. Jak jednak właściwie się to dzieje, że umożliwiają one widzenie? W jaki sposób krzepnie krew? Jak organizm zwalcza chorobę? Złożone struktury widziane pod mikroskopem elektronowym same zbudowane są z mniejszych elementów. Co to za elementy? Jak wyglądają? Jak funkcjonują? Aby odpowiedzieć na te pytania, musimy przenieść się z królestwa biologii do królestwa chemii. Musimy także powrócić do wieku XIX.

Chemia życia

Nietrudno zauważyć, że organizmy żywe różnią się od rzeczy nieożywionych. Zachowują się inaczej. Są także inne w dotyku: łatwo odróżnić skórę i włosy od skał i piasku. Aż do wieku XIX większość ludzi żywiła przekonanie, że życie składa się ze szczególnego rodzaju materii, która różni się od materii tworzącej przedmioty nieożywione. Jakież było zdziwienie Friedricha Wöhlera, kiedy w 1828 roku po podgrzaniu cyjanianu amonu otrzymał mocznik będący rodzajem produktu ubocznego przemiany biologicznej. Synteza mocznika z materii nieożywionej unieważniła prosty podział na świat ożywiony i świat nieożywiony. Specjalizujący się w chemii nieorganicznej Justus von Liebig rozpoczął badania nad chemią życia (czyli biochemią). Liebig wykazał, że temperatura ciała zwierząt wiąże się ze spalaniem pokarmu – nie jest ona zwykłą, wrodzoną własnością życia. Dzięki temu odkryciu sformułował teorię metabolizmu, za pomocą którego organizm gromadzi i rozkłada związki podczas procesów chemicznych. Ernst Felix Hoppe-Seyler skrytykował czerwoną materię krwi (hemoglobinę) i doszedł do wniosku, że łączy się ona z tlenem i rozprowadza go po całym ciele. Hermann Emil Fischer udokumentował z kolei, że duża klasa związków zwanych białkami zbudowana jest z zaledwie 20 typów cegiełek budulcowych (zwanych aminokwasami), które tworzą łańcuchy.

Jak wyglądają białka? Wprawdzie Hermann Emil Fischer pokazał, że zbudowane są z aminokwasów, ale szczegóły ich struktury pozostawały nieznanne. Przez wzgląd na swoje rozmiary znajdowały się nawet poza zasięgiem mikroskopii elektronowej, a jednak stawało się jasne, że białka stanowią składowe podstawowych mechanizmów życia, które katalizują reakcje chemiczne i budują struktury komórkowe. Do badania struktury białek potrzebna więc była nowa technika.

Na początku XX wieku do ustalania struktur małych cząsteczek stosowano krystalografię rentgenowską. Kryształ związku chemicznego oświetla się wiązką promieni rentgenowskich. Promienie ulegają rozproszeniu w procesie zwanym dyfrakcją. Jeśli klisza fotograficzna umieszczona jest za kryształem, to rozproszone promienie rentgenowskie można wykryć, sprawdzając naświetloną kliszę. Po wykonaniu żmudnych obliczeń matematycznych wzór dyfrakcyjny może wskazać położenie *każdego pojedynczego atomu* w cząsteczce. Krystalografia rentgenowska umożliwiła poznanie struktury białek, lecz pojawił się duży problem: im więcej atomów w cząsteczce, tym trudniejsza matematyka i przede wszystkim trudniej skryzalizować związek chemiczny. Problem jest setki razy większy, ponieważ białka mają setki razy więcej atomów niż cząsteczki zwykle badane za pomocą krystalografii. Niektórzy ludzie są jednak setki razy bardziej wytrwali od innych.

