

SIMON **CONWAY MORRIS** LINDSAY R. **CRAIG**
DOUGLAS J. **FUTUYMA** STEPHEN C. **MEYER**
DENIS **NOBLE** STEINAR **THORVALDSEN** OLA **HÖSSJER**

POD REDAKCJĄ **GRZEGORZA MALCA**



O pochodzeniu

TOM 3
UJĘCIE
NAUKOWE

ZE WSTĘPEM
STANISŁAWA KARPIŃSKIEGO





O pochodzeniu

TOM 3
UJĘCIE
NAUKOWE

[Kup książkę](#)

Pod redakcją
Grzegorza Malca



O pochodzeniu

TOM 3
UJĘCIE
NAUKOWE

Ze wstępem
Stanisława Karpińskiego

 **EN ARCHE**
wszechświat człowiek nauka

Warszawa 2024

[Kup książkę](#)

O pochodzeniu. Ujęcie naukowe
Copyright © Fundacja En Arche, Warszawa 2024

Redaktor tomu
Grzegorz Malec

Przekład
Agnieszka Boruszewska, Dariusz Sagan, Adam Trybus i Weronika Kokot

Redakcja językowa
Beata Saracyn

Redaktor prowadzący
Jacek Fronczak

Korekta
Barbara Manińska

Skład
Maria Anna Szyprzak

Wydanie I

ISBN 978-83-67363-86-0

Fundacja En Arche
al. Niepodległości 124, lok. 26
02-577 Warszawa
biuro@enarche.pl
Księgarnia internetowa
enarche.pl/ksiegarnia/

Kup książkę

Spis treści

<u>Wstęp</u>	7
<u>Stanisław Karpiński</u>	
<u>Rozdział 1.</u>	
<u>Ewolucjonizm, podobnie jak każda teoria naukowa, formułuje przewidywania</u>	
<u>Simon Conway Morris</u>	15
<u>Rozdział 2.</u>	
<u>Neodarwinizm i evo-devo. Argument na rzecz pluralizmu teoretycznego w biologii ewolucyjnej</u>	
<u>Lindsay R. Craig</u>	55
<u>Rozdział 3.</u>	
<u>Biologia ewolucyjna dzisiaj – wezwanie do rozszerzonej syntezy</u>	
<u>Douglas J. Futuyma</u>	105
<u>Rozdział 4.</u>	
<u>Powstawanie informacji biologicznej a wyższe kategorie taksonomiczne</u>	
<u>Stephen C. Meyer</u>	151
<u>Rozdział 5.</u>	
<u>Iluzje nowoczesnej syntezy</u>	
<u>Denis Noble</u>	207
<u>Rozdział 6.</u>	
<u>Zastosowanie metod statystycznych do tworzenia modeli precyzyjnego dostrojenia maszyn i układów molekularnych</u>	
<u>Steinar Thorvaldsen i Ola Hössjer</u>	245
<u>O autorach</u>	297
<u>Indeks osób</u>	301
<u>Indeks rzeczowy</u>	305



Stanisław Karpiński

Wstęp

Zbiór artykułów przedstawionych w kolejnym tomie *O pochodzeniu. Ujęcie naukowe* został poświęcony naukowym zagadnieniom związanym z problematyką pochodzenia i rozwoju życia (oczywiście, z racji podejmowanego tematu, czytelnik znajdzie tu też pewne treści filozoficzne, które są nieodzowne dla teorii podejmujących zagadnienia graniczne). W niniejszym tomie zostały zaprezentowane nowe i już wcześniej poznane teorie naukowe tego podstawowego zagadnienia: jak powstało i jak rozwijało się życie na Ziemi. Szczególnie te pytania odnoszą się do życia aerobowego.

Znaczenie słowa „ewolucja” – jest „śliskie”, nieścisłe, jest to tak naprawdę pojęcie wieloznaczeniowe, może mieścić w sobie przynajmniej siedem podstawowych znaczeń, które są ze sobą powiązane: ewolucja kosmiczna od Wielkiego Wybuchu do powstania czasoprzestrzeni, materii widzialnej i niewidzialnej (ciemnej materii i ciemnej energii); ewolucja materii widzialnej, jak powstanie gwiazd, czarnych dziur, powstanie galaktyk, grup i superskupisk galaktyk; ewolucja chemiczna, eksplozje supernowych, zderzenia gwiazd neutronowych, powstanie 92 podstawowych pierwiastków chemicznych, powstanie gwiazd typu Słońce i układów planetarnych; ewolucja organiczna, czyli jak powstają organiczne związki chemiczne w kosmosie i na Ziemi, takie jak: aminokwasy, nukleotydy, nukleozydy, węglowodory, cukry, lipidy, alkohole, fenole i inne, jak powstały woda, tlen i azot; ewolucja życia, czyli, w jaki sposób związki organiczne i nieorganiczne uformowały pierwsze żywe komórki i dlaczego życie aerobowe stało się dominujące na Ziemi; makroewolucja, która próbuje wyjaśnić, jak proste formy życia przekształcały się w bardziej skomplikowane i zróżnicowane; mikroewolucja, która odnosi się do zmienności wewnątrzgatunkowej (darwinowska teoria doboru naturalnego nawiązuje do dwóch ostatnich).

Współcześni neodarwiniści często odwołujący się do biologii molekularnej mają na ogół mgliste pojęcie o procesach fizycznych i chemicznych prowadzących do powstania gwiazd i 92 podstawowych pierwiastków chemicznych

zawartych w układzie okresowym – tak zwanej tablicy Mendelejewa – czyli podstawowych cegiełek budujących materię widzialną we Wszechświecie. Pierwiastki te, niezależnie czy budują widzialną materię ożywioną, czy nieożywioną, mają te same fizyko-chemiczne właściwości. Pierwiastki chemiczne – jak wodór, hel czy lit – powstały zaraz po Wielkim Wybuchu, kiedy nowo powstały Wszechświat schłodził się do temperatury poniżej 3000 stopni K. Kolejne pierwiastki powstały w procesach fuzji jądrowej nowo powstałych gwiazd, które eksplodowały jako supernowe. Pierwiastki, takie jak złoto, platyna czy iryd, powstają w zderzeniach i eksplozjach gwiazd neutronowych, wtórnych produktów po eksplozjach supernowych.

Brak holistycznego spojrzenia naukowców na ewolucję kosmiczną, ewolucję chemiczną i ewolucję biologiczną prowadzi współczesnych neodarwinistów na „ziemię nieznana”, na „wyspy niewiedzy i fantasmagorii naukowych”. Nie jest powszechnie znany fakt, że bez ciemnej materii znana architektura Wszechświata widzialnego nie zaistniałaby, a w związku z tym nie zaistniałby nasz Układ Słoneczny i nie zaszłaby ewolucja biologiczna. Ostatnie odkrycia – takie jak malejąca entropia informacyjna w procesie ewolucji genów, ukierunkowanie mutacji i możliwość ich wcześniejszej predykcji (algorytmy mutacji), różna prędkość ewolucji promotorów i ich genów, różna prędkość ewolucji genów w obrębie jednego genomu czy obliczany na 8 miliardów lat czas duplikacji białka D1, podstawowego białka rdzenia fotosystemu II (naukowe artefakty sugerujące powstanie fotosyntezy datowane są na 3,7 mld lat) – pokazują, że teoria Darwina jest fragmentaryczna, niespójna i wymaga rewizji. Teoria ta ma się tak do współczesnej wiedzy w naukach o życiu jak teoria Newtona do ogólnej i szczególnej teorii względności Einsteina. W teorii Newtona grawitacja jest definiowana jako wzajemne oddziaływanie ciał obdarzonych masą, a w teorii względności grawitacja definiowana jest jako funkcja zakrzywienia czasoprzestrzeni. Fundament darwinizmu stanowi losowość i brak celowości w procesie, tymczasem ostatnie badania podważają te fundamenty, wskazując na algorytmowy wzór mutacji (ich predykcję), a w związku z tym i na cel, a to wymaga głębszego zastanowienia się i rewizji dogmatów neodarwinowskich.

