

Rozpoznanie zjawiska

Na słowo „ewolucja” reaguje się rozmaicie. Dla jednych sygnalizuje ono szczególny sposób widzenia świata, stanowi świadectwo wyboru odstręczającej postawy metafizycznej, której moralnym aspektem jest nihilizm, wynikający z odrzucenia poglądu o niezmienności naturalnego porządku świata. Dla innych wyznacza drogę wiodącą do wyjaśnienia przyczyn różnorodności świata żywego i zadziwiającej skuteczności organizmów w radzeniu sobie z przeciwnościami życia. Jest oczywiste, z którą z tych postaw będę się identyfikować, prowadząc dalszy wywód. Rozumiem jednak i przeciwny punkt widzenia, bo pamiętam o tym, jak trudno było dawnym badaczom przyrody wyjaśnić wątpliwym przyczyny nieoczywistych aspektów jej historii. Przekonanie do naukowego pojmowania natury wymagało długiego czasu i cierpliwej perswazji. Nie od razu też było wiadomo, jakimi sposobami rozumowania należy się posługiwać, by dochodzić do prawdy naukowej wiarygodnie i skutecznie. Z drugiej strony nie można też zaprzeczyć, że wiedza potoczna i intuicyjna bywa w konkluzjach i zastosowaniach zaskakująco bliska ustaleniom osiąganym za pośrednictwem wyrafinowanych technik badawczych.

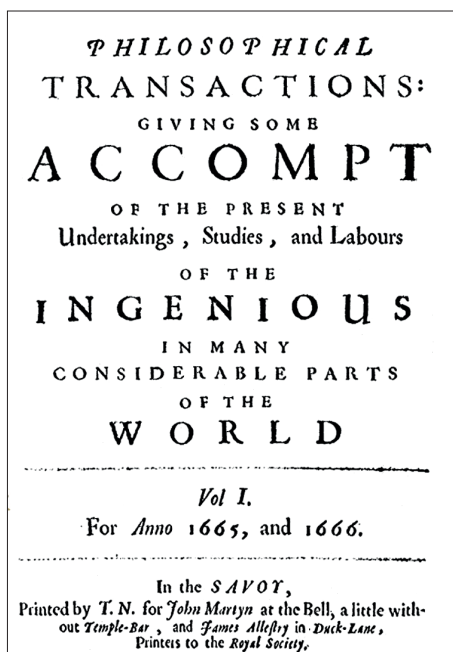
Jednym z takich zadziwiających aspektów wiedzy potocznej jest skuteczność ziołolecznictwa. Trudno pojąć, jak bez stosowania rygorystycznych procedur laboratoryjnych zielarki były w stanie dostrzec specyficzne walory lecznicze poszczególnych ziół w konfrontacji z ogromem różnorodności otaczających nas roślin. Szczególnie poruszającego przykładu skuteczności tego przednaukowego podejścia do zagadek przyrody dostarcza historia starożytna. Grecka kolonia Cyrena na afrykańskim wybrzeżu (dzisiejsza prowincja Cyrenajka w Libii) słynęła z eksportu żywicy z zioła zwanego sylfionem. Zbierano je tak intensywnie, że doprowadziło to do unicestwienia gatunku. Zdaniem botaników była to roślina baldaszkowata z rodzaju *Ferula*, a jej komercyjne wykorzystanie według świadectwa Pliniusza wynikało z działania antykonceptyjnego i wczesnoporonnego. Był na to ogromny popyt, przekraczający, jak się okazało, zasoby środowiska naturalnego. To niejedyny zresztą tego rodzaju medykament znany medycynie ludowej (u nas podobno równie skuteczny był jałowiec sawina). Najbardziej zadziwiający jest jednak fakt, że efekty działania

ziół były dostrzegalne dopiero po miesiącach od ich zastosowania. Jakim sposobem wiązano przyczynę ze skutkiem? Trudno się dziwić, że często niejasne zasady wnioskowania prowadziły na manowce. Jest w tym jednak załączek metody naukowej, która polega na stałym eksperymentowaniu i sprawdzaniu zgodności rezultatów z oczekiwaniami. W dawnych czasach zarówno same eksperymenty powtarzano przez stulecia, jak i uzyskane informacje o użyteczności były kumulowane z pokolenia na pokolenie. To klasyczna **wiedza przednaukowa**, wymieszana z gusłami i zabobonami, których rozdzielać nawet nie próbowano. Była to też wiedza podatna na zapomnienie, bo ustne środki przekazu są z natury nieprecyzyjne i nietrwałe.

Dzisiejsze nauki przyrodnicze (*scientia*) pozostają w opozycji do wierzeń, czyli metafizyki. Podstawową właściwością nowoczesnej nauki jest **przewaga obserwacji i doświadczenia** (empirii) nad wiarą (przekonaniem). Wbrew popularnemu wyobrażeniu, naukę cechuje nie tyle użyteczność czy prawdziwość wygłaszanych tez, co rygorystyczność metod. Co więcej, ma ona wyrazisty aspekt społeczny, wynikający z konieczności przekazywania informacji możliwie zrozumialej i jednoznacznej. Ten jej podstawowy atrybut rodził się stopniowo, a jednym z najważniejszych środków doskonalenia metody dochodzenia do prawdy naukowej była do niedawna działalność **towarzystw naukowych**. Zgromadzeni w nich uczeni przedstawiali wyniki swoich badań, poddawali je krytyce i oczekiwali potwierdzenia ich słuszności. Nagrodą miała być sława. Inspiracją do powstania towarzystw był upowszechniony wraz z artystycznym Renesansem kult starożytnych myślicieli i wiedza o roli, jaką odgrywali w swoich czasach. Przełomem stało się jednak dopiero włączenie empirii do tego europejskiego prądu intelektualnego. Bodaj pierwszym z istniejących do dziś towarzystw naukowych, w których programie działalności znalazło się przyrodoznawstwo, była Akademia Rysiów – Accademia dei Lincei, utworzona w Rzymie w 1603 roku. Ostrość widzenia rysia (*Lynx*) miała symbolizować przenikliwość umysłów jej członków. O dwa pokolenia krótszą



Stampila założonej w 1603 roku w Rzymie Accademia dei Lincei – pierwszego towarzystwa naukowego przyrodników



Strona tytułowa pierwszego tomu *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* – do dziś najważniejszego przyrodniczego czasopisma naukowego

tradycję ma ciesząc się dziś największym autorytetem Towarzystwo Królewskie w Londynie – The Royal Society of London, założone w 1660 roku. Od 1665 roku do dziś publikuje ono czasopismo *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, które wbrew tytułowi jest jednym z najlepszych w świecie czasopism przyrodniczych. Narzuciło światu procedury akceptacji artykułów naukowych do druku przez **niezależnych recenzentów** (*peer reviews*), jak również **standard konstrukcji artykułu naukowego**.

W Europie kontynentalnej odpowiednikiem towarzystwa londyńskiego była, i do pewnego stopnia wciąż jest, założona w Paryżu w 1666 roku Académie royale des sciences (dziś już nie królewska). W Polsce dołączenie do światowego nurtu nauki w czasach panowania Augusta III Sasa, skądinąd mało sprzyjających życiu intelektualnemu, zawdzięczamy klasykowi zoologii Jacobowi Theodorowi Kleinowi, który w 1743 roku nakłonił swojego zięcia Daniela Gralatha, burmistrza Gdańska, do ufundowania Societas Physicae Experimentalis. W 1753 roku towarzystwo to przyjęło nazwę Naturforschende Gesellschaft zu Danzig – Tow-

zystwo Przyrodnicze w Gdańsku – i w zmiennych kolejach losu trwało niemal dokładnie dwa stulecia. Jednym z pierwszych jego mecenasów był magnat Józef A. Jabłonowski, który utworzył fundusz (odpowiadający wartości około 9 kg złota) na przyznawane przez towarzystwo nagrody naukowe, ale w 1768 roku, urażony niezgodnym z jego oczekiwaniami werdyktem, wycofał kapitał do Lipska, gdzie stworzył nowe towarzystwo poświęcone wyłącznie humanistyce. Nowożytnie europejskie towarzystwa naukowe stały się narzędziem krytycznego tworzenia nauki, umożliwiały bowiem weryfikację nowych koncepcji jeszcze przed ich upowszechnieniem. Doprowadziło to do nieformalnego uzgodnienia ogólnie obowiązujących zasad uprawiania nauki.

