

Reguła samoorganizacji jako początek życia i źródło ewolucji

Władysław Polcyn, Wydział Biologii UAM

Fieodosij Dobżanskij, jeden z twórców współczesnej wersji ewolucjonizmu, jest autorem aforyzmu mówiącego, że "Nic w biologii nie ma sensu bez kontekstu ewolucyjnego". Istnieje jednak centralny problem biologii, wobec którego darwinowski paradygmat ewolucyjny wydaje się być bezsilny. Jest nim niepewność związana z zagadką wyłonienia się życia z materii nieożywionej i łączące się z nią kontrowersje wokół kryteriów definiujących układy ożywione.

Można zatem odwrócić zdanie Dobżanskiego i powiedzieć, że trudno w sensowny sposób mówić o ewolucji nie definiując wyczerpująco koniecznych atrybutów systemów biologicznych, które są przedmiotem jej działań.

Powstanie życia nie było zapewne zjawiskiem skokowo powstałym z chaosu cząstek organicznych, a jego atrybuty wyłaniały się stopniowo, jednak **zasada doboru naturalnego nie może obejmować etapu biogenezy**. O ewolucji biologicznej możemy mówić dopiero od momentu, w którym pojawiła się zdolność do replikacji i dziedziczenia. Z tego powodu, wg Karla Poppera, teoria ewolucji, aby być koncepcją naukową, a nie zasadą metafizyczną, musi ograniczyć swoje ambicje jedynie do wyjaśniania przechodzenia gotowych już form życia w jego formy pokrewne, a nie może wyjaśnić samego powstania życia.

W mojej wypowiedzi chciałbym pokazać, że etap biogenezy, czyli **okres powstania pierwszych form życia** zdolnych do ewolucji, **można przedstawić odwołując się nie do kategorii adaptacyjnych ale do reguły samoorganizacji**, występującej w zjawiskach fizycznych, a więc także w okresie przedbiologicznym.

Skąd pochodzi funkcjonalny i strukturalny porządek cechujący każdy obserwowany przez nas układ biologiczny? Tworzenie dynamicznego porządku, czyli wyłanianie się procesów odpornych na oddziaływanie pewnego zakresu czynników losowych, nie jest jedynie cechą biologiczną. Jest ona zakodowana w pierwotnych wobec poziomu biologicznego prawach fizyki. Odwołując się do przykładów samoorganizacji w systemach nieorganicznych można dostarczyć argumentów dla niezwykle sugestywnej idei, że **porządek biologiczny wywodzi się z jedności procesów życiowych i praw przyrody nieożywionej**. Co więcej, zobaczymy, że porządek ten wyłania się spontanicznie, a zatem, przynajmniej na poziomie komórki, nie wymaga żadnych „centrów decyzyjnych”, a jedynie sprzężenia zwrotnego.

Życie możemy definiować na wiele sposobów. Wśród definicji oferowanych przez nauki przyrodnicze spotykamy próby tworzenia listy cech o unikalnych właściwościach, które pozwolą wyrysować linię demarkacyjną oddzielającą przyrodę ożywioną od nieożywioną. Usiłowania te wydają się kontynuować myśl Arystotelesa, który zakładał fundamentalną, nieciągłą różnicę pomiędzy tymi światami, przypisując organizmom posiadanie pierwiastka

życia, czyli "duszy wegetatywnej", związanej z odżywianiem, wzrostem i rozmnażaniem. Współczesne próby określania bardziej szczegółowych przymiotów tej duszy, których nie posiadają byty nieożywione, nie przynoszą jednak ustaleń rozstrzygających, gdyż nowe odkrycia stawiają nam przykłady kłopotliwych przypadków granicznych, takich jak np. ostatnio - wirusy olbrzymie.

Możliwe są jednak podejścia holistyczne, próbujące integrować opis funkcjonowania organizmów z ustaleniami nauk o nieożywionych systemach termodynamicznych, cybernetycznych i przekazu informacji. Intencją tych interpretacji nie jest chęć katalogowania bytów na ożywione i nieożywione ale zdecydowanie bardziej obiecujące poznawczo wskazanie źródeł funkcjonalności i tożsamości organizmów.