Taką zgodną z podejściem holistycznym alternatywą dla darwinizmu teorią jest teoria inteligentnego projektu. Koncepcja ta wskazuje na cel i precyzyjne dostrojenie praw fizyki, chemii i biologii. W tym tomie znajdziemy zarówno artykuły zwolenników teorii inteligentnego projektu, jak i krytyków tego ujęcia.

Simon Conway Morris w artykule *Ewolucjonizm, podobnie jak każda inna teoria naukowa, formułuje przewidywania* stwierdza, że zajmujący się szczegółowymi kwestiami – na przykład okrzemkami czy ssakami – darwinowscy ewolucjoniści nie mają sobie nawzajem zbyt wiele do powiedzenia. Autor opowiada się na rzecz innego podejścia, zgodnie z którym teorię ewolucji można traktować jako ogólną teorię mającą do zaoferowania coś więcej niż tylko tautologię (ewolucja wyjaśniana przez ewolucję). Twierdzi, że ewolucja jest zadziwiająco przewidywalna, a jej niezliczone produkty nie stanowią ani przypadku, ani szczęśliwego zbiegu okoliczności. Zachęca do odejścia od niekończącej się obsesji na punkcie mechanizmów darwinowskich, które są zupełnie bezsporne, na rzecz poszukiwania wyjaśnień dla wszechobecnej ewolucyjnej konwergencji, a także emergencji zintegrowanych systemów złożonych. Konstatuje, że teoria ewolucji Darwina zdaje się być podobna do dziewiętnastowiecznej fizyki, błogo nieświadomej rychłego nadejścia mechaniki kwantowej i ogólnej teorii względności. Fizyka miała swojego Newtona, a biologia swojego Darwina. Biologia ewolucyjna czeka teraz na swojego Einsteina.

Lindsay R. Craig w artykule *Neodarwinizm i evo-devo. Argument na rzecz pluralizmu teoretycznego w biologii ewolucyjnej* analizuje związki między neodarwinizmem a ewolucyjną biologią rozwoju (evo-devo). Na podstawie analizy terminologii i argumentów stosowanych w tej debacie przekonuje, że przeoczono alternatywną linię argumentacji. Stwierdza, że debata nad możliwością opracowania syntezy wiele by zyskała, gdyby zamiast syntezy poważnie wzięto pod uwagę pluralizm teoretyczny. Konkluduje, że trochę wiedzy przybliży człowieka do darwinizmu, ale wraz z jej wzrostem darwinizm staje się coraz mniej wiarygodny.

W artykule *Biologia ewolucyjna dzisiaj – wezwanie do rozszerzonej syntezy* Douglas J. Futuyma podkreśla, że teorię ewolucji od czasu sformułowania syntezy ewolucyjnej rozszerzano niemal nieustannie. Uczony uważa, że adaptacje powstają dzięki temu, że dobór naturalny – jedyny znany nam czynnik zwiększający dostosowanie organizmów – selekcionuje zmienności genetyczne. Chociaż mutacje same w sobie nie są ukierunkowane adaptacyjnie, to główni autorzy syntezy ewolucyjnej podkreślają, że biochemia i rozwój, stanowiące materialne (strukturalne) podstawy ewolucji, wpływają na zmienność wariantów fenotypowych, które powstają drogą mutacji i rekombinacji. W tym kontekście autor analizuje główne tezy ruchu postulującego „rozszerzenie syntezy ewolucyjnej”. „Tworzenie nisz” to nowe określenie szerokiego wachlarza powszechnie znanych zjawisk z zakresu biologii ewolucyjnej. Futuyma konkluduje, że teoria

ewolucji będzie podlegała dalszemu rozszerzaniu, ale nic nie wskazuje na to, że konieczne będzie jej odrzucenie.

Jednak Futuyma, pisząc ten artykuł, nie miał wiedzy, która została odkryta po 2017 roku, a w związku z tym jego stwierdzenie, „że nic nie wskazuje na to, że konieczne będzie odrzucenie teorii Darwina”, jest już trochę nieaktualne.

Autorem kolejnego tekstu – *Powstawanie informacji biologicznej a wyższe kategorie taksonomiczne* – jest Stephen C. Meyer. Zwraca on uwagę na tom opublikowany w serii „Vienna Series in Theoretical Biology”, gdzie Gerd B. Müller i Stuart Newman argumentują, że to, co określają mianem „powstawania form organizmalnych”, pozostaje problemem nierozwiązanym. Wysuwając to twierdzenie, Müller i Newman odróżniają dwa odrębne zagadnienia: (1) przyczyny tworzenia formy w przypadku indywidualnego organizmu w trakcie rozwoju zarodkowego oraz (2) przyczyny odpowiadające za uprzednie powstanie nowych form organizmalnych w trakcie historii życia na Ziemi. W celu odróżnienia tego drugiego przypadku (filogenezy) od pierwszego (ontogenezy) Müller i Newman używają terminu „powstawanie” (*origination*) na oznaczenie procesów przyczynowych, dzięki którym formy biologiczne powstały po raz pierwszy w toku ewolucji życia. Podkreślają oni, że „mechanizmów molekularnych tworzących formy biologiczne współcześnie istniejących zarodków nie należy mylić” z przyczynami odpowiadającymi za „powstawanie” nowych form biologicznych w trakcie historii życia, które to nie są zidentyfikowane. Wzorując się na Darwinie, zauważają oni, że źródła nowych form i struktur muszą poprzedzać działanie doboru naturalnego, czyli że dobór musi oddziaływać na to, co już istnieje. Jednocześnie podkreślają, że neodarwinizm nie dysponuje żadną „teorią tworzenia”.

Denis Noble w artykule *Iluzja nowoczesnej syntezy* analizuje język i definicje używane przez naukowców w ramach nowoczesnej syntezy. Nowoczesna synteza od ponad osiemdziesięciu lat dominuje w biologii. Została zaproponowana w 1942 roku. W tym czasie Barbara McClintock opisała odkrycie transpozonów w zjawisku transpozycji genów w genomie kukurydzy, zjawisko rekombinacji genetycznej, wyjaśniła funkcję i rolę centromerów oraz telomerów. Uczyniła to na wiele lat przed najważniejszymi odkryciami biologii molekularnej, takimi jak podwójna helisa DNA czy centralny dogmat. Początkowo uważano, że geny są niepodzielne i mają stałe miejsca w genomach (na chromosomach). Dlatego zaproponowane przez Barbarę McClintock wyjaśnienie nawiązujące do ruchomych elementów DNA, które przerywały gen, było długo przedmiotem niedowierzań i drwin kolegów, którzy tworzyli nowoczesną syntezę i jej pojęcia.

