

Czy biologia jest chemią?

Recenzja książki: Addy Pross, *What Is Life? How Chemistry Becomes Biology*, Oxford University Press, Oxford 2012, ss. 200.

What Is Life? How Chemistry Becomes Biology to już druga pozycja książkowa Addy’ego Prossa, profesora chemii na Uniwersytecie Ben-Guriona w Beer Szewie¹. Z *Prologu* (s. viii–xiv) dowiadujemy się, że tym razem autor koncentruje się na dwóch kwestiach, które od stuleci zaprzatają umysły uczonych i filozofów – naturze organizmów żywych i ich powiązaniu ze światem bytów nieożywionych. Zdaniem Prossa odnalezienie konkretnej odpowiedzi na postawione w tytule książki pytanie jest nie do przecenienia, gdyż pozwala dowiedzieć się nie tylko, kim naprawdę jesteśmy, ale także lepiej zrozumieć Wszech-

świat jako całość. W połowie lat czterdziestych ubiegłego wieku Erwin Schrödinger napisał kilkudziesięciostronicową książeczkę, której chwytliwy tytuł *Czym jest życie?* bezpośrednio odnosi się do omawianych przez Prossa kwestii związanych z życiem. Pross zauważa, że choć od wydania dzieła austriackiego fizyka minęło już sześćdziesiąt pięć lat, pomimo ogromnego postępu w biologii molekularnej, udokumentowanego długą listą laureatów Nagrody Nobla, nadal nie znaleźliśmy odpowiedzi na proste i bezpośrednie pytanie zadane przez Schrödingera.

What Is Life? How Chemistry Becomes Biology jest ponowną próbą odpowiedzi na pytanie postawione przed laty przez austriackiego noblistę. Autor recenzowanej książki stoi na stanowisku, że nigdy nie zrozumimy, czym jest życie, dopóki nie uda nam się rozwiązać paradoksu do-

tyczącego jego powstania. Aby zrozumieć ten paradoks i w konsekwencji sam fenomen życia, należy odwołać się nie do fizyki ani nawet samej biologii, ale do chemii, czyli nauki, która wypełnia lukę pomiędzy fizyką i biologią. Pross pisze: „Dzięki nowo zdefiniowanej dziedzinie chemii, określonej przez Güntera von Kiedrowskiego jako ‘chemia systemowa’, rozłam istniejący pomiędzy chemią i biologią może być zmniejszony. Ponadto *główny paradygmat biologii, a mianowicie darwinizm, jest jedynie biologiczną manifestacją szerszego fizyko-chemicznego opisu sił naturalnych*. Ambitna próba połączenia biologii z chemią opiera się na idei, że w naturze istnieje pewien rodzaj stabilności, którego wcześniej nie zauważyliśmy i który określiłem mianem *dynamicznej stabilności kinetycznej*. Połączenie tej formy stabilności z darwinow-

skim poglądem na ewolucję prowadzi do powstania *ogólnej (lub poszerzonej) teorii ewolucji*, łączącej w sobie zarówno systemy biologiczne, jak i te prebiologiczne”². Omawiana przeze mnie książka jest próbą zademonstrowania, że możemy dziś sformułować taką ogólną (poszerzoną) teorię ewolucji i w konsekwencji udzielić w miarę wyczerpującej odpowiedzi na fundamentalne pytanie „czym jest życie?”. Celem najnowszej pracy Prossa jest więc pokazanie, że odpowiedzi na niektóre z głównych pytań odnoszących się do życia, w tym na klasyczne pytanie sformułowane przez Schrödingera, w końcu stały się dostępne.

Tom składa się z prologu i ośmiu rozdziałów. W końcowej części publikacji znajdujemy przypisy wraz z uwagami oraz indeks nazw i osób. Kolejne rozdziały są poświęcone naukowym i filozoficznym kwestiom zwią-

zanym z pytaniem „czym jest życie?”. Streśmy krótko poszczególne rozdziały.

Rozdział pierwszy (*Organizmy żywe są tak dziwne*, s. 1–31) jest próbą odpowiedzi na pytanie zadane w tytule rozdziału. Autor analizuje pokrótce kilka cech, które sprawiają, że życie jest czymś niezwykłym, tak różnym od materii nieożywionej. Podkreśla przy tym naszą niemożność wyjaśnienia tych właściwości.

Po pierwsze, organizmy żywe są wyjątkowo, niemal niezrozumiale złożone. W przeciwieństwie do świata bytów nieożywionych, w świecie ożywionym złożoność nie jest arbitralna, ale ściśle określona. Nawet najmniejsza strukturalna zmiana dla tej zorganizowanej złożoności może nieść dramatyczne konsekwencje. Drobne zmiany w złożonej strukturze życia mogą nawet podważyć zdolność utrzymywania się organizmu przy życiu.

