

ANDRZEJ B. LEGOCKI

## O nową filozofię przyrody. Dyskurs między redukcjonizmem i holizmem

Spektakularny rozwój biologii molekularnej, zwieńczony doniosłymi osiągnięciami genomiki w ostatniej dekadzie minionego wieku, otworzył nową erę biologii, której implikacje poznawcze i filozoficzne będą przez wiele nadchodzących lat wyznaczać wiodące kierunki nauk przyrodniczych.

Przełomowego odkrycia reguł dziedziczenia dokonał w latach 60. XIX wieku Grzegorz Mendel, rówieśnik Karola Darwina. Nowoczesna genetyka powstała jednak dopiero w latach 30. następnego stulecia, łącząc się z klasycznym darwinizmem we współczesną teorię ewolucji. Trzydzieści lat później, rozszyfrowanie kodu genetycznego, wyjaśnienie przebiegu podstawowych stadiów dziedziczenia, a wcześniej jeszcze stworzenie modelu podwójnej helisy DNA złożyły się na czołowe osiągnięcia młodej dyscypliny – biologii molekularnej, która szybko stała się twórczą awangardą szeroko pojętych nauk o życiu.

Zafascynowanie dokonaniem biologii molekularnej było tak duże, że wkrótce dziedziną ta zaczęła żyć własnym życiem. Zidentyfikowane fragmenty DNA, którym przypisano określoną funkcję biologiczną, zaczęły pretendować do odgrywania samodzielnej roli. Geny pamięci, uczucia, mowy, a także geny warunkujące określone rodzaje ludzkich zachowań, takie, jak: agresja, skłonności kryminalne czy zdolność do podejmowania ryzyka, uznane zostały za jednostki dziedziczenia, które zwyciężyły w wyścigu ewolucyjnym. Właściwości tych „samolubnych” genów zaczęto wkrótce opisywać niezależnie od całych pul dziedziczenia – genomów, których one same były jedynie funkcjonalnymi fragmentami. Czy jednak taki obraz redukcjonizmu genetycznego, opartego na genomach rozdzielonych między indywidualne jednostki genowe (behawioralne) był zdolny ogarnąć zespolone uwarunkowania i złożoności procesów dziedziczenia?

Oczywiście, aby opisać złożoną całość (albo strukturę), trzeba ją w pierw podzielić na fragmenty. Jednak usprawnienia metodologiczne w żadnym przypadku nie powinny prowadzić do powstawania obrazów przyrody nadmiernie uproszczonych, a więc w istocie nieprawdziwych.

---

Prof. dr hab. Andrzej B. Legocki, prezes Polskiej Akademii Nauk, członek rzeczywisty PAN. Wykład *lectio doctoris* wygłoszony 23 października 2004 w czasie nadawania tytułu doktora *honoris causa* Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie.

Biologia molekularna wyznaczyła sferę badań, których celem było wyjaśnienie procesów życiowych i mechanizmów dziedziczenia. Niezwykle osiągnięcia tej młodej dyscypliny można było przypisać wprowadzeniu dogodnych modeli biologicznych, a także umiejętnemu opracowaniu prostych podejść eksperymentalnych. Sprowadzenie złożonych procesów do sekwencji prostych operacji wykonywanych w próbowce okazało się metodologicznym sukcesem. Niektórzy badacze, ujęci urzekającymi zdobyczami biologii molekularnej, skłonni byli nawet uwierzyć, że docelowo będzie można przedstawiać złożone procesy życiowe w formie bloków reakcji biochemicznych i równań chemicznych. Tego zdania był nawet James Watson, który wypowiedział kiedyś z rozbrajającą szczerością pogląd, że tak naprawdę istnieją tylko dwie gałęzie przyrodnicze – chemia i fizyka, pozostałe zaś dziedziny stanowią dla nich jedynie otoczkę o znaczeniu „towarzyskim”.

