

Francisco J. Ayala

Dar

Karola Darwina dla nauki i religii



Dar
Karola Darwina
dla nauki i religii

Francisco J. Ayala

Dar

Karola Darwina dla nauki i religii

Przełożył Piotr Dawidowicz



This is a translation of
DARWIN'S GIFT to Science and Religion, Francisco Ayala

© 2007 National Academy of Sciences. First published in English by Joseph Henry Press, and imprint of the National Academies Press. All rights reserved.

Redaktor prowadzący
Małgorzata Yamazaki

Redakcja
Marcin Ryszkiewicz

Konsultacja teologiczna
Andrzej Sujka

Korekta
Maria Wojciechowska

Projekt graficzny książki
Zofia Kosińska

Projekt okładki
Katarzyna A. Jarnuszkiewicz

Skład i łamanie
Pracownia DTP Aneta Osipiak-Wypiór

ISBN 978-83-235-0515-0 (druk)
ISBN 978-83-235-2680-3 (e-pub)

ISBN 978-83-235-2672-8 (pdf online)
ISBN 978-83-235-2688-9 (mobi)

© Copyright for the Polish edition by Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego,
Warszawa 2009

Pierwsze wydanie: Warszawa 2009

Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego
00-497 Warszawa, ul. Nowy Świat 4
e-mail: wuw@uw.edu.pl
Księgarnia internetowa: www.wuw.pl

Wydanie 1, dodruk 2, Warszawa 2016

*Kochanej
Hanie*

SPIS TREŚCI

Przedmowa	IX
1. Wprowadzenie	1
2. Inteligentny Projekt: wersja oryginalna	14
3. Darwinowska rewolucja: projekt bez projektanta	25
4. Dobór naturalny	45
5. Świadectwa ewolucji	74
6. Ewolucja człowieka	90
7. Biologia molekularna	110
8. Niedorzeczności i fatalne błędy	128
9. Poza biologię	150
10. Posłowie dla dociekliwych	167
Przypisy	187
Podziękowania	205
Indeks	206

PRZEDMOWA

Przesłanie tej książki można wyrazić w prosty sposób: nauka i religia nie muszą pozostawać w sprzeczności. Jeżeli są poprawnie rozumiane, *nie mogą* być spreczne, nauka i religia bowiem dotyczą różnych zagadnień. Nauka zajmuje się procesami zachodzącymi w świecie przyrody: ruchem planet, budową materii i składem atmosfery, pochodzeniem i funkcją organizmów. Religia dotyczy znaczenia i celu świata oraz życia ludzkiego, właściwego stosunku ludzi do ich Stwórcy i do siebie nawzajem, wartości moralnych inspirujących i rządzących ludzkim życiem.

Właściwe stosunki pomiędzy nauką a religią mogą jednocześnie motywować i inspirować ludzi wierzących. Nauka może inspirować wiarę i zachowania ludzi wierzących, spoglądających z podziwem i trwogą na bezmiar wszechświata, zdumiewającą różnorodność organizmów i fenomen ludzkiego mózgu i ludzkiego umysłu. Religia sprzyja pełnej szacunku postawie wobec Stworzenia, wobec rodzaju ludzkiego i wobec środowiska. Może być siłą zachęcającą i inspirującą do podejmowania badań naukowych i może skłaniać uczonych do ba-

dania wspaniałości stworzonego świata i do rozwiązywania zagadek, wobec których ten świat nas stawia.

W trakcie mych rozważań zajmę się dwiema kwestiami adresowanymi przede wszystkim do ludzi wierzących. Po pierwsze, nauka jest i będzie. Niezależnie od tego, jakie błędy albo luki znajdą w nauce ludzie wierzący, nie zaniecha ona swego nieustannego dążenia do rozwiązywania zagadek przyrody. Potępienie Galileusza przez Kościół katolicki w XVII wieku nie zahamowało rozwoju astronomii. Wciąż podziwiamy ogrom naszej Galaktyki i nieprzeliczonych innych galaktyk. Ci, którzy widzą fałsz w teorii ewolucji, mogą próbować wyrzucić ją z programów szkolnych albo pomniejszyć jej osiągnięcia, ale tysiące naukowców, prowadzących badania nad ewolucją na setkach uniwersytetów i w innych instytucjach, nie ustaną w swych wysiłkach, by utrzymać i rozwijać postęp nauki. Uniwersytety, fundacje i rządy będą nadal inwestować miliony w badania ewolucyjne i tysiące artykułów będzie się ukazywać co roku w czasopismach naukowych.