Dopiero w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy wykazano empirycznie, że transpozony istnieją i rzeczywiście przemieszczają się w genomie, Barbara McClintock otrzymała w 1983 roku Nagrodę Nobla za odkrycie transpozycji genów. Artykuł Noble’a zwiera analizę języka używanego w ramach nowoczesnej syntezy i pokazuje, że język ten opiera się na czterech błędnych interpretacjach twierdzeń biologii molekularnej, tworząc tym samym podstawę dla czterech iluzji: 1. doboru naturalnego; 2. bariery Weismanna; 3. odrzucenia darwinowskiej koncepcji gemmuli; 4. centralnego dogmatu. Według Noble’a współczesna biologia molekularna nie potwierdza założeń, które legły u podstaw nowoczesnej syntezy.

Omawiana przez Steinara Thorvaldsena i Olę Hössjera teoria precyzyjnego dostrojenia powstała na skutek nowej interpretacji procesów fizycznych i chemicznych względem stałych fizycznych, które to procesy umożliwiają powstanie przyrody ożywionej z nieożywionej, czyli w konsekwencji prowadzą do powstania biologii. Na przykład stała struktury subtelnej alfa to kombinacja trzech fundamentalnych stałych przyrody: stałej Plancka (h), prędkości światła (c) i ładunku elektronu (e). Stała określa relatywistyczne (c) i kwantowe (h) własności oddziaływań cząstek naładowanych elektrycznie (e) w próżni. Gdyby ta stała miała wartość 0,0072973525687, a nie 0,0072973525686, to życie oparte na węglu, tlenie, azocie, fosforze i wodorze prawdopodobnie nie mogłoby powstać. Problem ten nie jest poruszany przez neodarwinowskich ewolucjonistów bądź jest dla nich nieznany. Praca Thorvaldsena i Hössjera wskazuje, że zastosowanie metod statystycznych do tworzenia modeli układów molekularnych maszyn komórkowych ujawnia precyzyjne dostrojenie na różnych poziomach organizacji – na przykład na poziomie funkcjonalnych białek czy złożonych komórkowych procesów biochemicznych bądź dostrojeniu tych procesów w sieciach komórkowych organów i narządów. W artykule rozpatruje się kwestię precyzyjnego dostrojenia na poziomie molekularnym, możliwego sposobu zastosowania idei precyzyjnego dostrojenia w biologii, a także trudności, jakie ta idea niesie dla neodarwinizmu. Neodarwiniści nie biorą pod uwagę faktu, że nie ma takiego pojęcia jak genom referencyjny dla danego gatunku, bo genomy są plastyczne i precyzyjne dostrojenie epigenetyczne, przez aranżacje chromosomalne i różnicowe procesowanie ekspresji tego samego genu w różnych komórkach, umożliwia powstanie różniących się, lecz precyzyjnie dostrojonych białek z jednego i tego samego genu.

Prawa, stałe fizyczne i warunki początkowe Wszechświata określają bieg przyrody. Ostatnimi laty odkryto, że te białka tworzące komórkowe maszyny (układy) molekularne tak funkcjonują, jakby zostały precyzyjnie dostrojone. Funkcjonalne białka, maszyny molekularne i sieci komórkowe są zarówno **mało prawdopodobne**, jako wyniki modeli stochastycznych przy odpowiednim dla nich rozkładzie probabilistycznym (mają małą powszechność $P(\mathcal{A})$), jak i są zgodne z niezależnymi wzorcami **specyfikacji** (zbioru $\mathcal{A}$ zdefiniowanego w kategoriach specyficzności). Te wnioski są istotne i zostały wyprowadzone na podstawie kluczowych zjawisk badanych w ramach podstawowych dziedzin nauki. W fizyce i biologii molekularnej precyzyjne dostrojenie ujawnia się jako jednocząca zasada i synteza – co już samo w sobie stanowi interesującą obserwację.

Autorzy wykazują, że statystyczna analiza precyzyjnego dostrojenia jest użytecznym i spójnym narzędziem do tworzenia modeli dla niektórych kategorii stosowanych w ramach teorii inteligentnego projektu: „nieredukowalna złożoność” (Michael Behe) i „wyspecyfikowana złożoność” (William Dembski). Jednak matematyczne właściwości takiego modelu zależą od analizowanego zbioru danych. Główny wniosek płynący z ich pracy dotyczy tego, że precyzyjne dostrojenie nie występuje tylko w fizyce czy chemii, lecz także w biologii. Autorzy konkludują, że biologowie potrzebują nowych i bogatszych zasobów pojęciowych niż te, które były do tej pory niezbędne w naukach o życiu, ponieważ zajmują się złożonymi strukturami, u podstaw których leży informacja niepowstała na skutek mechanizmów przyrodniczych (inteligentny projekt). Filozofowie i naukowcy mają jeszcze ogrom pracy przed sobą, zanim uda im się uczynić z roboczej hipotezy precyzyjnego dostrojenia trwałą i w pełni testowalną koncepcję naukową, której potwierdzenie będzie przemawiało na rzecz teorii inteligentnego projektu.

Artykuły przedstawione w tym tomie dotyczą szeroko pojmowanego ewolucjonizmu. W potocznym rozumieniu ewolucjonizm sprowadza się do tego, co mówili Karol Darwin i jego następcy, których dzisiaj określa się mianem neodarwinistów. Jednakże współcześni uczeni dobrze zdają sobie sprawę, że ewolucjonizm to szeroki zbiór poglądów, twierdzeń i mniej lub bardziej szczegółowych teorii. Uczeni coraz częściej zwracają uwagę, że neodarwinizm nie znajduje już oparcia w dostępnych danych empirycznych, dlatego wskazuje się na wyjaśnienia proponowane między innymi w ramach ewolucyjnej biologii rozwoju, rozszerzonej syntezy ewolucyjnej czy teorii inteligentnego projektu zastosowanej do struktur biologicznych.

Czytelnik tomu *O pochodzeniu. Ujęcie naukowe* będzie miał prawdziwą ucztę intelektualną, a horyzonty jego wiedzy o pochodzeniu życia na Ziemi na pewno się poszerzą. Życzę pasjonującej lektury.