Ekspansja metody naukowej postępowała od fizyki przez chemię po biologię. W rezultacie dziś niemal powszechnie przyjmuje się, że standardy wypróbowane z fascynującą skutecznością na gruncie fizyki i chemii powinny być stosowane w całym przyrodoznawstwie. Założenia tak rozumianej metody nauki sformułował metodolog nauki, fizyk z wykształcenia, Karl R. Popper. Dotyczą tej metody w istocie tylko dwa fundamentalne ograniczenia: zasada **parsymonii** (czyli oszczędności metodologicznej, zwanej brzytwą Ockhama) i **testowalności** (falsyfikowalności). Oznacza to, że tezy wprowadzające byty niekonieczne i niedające się skonfrontować z empirią nie należą do domeny nauki. Są częścią metafizyki. Skoro tak, to tylko te aspekty biologii mają status nauki, do których można zastosować takie same zasady metody naukowej, jakie obowiązują w fizyce i chemii.

Dziś przecież nikt z poważnych badaczy nie ma wątpliwości, że życie to fizyka i chemia. Jeśli tak, to zgodnie z popularnym poglądem do chemii i fizyki należy sprowadzić także biologię. Zagłębiając się w istotę zjawisk życia – nawet tych najbardziej złożonych – trzeba wyodrębnić procesy chemiczne i powiązania fizyczne, by opisać je w języku tych dwu wzorcowych nauk ścisłych. Najlepiej nadając opisywanym zjawiskom ilościową (matematyczną) formę. Taki jest podstawowy postulat programu badawczego **redukcjonizmu** metodologicznego, rozpropagowanego przez Ernesta Nagla w wydanej w 1961 roku książce *Struktura nauki*. Postulat ten był respektowany i popularny przez dziesięciolecia. Wielu biologów molekularnych, paleobiologów i ekologów wciąż uważa się za zwolenników redukcjonizmu. Idealny opis rzeczywistości biologicznej powinien ich zdaniem mieć charakter ilościowy. Ma to nie tylko uściślić sam opis, ale i pozwolić na testowanie tak skonstruowanych teorii. Biologia ma być nauką ścisłą i predyktywną (umożliwiającą przewidywanie zdarzeń). Prawa biologii powinny być ponadcz-

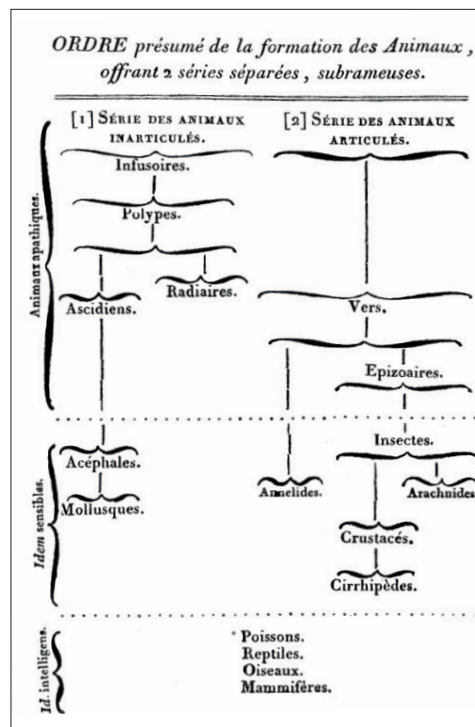


Karl R. Popper (1902–1994) i okładka pierwszego wydania jego fundamentalnego dzieła o metodologii przyrodoznawstwa oraz Ernest Nagel (1901–1985) – twórca koncepcji metodologicznego redukcjonizmu

sowe. Do życia w dawnych epokach geologicznych należałoby rygorystycznie zastosować zasadę aktualizmu geologicznego (uniformitarianizmu).

Podejście redukcjonistyczne może się zdawać oczywiste w stosunku do zjawisk świata żywego zachodzących na naszych oczach, w skali czasu właściwego dla laboratoriów czy obserwacji ekologicznych w naturalnych ekosystemach. Taką skalę czasu nazywa się **czasem ekologicznym**. Można jednak mieć wątpliwości, czy prawa odnoszące się do zjawisk obserwowanych w czasie ekologicznym obowiązują zawsze, a zatem również w skali czasu stosowanej do zapisu kopalnego, czyli czasu geologicznego. A do niej trzeba się odwołać, by wskazać pierwotną przyczynę swoistości poszczególnych aspektów życia, przede wszystkim zaś jego różnorodności. Ponadczasowość ścisłych i predyktywnych praw biologii wymagałaby niezmienności form życia. Już tu pojawia się konflikt między postulatem redukcjonizmu metodologicznego (oraz aktualizmu geologicznego) a ewolucją. Wróć jeszcze do tego zagadnienia w kontekście biologii molekularnej, by wykazać, że o redukcjonizmie należy zapomnieć.

Trzeba mieć świadomość, że u początków przyrodoznawstwa kwestia niezmienności świata żywego bądź jego przekształceń była zagadnieniem bardziej filozoficznym niż odnoszącym się do empirii. Wśród pierwszych badaczy, którzy, stwierdzając pewne regularności w podobieństwach i odmiennościach grup zwierzęcych, ich genezy upatrywali w przekształcaniach jednych w drugie, był Jean-Baptiste Lamarck. W 1800 roku sformułował on *explicite* hipotezę **ewolucji organizmów**. W czasach Lamarcka wiedza przyrodnicza była już tak rozległa, że koncepcja ewolucji padła na podatny grunt. W ówczesnej Francji nie miał też większego znaczenia opór natury religijnej. Tym bardziej dziś żaden poważny przyrodnik nie opowiada się za poglądem o niezmienności organizmów. Poza środowiskiem naukowym nierzadko jednak uważa się, że pogląd przeciwny jest równie uprawniony, choć ewolucji nie kwestionują nawet religijni fundamentaliści (zwolennicy np. koncepcji inteligentnego projektu, *intelligent design*). Powszechny sprzeciw ciągle jednak budzi zaliczanie człowieka do królestwa zwierząt, choć uczynił to już w 1735 roku Carl von Linné (Linneusz) w pierwszym wydaniu swojego epokowego dzieła *Systema Naturae*. W późniejszych wydaniach w rodzaju *Homo* umieszczał dwa pokrewne podrodzaje: *Homo diurnus* (człowiek dzienny, do którego należeć miał gatunek *Homo sapiens*) i *Homo nocturnus* (człowiek nocny, czyli orangutan). Rzecz jasna, klasyfikacja ta nie uwzględniała aspektu ewolucyjnego – miała być jedynie odzwierciedleniem naturalnego porządku



Jean-Baptiste Lamarck (1744–1829) i jego schemat ewolucyjnej hierarchii organizmów z 1800 roku

stworzenia. Mimo to oburzyła wspomnianego już gdańskiego zoologa Jacoba Theodora Kleina, który w *Summa dubiorum*, opublikowanej w 1743 roku dogłębnej krytyce systematyki Linneusza, uznał takie miejsce dla człowieka za uwłaczające jego wyjątkowej naturze. Można zrozumieć emocje, jakie pogląd ten mógł wzbudzić (i wzbudza do dzisiaj).