Druga kwestia, którą podnoszę w tej książce, może zaskoczyć i ludzi wiary, i uczonych. Dowodzę, że wiedza naukowa, a szczególnie teoria ewolucji, jest zgodna z wiarą w Boga, kreacjonizm zaś i teoria Inteligentnego Projektu – nie są. Ta kwestia związana jest ze szczególną wizją Boga – podzielaną przez wielu ludzi wierzących – jako istoty wszechwiedzącej, wszechmocnej i miłosiernej. Świat przyrody pełen jest katastrof, nieszczęść, niedoskonałości, błędów, cierpienia i okrucieństwa. Fale tsunami sięgają zniszczenia i śmierci; straszliwe wybuchy wulkanów przyniosły zagładę Pompejom i Herkulanum, zabijając ich mieszkańców; powodzie i susze doprowadzają do ruiny rolników. Ludzka szczeka jest kiepsko zaprojektowana, lwy pożerają swe ofiary, malaria corocznie zabija miliony ludzi. Nie przypisuję tych nieszczęść, okrucieństw i zniszczenia szczególnemu projektowi Stwórcy. Około 20% ludzkich cięż kończy się spontanicznym poronieniem w ciągu pierwszych dwóch miesięcy. To 20 milionów naturalnych aborcji co roku.

PRZEDMOWA

Wzdrygam się z trwogą na myśl, że niektórzy ludzie wiary przypisaliby to nieszczęście niedoskonałemu projektowi Stwórcy. Widzę je raczej jako konsekwencję niedoskonałych dróg procesu ewolucyjnego. Bóg objawienia i wiary jest Bogiem miłości, litości i mądrości.

Teoria ewolucji Darwina jest darem dla nauki, ale także dla religii. Książka ta wyjaśnia, dlaczego tak myślę. Mam nadzieję, że Czytelnik uzna ją za przekonującą i być może zechce się ze mną zgodzić.

Irvine, Kalifornia

1 marca 2007

1

WPROWADZENIE

Czy Bóg chce zapobiec złu, lecz nie może? Zatem jest bezsilny. Czy może, ale nie chce? Zatem jest zły. Czy i może, i chce zarazem? Skąd więc bierze się zło?

David Hume, *Dialogi o religii naturalnej*¹

Dominikański klasztor św. Stefana w Salamance, w Hiszpanii, to kompleks budowli, nad którym góruje wielki kościół św. Stefana, zaprojektowany w XV wieku przez mnicha Juana de Alvę i stanowiący majestatyczny przykład architektury późnogotyckiej. Wspaniała fasada w stylu wczesnego renesansu hiszpańskiego otwiera się do surowego wnętrza, w którym poczesne miejsce zajmuje bogato zdobiony, wysoki ołtarz, barokowe arcydzieło José Churriguery z 1692 roku. Główne wejście do klasztoru prowadzi przez portyk w stylu włoskiego renesansu. Za gotyckim krużgankiem i wielką klatką schodową mieści się *Claustro de Colón*, gdzie odwiedzający to miejsce w latach 1491–1492 Krzysztof Kolumb prowadził dysputy z uczonym spowiednikiem królowej Izabeli, o. Dezą, na temat jego obliczeń średnicy Ziemi i zabiegał u niego o polityczne i finansowe wsparcie królowej dla swojej ekspedycji, która kilka miesięcy później miała doprowadzić do odkrycia Ameryki i otworzyć nowy rozdział w historii ludzkości.

Taka była sceneria, w której w późnych latach pięćdziesiątych minionego wieku po raz pierwszy zetknąłem się z dowodem z celowości. Jako

student teologii na Wydziale Papieskim w klasztorze św. Stefana dowiedziałem się o pięciu dowodach na istnienie Boga sformułowanych przez Tomasza z Akwinu (1224–1274) w *Summa theologiae* oraz w *Summa contra gentiles*. Piąty dowód (zwany też piątą drogą „z rządzenia” – *quinta via sumitur ex gubernatione*) w czasach współczesnych został nazwany argumentem teleologicznym, ponieważ dla św. Tomasza „rządzenie” oznaczało kierowanie rzeczami w stronę celu, którym jest dobro.