Aby cofnąć się wyobraźnią do okresu biogenezy możemy się odwołać do koncepcji termodynamicznych opisujących fizyczne i chemiczne układy nierównowagowe, utworzonych w latach 60-tych przez noblistę Ilya Prigogine'a. Sformułował on zaskakujące, nieintuicyjne prawa, dotyczące ewolucji zbiorów cząstek, lub sekwencji reakcji chemicznych, które znajdują się w stanie dalekim od równowagi. Otóż, gdy układy takie są izolowane od wpływów zewnętrznych to, zgodnie z II zasadą termodynamiki, powinniśmy oczekiwać wzrostu nieuporządkowania ich elementów składowych, czyli maksymalizacji entropii. Jednakże Prigogine wykazał, że w układach otwartych podczas rozpraszania energii (czyli jej dyssypacji), zamiast chaosu, tworzą się antyentropijne bariery w postaci tymczasowych uporządkowań, które nazwał **strukturami dyssypatywnymi**, gdyż wykazują one cechę wzmacniającą to rozpraszanie. **Prigogine** pokazał zatem, że **chaotyczne zespoły molekuł mogą w sposób spontaniczny przejawiać cechę samoorganizacji**, która jest lokalnie sprzeczna z zasadą wzrostu entropii.

Spójrzmy na **przykłady samoorganizacji w układach fizycznych i chemicznych**, które moglibyśmy traktować jak przedbiologiczne pierwowzory wymiany informacji pomiędzy molekułami i procesami w układach biologicznych.

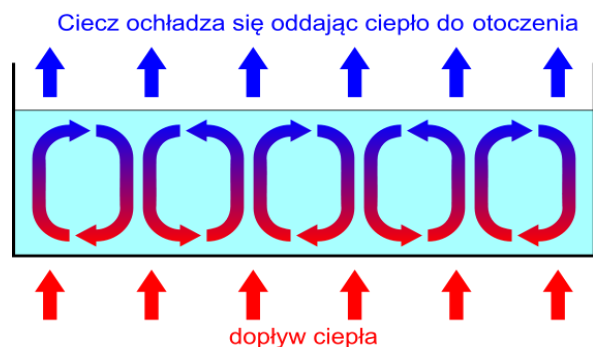
Pierwszy przykład nie pokazuje struktur dyssypatywnych ale wprowadza bardzo ważny dla naszego przekazu związek pomiędzy destabilizacją a spontaniczną zmianą uporządkowania. **Formowanie się kropli ferrofluidu w regularne wzory** następuje w wyniku destabilizacji drobin płynu o właściwościach paramagnetycznych, spowodowanej zmianą natężenia pola magnetycznego. Orbitale π chmur elektronowych ferrofluidu funkcjonują jako dipole magnetyczne i przyciągają się słabymi oddziaływaniami van der Waalsa. Siły te przywołamy za chwilę, jako podstawowy mechanizm samoorganizacji struktur



Powstawanie struktur statycznych według zasady minimalnej produkcji entropii
(<https://www.youtube.com/watch?v=ehvFFbFFsjg>)

komórkowych, na przykładzie fałdowania się struktury białek. W tym modelu kolejne wzory kropli odpowiadają najniższej energii układu dla zadanego poziomu natężenia zewnętrznego pola magnetycznego.

Komórki Bénarda. W tym przypadku przyczyną niestabilności jest pionowy gradient temperatury wytworzony w cienkiej warstwie cieczy. Początkowo ciepło rozpraszane jest przez bezładne ruchy cząsteczek i ciecz jest przejrzysta. Jednak gdy zwiększymy niestabilność przez lekkie podgrzanie to powstają prądy konwekcyjne w postaci ułożonych jedna za drugą cząsteczek płynu, które od tego momentu znacznie sprawniej przenoszą ciepło w górę. W stosunku do ruchów bezładnych wynikowa entropia, czyli liczba konfiguracji przestrzennych, redukuje się do tak znikomego poziomu, że wydaje się to prawie niemożliwością, a jednak widzimy zaskakującą właściwość samoorganizacji miliardów cząsteczek! W termodynamice klasycznej przekazywanie ciepła traktuje się jak źródło strat. W niestabilności Bénarda staje się ono źródłem porządku, który występuje w bliskim powiązaniu z rozpraszaniem, czyli dyssypacją energii.