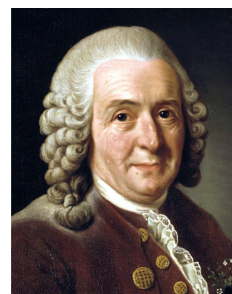
Tym mocniejszy musiał być w tamtych czasach opór wobec prób kwestionowania niezmienności przyrody. Paradoksalnie, główny powód był ten sam, który dziś sprawia kłopot zwolennikom koncepcji inteligentnego projektu zmuszonym przyjąć do wiadomości potwierdzony przez fakty proces ewolucji. Jeśli bowiem uznaje się nadprzyrodzoną genezę porządku przyrody, to jej wytwory muszą być wolne od defektów, a zatem niedopuszczalne są

Ordo I. PRIMATES.

Dentes primores superiores IV paralleli.
Mammæ pectorales, binæ.

I. HOMO nosce Te ipsum.

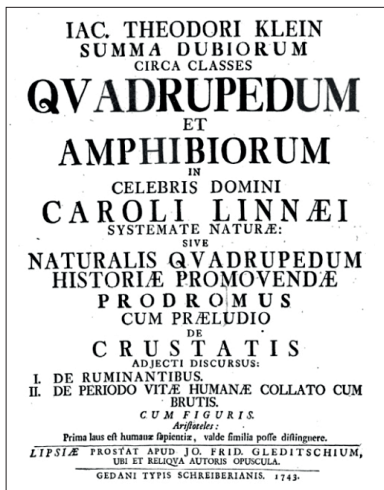
1. H. diurnus. (*) vagans cultura, loco.
 - a. H. rufus, cholericus, rectus.
 - β. H. albus, sanguineus torotus.
 - γ. H. luridus, melancholicus rigidus.
 - δ. H. niger, phlegmaticus, laxus.
 1. H. montrosus folio (a), vel arte (b. c.)
 - a. Alpini parvi, agiles, timidi: Patagonici magni, segnes.
 - b. Menarchides ut nimis fertiles: Hottentotti.
 - γ. Genesæ puellæ abdomine attenuato: Europææ.
 - c. Macroccephali capite conico. Chineses.
 - Plagioccephali capite antice compresso. Canadenses.
2. H. nocturnus. Orang Outang Bent. jav. 84. t. 84. Genus Troglodite seu Orang Outang ab Homine vero diffinitum, adhibita quamvis ovisi attentione, obtinere non potui, nisi asserere notam lubricam, in aliis generibus non conflantem. Nec dentes lanarii minime a reliquis remati; nec Nymphæ calice, quasi coram Simia, hunc ad Simias reducere admittent. Insultant as teptæ in visis, quæ ratione, modo vixit aliqua exstant, ab Homine genere separari queas, nam inter Simias veritatem oportet esse Simiam. Apollodor.



Carl von Linné (1707–1778) i strona z IX wydania *Systema Naturae* z 1756 roku z zoologiczną klasyfikacją człowieka



Jacob Theodor Klein (1685–1759), współzałożyciel *Naturforschende Gesellschaft zu Danzig*, i jego komentarz do systematyki Linneusza



w tym porządku jakiegokolwiek zmiany. Gdyby było inaczej, oznaczałoby to przecież, że pierwotny plan nie był perfekcyjnie obmyślony. To idea zupełności (*plenitudo*), oznaczająca kompletność stworzenia. W skrajnej postaci wyraża przekonanie, że wszystko w otaczającym nas świecie jest doskonałe i ma dogłębny sens, nawet jeśli jest on trudny do odkrycia. Średniowiecznym przykładem zastosowania zasady zupełności do hierarchicznego porządku w świecie była drabina jestestw (*scala naturae*). Poszczególne stadia doskonałości są atrybutami kolejnych jej poziomów – od nieożywionych kamieni po człowieka i byty nieziemskie. Wielki matematyk Gottfried W. Leibniz (1646–1716), który mawiał, że żyjemy w najlepszym z możliwych światów, uważany za rzecznika



Drzeworyt z wydania dzieła Ramona Lulla (ok. 1232–1315) z 1512 roku przedstawiający średniowieczną wizję drabiny jestestw

takiej wizji świata, był pierwowzorem karykaturalnej postaci – doktora Panglossa, bohatera traktatu Woltera *Kandyd*. Stąd wzięło się określenie takiego podejścia w nauce: „paradygmat Panglossa”. Konsekwencją jego zastosowania jest **teleologia** w odniesieniu do interpretacji anatomicznych i **adaptacjonizm** w odniesieniu do interpretacji ekologicznych. W dzisiejszej nauce nie ma jednak on (czy raczej nie powinien mieć) sensu metafizycznego, lecz jedynie operacyjny. Aby wyjaśnić naturę struktury czy funkcji, trzeba założyć, że mają one jakiś sens, w domyśle wynikający z działania doboru naturalnego.

Jeżeli idea zupełności jest prawdziwa, to nic nie mogło wymrzeć po Potopie – najbliższym naszym czasem zdarzeniu, kiedy zmiana różnorodności biologicznej przebiegała pod rozumną kontrolą sił nadprzyrodzonych. Nieustających kłopotów dostarcza teologom paleontologia, nie tylko z powodu trudności z umiejscowieniem rozpoznawanych przez nią zdarzeń w stosunku do daty Potopu. Dziś może się to wydawać mało istotne, ale w czasach formowania się nowoczesnej biologii stanowiło dla badaczy duży problem.

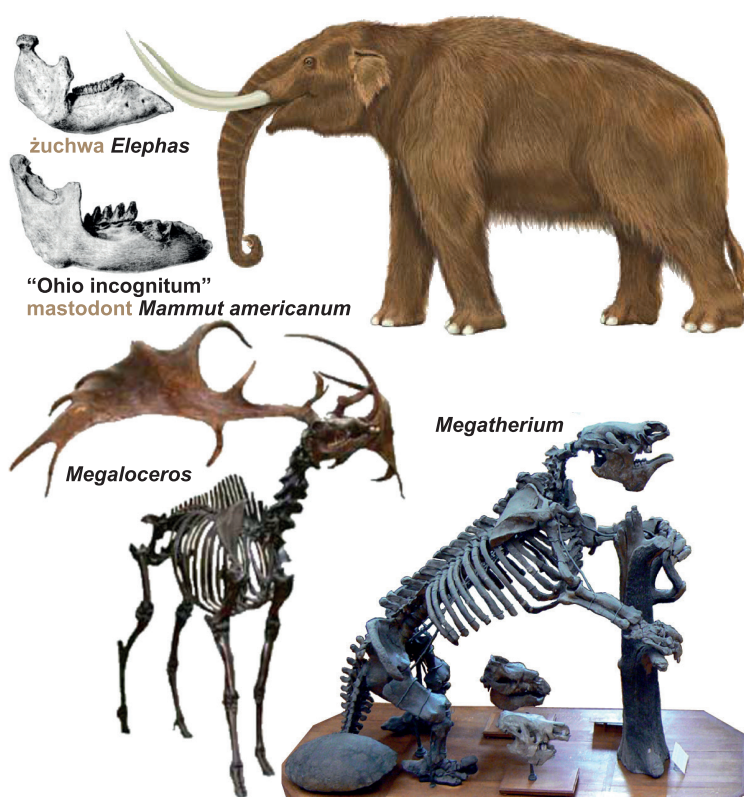
Ośrodek myśli naukowej przemieścił się wówczas tam, gdzie rozpoczęła się rewolucja przemysłowa – do Szkocji. Fundamentami ówczesnych przemian gospodarczych były nowe źródło energii, czyli węgiel kamienny, oraz rozbudowywana sieć transportu wodnego. Poszukiwania złóż mineralnych i budowa kanałów wymusiły rozwój geologii, o czym będzie dalej mowa. Dzięki warunkom naturalnym Glasgow przekształciło się w centrum przemysłu, technologii i nauki. Przyrodznawstwo stopniowo wyzwało się spod dominacji humanistyki, ale pozostał kłopotliwy konflikt doniesień naukowych z twierdzeniami ówczesnych teologów.