Pełne poznanie procesów zachodzących w układach żywych nie jest, rzecz jasna, ani proste, ani łatwe. Wynika to ze złożoności i ogromnego zróżnicowania przyrody ożywionej, na którą w każdej chwili dynamicznie oddziałuje wiele różnorodnych czynników. Opisywane zależności nie zawsze mają przy tym charakter liniowy, a wyjątki nierzadko występują jako reguła. Redukcjonizm, który okazał się niezwykle użyteczną koncepcją metodologiczną dla wyjaśnienia poszczególnych elementów składowych szlaków dziedziczenia, nie mógł poradzić sobie z wyjaśnieniem kompleksowości procesów życiowych i ich wzajemnych powiązań wynikających z hierarchicznej organizacji przyrody. Genetyki mendlowskiej, opisującej zjawiska zachodzące na poziomie organizminalnym, nie można zredukować wyłącznie do genetyki molekularnej, zajmującej się wyjaśnianiem natury procesów jednostkowych.

Trzeba przyznać, że do redukjonistycznego pojmowania zjawisk biologicznych zachęciły biologów molekularnych nie tylko ich własne sukcesy, ale także postępy fizyki początków XX wieku. Były to lata, kiedy fizycy swymi przełomowymi odkryciami otwierali nową epokę w filozofii przyrody, wnosząc oryginalny wkład również w interpretowanie zjawisk biologicznych. Wyrazem tych aspiracji było m.in. wizjonerskie określenie jednostki dziedziczenia przez Erwina Schrödingera, twórcy mechaniki kwantowej z połowy lat 40. XX wieku: „...*gen ma budowę dużej cząsteczki zdolnej do zmian nieciągłych polegających na rearanżacji atomów, co prowadzi do powstania cząsteczek izomerycznych. Możliwych jest wiele różnorodnych rearanżacji (mutacji), przy czym mogą one także dotyczyć niewielkiego regionu genu.*” [ *What is life*, 1945, Cambridge].

Redukcjonizm w swym najbardziej radykalnym ujęciu uzależniał możliwości poznawcze nauk przyrodniczych od umiejętnego posługiwania się językiem fizyki, traktując podejmowane zadania jako kolejne przybliżenia struktur fizycznych i stanów występujących w naturze. Poszerzanie wiedzy o przyrodzie miało odbywać się przez odnoszenie stanów biologicznych do atomistycznego modelu świata. Osiągnięcia biologii

molekularnej były wykorzystywane do wspierania tezy, że współczesną biologię można zredukować w istocie do chemii. Podobnie jak chemię, można sprowadzić do fizyki w takim przynajmniej zakresie, w jakim mechanika kwantowa wyjaśniła istotę wiązań chemicznych.

Dysputa na temat definicji i zasadniczych właściwości organizmów żywych ma długą historię, choć w drugiej połowie XX wieku straciła nieco na ostrości, kiedy wielu biologów uznało granicę między przyrodą ożywioną i nieożywioną za mniej wyrazistą i płynną. Wraz z odkryciem kodu genetycznego na początku lat 60. XX wieku i wykazaniem jego uniwersalnego charakteru dla całej przyrody ożywionej, hipoteza Darwina o monofiletycznym (wywodzącym się od wspólnego przodka) pochodzeniu wszystkich żywych organizmów zyskiwała coraz więcej zwolenników. Stworzony został paradygmat oparty na jedności i hierarchiczności przyrody ożywionej.

Dobrego przykładu stopniowego ewoluowania uogólnionych wizji postrzegania przyrody dostarczyło prześledzenie niektórych osiągnięć biologii strukturalnej – nauki z pogranicza biologii i chemii fizycznej. Jedną z pierwszych hipotez wskazujących na kluczowe znaczenie przestrzennych aranżacji makrocząsteczek była teoria regulacji allosterycznej Monoda-Wyman-Changeux. Zainicjowała ona nowe spojrzenie na istotę mechanizmów regulacyjnych, w których konformacja oddziałujących cząsteczek pełni rolę drugiej, po kodzie genetycznym, determinanty funkcjonalnej. Jednocześnie wraz z poznawaniem coraz to nowych struktur przestrzennych białek i kwasów nukleinowych stało się jasne, że oto nie tylko strukturalne elementy samych makrocząsteczek warunkują poprawność oddziaływań biochemicznych, ale że w oddziaływaniach tych biorą czynny udział także cząsteczki środowiska (woda, jony metali, poliaminy itp). Co więcej, te ostatnie zdają się w istotny sposób wpływać na przebieg interakcji z udziałem makrocząsteczek. Każda bowiem molekula, podobnie jak każdy żywy organizm, tworzy wraz z własnym środowiskiem naturalnym swoisty mikro- lub makrosystem o określonej reaktywności sumarycznej. Mimo więc uniwersalnej architektury podstawowych jednostek dziedziczenia i wspólnych reguł kodu genetycznego, funkcjonowanie każdego organizmu zamknięte jest na określonym poziomie hierarchii przyrodniczej i ma charakter rodzajowo- lub gatunkowo-swoisty, a w odniesieniu do organizmów o najwyższym stopniu złożoności – charakter osobniczy, tj. jednostkowy, czyli niepowtarzalny.