W 1958 roku, po kilkudziesięciu latach badań, John Cowdery Kendrew, stosując krystalografię rentgenowską, określił strukturę białka mioglobiny. Nareszcie technika ukazała szczegóły struktury jednego z podstawowych składników życia. Co zobaczono? Większą złożoność. Wcześniej sądzono, że białka okażą się prostymi i regularnymi strukturami, podobnie jak kryształy soli. Jednak po zobaczeniu poskręcanej, skomplikowanej, przypominającej jelito struktury mioglobiny Max Perutz wzdrygnął się: „Czy to możliwe, by poszukiwanie ostatecznej prawdy rzeczywiście doprowadziło do ujawnienia tak obrzydliwego i podobnego do trzewi obiektu?”. Od tego momentu biochemicy musieli polubić zawiloci struktur białkowych. Udoskonalenie komputerów i innych przyrządów sprawiło, że obecnie metodę krystalografii stosuje się znacznie łatwiej niż tę, którą znalazł Kendrew, a mimo to ciągle wymaga to wiele wysiłku.

W rezultacie badań białek, przeprowadzonych przez Kendrewa, oraz (najślawniejszych) badań DNA, których autorami byli James Watson i Francis Crick, biochemicy w końcu poznali kształty cząsteczek, z którymi mieli do czynienia w swojej pracy. Na ten okres można datować początek rozwijającej się

w nieprawdopodobnym tempie współczesnej biochemii. Wzrosło również znaczenie postępów w fizyce i chemii dla wspólnych badań procesów życiowych.

Mimo iż w zasadzie krystalografia rentgenowska umożliwia określenie struktury wszystkich cząsteczek organizmów żywych, problemy praktyczne ograniczają jej zastosowanie do względnie małej liczby białek i kwasów nukleinowych. W oszalamiającym tempie pojawiały się jednak nowe techniki dopełniające i uzupełniające krystalografię. Jedną z ważnych technik określania struktury nazywana jest *magnetycznym rezonansem jądrowym* (NMR – *nuclear magnetic resonance*). Za pomocą NMR można badać cząsteczki znajdujące się w roztworze – nie trzeba ich tak żmudnie krystalizować. NMR, podobnie do krystalografii rentgenowskiej, pozwala na ustalenie dokładnej struktury białek i kwasów nukleinowych, ale ma także ograniczenia, przez które technikę tę da się stosować tylko do pewnej części znanych białek. Wspólnymi siłami NMR i krystalografia rentgenowska umożliwiają jednak poznanie wystarczającej liczby różnych białek, by naukowcy byli w stanie dokładnie zrozumieć ich strukturę.

Gdy Leeuwenhoek zobaczył pod mikroskopem maleńką roztocz na maleńkiej pchle, zainspirowało to Jonathana Swifta do napisania wiersza przewidyującego niekończącą się procesję coraz to mniejszych insektów:

Przyrodnicy zatem pchlę dostrzegli, co ma
mniejsze pchelki, które na niej żerują,
a te mniejsze mają jeszcze mniejsze, co je podgryzają
i tak to się ciągnie w nieskończoność³.

Swift był w błędzie, ponieważ ta procesja nie ciągnie się w nieskończoność. W ostatnich latach XX wieku obserwujemy zalew badań życia, a ich zakończenie znajduje się w zasięgu wzroku. Ostatnią czarną skrzynką była komórka, której otwarcie ukazało cząsteczki – opokę przyrody. Niżej zejść się nie da. Co więcej, prowadzone są badania enzymów, pozostałych białek i kwasów nukleinowych. Dzięki nim odkryto zasady obowiązujące na podstawowym poziomie życia. Należy poznać jeszcze wiele szczegółów i niewątpliwie czekają nas liczne niespodzianki. Jednak w przeciwieństwie do dawniejszych naukowców, którzy obserwując ryby, serce czy komórkę, zastanawiali się, czym one są i co sprawia, że funkcjonują, współcześni naukowcy mogą

³ J. Swift, *On Poetry: A Rhapsody*, w: *Swift's Works Vol. X*, 1762, s. 259. Cyt. za przedruk: A.C. Elias i in., *The Full Text of Swift's On Poetry: A Rhapsody (1733)*, „Swift Studies” 1994, Vol. 9, s. 17–32.