Pierwszy tego rodzaju problem, który pojawił się w literaturze naukowej, wynikał ze znalezienia szczątków słoni w Ameryce. Najprościej byłoby uniknąć kłopotu z wymieraniem gatunków, przyjmując, że w Ameryce żyły kiedyś zwyczajne słonie i zostały wytępione przez grzeszne istoty ludzkie nierespektujące boskich intencji. Jednak przyrodnik William Hunter z Glasgow (do dziś istnieje tam sławne Hunterian Museum) przeprowadził w 1768 roku dowód, że ówczesny tamtejszy „słoń” to całkiem inne, drapieżne, zwierzę, *Incognitum* z Ohio, cechujące się znacznie mniej złożonym uzębieniem od dzisiejszych słoni. Dziś nazywamy tego prastłonia (oczywiście roślinożernego) mastodontem. Formalna nazwa gatunku brzmi *Mammot americanum* i choć jest myląca – z europejskim mamutem mastodont nie ma nic wspólnego – obowiązuje do dzisiaj zgodnie z zasadą respektowania priorytetu w literaturze zoologicznej. Amerykański mastodont okazał się **pierwszym niewątpliwie wymarłym zwierzęciem**.

Jak to zwykle bywa, równocześnie w 1762 roku pojawił się argument przeciwny. Badacze głębin oceanicznych odkryli lodygowe liliowce, o których wcześniej sądzono, że występują tylko jako skamieniałości. A więc nie wymarły! Podobne dyskusje dotyczyły bardziej swojskiego irlandzkiego jelenia o ogromnym porożu (dziś znanego pod nazwą *Megaloceros giganteus*), którego szczątki znajdowano w bagnach. Dla irlandzkiego lekarza Thomasa Molyneux (1661–1733), który przedstawił swoją opinię w *Philosophical Transactions of the Royal Society* w 1697 roku, był to po prostu łos. Ta mylna identyfikacja przyszła mu tym łatwiej, że tych zwierząt, już wcześniej wytępionych na Wyspach Brytyjskich, miejscowi od dawna nie widzieli. Kiedy zaś w angielskich zwierzyńcach łosie się pojawiły i okazały się całkiem do irlandzkiego jelenia niepodobne, zaczęto go identyfikować z łosiem amerykańskim. Dopiero William Hunter w 1771 roku wykazał, że to zwierzę naprawdę wymarłe. Historie te po części wyjaśniają, dlaczego do dziś rozważania o wymieraniach tak bardzo pasjonują Anglosasów. Są też inne, filozoficzne tego powody, którymi zajmę się w dalszych rozdziałach. A może to wynika po prostu z naturalnej ludzkiej skłonności do ekscytowania się katastrofami i niezwykłymi zdarzeniami?

W oświeceniowej Europie kontynentalnej kwestia wymierania nie budziła aż tak wielkich kontrowersji. Wymarłe „potwory” Nowego Świata znajdowano i przywożono do Europy już pod koniec XVIII wieku. W 1789 roku znalazł się w Madrycie szkielet naziemnego leniwca wielkości słonia, przedstawiciela fauny ogromnych ssaków pokrewnych dzisiejszym pancernikom i leniwcem zamieszkujących argentyńskie pampasy do końca ostatniej epoki lodowej. Znakomity francuski badacz kręgowców Georges Cuvier nazwał to zwierzę w 1796 roku *Megatherium americanum*. Tak więc Karol Darwin (1809–1882), wbrew rozpowszechnionym przekonaniom o odkryciu przez niego wymarłej fauny pampasowej wielkich ssaków, podczas swojej podróży dookoła świata zapoznawał się ze zwierzętami znanymi już od dawna.

W początkach XIX wieku pod naporem wiedzy o wymarłych gigantach nawet Anglicy musieli porzucić wizję niezmienną przyrody. Tym bardziej że w sporach przyrodników miejsce ogromnych południowoamerykańskich ssaków – szczerbaków – zajęły wkrótce **dinozaury**, do dziś fascynujące publiczność całego świata. Kopalne kości dinozaurów znano już wcześniej, ale niejasne było ich pochodzenie. W 1677 roku pierwszy szczątek dinozaura prawidłowo rozpoznał Richard Plot z Uniwersytetu w Oksfordzie jako główkę kości udowej zwierzęcia o rozmiarach dających się porównać tylko z biblijnymi potworami. Inaczej opisywał tę skamieniałość



Zwierzęta dyluwialne, które sprawiły kłopot dawniejszym przyrodnikom: porównanie żuchwy mastodonta *Mammot americanum* (*Ohio incognitum*) z żuchwą słonia *Elephas indicus* w dziele Williama Huntera z 1767 roku oraz wielki jeleń *Megaloceros giganteus* z Irlandii i naziemny leniwiec *Megatherium* z Argentyny

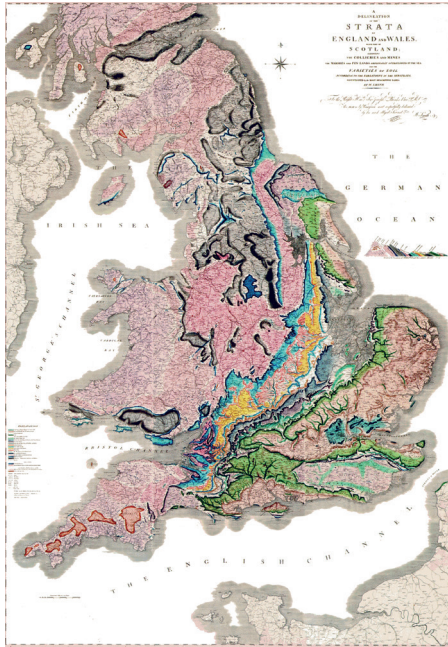
lekarz Thomas Brookes, który w 1763 roku określił ją jako *scrotum humanum* (czyli ludzka moszna). Dopiero znalezisko fragmentu żuchwy opisane w 1824 roku przez paleontologa Williama Bucklanda pod nazwą *Megalosaurus* zostało prawidłowo zinterpretowane jako należące do ogromnego wymarłego gada. Wciąż jednak wiedza o tym zwierzęciu była szczątkowa. Jeszcze w 1854 roku Richard Owen zaprojektował jego naturalnej wielkości (całkowicie



Rekonstrukcja jurajskiego drapieżnego dinozaura *Megalosaurus*, jego pierwsza kość znaleziona przez Richarda Plota w 1677 roku i nazwana *scrotum humanum* przez Thomasa Brookesa w 1763 roku, nie pozostawiająca wątpliwości co do gadziej natury żuchwa, opisana przez Williama Bucklanda w 1824 roku i nie-
trafna rekonstrukcja Richarda Owena



Niels Stensen (Nicolaus Steno; 1638–1686) oraz William Smith (1769–1839) i jego mapa geologiczna Anglii



błędną) rekonstrukcję dla parku przy Pałacu Kryształowym (budowli z żeliwa i szkła przeniesionej na nowe miejsce po zakończeniu

Wystawy Światowej w Londynie w 1851 r.), opierając się wyłącznie na wiedzy o dzisiejszych gadach i ssakach. Jakkolwiek luźny był związek ówczesnych wyobrażeń o dinozaurach z rzeczywistością, unicestwiony świat tych gadów stał się jednoznacznym dowodem odmienności przyrody przed Potopem. Dzięki stosowanej w geologii technice stratygrafii możliwe stało się też określenie stosunku czasowego tych wymarłych potworów do historii człowieka.