Dowód św. Tomasza z Akwinu wywodzi się z faktu kierowania rzeczami, ponieważ uporządkowane i celowe działanie nieosobowego bytu przygodnego wskazuje na istnienie oraz na osobowy charakter Bytu Pierwszego. „Piątą drogę wskazuje fakt kierownictwa rzeczami na świecie. Widzimy bowiem jak rzeczy pozbawione [wszelkiego] poznania, mianowicie ciała naturalne, działają celowo. Objawia się to tym, że zawsze lub bardzo często działają jednakowo, a działają po to, by dopiąć tego, co dla nich najlepsze. Jasne więc, że nie dochodzą do tego celu mocą przypadku, ale w sposób zamierzony. Otóż rzeczy pozbawione [wszelkiego] poznania o tyle dążą do celu, o ile są kierowane ku niemu przez kogoś obdarzonego zdolnością poznania i myślenia, tak jak strzała łucznika. A więc istnieje ktoś myślący, kto kieruje wszystkimi naturalnymi rzeczami ku celowi – i jego to zwiemy Bogiem”².

Argument Inteligentnego Projektu, pozwalający na wyjaśnienie złożoności organizacji istot żywych, sformułował znacznie później William Paley (1743–1805) w *Natural Theology* (Teologia naturalna, 1802). Paley dokonał słynnego porównania teleskopu i ludzkiego oka, argumentując, że obydwa zostały zaprojektowane, pierwszy przez optyka, a drugi przez tę samą Inteligentną Przyczynę, która stworzyła także niezmierną różnorodność organizmów, których niezwykle wyszukane części – oczy, skrzydła, skrzela – bardzo starannie zaprojektowano, aby skutecznie wypełniały swoje funkcje życiowe.

Upłynęło kilka lat od moich studiów teologicznych w Salamance, zanim dowiedziałem się o pracy Paleya. Było to w 1961 roku w No-

wym Jorku, gdzie podjąłem studia doktoranckie z genetyki i ewolucji. Odkrycie, że w Stanach Zjednoczonych istnieje silny ruch kreacjonistyczny, postrzegający teorię ewolucji Darwina jako sprzeczną z religią, było dla mnie, przybysza z konserwatywnej Hiszpanii, dużym zaskoczeniem. W Salamance, gdzie studiowałem teologię, teorię ewolucji uważano za przyjazną, a nie wrogą wierze chrześcijańskiej. Ewolucja, jak uczyłem się na zajęciach z teologii, wyposażała teologów w brakujące ogniwo w wyjaśnieniu zła istniejącego w świecie albo – w języku teologów – rozwiązała problem teodycei. Słownikowa definicja teodycei brzmi: Obrona dobroci i wszechmocy Boga w obliczu istnienia zła.

PRZYGOTOWANIE SCENY

Problem zła został zwięźle sformułowany w tradycji chrześcijańskiej jako następujący dylemat: Jeżeli Bóg nie może zapobiec złu, nie jest wszechmogący; jeżeli może zapobiec złu, lecz tego nie czyni, nie jest miłosierny. Ale zło istnieje – jak to możliwe? Jeśli to rozumowanie jest poprawne, wynika z niego, że Bóg jest nie całkiem wszechmogący lub nie całkiem dobry. Teologia chrześcijańska akceptuje istnienie zła, ale odrzuca poprawność powyższej argumentacji³.

Tradycyjna teologia wyróżnia trzy rodzaje zła: zło moralne lub grzech, czyli zło wywodzące się z wolnej woli człowieka; ból i cierpienie doświadczane przez człowieka; zło fizyczne, takie jak powodzie, huragany, trzęsienia ziemi i niedoskonałość wszystkich istot. Teologia ma gotowe wyjaśnienia dwóch pierwszych rodzajów zła. Grzech jest konsekwencją wolnej woli; przeciwieństwem grzechu jest cnota, również wynikająca z wolnej woli. Teologowie chrześcijańscy wyjaśniali, że jeśli ludzie mają nawiązać prawdziwie osobiste stosunki ze Stwórcą, muszą najpierw doświadczyć jakiegoś stopnia wolności i autonomii. Cnotliwe życie daje nadzieję na wieczną nagrodę w niebie. Teologia chrześcijańska dobrze wyjaśnia też ludzki ból i cierpienie. Są one także konsekwencją wolnej

woli w stopniu, w jakim spowodowane są przez wojnę, niesprawiedliwość i inne formy złego postępowania człowieka; to ludzie decydują się krzywdzić swych bliźnich. Z drugiej strony są dobre uczynki, poprzez które ludzie starają się łagodzić cierpienie innych.