Inną cechą, która sprawia, że życie jest czymś niezwykłym, tak różnym od materii nieożywionej, jest jego celowy charakter. Zarówno struktura, jak i zachowanie wszystkich organizmów żywych prowadzi do jednoznacznego i nieuniknionego wniosku – organizmy żywe zachowują się w sposób wskazujący na to, że posiadają pewien plan. Każdy organizm żywy skupia się na realizowaniu swojego planu życia: budowaniu gniazda, zdobywaniu pożywienia, chronieniu młodych, rozmnażaniu. Ten aspekt życia biologowie nazywali teleonomią. Określenie to zostało wprowadzone około pięćdziesięciu lat temu w celu odróżnienia go od terminu ‘teleologia’, który odnosi się do kosmicznych implikacji.

Jedną ze zdumiewających właściwości życia jest jego dynamiczna natura. W przeciwieństwie do zegara, którego części

są stałe i niezmiennie, każdy żywy organizm jest dynamiczny. Jego części nieustannie się zmieniają. W ciągu kilku miesięcy człowiek może się w znaczny sposób zmienić. Dosłownie wszystko, co nas tworzy, jest nieustannie zmieniane, tak że w ciągu paru tygodni stajemy się w czysto materialnym znaczeniu całkowicie różnymi osobami.

Jeszcze inną cechą, która sprawia, że życie jest czymś niezwykłym, okazuje się jego ogromne zróżnicowanie. Niesamowita różnorodność we wszystkich wspaniałych przejawach życia jest wszędzie wokół nas. Mimo że teoria Darwina jest w stanie powiązać z sobą wszystkie organizmy żywe, źródło niezwykłej różnorodności form żywych pozostaje tajemnicą.

Innym aspektem natury życia budzącym wciąż zdziwienie u badaczy jest to, iż wszystkie organizmy żywe w sensie ter-

modynamicznym są niestabilne. Przykładem jest ptak nieustannie machający skrzydłami w celu utrzymania się w powietrzu. I tak jak unoszący się ptak, wszystkie organizmy żywe muszą nieustannie pobierać energię, która umożliwia im utrzymanie stanu dalekiego od równowagi.

Cechą, która sprawia, że życie pozostaje czymś niezwykłym, jest także jego chiralna natura. Wiele z molekuł odnalezionych w żywych istotach to molekuły chiralne, co oznacza, że odbicie lustrzane molekuły nie jest identyczne z samą molekułą. Możliwe są różne klasyfikacje. Jedna z wcześniejszych, wciąż obecna w dzisiejszej biologii, to klasyfikacja 'D, L', gdzie jedna chiralna molekuła jest określona jako D (od *dextro* = prawy) oraz jej lustrzane odbicie, L (od *levo* = lewy). Budulec z aminokwasu, z którego są budowane wszystkie proteiny, oraz cukry, z których

tworzone są kwasy nukleinowe i węglowodany, wszystkie są chiralne. To, co jest jednak ważne, to że w żywych organizmach jest obecna tylko jedna chiralna forma z dwóch możliwych – cukry biologiczne są niemal wyłącznie cukrami D, a aminokwasy niemal wyłącznie aminokwasami L. Żywe organizmy są uniwersalnie homochiralne.

Zrozumienie życia będzie wymagało od nas przedstawienia jednoznacznego wyjaśnienia powyższych wyjątkowych cech życia. Jest to jedno z kluczowych wyzwań, które Pross podejmuje w swej książce.

W rozdziale drugim (*Zadanie dla teorii życia*, s. 32–42) autor charakteryzuje pokrótce różne próby zrozumienia życia, które kształtowały przez wieki nasze myślenie.

Pomysły Arystotelesa, sięgające 2000 lat wstecz, stały się szczególnie wpływowe, jako że

wyływały bezpośrednio z jego rozległych badań poświęconych żywym stworzeniom. Arystoteles dostrzegł celowość w procesach kierujących tworzeniem i utrzymywaniem życia. Sednem poglądu teleologicznego Arystotelesa jest to, że za działaniem natury kryje się jakiś odgórny cel.