Podstawą stratygrafii jest **zasada superpozycji**: *osady (czy skały osadowe) powstałe wcześniej znajdują się pod osadami późniejszymi*. Zasadę tę jako pierwszy przedstawił drukiem w dziele *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus* w 1669 roku duński przyrodnik Niels Stensen (Nicolaus Steno), który po konwersji na katolicyzm porzucił naukę, by w końcu zostać biskupem. Za twórcę nowoczesnej stratygrafii uważa się angielskiego inżyniera Williama Smitha zatrudnionego w kopalni węgla i przy budowie kanałów – głównej wtedy drogi transportu surowców i produktów przemysłu ciężkiego. Obydwa te rodzaje inwestycji wymagają rozpoznania natury podłoża skalnego. W 1815 roku Wil-

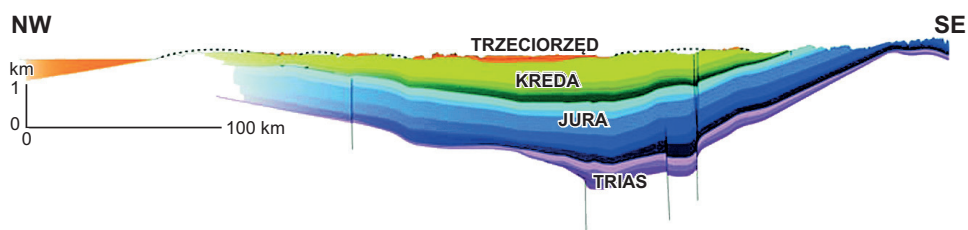
liam Smith opublikował mapę geologiczną znacznej części Wielkiej Brytanii, a następnie dzieło wyjaśniające zasadę następstwa faun jako podstawę wydzielania jednostek geologicznych. Po poprzednikach odziedziczył już pewną wiedzę o ułożeniu warstw skalnych i o zawartych w nich skamieniałościach. Stwierdził, że poszczególne jednostki skalne mogą się różnić nie tylko rodzajem osadu, z którego powstały, ale i obecnymi w nich skamieniałościami. Co więcej, nawet jednostki skalne różniące się składem mineralnym mogą zawierać te same zestawy skamieniałości. Mógł więc na takiej podstawie definiować je i mapować podłoże.

A wiedza paleontologiczna rozszerzała się wówczas lawinowo, przy czym szczególnie korzystne warunki zapewniały okolice Paryża. Formacje skał osadowych są tam niemal niezaburzone przez czynniki tektoniczne i zawierają mnóstwo doskonale zachowanych i łatwych do wydobycia szczątków. Francuski przyrodnik Alcide d'Orbigny w opublikowanych w latach 1840–1849 dziełach zamieścił opisy i ilustracje ponad 18 tysięcy gatunków skamieniałości! Wraz ze znaleziskami innych współczesnych mu badaczy dało to dziesiątki tysięcy gatunków, które mogły posłużyć do korelowania warstw skalnych i wydzielania jednostek czasu geologicznego. Rozwijała się metoda **biostratygrafii**.

Rozpoczęto od definiowania jednostek biostratygraficznych na podstawie całych zespołów skamieniałości. Od nazwiska badacza jurajskich amonitów w Niemczech Carla Alberta Oppla wydzielenia takie nazywa się **zonami oppelowskimi**. Określenie to oddaje bardziej biologiczne niż geologiczne aspekty zapisu kopalnego, bo nie rodzaj skały, ale organizmy decydują o naturze zony biostratygraficznej. Dziś wiemy, że ich odmienność jest kontrolowana przez czynniki ekologiczne, które w istocie działają na każdy gatunek z osobna. Dlatego bardziej popularne jest wyznaczanie granic jednostek biostratygraficznych na podstawie wybranego gatunku, najbardziej charakterystycznego (czy raczej najszybciej ewoluującego). Takie pojmowanie biostratygrafii zapoczątkował Friedrich A. von Quenstedt. W ten sposób stratygrafia, która narodziła się jako dziedzina nauk inżynierskich, stała się istotnym źródłem wiedzy o historii Ziemi i żyjących na niej organizmów.

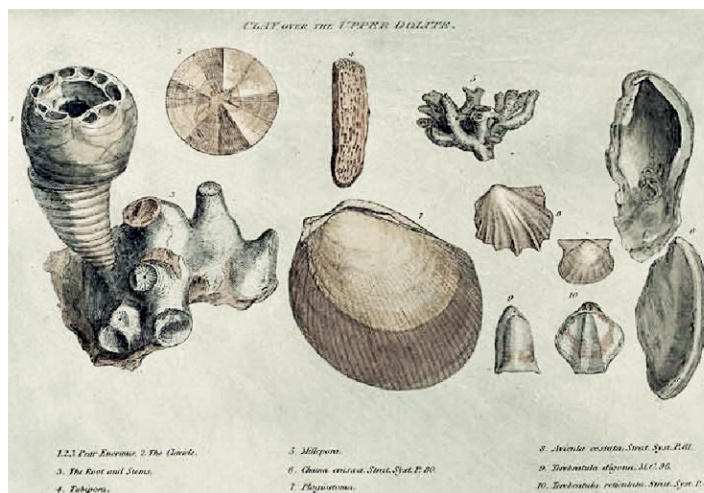


Przekrój geologiczny przez Basen Paryski i pionier badań jego przewodnich skamieniałości Alcide d'Orbigny (1802–1857)



Stosowanie zon oppelowskich i w ogóle jednostek biostratygraficznych wydaje się proste i jednoznaczne dzięki temu, że zarówno **formacje skalne** (jednostki geologiczne wydzielane na podstawie właściwości skały), jak i zony są przeważnie ostro od siebie odgraniczone. To skutek **nieciągłości zapisu geologicznego**, która jest jego nieodłącznym atrybutem. By dojść do takiej konstatacji, wystarczy sobie uświadomić, że osadzenie (depozycja) porcji osadu w jednym miejscu wymaga jego usunięcia (erozji) z innego miejsca. Erozja rzecz jasna dominuje, bo ruchy górotwórcze ciągle dostarczają jej materiału, a zasysanie (subdukcja) w rowach oceanicznych stale usuwa część wyników sedymentacji. Skutek jest taki, że osady, z których powstają skały, odkładają się wyłącznie lokalnie i okresowo. To z tego powodu nawet zapis ciągłych procesów jest w stratygrafii z natury nieciągły.