Ale co zrobić z trzęsieniami ziemi, sztormami, powodzią, suszami i innymi klęskami żywiołowymi? Czy można włączyć nowoczesną naukę do rozważań teologicznych, skoro zjawiska fizyczne są wmontowane w strukturę świata? Od XVII wieku ludzie wiedzą, że procesy, dzięki którym powstają galaktyki i gwiazdy, formują się planety, poruszają kontynenty, zmieniają pory roku i pogoda, występują powodzie i trzęsienia ziemi, to naturalne zjawiska, a nie zdarzenia specjalnie zaplanowane przez Boga, aby ukarać lub nagradzać ludzi. Gwałtowna eksplozja supernowej i zderzenia galaktyk wynikają z praw fizyki, nie zaś z zamysłu straszliwego Boga. Niestety, teodycea ciągle napotykała trudności pozornie nie do pokonania. Jeśli Bóg jest Stwórcą, to skąd wzięły się: okrucieństwo lwa, jad węża czy pasożyty, które mogą żyć jedynie kosztem swych żywicieli?

Po raz pierwszy usłyszałem o ewolucji w katolickiej szkole, do której chodziłem w Madrycie. Moim pierwszym nauczycielem przedmiotów przyrodniczych, w szóstej klasie, był o. Pedro, łagodny człowiek, który nadzwyczajnie się ożywiał, gdy mówił o nauce. Ewolucja była także tematem wykładów z biologii, których słuchałem na Uniwersytecie Madryckim. Jeśli dobrze pamiętam, nigdy tam nie słyszałem, być może z wyjątkiem dziwacznych uwag albo nieśmiały obaw wyrażanych przez konserwatywnych intelektualistów, że teoria ewolucji może pozostawać w konflikcie z nauczaniem Kościoła katolickiego, wypełniającym życie duchowe w Hiszpanii w latach czterdziestych i pięćdziesiątych ubiegłego wieku. Z pewnością ogłoszona w 1950 roku przez papieża Piusa XII encyklika *Humani generis* definitywnie rozwiązała tę kwestię. Ewolucja biologiczna, jak pisał papież, jest zgodna z wiarą chrześcijańską.

Później, gdy studiowałem teologię w Salamance, Darwin był mile widzianym sprzymierzeńcem. Teoria ewolucji dostarczyła rozwiązania pozostałych elementów problemu zła. Tak jak powódź i susze były nieuniknioną konsekwencją natury fizycznego świata, tak drapieżniki i pasożyty były skutkiem ewolucji życia. Nie wynikały z ułomności lub złej woli Projektanta: właściwości organizmów nie zostały zaprojektowane przez Stwórcę. Ewolucja drogą doboru naturalnego jest odpowiedzią Darwina udzieloną Paleyowi. Jest także rozwiązaniem ostatniego aspektu problemu zła. Profesorowie teologii z Salamanki widzieli w teorii ewolucji ostatni, a nawet ostateczny, wkład do teodycei. Byłem więc bardzo zaskoczony, kiedy dowiedziałem się o ruchu kreacjonistycznym w Stanach Zjednoczonych i o powszechnych zastrzeżeniach wobec teorii ewolucji.