Rozpoczęta w XVI wieku rewolucja naukowa, do której głównych postaci zaliczają się Kopernik, Kartezjusz, Galileusz, Newton i Bacon, radykalnie zmieniła postrzeganie przez ludzi Wszechświata oraz ich miejsca w nim. Rewolucja odrzuciła ideę o ukrytym w naturze celu i zastąpiła ją poglądem, że natura jest obiektywna, że za porządkiem natury nie kryje się żaden cel. Jednak paradoksalnie, ta rewolucyjna myśl, wraz ze zmianą w postrzeganiu przez człowieka Wszechświata, służyła jedynie zwiększeniu trudności związanych z kwestią życia.

Kolejnym dużym krokiem w tej niekończącej się dyskusji nad naturą życia była przełomowa publikacja *O powstawaniu gatunków* Karola Darwina z 1859 roku. Mimo iż Darwin dostarczył „fizyczne” wyjaśnienie tego, w jaki sposób prosta forma życia rozwinęła się w bardziej złożoną, to jednak nie wyjaśnił tego, jak nieożywiona materia została przekształcona w życie.

Gwałtowny postęp w fizyce, do którego doszło w pierwszych dwudziestu latach XX wieku, nie doprowadził do wyjaśnienia powyższej kwestii. Erwin Schrödinger, jeden z ojców mechaniki kwantowej, był w szczególności zaintrygowany dziwnym termodynamicznym zachowaniem życia. Współczesna fizyka i biologia po prostu wydawały się nie do pogodzenia. Schrödinger wywnioskował, że nie omijając ustalonych praw fizyki, żywa materia mogła wiązać

się z niepoznanymi dotąd „innymi prawami fizyki”.

Przełomowe badanie DNA dokonane w 1953 roku przez Jamesa Watsona i Francisca Cricka było początkiem prawdziwej rewolucji w naszym pojmowaniu życia. Wkrótce doszło do kolejnych ważnych odkryć. Odkryto m.in. mechanizm replikacji DNA czy syntezy białek. Paradoksalnie zagłębianie się w mechanizmach życia nie wydawało się zbliżać nas do odpowiedzi na pytanie sformułowane przez Schrödingera, a mianowicie „Czym jest życie?”, ani też do powiązanego z nim pytania „W jaki sposób powstało życie?”.

W rozdziale trzecim (*Zrozumienie 'zrozumienia'*, s. 43–57) autor koncentruje się na pojęciu „biologiczne zrozumienie”. W tym kontekście podejmuje kluczowe zagadnienie: redukcjonizm czy holizm?

Esencja podejścia redukcjonistycznego jest prosta: całość

może być pojęta w kontekście interakcji jej elementów składowych. Redukcjonistyczny plan był w szczególności obfity w naukach biologicznych. Niezwykle ważny postęp w pojmowaniu procesów biologicznych, takich jak replikacja DNA, synteza białek czy cykle metaboliczne, wywodzi się z redukjonistycznej metodologii.

Przeciwnieństwem poglądu redukjonistycznego jest nieco nowsza szkoła rozumowania, a mianowicie holizm. Podejście to może być podsumowane w następujący sposób: całość jest czymś więcej niż jedynie sumą swoich elementów składowych. Zgodnie z podejściem holistycznym niespodziewane cechy emergentne, obecne zwłaszcza w systemach złożonych, nie mogą wynikać z pojedynczych elementów systemu. W ostatnich latach holizm zyskał szczególną popularność, przede wszystkim w od-

niesieniu do nauk biologicznych, co wynika z niezwyklej złożoności nawet tak zwanych „prostych” systemów biologicznych. Ponadto doprowadził on do powstania nowej dziedziny biologii, a mianowicie biologii systemowej. „Systemowy” sposób rozumowania postrzega systemy biologiczne jako „złożone i dynamiczne struktury”, a nie jako „molekularną maszynę”, której zachowanie może być zrozumiane na podstawie analizy jej elementów składowych.

Na koniec rozdziału autor wyraża swoje osobiste stanowisko w kwestii: holizm czy redukjonizm? Píše: „Nie da się pominąć redukcji jako narzędzia wyjaśniającego w nauce, ponieważ jest ona kluczowym sposobem osiągnięcia naukowego zrozumienia. Trwające kilkadziesiąt lat poszukiwania pewnego rodzaju nieredukjonistycznej, a nawet antyredukjonistycznej metodologii

nie były dotychczas owocne. Pomimo swojej nazwy holizm może być postrzegany jedynie jako szczegółowe opracowanie redukcjonizmu. Co prawda jest ono potencjalnie cenne, ale pozostaje jedynie opracowaniem. Redukcja w jej różnych formach i odmianach była, jest i prawdopodobnie pozostanie centralnym narzędziem pojęciowym w nauce. W stopniu, do jakiego uda się odpowiedzieć na pytanie dotyczące tego, czym jest życie, wierzę, że można to osiągnąć jedynie poprzez wykorzystanie zasadniczo redukcjonistycznego podejścia, a mianowicie poprzez poszukiwanie ukrytych powiązań pomiędzy chemią i biologią, a także określenie procesu odpowiedzialnego za powstanie biologicznej złożoności. Ostatecznie różnica między materią żywą i martwą musi być zredukowana do różnic w naturze materiałów występujących w tych dwóch światach,

a w szczególności w sposobie ich wzajemnej interakcji”²³.