Pierwszym badaczom geologicznej historii Ziemi dało to asumpt do sformułowania teorii o następstwie **katastrof**, pociągających za sobą **unicestwienie fauny i flory**, gwałtownie się potem odnawiających. Głównym rzecznikiem tej tezy był wspomniany już wielki francuski przyrodnik Georges Cuvier, który w 1821 roku przedstawił obserwowane w Basenie Paryskim nieciągłości jako przejaw rewolucji faunistycznych. Poglądom takim trudno się dziwić – nasz umysł ze swojej natury łączy do nieciągłości i klasyfikacji. Raczej kategoryzujemy rzeczywistość, niż nużymy myśl rozpoznawaniem przejść między kolejnymi stadiami ciągłych procesów. Zapis kopalny tego nie ułatwia, bo czym innym jest następstwo warstw skalnych, a czym innym zawarty w nich rzeczywisty czas geologiczny. Geolodzy mawiają, że *większość czasu mieści się w fugach między ławicami skalnymi*. I okazuje się, że w sytuacjach, kiedy zawarty z zapisie kopalnym czas da się z wystarczającą wiarygodnością oszacować i przedstawić na diagramie, istotnie większość diagramu jest pusta. Wynika to z dominacji **erozji** powodowanej przez prądy morskie czy sztormy i **braku depozycji**. Są jednak bardzo istotne różnice między poszczególnymi rejonami zbiorników morskich i kontynentalnych basenów sedymentacyjnych. Erozja zachodzi głównie w strefach brzeżnych i na płycznach, sedymentacja w najgłębszych, centralnych częściach basenów. Dlatego najwięcej wiemy o ewolucji organizmów pelagicznych i głębokowodnych, a najmniej o organizmach żyjących w strefach, gdzie trudno o ciągłą akumulację osadu

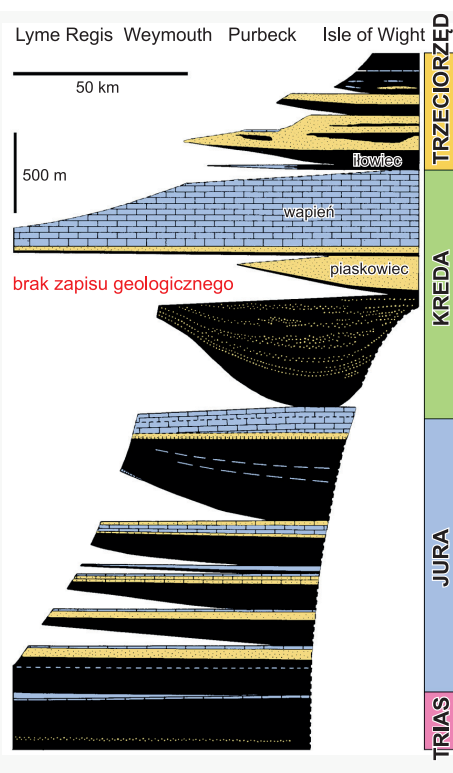


Jeden z zespołów jurajskich skamieniałości wydzielony przez Williama Smitha oraz autor koncepcji zony zespołowej C. Albert Oppel (1831–1865) i koncepcji biozony – Friedrich A. von Quenstedt (1809–1889)



(np. o ludziach kopalnych). Nawet jednak w głębinach oceanicznych przydenne prądy potrafią usunąć znaczną część zapisu, utrudniając pracę geologom. Nie jest łatwo skompletować zapis równocześnie ciągły i kompletny, ale na tym przecież polega praca badaczy, bo pokonywać stawiane przez naturę przeszkody.

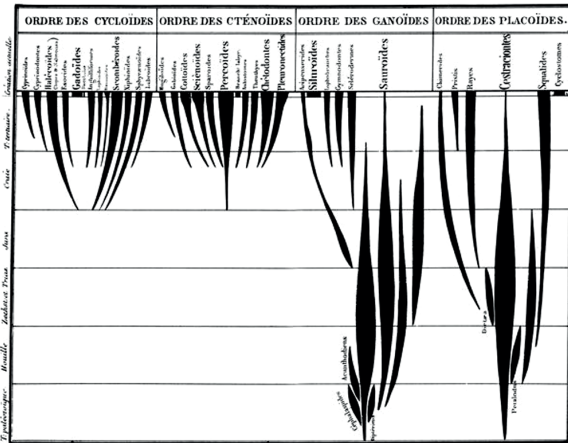
Uczony próbujący rozwikłać zagadki przeszłości geologicznej doświadcza pewnego rozdarcia między obrazem cząstkowym, jaki uzyskuje, badając konkretne stanowiska kopalne, a hipotetycznym



Twórca koncepcji katastroficznej historii życia Georges Cuvier (1769–1832) oraz niekompletność zapisu geologicznego w hrabstwie Dorset w interpretacji Michaela House'a (1983)



J. Louis R. Agassiz (1807–1873) i jego paleontologiczne drzewo rodowe ryb (1844)



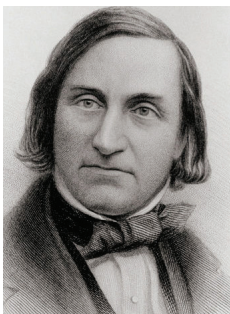
światem, który ma odzwierciedlenie w tej cząstkowej wiedzy. Szczególnie jeśli jego ogląd jest uwarunkowany metafizycznie i chciałby udowodnić co innego, niż w istocie wynika z zapisu kopalnego. Klasycznym przykładem takiej niespójności jest bodaj pierwszy w literaturze naukowej **diagram pokrewieństw** między grupami organizmów umieszczonych na skali czasu geologicznego. Opublikował go w 1844 roku szwajcarski przyrodnik J. Louis R. Agassiz, sławny skądinąd jako pierwszy badacz, który właściwie rozpoznał polodowcową naturę osadów pokrywających niziny środkowoeuropejskie. Udowodnił, że pejzaż europejski uformowały niegdyś ogromne lodowce, większe od alpejskich. Główną dziedziną jego badań była jednak ichtiologia. To, co Louis

Agassiz przedstawił jako graficzne podsumowanie swojej monografii ryb kopalnych zatytułowanej *Genéalogie de la classe des poissons*, wygląda jak paleontologiczne drzewo rodowe. Poszczególne grupy ryb przedstawione są jako zmieniające w czasie swoją różnorodność i stopniowo oddalające się od grup sobie pokrewnych. Użycie słowa „genealogia” jest jednak mylące, bo autor był przeciwnikiem ewolucyjnej interpretacji historii świata żywego. Jest to genealogia bez powiązania przodków z potomkami! Co znamienne, pozostawił przerwy między głównymi gałęziami drzewa, tak że się ze sobą nie łączą. Nie dowiemy się już, co właściwie miał na myśli, ale widać z tego, że samo wykazanie następstwa form może nie przekonywać o ciągłości przemian badaczy motywowanych ideologicznie.

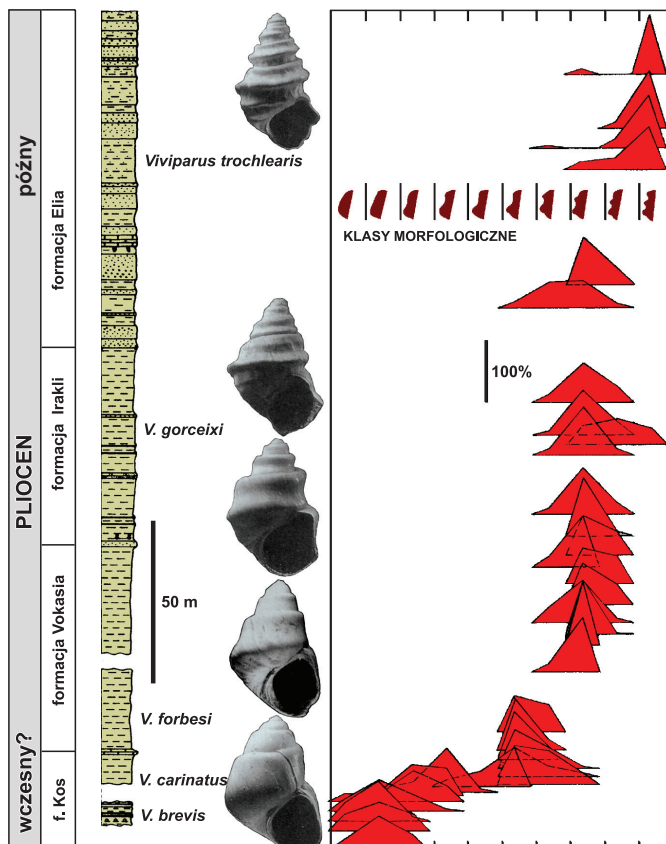
A przecież w tym samym czasie zgromadzono już wiele dowodów, które nie powinny pozostawiać wątpliwości co do procesu ewolucji. Angielski badacz mięczaków Edward Forbes jako uczestnik ekspedycji morskiej na okręcie HMS „Beacon” odwiedził wyspę Kos u wybrzeży Turcji i w odsłaniających się tam osadach pliocenu, liczących mniej niż 5 milionów lat, znalazł muszki żyworódek (*Viviparus*) i rozdepek (*Theodoxus*), które w kolejnych warstwach coraz bardziej oddalały się od pierwotnego wzoru. Zasady stratygrafii wskazały kierunek zmian