Powstawanie porządku dynamicznego w konwekcyjnym procesie dyssypacji energii. Cykliczne strzałki symbolizują uporządkowany ruch cząsteczek płynu, przyjmujących i oddających energię
(<https://pl.wikipedia.org/wiki/Konwekcja>)

Samoorganizacja chemiczna: oscylatory chemiczne w niestabilnych układach autokatalitycznych. Obraz reakcji chemicznych, w którym cząsteczki zderzają się bezładnie, pozornie nie pozostawia miejsca na samoorganizację. Dla wielu reakcji chemicznych jest to sytuacja odporna na wszelkie wewnętrzne fluktuacje (np. zmiany tempa reakcji), które są wygaszane podobnie jak w obszarze bliskim równowadze.



Oscylatory chemiczne jako jeden z najprostszych mechanizmów komunikacji, polegającej na wytworzeniu pętli katalitycznych
(<https://www.youtube.com/watch?v=3JAqrRnKFHo>)

Jednak w pewnych sytuacjach otwarte układy chemiczne, w których zmieniamy parametry początkowe, np. dostarczając więcej substratu lub energii, oddalają się od stanu równowagi i stają się niestabilne. Niemniej jednak, podobnie jak w komórkach Bénarda, w obszarach niestabilności mogą pojawiać się okresowe stabilizacje, cyklicznie zmieniające kierunek reakcji chemicznej na przeciwny.

Przykładem porządkujących niestabilności chemicznych są **cykle reakcji Biełousowa-Żabotyńskiego**, w których, po dostarczeniu energii, można zaobserwować oscylacje stężeń pośrednich produktów reakcji, które tworzą naprzemienne, regularne wzory. Są to dwie

konkurujące ze sobą wieloetapowe reakcje. Reakcja (A) zachodzi przy odpowiednio wysokim, granicznym stężeniu jonów bromianowych, które są generowane w reakcji (B). Następuje cykliczna zmiana barwy, która w okrągłym naczyniu przyjmuje postać koncentrycznych wzorów, stopniowo obejmujących całe naczynie. Zmiana barwy jest zależna od reakcji barwnika ferroiny z jonami ceru, które są autokatalizatorem powstającym w trakcie cyklu B.

Dla zapoczątkowania takich oscylacji chemicznych wymagane jest spełnienie uniwersalnych warunków (Gudowska-Nowak 2005):

1. Układ musi być daleko od stanu równowagi.
2. W układzie musi znajdować się pętla sprzężenia zwrotnego – produkt przynajmniej jednej reakcji elementarnej powinien kontrolować tempo własnego powstawania.
3. Układ musi być dwustabilny – znaczy to, że w tych samych warunkach zewnętrznych możliwe są dwa różne, stabilne stany stacjonarne.

Widzimy że wahania czynników zewnętrznych, takie jak poziom dopływu substratów lub energii, zamiast przyczyniać się do wzrostu nierównowagi, powodują reakcję układu, przybierającą kształt kolejnej formy uporządkowania. Zauważmy, że przypadkową fluktuację (destabilizację) należy paradoksalnie traktować jako siłę porządkującą! Natomiast konieczność istnienia sprzężeń zwrotnych (np. pętli katalitycznych) dla procesów samoorganizacji jest ważnym wnioskiem, ponieważ przybliżyła nas do ustaleń w biologii. O ile takie sytuacje są rzadkie w świecie nieorganicznym, gdzie trzeba je wymusić, o tyle są one pierwowzorem spontanicznej reguły występującej w świecie organizmów żywych, które korzystają z naturalnych źródeł energii.