Od lat siedemdziesiątych XX wieku byłem zaangażowany w poszukiwania wyjścia z pozornego konfliktu między teorią ewolucji a religią. Występowałem jako biegły sądowy w procesie w Little Rock, w stanie Arkansas, rozstrzygniętym w 1982 roku przez sędziego dystryktu federalnego Williama R. Overtona (McLean przeciwko stanowi Arkansas), i uczestniczyłem w przygotowaniu wystąpienia złożonego w Sądzie Najwyższym Stanów Zjednoczonych przez Narodową Akademię Nauk USA i Amerykańskie Towarzystwo na rzecz Rozwoju Nauki AAAS (Edwards przeciwko Aguilar, 1987). Wyroki wydane w tych dwóch procesach orzekają, iż nauczanie kreacjonizmu naukowego w szkołach publicznych jest sprzeczne z Konstytucją Stanów Zjednoczonych. W ciągu ostatnich trzydziestu lat opublikowałem wiele artykułów i opracowań krytycznych i wygłosiłem niezliczone wykłady dla duchownych i świeckich stowarzyszeń, działających pod auspicjami różnych Kościołów chrześcijańskich, a także w szkołach i na uniwersytetach. Przesłanie moich wystąpień zawsze składało się z dwóch elementów: teoria ewolucji to dobra nauka; nie musi być sprzeczności między teorią ewolucji i religią.

Przez wszystkie te lata próbowałem przekonać swoich czytelników i słuchaczy, że ewolucja jest i pozostanie dobrze udokumentowaną teorią naukową oraz że chrześcijanie nie muszą widzieć w ewolucji zagrożenia dla własnej wiary. Jestem przekonany, że teoria ewolucji to w istocie przyjaciel, a nie wróg teologii. Takie też jest przesłanie tej książki: nie musi być konfliktu między religią a nauką. Pozorne sprzeczności pojawiają się tylko wówczas, gdy nauka lub wierzenia religijne, a bardzo często jedno i drugie, są błędnie interpretowane. A zatem, bardzo proszę: czytajcie dalej i wysłuchajcie mnie! Spróbuję was przekonać. Jeśli mi się to nie uda, pozostanie wam satysfakcja z wysłuchania moich argumentów i, być może, będziecie mogli sprecyzować i umocnić swoje zastrzeżenia.

ZARYS PROBLEMU

W swojej *Natural Theology* z 1802 roku William Paley przedstawił najmocniejsze dowody na rzecz istnienia Inteligentnego Projektu, oparte na wszechstronnej i dokładnej wiedzy biologicznej, tak wszechstronnej i dokładnej, jak tylko było to możliwe w jego czasach. Paley wskazał, że oko ludzkie jest podobnie skomplikowanym urządzeniem jak zegarek czy teleskop, których liczne elementy muszą precyzyjnie do siebie pasować, by można było coś widzieć. Przekonujące argumenty Paleya przedstawiam w rozdziale drugim. Badał on narządy i kończyny najróżniejszych organizmów, precyzyjnie zaprojektowane do wypełniania swoich funkcji. Paley zwrócił uwagę na to, że zależności między partnerami seksualnymi tego samego gatunku, między organizmami różnych gatunków i między organizmami a ich środowiskiem wydają się precyzyjnie zaprojektowane przez wszechmogącego Stwórcę. W pierwszej połowie XIX wieku inni uczeni, tacy jak Charles Bell w pracy *The Hand: Its Mechanisms and Vital Endowments as Evincing Design* (Ręka, jej mechanizmy i żywotne zdolności jako świadectwo projektu), poszu-

kiwali naukowych dowodów Inteligentnego Projektu, ale argumenty za jego istnieniem nigdy przedtem ani potem nie zostały sformułowane tak wyczerpująco i zdecydowanie jak przez Paleya.