Rozdział czwarty (*Stabilność i niestabilność*, s. 58–81) dotyczy kwestii stabilności chemicznej w strukturach żywych. W każdej żywej istocie zachodzą tysiące chemicznych reakcji, a żywa komórka, będąca podstawową jednostką, z której składa się całe życie, jest niezwykle skomplikowaną grupą tych reakcji, w jakiś sposób włączoną w całość. Sam ten fakt sprawia, że kwestia zrozumienia żywego stanu materii oraz wyjaśnienia kryjących się za nim właściwości nie jest łatwa. W tych reakcjach chemicznych, z których składa się życie, kryje się coś wyjątkowego, a zrozumienie tych wyjątkowych cech będzie celem Prossa w następnych rozdziałach. Co nadaje kierunek reakcjom chemicznym? Zdaniem autora odpowiedź tkwi w głównym prawie chemii – drugiej zasadzie termodynamiki. Chemiczne reakcje pro-

wadzą do tego, że mniej stabilna materia zmienia się w bardziej stabilną materię. Reakcje chemiczne działają w „kierunku równi pochyłej”, zmierzając w stronę bardziej stabilnych rezultatów, określonych przez coś, co nazywamy niższą „wolną energią”. Reakcje chemiczne dojdą do skutku tylko wtedy, jeśli są w zgodzie z drugą zasadą termodynamiki.

W rozdziale piątym (*Zawiła kwestia pochodzenia życia*, s. 82–110) Pross rozważa proces, który nierozłącznie prowadzi do transformacji chemii w biologię – pochodzenie życia na Ziemi, i przekonuje, dlaczego ta kwestia wciąż pozostaje kontrowersyjna.

Pytanie o pochodzenie życia ma dwa całkiem różne aspekty – historyczny i ahistoryczny. Jedynie połączone pojmowanie tych dwóch aspektów będzie nas w stanie doprowadzić do satysfakcjonującego rozwiązania. Aspekt historyczny starałby się

odpowiedzieć na pytanie „jak” – jak pojawiło się życie. Wymagałoby to rozszyfrowania właściwych chemicznych zdarzeń, które zaistniały na prebiotycznej Ziemi – właściwa chemiczna ścieżka, krok po kroku prowadząca z materii nieożywionej aż do najprostszego życia. Kluczowe pytania brzmiałyby: czym był molekularny budulec, z którego zostało zbudowane to początkowe życie? Za sprawą jakich reakcji budulec ten został uformowany, a następnie za sprawą jakich przejściowych faz przeszedł na długiej drodze ewolucji od budulca do prostego życia? Pross na kartach swej książki pokazuje, że nie tylko nie ma żadnego zrozumienia w tej kwestii, ale praktyczna wiedza dowolnego rodzaju dotycząca konkretnych warunków na prebiotycznej Ziemi pozostawia wiele do życzenia.

Z kolei ahistoryczny aspekt odnosiłby się do bardziej ogólnego

pytania: dlaczego nieożywiona materia dowolnego rodzaju, niezależnie od swojej strukturalnej tożsamości, miałyby ulec złożoności w kierunku biologicznym, doprowadzając ostatecznie do jakiejś prostej formy życia? Powyższe pytanie opiera się na założeniu, że pojawienie się życia nie było wyłącznie przypadkowym zdarzeniem, lecz indukowanym przez przyjęte fizyczno-chemiczne siły. Tym samym ahistoryczna perspektywa nie skupiałaby się na określonych molekularnych bytach określonej nieożywionej materii, lecz szukałaby ogólnej kategorii materialnej (lub materialnych), która miałaby tendencje do stania się życiem, tak samo jak odpowiednie fizyczno-chemiczne zasady, które indukowałyby te tworzywa do złożoności, aż do prostej formy życia. Analizy Prossa prowadzą do konkluzji, że tu także obraz pozostaje niepewny i wielce kontrowersyjny.