Rozdział 1

Simon Conway Morris

Ewolucjonizm, podobnie jak każda teoria naukowa, formułuje przewidywania

Streszczenie

Biologia ewolucyjna ma do dyspozycji wiele różnorodnych form życia, ma to jednak swoją cenę: poza tym, że uczeni pracują w powszechnie przyjętych ramach neodarwinowskiego ewolucjonizmu, to specjaliści – na przykład od okrzemek i ssaków – nie mają ze sobą wiele wspólnego. Przedmiotem ich badań są cechy szczególne danej grupy. Uczeni rzadko żądają od siebie wzajemnie dogłębnych wyjaśnień. W tym artykule opowiadam się na rzecz innego podejścia, zgodnie z którym teorię ewolucji można traktować jako ogólną teorię mającą do zaoferowania coś więcej niż tylko tautologię (ewolucja wyjaśniana przez ewolucję). Przede wszystkim twierdzę, że ewolucja jest zadziwiająco przewidywalna, a jej niezliczone twory nie powstały przypadkowo ani nie są efektem szczęśliwego zbiegu okoliczności. Dlatego zachęcam, aby odejść od niekończącej się obsesji na punkcie mechanizmów darwinowskich, które są zupełnie niekontrowersyjne, a raczej skupić się na poszukiwaniach wyjaśnień dla wszechobecnej ewolucyjnej konwergencji, a także emergencji zintegrowanych systemów złożonych. Obecnie teoria ewolucji zdaje się być podobna do dziewiętnastowiecznej fizyki, błogo nieświadomej rychłego nadejścia mechaniki kwantowej i ogólnej teorii względności. Fizyka miała swojego Newtona, a biologia swojego Darwina. Biologia ewolucyjna czeka teraz na swojego Einsteina.

Wprowadzenie

O tym, że teoria ewolucji opisuje oczywisty wręcz proces ewolucji organicznej, napisano już wystarczająco dużo. Rozważmy dla przykładu spostrzeżenie Thomasa Henry'ego Huxleya wygłoszone już po 1859 roku: „Jakże głupi byliśmy, że sami na to nie wpadliśmy!”¹ lub bardziej współczesne, nieco hipotetyczne pytanie, które zdaniem Richarda Dawkinsa moglibyśmy usłyszeć od odwiedzających nas istot pozaziemskich: czy znamy już wyjaśnienie darwinowskie?². Obydwie uwagi w sposób oczywisty mijają się z celem. Huxley, jakkolwiek utalentowany, nie miał najmniejszych szans na sformułowanie sensownej hipotezy ewolucji organicznej. W rzeczywistości nawet po opublikowaniu *O powstawaniu gatunków* Darwina Huxleyowi ciągle coś umykało³. Podejrzewam również, że pozaziemscy turyści będą raczej pytali, czy w dalszym ciągu zabijamy miliony niewinnych ludzi w oparciu o naprawdę bezmyślne ideologie. A jeśli rozmowa zejdzie na tematy naukowe, mogą uprzejmie zapytać o obecny postęp w naszym rozumieniu, powiedzmy, stanu splątanego.

Jeśli jednak teoria ewolucji jest tak oczywista, to dlaczego wita się ją nie tylko z rosnącą wrogością, ale także „syrenim śpiewem” dogmatów antyewolucjonistycznych (w szczególności głoszonych przez zwolenników „inteligentnego projektu”), dlaczego pozostaje ona punktem centralnym dla osób, które pod żadnym innym względem nie wykazują jakichkolwiek oczywistych oznak niestabilności umysłowej? Powody są oczywiście złożone, a jeśli chodzi o wyjaśnienie (oraz obronę) ewolucjonizmu, nie mogą mu pomóc ci, którzy jak na ironię traktują go jak religię⁴. Zastanawiam się, czy te trudności paradoksalnie nie biorą się od samego Darwina. Co ciekawe, rzadko mówi się o tym, że niezależnie od tego, jakie cele przyświecały autorowi *O powstawaniu gatunków*⁵, to w sercu tej książki

¹ *The Life and Letters of Thomas Henry Huxley*, ed. L. Huxley, Vol. 1, Appleton and Co., New York 1916, s. 144.

² Por. R. Dawkins, *Samolubny gen*, tłum. M. Skoneczny, „Na Ścieżkach Nauki”, Prószyński i S-ka, Warszawa 2012, s. 35.

³ Por. A. Desmond, *Huxley: From Devil's Disciple to Evolution's High Priest*, „Journal of the History of Biology” 1998, Vol. 31, No. 3, s. 450–452.

⁴ Por. M. Midgley, *Evolution as a Religion: Strange Hopes and Stranger Fears*, „Routledge Classics”, Routledge, New York 2002.

⁵ K. Darwin, *O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego, czyli o utrzymywaniu się doskonalszych ras w walce o byt*, tekst polski na podstawie przekładu Sz. Dicksteina i J. Nusbauma opracowały J. Popiołek i M. Yamazaki, „Biblioteka Klasyków Nauki”, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2009.

znajduje się próba wyrugowania z nauki poglądów Williama Paleya⁶. W uderzającym kontraście do napastliwej oraz pozbawionej wdzięku retoryki niektórych jego intelektualnych następców, Darwin w mistrzowski sposób rozprawił się z kreacjonizmem Paleya. Jednak nawet po upływie ponad stu pięćdziesięciu lat od tego przesłania najwyraźniej nie do wszystkich ono dotarło.

Choć, jak mam nadzieję, cel tego artykułu jest jasno wyłożony, ma on również na celu wskazanie pewnych niedokończonych spraw. Oczywiście, jak już wspomniano, słuszność teorii ewolucji nie podlega dyskusji, podobnie jak darwinowskie twierdzenia, na rzecz których przemawiają przytłaczające dane empiryczne. Pytanie jest proste: czy teoria ta jest kompletna? Sedno zagadnienia leży w tym, czym jest samo życie i jakie zasady organizacyjne leżą u jego podstaw. Pierwsza kwestia została doskonale omówiona przez Erwina Schrödingera⁷ i jego opinia nadal cieszy się zainteresowaniem, aczkolwiek nie wszyscy się nad nią pochylają. Sprawa ta ma jednak kluczowe znaczenie, a jej bardzo istotną z punktu widzenia omawianego tematu interpretację przedstawił Peter T. Macklem⁸. Jak zauważył, życie zdaje się zajmować bardzo konkretną strefę (myślę, że można ją porównać do liny przypominającej pajęczą nić) znajdującą się pomiędzy systemami, które są albo wysoce uporządkowane (krystaliczne), albo w dużej mierze chaotyczne i podlegają powtarzającym się niestabilnościom. W podsumowaniu napisał: „zrozumienie życia wymaga wiedzy o tym, w jaki sposób projekt żywych stworzeń i zjawisk emergentnych – pojawiających się spontanicznie w samouporządkowanych, reprodukcujących się, oddziałujących między sobą, energochłonnych, nieliniowych i dynamicznych zespołach – czyni nas tym, kim jesteśmy. Twierdzę, że ta wiedza doprowadzi do kolejnej rewolucji biologicznej”⁹. Macklem podkreśla również kluczową rolę emergencji w systemach biologicznych. W powiązaniu z kwestią samoorganizacji, pojęcia te można połączyć z przekonaniem, że ewolucja zachodzi w ramach ograniczeń rozwojowych (których rola może być wyolbrzymiona) i przy udziale czynników epigenetycznych, dając do zrozumienia, że w syntezie darwinowskiej rzeczywiście czegoś brakuje.

⁶ Por. S. Conway Morris et al., *(Re)Reading the Origin*, „Current Biology” 2009, Vol. 19, No. 448, s. 96–104, <http://doi.org/10.1016/j.cub.2009.02.042>.

⁷ Por. E. Schrödinger, *Czym jest życie? Fizyczne aspekty żywej komórki*, tłum. S. Amsterdamski, „Klasyki Nauki”, Prószyński i S-ka, Warszawa 1998.