Dowody Paleya i Bella na istnienie projektu były przekonujące i rzeczywiście oparte na dostępnej w pierwszej połowie XIX wieku wiedzy naukowej, ale leżały w gruzach, kiedy Karol Darwin odkrył proces doboru naturalnego i opublikował swoje dzieło *O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego* (dalej skrótowo tytułowanego *O powstawaniu gatunków*) w 1859 roku. Darwina słusznie ceni się za zgromadzenie wiarygodnych dowodów paleontologicznych i biologicznych wskazujących na ewolucję życia. W rozdziale trzecim zwracam uwagę na to, że jakkolwiek istotne byłoby to osiągnięcie, nie stanowiło ono dla Darwina sprawy zasadniczej wagi. Po pierwsze, i przede wszystkim, Darwin chciał wykazać, że dobór naturalny zapewnia wystarczające wyjaśnienie naukowych obserwacji, że organizmy sprawiają wrażenie zaprojektowanych. Wyjaśnienie to pociąga za sobą w sposób nieunikniony stwierdzenie, że organizmy musiały ewoluować w czasie i różnicować się w rozmaitych siedliskach. Darwin gromadził zatem dowody ewolucji biologicznej dla poparcia swojego wyjaśnienia doboru naturalnego. Zwracam uwagę, że odkrycie doboru naturalnego przez Darwina jest jednym z najważniejszych wydarzeń w historii myśli, uzupełnia bowiem rewolucję kopernikańską. Postępy nauk w XVI i XVII stuleciu sprowadziły zjawiska dotyczące materii nieożywionej – ruchy planet na niebie i obiektów fizycznych na ziemi – do dziedziny nauki: umożliwiły ich wyjaśnienie za pomocą praw przyrody. Podobnie odwołanie się do doboru naturalnego umożliwiło naukowe wyjaśnienie obserwacji, że organizmy sprawiają wrażenie zaprojektowanych, a także pozwoliło na wskazanie przyczyn ich zróżnicowania, czego nie obejmowała rewolucja kopernikańska. Dzięki Darwinowi wszystkie procesy przyrodnicze, nieożywione i związane z życiem, stały się przedmiotem badań naukowych.

Publikacje dotyczące koncepcji doboru naturalnego, akademickie lub popularyzatorskie, często pomijają Alfreda Russela Wallace’a, niezależnego odkrywcy tego procesu. Uważam, że zaniedbanie to nie jest przypadkowe. Wallace uznawał dobór naturalny za mechanizm sprzyjający postępowej – jego zdaniem – ewolucji, nie zaś za zjawisko pozwalające na wyjaśnienie obserwacji, że organizmy sprawiają wrażenie zaprojektowanych, czyli temu, co ma znaczenie zasadnicze.

Rozdział czwarty jest próbą krótkiego wyjaśnienia doboru naturalnego dla osób, które nie są biologami. Przedstawiam prostą definicję doboru, świadom tego, że odpowiednia prezentacja tego procesu wymagałaby obszernego traktatu. Definicja ta pozwoli mi wskazać ważne cechy procesu doboru naturalnego, który opiera się na zmianach genetycznych; zależy od spontanicznych mutacji; jest oportunistyczny, to znaczy zależy od historii organizmów i od wymagań środowiska, a także jest „twórczy” w tym sensie, że sprzyja powstawaniu rzeczywistych nowości, organizmów lub cech „przeznaczonych” do specyficznych sposobów życia, które nigdy nie pojawiłyby się bez działania doboru. Przedstawiam prosty przykład, posługując się bakteriami, by pokazać, jak nadzwyczaj mało prawdopodobne zdarzenia – korzystne mutacje – spotykają się ze sobą i dochodzą do głosu w organizmach. Fauna i flora Wysp Hawajskich ilustrują niektóre istotne właściwości doboru naturalnego: oportunizm, adaptację i dominację jednych organizmów przy nieobecności innych, dobrze przystosowanych do hawajskich siedlisk.

W rozdziałach piątym, szóstym i siódmym dokonuję przeglądu historii ewolucyjnej i przedstawiam dowody ewolucji opatrzone stwierdzeniem (wraz z odpowiednią ilustracją), które z pewnością zaskoczy większość czytelników: luki w rekonstrukcji historii ewolucyjnej wszystkich żywych organizmów od ich wspólnych przodków już nie istnieją. Dowody te wynikają z niedawnej rewolucji w biologii molekularnej. Rozdział piąty poświęcony jest głównie dowodom, które były

dostępne w czasach Darwina, ale nie przestały być aktualne dzisiaj: zapisowi kopalnemu historii dawno wymarłych organizmów, takich jak prymitywny koń żyjący przed 50 milionami lat; anatomii porównawczej, wykazującej, że kończyła przednia ludzi, psów, waleni i ptaków jest modyfikacją przedniej kończyny ich przodków (gadów); embriologii porównawczej i narządom szczątkowym, takim jak wyrostek robaczkowy i szczątkowy ogon u człowieka, a wreszcie biogeografii, czyli szczególnemu rozmieszczeniu roślin i zwierząt, które mówi nam tak wiele o historii nie tylko organizmów, ale także kontynentów i wysp. Znajdziecie w tym rozdziale tak egzotyczne nazwy, jak *Archaeopteryx* i *Tiktaalik*. Skamieniałości archeopteryksa mają pióra i szkielet pośredni pomiędzy ptakami a ich gadzimi przodkami. *Tiktaalik* jest dziwacznym imieniem kilku okazów zwierzęcia, opisanego na początku 2006 roku, pośredniego pomiędzy rybami a czworonogami (płazami).