urzębnienia muszli w czasie geologicznym. To pierwsze dane empiryczne dokumentujące ewolucję w następstwie geologicznym. Wraz z towarzyszącym mu porucznikiem Thomasem A.B. Sprattem w opublikowanym w 1847 roku raporcie z ekspedycji napisał, że jest to *a succession of creations and extinctions [...], or a transmutation of species must be maintained* (następstwo powstawania i wymierania [...], albo przyjąć trzeba transmutację gatunków). Przez pojęcie **transmutacji** rozumiano wtedy zmianę ewolucyjną (zanim wiele dziesięcioleci później upowszechnił się termin dziś stosowany). Niewykluczone, że Karol Darwin znał ten raport, ale jeśli tak, to najwidoczniej z jakichś względów nie uznał go za na tyle istotny, aby odnosić się do niego w swoich tekstach.

Zmiany ewolucyjne, którym podlegały żyworódki w jeziorze na wyspie Kos, podobnie jak w wielu



Edward Forbes (1815–1854) i odkryty przez niego ciąg ewolucyjny żyworódek w nowoczesnej interpretacji Büttner (1982)

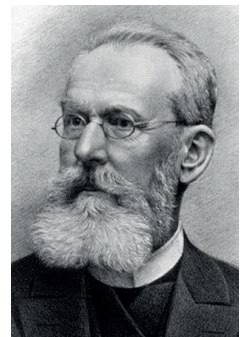
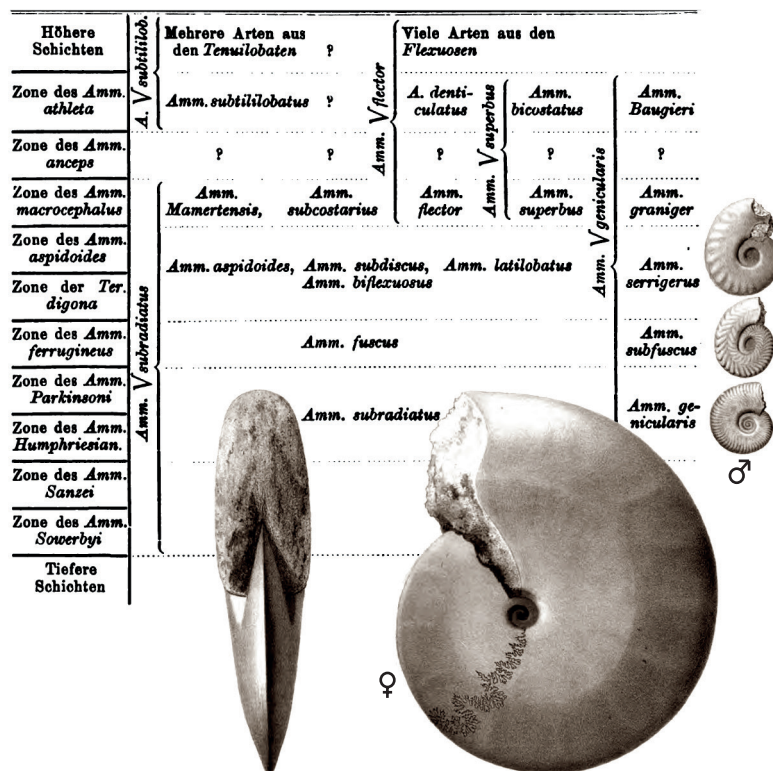


innych starych jeziorach, dotyczą jedynie urzębienia muszli, prawdopodobnie zwiększającego ich odporność na uszkodzenia w burzliwym przybrzeżnym środowisku albo chroniącego coraz lepiej przed drapieżnikami. Były więc od strony morfologicznej i rozwojowej raczej banalne. Znacznie bardziej złożoną ewoluującą strukturą była muszla jurajskich amonitów. Jej kształt dostosowywał się do warunków hydrodynamicznych (prędkości pływania), skomplikowane przegrody wewnątrz niej zwiększały zaś odporność na ciśnienie hydrostatyczne. Do tego zwierzęta te wykazywały bardzo wyrazisty dymorfizm płciowy (z czego półtora stulecia temu nie zdawano sobie jeszcze sprawy). Pierwszym badaczem, który wykorzystał amonity do odtwarzania przebiegu ewolucji, był Wilhelm Heinrich Waagen z Monachium. Co ciekawe, był on także działaczem katolickich ruchów religijnych. Wydaje się, że jego wiedza geologiczna w jakiś sposób pomagała mu uporządkować obraz świata. Prawdopodobnie w jego rozumieniu nie było konfliktu między ewolucją jako zjawiskiem przyrodniczym a metafizyką. W 1869 roku opublikował pierwsze **ewolucyjne drzewo rodowe** – było to tuż po ogłoszeniu dzieła Darwina, dane musiały zatem zostać zebrane wcześniej.

Od strony metodologicznej te pierwsze próby odtworzenia ewolucji z zapisu kopalnego nie są zadowalające. W naszych czasach zostały wypracowane znacznie precyzyjniejsze narzędzia wnioskowania. Metoda odtwarzania przebiegu ewolucji przez umiejscawianie danych kopalnych na skali czasu geologicznego nazywana bywa podejściem chronofiletycznym. W szczególnych warunkach, kiedy zapis kopalny jest na tyle kompletny i bogaty, że umożliwia biometryczne oszacowanie zmienności poszczególnych populacji, stosuje się **stratofenetykę**. Sposób postępowania w przypadku tej techniki gęstego opróbkowania jest banalnie prosty. Wysoka frekwencja kopalnych osobników w próbkach umożliwia śledzenie zmian w kolejnych warstwach na poziomie zmienności populacyjnej. Dąży się do objęcia pomiarami aspektów morfologii najbardziej informatywnych, czyli

diagnostycznych dla gatunku. Zazwyczaj za cechy diagnostyczne uważa się te o największej wartości przystosowawczej – pozostające pod najostrzejszą kontrolą doboru naturalnego. Oznacza to, że podejście chronofiletyczne wychodzi z przeciwnych pozycji w stosunku do komputerowych technik odtwarzania filogenezy, czyli fenetyki lub kladystyki. W ich przypadku procedura wymaga stosowania cech raczej niemających znaczenia funkcjonalnego. W realiach laboratoryjnych biometryczne uchwycenie cech naprawdę istotnych bywa jednak trudne. Często są one niemierzalne. Jednym ze sposobów wybrnięcia z tak narzuconego ograniczenia jest użycie do badań stratofenetycznych odpowiednio dużej liczby klas morfologicznych i przyporządkowanie każdej z nich osobników z próbki. W ten sposób można skonstruować histogram dość precyzyjnie opisujący przebieg przemian rozkładu cech morfologicznych w obrębie ewoluującej populacji. Zdarzają się stanowiska, w których stabilność środowiska była na tyle duża, że w ten sposób daje się prześledzić zmiany trwające wiele milionów lat. Można wtedy opisać ewolucję bez przyjmowania założeń, które nie byłyby oczywiste. To prawdziwie bezpośredni zapis przebiegu procesu ewolucyjnego.