⁸ Por. P. Macklem, *Emergent Phenomena and the Secrets of Life*, „Journal of Applied Physiology” 2008, Vol. 104, No. 6, s. 1844–1846, <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00942.2007>.

⁹ Tamże, s. 1846.

Zwracam tutaj uwagę, że jeden z głównych współcześnie obowiązujących dogmatów syntezy neodarwinowskiej, zgodnie z którym ewolucja może doprowadzić do powstania różnych nieprzewidywalnych rezultatów, stanowi teraz kwestię otwartą na dyskusję. Tak więc życie zawieszone jest nie tylko między trwale niezdatnymi do zasiedlenia strefami, które albo są w krystalicznym bezruchu, albo w ciągłej i chaotycznej zmienności. Linie ewolucyjnej żywotności przebiegają niczym nici wzdłuż krajobrazu pozostawiającego ewolucji zaskakująco niewiele możliwości wyboru. Podstawą tego poglądu jest zjawisko konwergencji ewolucyjnej. Koncepcja konwergencji jest nie tylko doskonale znana biologom ewolucyjnym, ale także dostarcza jednych z najmocniejszych argumentów na rzecz wyjaśnień adaptacyjnych. Niemniej powszechność konwergencji zdaje się nie być właściwie doceniana. Dotyczy to całej hierarchii biologicznej – poczynając od cząsteczek, poprzez systemy społeczne, a skończywszy na procesach poznawczych. Na poparcie tej tezy, którą szerzej analizuję gdzie indziej¹⁰, pokrótce omówię: (i) jakie, jeśli w ogóle, kluczowe etapy w ewolucji życia całkowicie są kwestią przypadku oraz (ii) jakie, jeśli w ogóle, innowacje biologiczne są wyjątkowe?

1. Czy kluczowe etapy ewolucji są wynikiem szczęśliwego zbiegu przypadków?

Jeżeli argument za ewolucyjną nieuchronnością, o ile nie determinizmem, jest niesłuszny, to pozostaje on jednak w ramach szeroko akceptowanej tezy mówiącej, że pewne kluczowe przekształcenia w historii życia są wynikiem szczęśliwego zbiegu przypadków, które w połączeniu są tak skrajnie mało prawdopodobne, że czynią ten proces zasadniczo nieprzewidywalnym. O tym, że ewolucja nie jest zupełnie procesem losowym, świadczy wszechobecność homoplazji, przynajmniej w obrębie zajmujących niższe partie hierarchii taksonomicznej kładów. Pytanie jednak: czy zasada ta rozciąga się na wyższe partie tej hierarchii? Nie sposób udzielić ostatecznej odpowiedzi między innymi jeszcze dlatego, że pochodzenie większości głównych grup organizmów owiane jest tajemnicą, aczkolwiek zebrane dane molekularne oraz zapis kopalny wciąż

¹⁰ Por. S. Conway Morris, *The Predictability of Evolution: Glimpses into a post-Darwinian World*, „Naturwissenschaften” 2009, Vol. 96, No. 11, s. 1313–1337, <https://doi.org/10.1007/s00114-009-0607-9> (przyp. tłum).

szturmują ten bastion ignorancji. Co więcej, można podać konkretne przykłady, które, jak sądzę, wskazują na bardziej ogólną zasadę.

1.1. Żaby i teropody

Rozważmy dla przykładu pozornie zagadkowy przypadek żab ekomorficznych. Niczym w ewolucyjnym laboratorium, żaby madagaskarskie wykazują szereg radiacji adaptacyjnych, zajmując siedliska tak różnorodne, jak nory, drzewa, skały czy rwące potoki. Te ekomorficzne płazy wykazują szereg uderzających konwergencji¹¹ z żabami w Azji (głównie w Indiach), gdzie również występują przypadki paralelizmu ewolucyjnego (np. niezależny rozwój kłów). Występowanie podobieństw u żab madagaskarskich i azjatyckich jest tym bardziej uderzające, że obejmuje także formy larwalne. Można się tu jednak doszukać pewnego wyraźnego niedopatrzenia, bowiem w Azji nie istnieje odpowiednik słynnych jadowitych płazów mantellowatych. Czy oznacza to zatem, że zasada powtarzalności ewolucyjnych zawodzi, napotkawszy pierwszą przeszkodę? Nie do końca, ponieważ płazy mantellowate wykazują szereg uderzających konwergencji z neotropikalnymi drzewołazowatymi (jadowitymi żabami)¹².

Pytanie zatem: jak daleko sięga ta zasada? Wszelkie świadectwa wskazują, że żaby i wiele innych zwierząt są monofiletyczne. W każdym jednak przypadku porównanie planów budowy ciała (na dowolnym poziomie taksonomicznym¹³) ujawnia złożoną (i często kontrowersyjną) genealogię grup macierzystych charakteryzujących się niezwykle wyraźnymi podobieństwami w ukierunkowaniu ewolucyjnym. Ponadto, choć powszechnie zwraca się uwagę, że na wczesnym etapie ewolucji danej grupy bardzo często występuje mieszanina „niespodziewanych” cech (co prowadzi do powtarzających się uwag o „dziwacznych morfologiach” i „skomplikowanym pokrewieństwie”), to w rzeczywistości ma ona głębokie znaczenie ewolucyjne. Najnowszy przykład dotyczy niedawno

¹¹ Por. F. Bossuyt, M.C. Milinkovitch, *Convergent Adaptive Radiations in Madagascan and Asian Ranid Frogs Reveal Covariation Between Larval and Adult Traits*, „Proceedings of the National Academy of Sciences” 2000, Vol. 97, No. 12, s. 6585–6590, <https://doi.org/10.1073/pnas.97.12.6585>.

¹² Por. V.C. Clark et al., *Convergent Evolution of Chemical Defense in Poison Frogs and Anthropod Prey Between Madagascar and the Neotropics*, „Proceedings of the National Academy of Sciences” 2005, Vol. 102, No. 33, s. 11617–11622, <https://doi.org/10.1073/pnas.0503502102>.

¹³ Por. S. Conway Morris, *Body Plans*, w: *Encyclopedia of Evolution*, ed. M.D. Pagel, Oxford University Press, Oxford 2002.

odkrytego gada blisko spokrewnionego z ptakami¹⁴, co pozwala na pewne istotne uogólnienia. Gdy badamy pochodzenie ptaków, przypadek archeopteryksa i jego powiązania z teropodami (nie wspominając już o spektakularnych świadectwach późniejszej ewolucji ptaków w okresie kredy¹⁵) nie wymaga dodatkowych komentarzy. Natomiast mniejszą wagę przykładu się do tego, że należący do tej samej grupy, występujący w późnej kredzie niewielki teropod *Rahonavis*, początkowo postrzegany jako prymitywny ptak¹⁶ (rzeczywiście zamieszkujący Madagaskar wraz z innymi prawdziwymi ptakami¹⁷), obecnie klasyfikowany jest jako dromeozaur, który pod względem klasyfikacji znajduje się blisko rodzajów *Buitreraptor* i *Unenlagia*¹⁸. Również w tej grupie obserwujemy niezależną ewolucję niezwyklego czteroskrzydłego teropoda o nazwie mikroraptor gui (*Microaptor gui*)¹⁹, choć w tym przypadku umiejętność prowadzenia wypraw powietrznych wiązała się raczej z falistym lotem ślizgowym niż z lotem czynnym²⁰.