Niezwykle ważnych argumentów, przemawiających za nieredukcjonistycznym oglądem przyrody, dostarczyły wybitne osiągnięcia biologii komórki i współczesnej genomiki. Obie te dziedziny przekonująco ukazały, że rozpowszechnienie uniwersalnych mechanizmów jednostkowych bynajmniej nie oznacza, iż w przyrodzie obowiązują pojedyncze realizacje poszczególnych zapisów genetycznych. Przeciwnie, w zależności od stanu fizjologicznego i kontekstu środowiska ten sam zapis matrycowy zrealizowany może być wielowariantowo. Ewolucja wykształciła proste i efektywne mechanizmy

prowadzące do różnorodnego odczytywania tych samych sekwencji DNA i generowania różnych produktów białkowych. Każdy żywy organizm związany jest z otaczającym środowiskiem poprzez utrwalone systemy percepcji i przetwarzania bodźców sygnałowych. Dzięki temu możliwa jest zróżnicowana, dostosowana do określonych warunków, ekspresja genów danego organizmu. Zjawiska te leżą u podstaw procesów adaptacji, a także fascynującej różnorodności form życia na Ziemi. Poznanie mechanizmów niejednoznaczności i plastyczności w odczytywaniu zapisów genetycznych jest jednym z ważniejszych odkryć współczesnej genetyki molekularnej.

Istotą redukcjonizmu jest to, iż stany „wyższych poziomów” można wyjaśniać bez reszty poprzez uniwersalne reguły i teorie „niższych poziomów”. W świetle wspomnianych odkryć pojawiły się jednak uzasadnione obawy, że właściwości „wyższego poziomu” nie da się dedukować z „poziomu niższego”, ponieważ możliwe są ich realizacje zmienne i różnorodne, zależne od stadiów ontogenezy czy bodźców środowiska. Czyżby więc współczesny stan naszej wiedzy był zapowiedzią zmierzchu poglądów redukcjonistycznych w biologii?

Innym przykładem z biologii strukturalnej, ukazującym znaczenie przesłanek holistycznych w prowadzonej dyspacie, jest sposób adresowania nowo zsyntetyzowanych cząsteczek białka do określonych przedziałów komórkowych przez obecne w nich swoje sekwencje sygnałowe (hipoteza Blobela i Dobberstina). Okazało się, że ten rozpowszechniony wśród organizmów wyższych mechanizm może mieć wiele niejednoznacznych realizacji. Ten sam bowiem efekt wywołać mogą również sekwencje niekanoniczne, a ponadto poprawne odczytanie każdego odcinka sygnałowego uzależnione jest zawsze od komórkowego kontekstu, co powoduje, że nie wszystkie sekwencje sygnałowe mogą spełniać przypisaną im funkcję. A zatem sekwencję sygnałową można identyfikować nie tyle przez samą obecność zapisu strukturalnego, który ją warunkuje, lecz także przez wypełnianą funkcję, której *a priori* nie da się określić.

Ekspozowanie zjawisk kooperatywności i mutualizmu, które obowiązują w systemach biologicznych, podkreślanie roli struktur komórkowych, ich kompartmentacji w różnych stadiach rozwoju i różnicowania – zdają się nierozłącznie towarzyszyć współczesnym kierunkom nauk o życiu. W tym duchu zresztą formułowana jest większość współczesnych przyrodniczych programów badawczych. Są one zbieżne z dynamicznie rozwijającymi się dziś kierunkami wykorzystującymi genomikę funkcjonalną i porównawczą. Rzuciły one nowe światło na filogenezę żywych organizmów i naszkicowały współczesną wersję „drzewa życia” od jego początków sprzed 3,5 miliardów lat.