Na koniec rozdziału autor podsumowuje swoje przemyślenia na temat pochodzenia życia na Ziemi. Pisze: „Tak więc jaki możemy wyciągnąć wniosek odnośnie do pojawienia się życia na naszej planecie? Odpowiedź jest krótka: praktycznie nie, a na ten frustrujący stan ignorancji składa się kilka różnych przyczyn. W przeciwieństwie do meteorologicznego zjawiska, jakim jest opad śniegu, który doskonale znamy, nie jesteśmy w stanie zrozumieć procesów, poprzez które powstało życie, podobnie jak nie znamy towarzyszących temu warunków. W jaki sposób można ocenić prawdopodobieństwo zdarzenia, którego się nie rozumie, a towarzyszące mu warunki są nieznanne? Podobnie jak w przypadku opadu śniegu, można spróbować pewne rzeczy przewidzieć bez zrozumienia samego procesu, poprzez przyjrzenie się historycznym zapisom danego zdarzenia.

Jednak tutaj napotyamy inną trudność. Owa historia ogranicza się do jednego przypadku. Nawet jeżeli jesteśmy świadomi, że liczba podobnych do Ziemi planet we Wszechświecie jest prawdopodobnie niezwykle duża, to znamy sytuację jedynie na jednej z nich – naszej własnej. Mając za przykład tylko jedno takie zdarzenie, nasza zdolność do osiągnięcia rozsądnego oszacowania jego prawdopodobieństwa gdziekolwiek we Wszechświecie jest w oczywisty sposób ograniczona²⁴.

W rozdziale szóstym (*Kryzys tożsamości biologii*, s. 111–121) autor koncentruje się na trudnościach, z którymi boryka się przez ostatnie lata współczesna biologia. W zasadzie trzy główne pytania w samym sercu tej kwestii pozostają nierozwiązane: „czym jest życie?”, „w jaki sposób powstało?” i „w jaki sposób można je stworzyć?”. Mimo iż te trzy pytania są na pozór niezależne,

to jednak pozostają z sobą nierozzerwalnie połączone. By móc odpowiedzieć na dowolne z tych pytań, należy znać wcześniej odpowiedź na dwa pozostałe. Nie wiemy, w jaki sposób można stworzyć życie, ponieważ nie wiemy, czym tak naprawdę jest życie. Z kolei nie wiemy, czym jest życie, ponieważ nie rozumiemy praw, które doprowadziły do jego powstania. Tak więc pomimo spektakularnych postępów w biologii molekularnej dokonanych w ciągu ostatnich sześćdziesięciu lat, sama esencja tego, co bada biologia, wciąż pozostaje niejasna. W kontekście prób biologów, by lepiej zrozumieć złożoność życia poprzez nową dziedzinę biologiczną zwaną biologią systemową, jest – zdaniem Prossa – jeszcze za wcześnie, aby wyciągnąć konkretne wnioski.

Co więc należy robić dalej? W dwóch końcowych rozdziałach Pross próbuje ukazać, w jaki spo-

sób ostatnie fascynujące wyniki badań nowo powstałej dziedziny chemii, czyli chemii systemowej, mogą dać nam w końcu jakieś konkretne odpowiedzi.

Rozdział siódmy (*Biologia jest chemią*, s. 122–159) podejmuje problem możliwej redukcji biologii do chemii. Autor stara się pokazać, że przepaść dzieląca biologię i chemię może zostać pokonana, teoria Darwina może być zintegrowana w bardziej ogólną chemiczną teorię materii żywej, a biologia jest jedynie chemią, lub też uściślając – podjednostką chemii.

W ostatnich latach ukształtowała się nowa dziedzina chemii, a mianowicie chemia systemowa. Jej celem jest znalezienie chemicznych źródeł organizacji biologicznej, co tłumaczy jej nazwę, która jest jednocześnie grą słów odnoszącą się do biologii systemowej. Jeśli postrzegamy biologię jako dziedzinę badającą wysoce zło-

zone systemy chemiczne, posiadające zdolność do replikacji i reprodukcji, wtedy chemia systemowa zajmuje się stosunkowo prostymi systemami chemicznymi, które również charakteryzują się wyjątkową zdolnością samoreplikacji. W ten sposób dziedzina ta stara się wypełnić przepaść, która nadal dzieli biologię i chemię. W przeciwieństwie do biologii systemowej, która w swoim dążeniu do wyjaśnienia złożoności życia wykorzystuje podejście „zstępujące” (*top-down*), chemia systemowa opiera się na podejściu „wstępującym” (*bottom-up*). Podczas gdy podejście zstępujące zaczyna od posiadanych informacji i schodzi w dół w celu zrozumienia sposobu, w jaki poszczególne elementy wpływają na całość, podejście wstępujące rozpoczyna od potencjalnego początku i posuwa się w górę. W kontekście życia oznacza to, że badanie jego złożoności polega na zbadaniu

krok po krok procesu, w jaki złożoność ta powstaje. Tak więc zaczynamy od pewnej początkowej prostej jednostki i poruszamy się w górę. Dlatego też największym wyzwaniem chemii systemowej jest ustalenie zasad (jeśli oczywiście takowe istnieją), które rządzą procesem powstawania złożoności ze stosunkowo prostego systemu chemicznego do wysoce złożonych systemów, które definiują współczesną biologię.