¹⁴ Por. F.C. Zhang et al., *A Bizarre Jurassic Maniraptoran from China with Elongate Ribbon-like Feathers*, „Nature” 2008, Vol. 455, No. 7216, s. 1105–1108, <https://doi.org/10.1038/nature07447>.

¹⁵ Por. S.A. Ji, Q. Ji, *Jinfengopteryx Compared to Archaeopteryx, with Comments on the Mosaic Evolution of Long-tailed Avialan Birds*, „Acta Geologica Sinica” 2011, Vol. 81, No. 3, s. 337–343, <https://doi.org/10.1111/j.1755-6724.2007.tb00957.x>; Z.H. Zhou, J. Clarke, C. Zhang, *Insight into Diversity, Body Size and Morphological Evolution from the Largest Early Cretaceous Enantiornithine Bird*, „Journal of Anatomy” 2008, Vol. 212, No. 5, s. 565–577, <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2008.00880.x>.

¹⁶ Por. C.A. Foster et al., *The Theropod Ancestry of Birds: New Evidence from the Late Cretaceous of Madagascar*, „Science” 1998, Vol. 279, No. 5358, s. 1915–1919, <https://doi.org/10.1126/science.279.5358.1915>; *ciz*, *Letters: Genus Correction*, „Science” 1998, Vol. 280, No. 5361, s. 179, <https://doi.org/10.1126/science.280.5361.179g>; Z.H. Zhou, J. Clarke, C. Zhang, *Insight into Diversity*.

¹⁷ Por. *ciz*, *The First Cretaceous Bird from Madagascar*, „Nature” 1996, Vol. 382, No. 6591, s. 532–534, <https://doi.org/10.1038/382532a0>.

¹⁸ Por. P.J. Makovicky, S. Apesteguía, F. Agnolín, *The Earliest Dromaeosaurid Theropod from South America*, „Nature” 2005, Vol. 437, No. 7061, s. 1007–1011, <https://doi.org/10.1038/nature03996>; P. Senter, *A New Look at the Phylogeny of Coelurosauria (Dinosauria: Theropoda)*, „Journal of Systematic Paleontology” 2007, Vol. 5, No. 4, s. 429–463, <https://doi.org/10.1017/S1477201907002143>.

¹⁹ Por. X. Xu et al., *Four-winged Dinosaurs from China*, „Nature” 2003, Vol. 421, No. 6921, s. 335–340, <https://doi.org/10.1038/nature01342>; H. Zhou, *The Origin and Early Evolution of Birds: Discoveries, Disputes, and Perspectives from Fossil Evidence*, „Naturwissenschaften” 2004, Vol. 91, s. 455–471, <https://doi.org/10.1007/s00114-004-0570-4>.

²⁰ Por. S. Chatterjee, R.J. Templin, *Biplane Wing Planform and Flight Performance of the Feathered Dinosaur Microraptor Gui*, „Proceedings of the National Academy of Sciences” 2007, Vol. 104, No. 5, s. 1576–1580, <https://doi.org/10.1073/pnas.0609975104>; X. Xu et al., *Could „Four-winged” Dinosaurs Fly? Reply to K. Padian and K.P. Dial*, „Nature” 2005, Vol. 438, No. 7066, s. E3–E4, <https://doi.org/10.1038/nature04355>.

Powyższe obserwacje wymagają jednak pewnych komentarzy. Badanie piór na nogach archeopteryksa²¹, jak również bardziej współczesnych ptaków²² czy dinosaurów należących do grupy maniraptorów²³ wykazało (w tym ostatnim przypadku), że ich preadaptacja do aktywności powietrznej, a także opływowy kształt oraz późniejsza wydajność w locie może mieć znaczenie. Znamy jednak nie tylko różne struktury powłokowe²⁴. Na przykład welociraptor, który na przedramionach miał pióra, na skutek znacznych rozmiarów nie był w stanie latać²⁵. Jest także oczywiste, że choć niewielki rozmiar niezbędny do powietrznego trybu życia stanowił w tym przypadku cechę ancestralną, to ta miniaturyzacja została osiągnięta jeszcze **przed** wykształceniem zdolności do lotu. Istnieje także szereg wyraźnych paralelnych przypadków gigantyzmu²⁶. Wreszcie należy pamiętać, że świadectwa kopalne wskazują, iż nadal nie wiemy wszystkiego na temat różnorodności tej grupy²⁷ – intrygujące odciski stóp ptaka z późnego triasu (lub wczesnej jury) wskazują na istnienie znacznie wcześniejszej grupy ptakopodobnych teropodów²⁸. Odciski te wyraźnie świadczą o różnych stylach poruszania się oraz stanowią oczywiste świadectwo sondowania i lądowania (co można zauważyć u współczesnych ptaków przybrzeżnych), także ich wiek wymaga

²¹ Por. P. Christiansen, N. Bonde, *Body Plumage in Archaeopteryx: A Review, and New Evidence from the Berlin Specimen*, „Comptes Rendus Palevol” 2004, Vol. 3, No. 2, s. 99–118, <https://doi.org/10.1016/j.crpv.2003.12.001>; N. Longrich, *Structure and Function of Hindlimb Feathers in Archaeopteryx Lithographica*, „Paleobiology” 2006, Vol. 32, No. 3, s. 417–431, <https://doi.org/10.1666/04014.1>.

²² Por. F.C. Zhang, Z.H. Zhou, *Paleontology: Leg Feathers in an Early Cretaceous Bird*, „Nature” 2004, Vol. 431, No. 7011, s. 925, <https://doi.org/10.1038/431925a>.

²³ Por. X. Xu, F. Zhang, *A New Maniraptoran Dinosaur from China with Long Feathers on the Metatarsus*, „Naturwissenschaften” 2005, Vol. 92, s. 173–177, <https://doi.org/10.1007/s00114-004-0604-y>; F.C. Zhang et al., *A Bizarre Jurassic Maniraptoran*.

²⁴ Por. F.C. Zhang, Z.H. Zhou, G. Dyke, *Feathers and "Feather-like" Integumentary Structures in Liaoning Birds and Dinosaurs*, „Geological Journal” 2006, Vol. 41, No. 3–4, s. 395–404, <https://doi.org/10.1002/gj.1057>.

²⁵ Por. A.H. Turner, P.J. Makovicky, M.A. Norell, *Feather Quill Knobs in the Dinosaur Velociraptor*, „Science” 2007, Vol. 317, No. 5845, s. 1721, <https://doi.org/10.1126/science.1145076>.

²⁶ Por. tamże.

²⁷ Por. R.H. Li et al., *Behavioral and Faunal Implications of Early Cretaceous Deinonychosaur Trackways from China*, „Naturwissenschaften” 2007, Vol. 95, s. 185–191, <https://doi.org/10.1007/s00114-007-0310-7>.