Samoorganizacja jest zjawiskiem powszechnie opisywanym w biologii, np. na poziomie komórkowym łańcuchy polimerów nukleotydowych i aminokwasowych spontanicznie tworzą struktury trójwymiarowe, które wykazują zdolność odtworzenia po przejściowych zakłóceniach (renaturacja białek). Taką elastyczność nadają im labilne, niekowalencyjne wiązania (m.in. słabe oddziaływania magnetyczne, które przywołałismy dla opisu geometrycznych wzorów ferrofluidu). Należy podkreślić, że rola kodowania genetycznego ogranicza się do określenia struktury linearnej białka oraz rozmieszczenia w niej aminokwasów polarnych i niepolarnych. Natomiast informacja niezbędna dla wykształcenia struktur bardziej złożonych pochodzi z sił międzycząsteczkowych, łączących aminokwasy odległe od siebie w strukturze linearnej. Informacja ta pochodzi także z oddziaływań dysypacyjnych polarnych i niepolarnych fragmentów białka ze środowiskiem wodnym. Zatem proces składania białka do postaci funkcjonalnej oraz włączenia go w procesy komórkowe nosi cechy samoorganizacji, która nie wymaga od komórki dodatkowego wzorca ani nadzoru. **Wyraża się to w dążeniu niestabilnego układu fizycznego do stanu o najmniejszej z możliwych wartości entropii.**

W podobny sposób, już na poziomie komórkowym, zachodzi proces przechowywania informacji o bieżących oddziaływaniach środowiskowych, pomimo braku centralnych struktur dedykowanych do ich kodowania i zapamiętywania. Komórki, jako termodynamiczne układy nierównowagowe, reagują na środowiskowe fluktuacje, generując struktury dyssypatywne, w postaci ciągów sprzężeń zwrotnych, w których przechowywana jest tymczasowo informacja o skali i rodzaju tych fluktuacji. Wyraża się to w mechanizmach aklimatyzacyjnych, których struktura może być przenoszona na inne komórki i organy, a w szczególnych sytuacjach także na przyszłe pokolenia, w postaci kodowania epigenetycznego.

Niezależnie od genów, na następne pokolenie przenoszona jest także informacja zawarta we właściwościach fizycznych komórek rodzicielskich, takich jak struktura błon komórkowych, cytoszkieletu, a także całych organelli komórkowych, która jest dziedziczona drogą podziałów. Geny kodują jedynie podstawowy poziom strukturalny białek i nie muszą zawierać bezpośredniego opisu złożonych struktur i funkcji komórkowych, co powoduje, że zapis genetyczny cechuje wysoki stopień oszczędności. Właściwości wyższego poziomu organizacyjnego komórek, np. katalityczne funkcje białek czy architektura cytoszkieletu, wyłaniają się na zasadzie emergencji, w wyniku wzajemnych oddziaływań elementów składowych i środowiska.

To właśnie te liczne interakcje, które mają charakter stochastyczny, a nie domniemany „program genetyczny”, porządkują, utrzymują i definiują życie. Można zatem powiedzieć, że „kod życia” nie jest pisany wyłącznie wiązaniami fosfodiesterowymi, łączącymi nukleotydy. Lokuje się on także w oddziaływaniach poziomu pozagenetycznego, które są rzeczywistą siłą sprawczą generującą najbardziej istotne funkcje życia, jak aktywności katalityczne, sprzężenia zwrotne i wynikająca z nich zdolność do utrzymywania samonastawnej równowagi.

Podsumowując **znaczenie struktur dyssypatywnych dla układów ożywionych** posłużmy się cytatem z Filozofii przypadku Michała Hellera. „Termodynamika nie wyklucza życia. Wręcz przeciwnie, stały dopływ energii do organizmów wymusza wręcz powstawanie w nich struktur dyssypatywnych w postaci rozmaitych procesów samoorganizacji. Stany dalekie od równowagi są wrażliwe na niewielkie nawet zmiany warunków początkowych lub zaburzenia pochodzące z zewnątrz. Nie jest to przeszkodą dla trwania komórek i organizmów bowiem są układami, w które wpisana jest umiejętność wykorzystania fluktuacji warunków środowiska wewnętrznego i otoczenia”.