W ostatnim rozdziale (*Czym jest życie?*, s. 160–191) Pross stara się ułożyć w całość elementy składające się na niezwykle trudną zagadkę życia, którym to elementom poświęcił wcześniejsze rozdziały swej książki. Pragnie przedstawić przy tym własną teorię życia, oferującą odpowiedź na pytanie Schrödingera: „czym jest życie?”.

Pomimo złożoności życia autor wierzy, iż możemy sformułować teorię życia na podstawie

założenia, że zaczęło ono swoje istnienie w prostej formie i że jego esencja odzwierciedla jego proste początki. Badając to, co uważamy za ekwiwalent prostych początków życia, jesteśmy w stanie pojąć sedno biologii i zająć się niektórymi z podstawowych kwestii tej nauki. Jednakże, aby to zrobić, aby dotrzeć do sedna, musimy przedrzeć się przez wiele warstw złożoności i odkryć to, co się pod nimi znajduje. Złożoność powstawała stopniowo, krok po kroku, a więc musimy pojęciowo odwracać ten proces, aż dotrzemy do jego sedna. Jedynie w ten sposób będziemy w stanie odkryć esencję życia. Gdy już dotrzemy do sedna życia, będziemy w stanie zacząć pojmować sposób powstania życia i sformułować jasny pogląd dotyczący tego, czym ono naprawdę jest.

Takie podejście prowadzi Prossa do chemii systemowej, czyli chemii prostych replikujących się

systemów. Badanie prostych replikujących się systemów ujawniło istnienie wyjątkowego powiązania, a mianowicie, że teoria Darwina może być włączona w bardziej ogólną chemiczną teorię ewolucji, która obejmuje zarówno systemy żywe, jak i martwe. To właśnie ta integracja tworzy podstawy teorii życia, którą proponuje autor. Wierzy on, że zdanie sobie sprawy z faktu, iż chemia i biologia łączą się z sobą w taki fundamentalny sposób, będzie miało ważne konsekwencje. Połączenie biologii i chemii umożliwi wyjaśnienie fizycznej natury procesów ewolucyjnych, które prowadziły od prostych początków abiotycznych do złożonego życia. Poprzez odkrycie procesu łączącego materię żywą z materią nieożywioną materializuje się esencja tego, czym jest życie.

Powstanie życia zostało zainicjowane powstaniem prostego replikującego się systemu. Wy-

nika to z faktu, że to pozornie niezbyt ważne zdarzenie otwarło drzwi do całkowicie odmiennego rodzaju chemii, tj. chemii replikacji. Badanie świata chemii replikacji pomaga w zrozumieniu, dlaczego prosty pierwotny replikujący się system z czasem stawał się coraz bardziej złożony. Przyczyną takiej sytuacji jest chęć zwiększenia swojej stabilności, a dokładnie dynamicznej stabilności kinetycznej (DKS).

Chociaż życie jest niezwykle złożonym zjawiskiem, zasada życia pozostaje zaskakująco prosta. Życie jest jedynie siecią wynikłą z reakcji chemicznych, która powstaje z ciągłego cyklu replikacji, mutacji, procesu zwiększania złożoności i selekcji, opierając swoje działanie na konkretnych molekułach przypominających łańcuch. W przypadku życia na Ziemi są to kwasy nukleinowe. Stąd życie jest chemicznym skutkiem wynikającym z siły wzro-

stu wykładniczego działającego na podstawie replikujących się systemów chemicznych.