²⁸ Por. R.N. Melchor, S. de Valais, J.F. Genise, *Bird-like Fossil Footprints from the Late Triassic*, „Nature” 2002, Vol. 417, No. 6892, s. 936–938, <https://doi.org/10.1038/nature00818>; S. de Valais, R.N. Melchor, *Ichnotaxonomy of Bird-like Footprints: An Example from the Late Triassic-Early Jurassic of Northwest Argentina*, „Journal of Vertebrate Paleontology” 2008, Vol. 28, No. 1, s. 145–159, [https://doi.org/10.1671/0272-4634\(2008\)28\[145:IOBFAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1671/0272-4634(2008)28[145:IOBFAE]2.0.CO;2).

ponownego oszacowania²⁹. Jest on jednak oparty na, jak się wydaje, wiarygodnych świadectwach empirycznych z dziedziny radiometrii i paleobotaniki³⁰.

U teropodów lot ewoluował zatem niezależnie co najmniej dwa razy, a całkiem możliwe, że cztery razy. Nie byłbym zaskoczony, gdyby liczba ta miała wzrosnąć. Jedną z wielu wad metodologii kladystycznej (zbyt mocno przywiązującej wagę do ontogenezy) – poza tym, że w ramach tego podejścia całkowicie odstawiono na bok kwestie integracji funkcjonalnej, a skupiono uwagę na dziwnym atomizmie – jest to, że w dużej mierze opiera się ona koncepcji ewolucji jako wysoce dynamicznego procesu prowadzącego nie tylko do zmian mozaikowych³¹, ale także powtarzającego się nabywania i utraty cech. Kwestię tę dobrze przedstawił Evgeny Kurochkin³². Tak więc nie można się dziwić, że coś bardzo podobnego do ptaka wyewoluowało wiele razy wśród teropodów: zarówno dwunożność, jak i modyfikacje powłok stanowią istotne preadaptacje. Ale czy nie mamy tu do czynienia z nieokreślonym uwstecznieniem ewolucyjnej przyczyny i skutku? Jeżeli wszystkie „ptaki” wyloniły się z teropodów, to jakie jest prawdopodobieństwo powstania konstrukcji podobnej do teropoda *per se*? Istotna wskazówka pochodzi od archozaurów, prymitywnej grupy gadów, która swój rozkwit miała w triasie. U archozaura *Effigia* widoczny jest szereg wyraźnych konwergencji nie tylko z teropodami, ale też celurozaurami, jak również ornitomimozaurami³³. *Effigia* jest najbliższym spokrewnionym z szuwozaurem (*Shuvosaurus*), a z kolei ten rodzaj archozaura był wcześniej klasyfikowany jako dinozaur. William Parker i współpracownicy w ich opisie kolejnego archozaura

²⁹ Por. J.F. Genise et al., *Application of Neochronological Studies to Behavioural and Taphonomic Interpretation of Fossil Bird-like Tracks from Lacustrine Settings: The Late Triassic-Early Jurassic? Santo Domingo Formation, Argentina*, „Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology” 2009, Vol. 272, No. 3–4, s. 143–161, <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.08.014>.

³⁰ Por. S. de Valais, R.N. Melchor, *Ichnotaxonomy of Bird-like*.

³¹ Por. S.A. Ji, Q. Ji, *Jinfengopteryx Compared to Archaeopteryx*.

³² Por. E.N. Kurochkin, *Parallel Evolution of Theropod Dinosaurs and Birds*, „Entomological Review” 2006, Vol. 86, s. 45–58, <https://doi.org/10.1134/S0013873806100046>.

³³ Por. S.J. Nesbitt, M.A. Norell, *Extreme Convergence in the Body Plans of an Early Suchian (Archosauria) and Ornithomimid Dinosaurs (Theropoda)*, „Proceedings of the Royal Society B” 2006, Vol. 273, No. 1590, s. 1045–1048, <https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3426>; S.J. Nesbitt, *The Anatomy of Effigia Okeeffeae (Archosauria, Suchia), Theropod-like Convergence, and the Distribution of Related Taxa*, „Bulletin of the American Museum of Natural History” 2007, Vol. 302, s. 1–84, [https://doi.org/10.1206/0003-0090\(2007\)302\[1:TAOEAO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1206/0003-0090(2007)302[1:TAOEAO]2.0.CO;2).

o nazwie *Revneltosaurus*³⁴ przedstawili zagrożenia konwergencji. Wraz z odkrywaniem coraz bardziej kompletnych szkieletów stało się jasne, iż oddzielone od siebie zęby (cecha wspólna dla paleontologii kręgowców), które rutynowo przypisywano dinozaurom z późnego triasu, równie dobrze mogą pochodzić od konwergentnych taksonów archozaurów.

Okazało się, że istnieje szereg wyraźnych konwergencji między kładami archozaurów i dinozaurów – te konwergencje wykraczają daleko poza wspomniane formy przypominające teropody. Tak więc wśród archozaurów widoczne są formy podobne zarówno do karnozaurów, jak i ankylozaurów, które w wielu przypadkach były wcześniej uważane za dinozaury. Ralph E. Molnar rozszerzył tę listę, podkreślając, że „przypadki konwergencji z triasu nie są jedynie ciekawostką, ale wpływają na nasze rozumienie ewolucyjnego pochodzenia istotnych składowych mezozoicznej fauny czworonogów. A to z kolei rodzi pytanie, dlaczego zwierzęta, które wydawałoby się skutecznie zajmują określone nisze ekologiczne, zostały w jakiś sposób zastąpione przez fletycznie odmienne formy wystarczająco podobne, by można je było ze sobą pomylić”³⁵. Wygląda więc na to, że pojawienie się organizmu, który niezwykle przypomina dinozaura, jest ewolucyjnie bardzo prawdopodobne. Z tej perspektywy ważne spostrzeżenia na temat konkurencyjnej przewagi dinozaurów nad archozaurami³⁶ nadal powinny być analizowane w szerszym kontekście prawdopodobieństwa wystąpienia dinozauromorfa (lub reptiliomorfa, tetrapodomorfa itd.).

1.2. Karboksysomy i wirusy

Ptaki, teropody, dinozaury i archozaury mogą w istocie nieść wiele informacji o konwergencji i rzeczywiście wskazują na pewną ogólną, lecz słabo dostrzegalną zasadę. Jakkolwiek szczegóły wciąż należy zbadać, przedstawiam tu zarys szeregu konwergencji powiązanych z niektórymi głównymi zmianami

³⁴ Por. W.G. Parker et al., *The Late Triassic Pseudosuchian Revneltosaurus Callenderi and Its Implications for the Diversity of Early Ornithischian Dinosaurs*, „Proceedings of the Royal Society B” 2005, Vol. 272, No. 1566, s. 963–969, <https://doi.org/10.1098/rspb.2004.3047>.

³⁵ R.E. Molnar, *Life's Solution, Inevitable Humans in a Lonely Universe*, by Simon Conway, „Journal of Vertebrate Paleontology” 2008, Vol. 28, No. 2, s. 587 [586–587], [https://doi.org/10.1671/0272-4634\(2008\)28\[586:LSIHIA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1671/0272-4634(2008)28[586:LSIHIA]2.0.CO;2).