Darwin rozszerzył teorię ewolucji drogą doboru naturalnego na człowieka w dziele *O pochodzeniu człowieka*⁴, które opublikował w 1871 roku, dwanaście lat po *O powstawaniu gatunków*. Skamieniałości form pośrednich pomiędzy ludźmi a małpami człekokształtnymi – rzekome „brakujące ogniwa”, jak chcieli krytycy Darwina – czekały jeszcze na odkrycie. Jak wyjaśniam w rozdziale szóstym, brakujących ogniw już nie brakuje. Od czasów Darwina odkryto tysiące pośrednich szczątków kopalnych (znanych jako człowiekowate albo hominidy) i tempo tych odkryć stale rośnie. Najwcześniejsze hominidy pochodzą sprzed około 6 milionów lat: *Sahelanthropus* z Czadu, *Orrorin* z Kenii i *Ardipithecus* z Etiopii. Skamieniałości kilku okazów *Australopithecus afarensis* odkryto w rejonie Afar w Etiopii; byli to prawdopodobnie nasi przodkowie żyjący około 4 milionów lat temu: dwunożni, ale o małych mózgach ważących poniżej pół kilograma, czyli tyle co jedna trzecia mózgu współczesnego człowieka. *Homo habilis*, nasi przodkowie sprzed 2 milionów lat, mieli mózgi ważące blisko 680 gramów. Masa mózgu ich potomków, *Homo erectus*, którzy rozprzestrzenili się

z Afryki na Azję i Europę, sięgała 900 gramów; oni i ich krewniacy żyli przez kilkaset tysięcy lat. Nasz gatunek, *Homo sapiens*, wyewoluował w Afryce około 150 tysięcy lat temu i rozprzestrzenił się na innych kontynentach.

Pozostają do rozwiązania dwie ważne zagadki dotyczące ewolucji człowieka. Jedną z nich są genetyczne podstawy przemiany małpy w człowieka. Genomy człowieka i szympansa zostały rozszyfrowane. Każdy zawiera około 3 miliardów liter – ułożonych liniowo czterech rodzajów nukleotydów tworzących DNA. Genomy ludzi i szympanсів różnią się niewiele więcej niż w 1 procencie, a jednak jesteśmy tak od nich odmienni pod wieloma istotnymi względami: mamy znacznie większy mózg, opanowaliśmy język, technikę, sztukę, etykę i religię. Drugą zagadką jest przekształcenie mózgu w umysł. Wiemy, że 30 miliardów neuronów w naszych mózgach komunikuje się ze sobą i z innymi komórkami nerwowymi za pomocą sygnałów elektrycznych i chemicznych. Jak te sygnały przetwarzane są w spostrzeżenia, uczucia, idee, argumenty, doznania estetyczne, wartości etyczne i religijne? I jak z tej mnogości różnorodnych doświadczeń wyłania się spójna rzeczywistość: rozum zdolny do poznawania obiektywnej rzeczywistości i autorefleksji? Ktoś powie, że to dusza stworzona przez Boga wyjaśnia obydwie transformacje: małpy w człowieka i mózgu w umysł. Ta religijna odpowiedź może usatysfakcjonować wierzących, ale nie jest satysfakcjonująca naukowo. Chcielibyśmy wiedzieć, jaki jest związek cech anatomicznych i behawioralnych, które odróżniają nas od małp, z różnicami genetycznymi oraz jakie cechy biologiczne odpowiadają za funkcjonowanie umysłu.

Biologia molekularna wyłoniła się jako dyscyplina naukowa 100 lat po Darwinie, w 1953 roku, w następstwie odkrycia struktury podwójnej helisy DNA – chemicznej substancji dziedziczności. Biologia molekularna dostarcza najmocniejszych dowodów ewolucji biologicznej i umożliwia rekonstrukcję historii ewolucji z niemal dowolną