W końcowych zdaniach książki autor jeszcze raz odnosi się do zawartego w tytule pytania, postawionego przed laty przez austriackiego fizyka. Zacytujmy ten fragment: „Celem tej książki było pokazanie, że odpowiedzi na niektóre z głównych pytań odnoszących się do życia, w tym na klasyczne pytanie sformułowane przez Schrödingera, w końcu stały się dostępne. Nadzwyczajne moce nauki, a w szczególności metody indukcyjnej, zrewolucjonizowały nasze życie oraz nasz sposób pojmowania świata, i to w stopniu, jakiego nie byliśmy w stanie przewidzieć nawet sto lat temu. Dzięki niezwykłemu postępowi naukowemu, jakiego dokonaliśmy w ciągu ostatnich stu pięćdziesięciu lat, od rewolucji Darwina w biologicznym sposobie

myślenia po ekscytujące nowe odkrycia w chemii systemowej, biologia i chemia w końcu łączą się i stają się jedną nauką. Rewolucja darwinowska może zbliżyć się do swojego ostatecznego celu, który Karol Darwin przewidział już sto trzydzieści lat temu. Chodzi tu o integrację nauk biologicznych z naukami fizycznymi. To połączenie się dwóch nauk oznacza, że w granicach, jakie te nauki nam narzucają, możemy zacząć pojmować, czym jest życie, dlaczego powstało, w jaki sposób ludzie – gałązka drzewa życia – wraz z innymi formami żywymi są powiązani ze światem materialnym i wszechświatem jako całość, i dlaczego pomimo bezwzględnej surowości poglądu Darwina jesteśmy powiązani z sobą, dlaczego w pewnym głębszym sensie jesteśmy jednością. Czy to fundamentalne powiązanie życia jest promykiem nadziei ludzkości, jed-

nością, którą Stephen Hawking nazwał ‘chemicznym osadem na planecie o umiarkowanej wielkości’? Czas pokaże”⁵.

Praca *What Is Life? How Chemistry Becomes Biology* zasługuje na szczególne uznanie. Addy Pross, uznany na świecie specjalista w dziedzinie chemii, postawił sobie ambitny cel: sformułować nową teorię życia oferującą odpowiedź na historyczne pytanie Schrödingera „Czym jest życie?”, które od dziesiątków lat przykuwało i wciąż przykuwa uwagę przyrodników oraz filozofów⁶. Przedstawiona w książce teoria życia ma w zamyśle autora wyjaśnić za pomocą prostych pojęć chemicznych, dlaczego życie charakteryzuje się wyjątkowymi właściwościami i cechami, a także przybliżyć zasady tłumaczące proces, poprzez który życie powstało z materii nieożywionej. W świetle zarysowanej teorii życia Pross chce przedsta-

wić nowe spojrzenie na charakterystyczne cechy życia, takie jak jego złożoność, teleonomiczny i dynamiczny charakter, różnorodność, daleki od równowagi stan oraz chiralny charakter. Zrozumienie natury dynamicznej stabilności kinetycznej (DKS) ma, jak przekonuje Pross, objaśnić te charakterystyczne właściwości fenomenu życia.

Propozycja izraelskiego uczonego wpisuje się w długą historię wciąż trwającego i niesłabnącego sporu o naturę życia, sporu, w który są zaangażowani zarówno przyrodniczy, jak i filozofowie, sporu liczonego nie w dziesiątkach, ale setkach lat. Zarysowana w książce próba odpowiedzi na pytanie „czym jest życie?” zawiera wiele nowych, oryginalnych wątków. Kluczową tezę, będącą zarazem tytułem jednego z rozdziałów (biologia jest chemią), autor stara się uzasadnić i poprzeć konkretnymi, rze-

czowymi argumentami. Addy Pross bez wątpienia jest dociekliwym badaczem, który imponuje swą wiedzą i głębokim wniknięciem w istotę problemu związanego z pytaniem o istotę życia. Recenzowana publikacja podejmuje problematykę na tyle ciekawą i pouczającą, że może stać się inspiracją do dalszych samodzielnych poszukiwań pełnego zrozumienia życia. Gorąco polecam lekturę tej książki osobom, których fascynuje fenomen życia i jego tajemnica.

Mirosław Twardowski

¹ W 1995 r. ukazała się inna książka Addy'ego Prossa: *Theoretical and Physical Principles of Organic Reactivity*, Wiley, New York.

² A. Pross, *What Is Life? How Chemistry Becomes Biology*, Oxford University Press, Oxford 2012, s. xiii.

³ *Ibidem*, s. 57.

⁴ *Ibidem*, s. 109–110.

⁵ *Ibidem*, s. 190–191.

⁶ Choć *What Is Life? How Chemistry Becomes Biology* jest pierwszą pozycją książkową Addy'ego Pross-

sa podejmującą historyczne pytanie Schrödingera, nie jest pierwszą próbą tego autora zmierzenia się z owym fundamentalnym pytaniem. Wątki przewijające się przez kolejne stronicie recenzowanej książki izraelski chemik rozwija już od lat, co ma odzwierciedlenie w wielu jego wcześniejszych, mniej obszernych publikacjach. Przywołajmy kilka z nich.