³⁶ Por. S.L. Brusatte et al., *Superiority, Competition, and Opportunism in the Evolutionary Radiation of Dinosaurs*, „Science” 2008, Vol. 321, No. 5895, s. 1485–1488, <https://doi.org/10.1126/science.1161833>.

ewolucyjnymi wskazującymi, że każdy krok ewolucyjny był bardzo prawdopodobny, jeśli nie nieunikniony. Rozważmy najpierw wirusy. Mimo że porzucono pogląd, iż mogą one być najbardziej prymitywnymi formami życia, to dzięki spełnieniu minimalnych wymagań dla organizmu stanowią użyteczne zastępstwo. Jedną z charakterystycznych cech wirusa jest rzecz jasna jego wysoko zorganizowany płaszcz białkowy. Gdy zwrócimy uwagę na mikroprzedziały wielu bakterii, a zwłaszcza karboksysomów, okaże się, że one również budują wieloboczny płaszcz białkowy w uderzająco podobny sposób³⁷. I chociaż karboksysomy nie są ikozaedralne, a ich płaszcz białkowy jest cieńszy (być może ze względu na organellopodobny status tegoż płaszcza³⁸), to jednak ciasno upakowany układ heksagonalny najwyraźniej powstaje w wyniku samoorganizacji³⁹. Niezwykle podobieństwo między karboksysomami a płaszcami wirusowymi było wielokrotnie podkreślane. Jeśli zaś chodzi o same wirusy, można zauważyć wyraźne przykłady konwergencji⁴⁰, co nie jest bez znaczenia, biorąc pod uwagę rolę, jaką odgrywają one w powstawaniu chorób⁴¹. Z punktu widzenia problematyki konwergencji wirusów prawdopodobnie najbardziej fascynujące przykłady dotyczą gigantycznych wirusów DNA – najbardziej znanych

³⁷ Por. G.C. Cannon et al., *Microcompartments in Prokaryotes: Carboxysomes and Related Polyhedra*, „Applied and Environmental Microbiology” 2001, Vol. 67, No. 12, s. 5351–5361, <https://doi.org/10.1128/AEM.67.12.5351-5361.2001>; Ch.A. Kerfeld et al., *Protein Structures Forming the Shell of Primitive Bacterial Organelles*, „Science” 2005, Vol. 309, No. 5736, s. 936–938, <https://doi.org/10.1126/science.1113397>; T.A. Bobik, *Polyhedral Organelles Compartmenting Bacterial Metabolic Processes*, „Applied Microbiology and Biotechnology” 2006, Vol. 70, s. 517–525, <https://doi.org/10.1007/s00253-005-0295-0>.

³⁸ Por. Y. Tsai et al., *Structural Analysis of CsoS1A and the Protein Shell of the Halothiobacillus Neapolitanus Carboxysome*, „PLoS” 2007, Vol. 5, s. 1345–1354, <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050144>.

³⁹ Por. T.O. Yeates et al., *Self-assembly in the Carboxysome: A Viral Capsid-like Protein Shell in Bacterial Cells*, „Biochemical Society Transactions” 2007, Vol. 35, No. 3, s. 508–511, <https://doi.org/10.1042/BST0350508>.

⁴⁰ Por. J.J. Bull et al., *Exceptional Convergent Evolution in a Virus*, „Genetics” 1997, Vol. 147, No. 4, s. 1497–1507, <https://doi.org/10.1093/genetics/147.4.1497>; J.M. Cuevas, S.F. Elena, A. Moya, *Molecular Basis of Adaptive Convergence in Experimental Populations of RNA Viruses*, „Genetics” 2002, Vol. 162, No. 2, s. 533–542, <https://doi.org/10.1093/genetics/162.2.533>.

⁴¹ Por. X. de Lamballerie et al., *Chikungunya Virus Adapts to Tiger Mosquito Via Evolutionary Convergence: A Sign of Things to Come?*, „Virology Journal” 2008, Vol. 5, numer artykułu: 33, <https://doi.org/10.1186/1743-422X-5-33>; S. Kryazhimskiy et al., *Directionality in the Evolution of Influenza A Haemagglutinin*, „Proceedings of the Royal Society B” 2008, Vol. 275, No. 1650, s. 2455–2464, <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0521>.

w postaci mimiwirusów⁴². Skutecznie przekształcają się one w prawdziwe organizmy, posiadając genomy znacznie większe od niektórych bakterii. Ten rodzaj wirusów funkcjonuje dzięki duplikacji genów i transferów lateralnych od swoich gospodarzy. Co równie znaczące, dwie główne grupy (T4 i NCLDV) są uderzająco konwergentne nie tylko pod względem powiększenia genomu, ale także lateralnie przenoszonego materiału w genomie wirusa⁴³.

1.3. Bakterie: ponowne odtworzenie taśmy

Podkreślę raz jeszcze, nie twierdzę, że bakterie pochodziły od wirusów (lub płaszcze wirusowe od karboksosomów), niemniej powyższe przykłady wskazują, że proces ewolucji wirusów mógł mieć mniejszy zakres rozwiązań, niż jesteśmy to sobie w stanie wyobrazić. Tak więc również pośród prokariotów znaleźć można wiele wyraźnych konwergencji, nie tylko w obrębie archeonów czy eubakterii, ale, co ważniejsze, pomiędzy tymi dwiema grupami. Jednym z najbardziej interesujących przykładów (szczególnie ważnym ze względu na jego zawłaszczenie przez zwolenników fikcji naukowej określanej jako „inteligentny projekt”) jest niezależna ewolucja silnika wiciowego w obu grupach bakterii⁴⁴. Pośród innych konwergencji występujących między archeonami i eubakteriami szczególnie interesujące przykłady znaleźć można u ekstremofilów, głównie u halofilów⁴⁵

⁴² Por. K. Suhre, *Gene and Genome Duplication in Acanthamoeba Polyphaga Mimivirus*, „Journal of Virology” 2005, Vol. 79, No. 22, s. 14095–14101, <https://doi.org/10.1128/JVI.79.22.14095-14101.2005>.

⁴³ Por. J. Filée, M. Chandler, *Convergent Mechanisms of Genome Evolution of Large and Giant DNA Viruses*, „Research in Microbiology” 2008, Vol. 159, No. 5, s. 325–331, <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2008.04.012>.

⁴⁴ Por. N.A. Thomas, S.L. Bardy, K.F. Jarrell, *The Archaeal Flagellum: A Different Kind of Prokaryotic Motility Structure*, „FEMS Microbiology Reviews” 2001, Vol. 25, No. 2, s. 147–174, <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2001.tb00575.x>; S. Trachtenberg, V.E. Galkin, E.H. Egelman, *Refining the Structure of the Halobacterium Salinarum Flagellar Filament Using the Iterative Helical Real Space Reconstruction Method: Insights into Polymorphism*, „Journal of Molecular Biology” 2005, Vol. 346, No. 3, s. 665–676, <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2004.12.010>.

⁴⁵ Por. E.F. Mongodin et al., *The Genome of Salinibacter Ruber: Convergence and Gene Exchange Among Hyperhalophilic Bacteria and Archaea*, „Proceedings of the National Academy of Sciences” 2005, Vol. 102, No. 50, s. 18147–18152, <https://doi.org/10.1073/pnas.0509073102>; S. Paul et al., *Molecular Signature of Hypersaline Adaptation: Insights from Genome and Proteome Composition of Halophilic Prokaryotes*, „Genome Biology” 2008, Vol. 9, numer artykułu: R70, <https://doi.org/10.1186/gb-2008-9-4-r70>.