Jaki zatem dalszy kurs obierze filozofia biologii? Czy zwycięży koncepcja łącząca racjonalne podejścia redukcjonistyczne z poglądami obejmującymi szerszy kontekst przyrodniczy? Trendy holistyczne preferują wielonurtowość badań, ekspozują znaczenie obszarów z pogranicza różnych dziedzin nauki. Zabiegają o uznanie owej „wartości

„dodatkowej”, o którą różnić się może przyrodnicza całość od prostego zsumowania ogłędów jednostkowych. Zrozumienie złożonej hierarchiczności układów biologicznych, a także ich wzajemnego powiązania ze sobą i z elementami środowiska, które wyznaczają kierunki dalszej ewolucji trzeba uznać za przemożne, ale też i urzekające zadania filozoficzne nowej ery przyrodniczej.

Dysputa między redukcjonizmem i holizmem jest nie tylko kwestią różnic w konwencjach poznawczych. To także różnice w kategoriach myślenia o przyrodzie, o stosunku do niej człowieka, który jest z nią ściśle zintegrowany i który też odpowiada w największym stopniu za jej przetrwanie.

Szczególną wersją sporu między redukcjonizmem i holizmem jest ta, która dotyczy człowieka jako gatunku. Dyskusja ta tworzy się wokół pytania: czy wszystkie mentalne i behawioralne osobliwości *Homo sapiens* można wyprowadzić z prawidłowości obserwowanych u innych gatunków zwierzęcych, w tym także innych naczelnych? Czy też raczej człowiek jest jedyną w przyrodzie istotą niejako „dwupiętrową”, taką, u której na zwierzęcy poziom organizacji nadbudowane zostało jakieś piętro „nadzwierżące”. Spór ten jest dawny, daleki od rozstrzygnięcia i naładowany emocjami.

Naczelnym zadaniem każdego poznania jest nieustanne przybliżanie prawdy o przyrodzie. Granice poznania są stale przesuwane w głąb. Pokłady danych empirycznych są w końcu przetwarzane w uogólnienia mające często wymiar abstrakcyjny. Abstrakcja jednak także pozostaje integralną częścią opisu przyrody. Mogłaby się ona zmienić tylko wtedy, gdyby zmienił się opisywany świat. Nie byłoby zaś jej w ogóle, gdyby ten świat przestał istnieć.

Nauka stale rozpoznaje coraz to nowe rewiry mikro- i makroświata. Ale czy docierając nawet do ich najdalszych krańców, kiedykolwiek zdołamy rozwikłać tajemnicę jedności świata, jego początków, trwania i końca? Żadnemu przecież gatunkowi nie było dane przetrwać całej drogi od początku pojawienia się życia na Ziemi do współczesności. Dlatego też w jakimś sensie trzeba uznać, że czas jest także zintegrowanym elementem przyrody.

Czas współczesny i czas przeszły  
Są zawsze obecne w czasie przyszłym  
Bo przyszłość ogarnia także i ten czas, który minął.

T.S. Eliot, *Burnt Norton*, tłum. ABL

**On a new philosophy of nature.  
The discourse between reductionism and holism**

For the past decades, the picture of present-day natural science has been formed to a great extent owing to the achievements in molecular biology and genomics – the avant-garde life sciences. Basic life processes and hereditary mechanisms have been explained. The reductionist approaches used for explaining the hereditary paths appeared to be useful methodological concepts. The most radical aspect of reductionism was based on the language of chemistry and physics to describe the states occurring in nature. However, contemporary achievements of structural biology and genomics seem to be in favor of non-reductionist perception of nature, as it turned out that, depending on the environment's context, repeated realizations of the same genetic records may occur. It may be assumed that new philosophy of nature will be based on wide perception considering the hierarchy of biological systems and their co-operation on one hand, and the mutual dependence upon the environment on the other.

**Key words:** philosophy of nature, reductionism, holism, molecular biology