The Driving Force for Life's Emergence: Kinetic and Thermodynamic Considerations, „Journal of Theoretical Biology” 2003, 3 (220), s. 393–406: autor przedstawia swój własny teoretyczny program rozumienia siły napędowej ewolucji, którego esencją jest założenie, że życie to zjawisko kinetyczne pochodzące od kinetycznych skutków procesu autokatalizy działających na podstawie określonych systemów biopolimerycznych, co jest prawdziwe na wszystkich fazach ewolucji życia – od prymitywnych do złożonych form życiowych.

Extending the Concept of Kinetic Stability: Toward a Paradigm for Life, „Journal of Physical Organic Chemistry” 2004, 4 (17), s. 312–316: Pross wprowadza pojęcie dynamicznej stabilności kinetycznej (the concept of dynamic kinetic stability) jako sposobu na włączenie systemów żywych w plan fizyko-chemiczny.

Causation and the Origin of Life: Metabolism or Replication

First?, „Origins of Life and Evolution of the Biospheres” 2004, 3 (34), s. 307–321: autor zajmuje się analizą mechanizmów wyjaśniających powstanie życia, tj. mechanizmu „najpierw metabolizm” (metabolism first) i mechanizmu „najpierw replikacja” (replication first), będących w centrum współczesnej debaty nad pochodzeniem życia, sam opowiadając się za drugim z wymienionych.

On the Emergence of Biological Complexity: Life as a Kinetic State of Matter, „Origins of Life and Evolution of Biospheres” 2005, 3 (35), s. 151–166: Pross przedstawia swój własny model wyjaśniania natury wzrostu złożoności biologicznej, którego esencją jest twierdzenie, że w przeciwieństwie do tradycyjnych systemów termodynamicznych dominujących w świecie nieożywionym, systemy żywe stanowią kinetyczny stan materii, co potwierdza pogląd, zgodnie z którym życie jest szczególną manifestacją chemii replikacyjnej.

On the Chemical Nature and Origin of Teleonomy, „Origins of Life and Evolution of Biospheres” 2005, 4 (35), s. 383–394: autor podejmuje temat fizyko-chemicznej charakterystyki zdarzenia teleonomicznego oraz procesu fizyko-chemicznego, dzięki któremu systemy teleonomiczne mogły powstać z systemów nieteleonomicznych.

Stability in Chemistry and Biology: Life as a Kinetic State of Mat-

ter, „Pure and Applied Chemistry” 2005, 11 (77), s. 1905–1921: Pross opisuje szczegółowo kinetyczny model oparty na założeniu dynamicznej stabilności kinetycznej dążącej do włączenia systemów żywych w konwencjonalny fizyko-chemiczny plan.

Toward a General Theory of Evolution: Extending Darwinian Theory to Inanimate Matter, „Journal of Systems Chemistry” 2011, 1 (2), s. 1–14: autor poszerza i ponownie formułuje teorię Darwina za pomocą pojęć fizyko-chemicznych, tak by była dostosowana zarówno do systemów żywych, jak i nieożywionych, i w ten sposób pomogła zakończyć podział pomiędzy tymi naukami; poszerzone sformułowanie jest oparte na zaproponowanym niedawno pojęciu dynamicznej stabilności kinetycznej oraz danych pochodzących z nowo powstałej dziedziny chemii systemowej.

How Can a Chemical System Act Purposefully? Bridging between Life and Non-Life, „Journal of Physical Organic Chemistry” 2008, 7–8 (21), s. 724–730: Pross pokazuje, że nieco niejednoznacznemu pojęciu celu można nadać dokładne znaczenie fizyko-chemiczne i pokazać, iż wywodzi się ono bezpośrednio z pożądanego kinetycznego charakteru reakcji replikacji.

Seeking the Chemical Roots of Darwinism: Bridging between Chemistry and Biology, „Chemistry

stry: a European Journal” 2009, 15, s. 8374–8381: autor koncentruje się na analizie dwóch odmiennych rodzajów stabilności: stabilności termodynamicznej, powiązanej z „normalnymi” systemami chemicznymi, oraz dynamicznej stabilności kinetycznej, powiązanej z systemami replikującymi się.

Selection Advantage of Metabolic over Non-metabolic Repli-

cators: A Kinetic Analysis, „Bio-Systems” 2009, 2 (99), s. 126–129: Pross prezentuje kinetyczną analizę i symulację reakcji replikacji dwóch konkurujących z sobą replikatorów: jednego niemetalicznego (termodynamiczny), a drugiego metabolicznego.

Wszystkie powyższe wątki Addy Pross zbiera i uzupełnia w swej najnowszej książce.