W przypadku linii rodowych długo pozostających w jednym miejscu i podlegających w nim płynnej ewolucji nie jest możliwe wskazanie początku każdego z tworzących je „gatunków” przy użyciu obiektywnych kryteriów. Dla wygody dzieli się je jednak na wycinki zwane **gatunkami temporalnymi** (*chronospecies*).



Wilhelm Heinrich Waagen (1841–1900) i opublikowana przez niego w 1869 roku historia ewolucyjna jurajskich amonitów Oppeliidae (okaz zilustrowany pośrodku to samica, szereg z prawej przedstawia ewolucję samców)

Ponieważ rzadko ma się do czynienia z kompletnym zapisem, to z reguły wybór granic między gatunkami temporalnymi jest arbitralny. W wyznaczeniu czasowych granic występowania gatunku badacz zazwyczaj wyręcza przypadkowa luka w zapisie. A jeszcze częściej narzuca ją po prostu znalezisko pojedynczej kopalnej populacji czy wręcz jednego osobnika w przypadkowej – wybranej przez los – warstwie, w której akurat panowały warunki środowiskowe sprzyjające skamienieniu. Nie można przy tym zapominać, że nawet w przypadku metody gęstego opróbkowania znalezienie okazu należącego do rzadkiego gatunku bardzo zależy od wielkości próbki.

Zwykle nawet w sytuacji, gdy zapis geologiczny jest kompletny i warstwy skalne obfitują w skamieniałości, nie ma ciągłości występowania tych samych gatunków przez długi czas. Jedynie nieliczne ciągi ewolucyjne są na tyle nieczułe na subtelne zmiany środowiska, by zapisać ewolucję. Określenie proporcjonalnej (w procentach) **częstości występowania** poszczególnych gatunków w próbkach pobranych z kolejnych warstw ujawnia rzeczywistą naturę pojawiania się i zaniku gatunków. Zwykle frekwencja wzrasta i zanika stopniowo. Oznacza to, że warunki środowiskowe były coraz lepsze (lub coraz gorsze) dla określonego gatunku. I to dlatego tak niewielka część zapisu kopalnego przedstawia rzeczywisty przebieg ewolucji. Większość gatunków (ściślej – linii ewolucyjnych) pojawiała się w miejscu badań paleontologicznych na zbyt krótki czas, by udokumentować swoją ewolucję. Musielibyśmy podążać

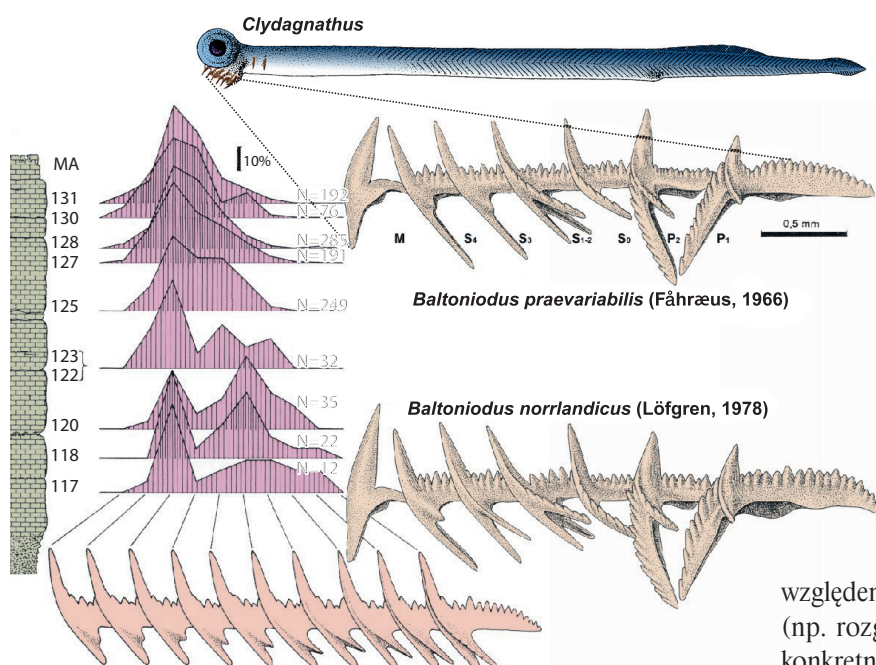
za przemieszczającą się populacją w przestrzeni geograficznej, by odtworzyć jej przemiany (czasami jest to możliwe).

Zmiany ewolucyjne mają odzwierciedlenie przede wszystkim w przebiegu rozwoju osobniczego (ontogenezy). Dlatego bardzo istotne jest ustalenie wskaźnika pozwalającego na możliwie precyzyjne określenie wieku osobnika, którego skamieniałe szczątki są przedmiotem badań. W przypadku stawonogów regularne linienie umożliwia podzielenie ich życia na kolejne stadia i pozwala na obiektywne określenie etapu ich rozwoju osobniczego. Czynnikiem kontrolującym nie jest w tym przypadku czas, lecz raczej tempo przyrostu masy ciała. U nich i u innych zwierząt możliwe jest jednak wykorzystanie w tym celu dziennych przyrostów elementów szkieletowych, które bezpośrednio zależą od cyklicznych zmian środowiska. Trzy główne klasy takich elementów to: brzeżne przyrosty muszli, czyli szkieletu zewnętrznego; koncentrycznie przyrastające ziarna mineralne (statolity, otolity) wykorzystywane w narządach równowagi lub odbioru drgań rozchodzących się w wodzie, czyli dźwięku; oraz lite tkanki zębów kręgowców (szkliwo, dentyne). Dzielne przyrosty szkliwa (emalii) pozwalają archeologom na odtworzenie przebiegu wczesnej ontogenezy z dokładnością do dnia – o czym będzie jeszcze dalej mowa.

Analogiczna do tkanek mineralnych zębów kręgowców jest histologia elementów szkieletowych pierwotnych zwierząt morskich ery paleozoicznej zwanych konodontami. Zwykle odpowiednik denty-

ny w elementach ich aparatu gębowego nie ulega mineralizacji, w skaningowym mikroskopie elektronowym (SEM) można więc zobaczyć we wnętrzu jamy zębowej regularne – zapewne dzienne – przyrosty odpowiednika szkliwa. Ich grubość i układ pozwala na odczytanie przebiegu rozwoju osobniczego zarówno pod względem tempa wzrostu, jak i formowania się nowych struktur. Elementy morfologii aparatu gębowego podlegają ewolucji, którą da się prześledzić przez miliony lat i która polega na przemieszczaniu się pewnych cech ku coraz wcześniejszym (albo późniejszym) stadiom ontogenezy, wykazując przy tym oczywiście znaczną zmienność pod

względem momentu pojawiania się wybranej cechy (np. rozgałęzień bocznych wyrostków). Określając konkretny dzień powstania danej struktury w przebiegu rozwoju poszczególnych osobników w próbkach, można też oszacować wewnątrzpopulacyjną zmienność regulacji ontogenezy. Możliwe jest więc



Zmiany frekwencji klas morfologicznych elementów aparatu gębowego konodontów *Baltoniodus* z ordowiku Mójczy k. Kielec ukazujące ich ewolucyjne upodabnianie się do siebie