Spontaniczna organizacja struktur i funkcji życia w okresie biogenezy

Teoria Oparina, zakładająca spontaniczne powstawanie prostych związków organicznych w okresie prebiotycznym, wymagała obecności gęstej atmosfery zawierającej wodór, metan, parę wodną i amoniak. Jednak ich obecność w pierwotnej litosferze i atmosferze wcale nie jest oczywista. Obecnie podważa się zasadność doświadczeń Millera & Ureya (1953) gdyż uważa się, że pierwotną atmosferą była nieaktywna mieszanina CO₂ i N₂.

Poszukiwania, innego niż atmosfera, miejsca syntezy związków organicznych doprowadziły do hipotezy spontanicznego formowania się organicznych polimerów czyli **protobiontów** w mikroprzestrzeniach krystalicznych związków ilastych. Znajdowane są one w pobliżu podmorskich kominów hydrotermalnych, których wycieki przegrzanej wody są przesycone siarczkami metali, metanem i amoniakiem. W warunkach laboratoryjnych w katalitycznym środowisku związków ilastych uzyskano monomery wszystkich najważniejszych grup złożonych związków organicznych występujących w organizmach żywych: białek, kwasów nukleinowych, lipidów oraz cukrów złożonych, w tym także „uniwersalny nośnik energii” – ATP.

Osobną klasą protobiontów są **koacerwaty**, **kuliste cząstki złożone z różnorodnych polimerów organicznych**, które nie mają osłonki ale ograniczone są hydrofobowo od fazy wodnej. Koacerwaty proteinowe wytwarzał Oparin (z gumy arabskiej i żelatyny), który stwierdził, że jeżeli wstawić do nich enzymy przekształcające glukozę, to wykazują bardzo prosty metabolizm, tzn. pobierają z otoczenia związki chemiczne, pęcznieją, a potem dzielą się na koacerwaty potomne podobnie jak **pęcherzyki pierwotnych liposomów i proteonidów**.

Liposomy są pęcherzykami, które powstają spontanicznie gdy do wody dodajemy lipidy i inne cząsteczki organiczne. Zawarte w mieszaninie hydrofobowe fosfolipidy organizują się w dwuwarstwę na powierzchni kropelki wody, podobnie jak w błonie cytoplazmatycznej. Powstają pęcherzyki, które mogą się reprodukować, gdyż mają właściwości półprzepuszczalne i pobierają z otoczenia substancje rozpuszczone.

Można postulować, że cyrkulacja protonów przez błonę lipidową doprowadziła do wykształcenia pierwotnego systemu rozpraszania energii (Bernard Korzeniewski, Trzy ewolucje). Byłaby to funkcja obniżająca energię swobodną, zatem generująca stany nierównowagowe, konieczne do napędzania pierwotnych procesów katalitycznych, a więc jak widzieliśmy wcześniej również do inicjowania samoorganizacji. Poza tym błona lipidowa spełniała jedną z podstawowych cech definiujących istotę życia – wyznaczała granice przestrzenne osobnika.

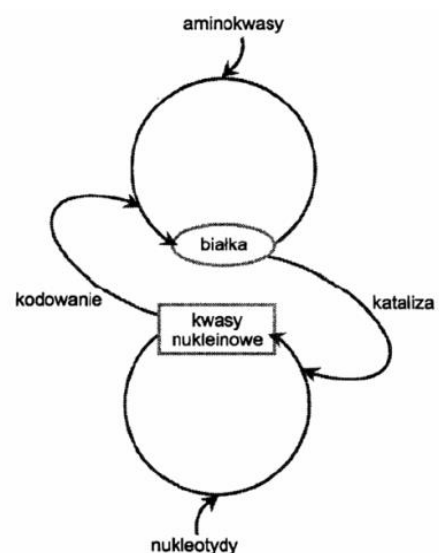
Protenoidy są mikrosferami zbudowanymi z łańcuchów peptydowych. Składały się wyłącznie z aminokwasów, być może pierwotnie pochodzenia meteorytowego. Okazuje się, że 10 aminokwasów, z tych które występują w dzisiejszych organizmach, wykazuje również właściwość wiązania się do mikrosfer kryształów ilastych, a więc tam mogło pierwotnie dojść do syntezy pierwszych peptydów. Peptydy te mogły tworzyć powtarzalne cykle katalityczne, które nie były jeszcze metabolizmem, ale można je uznać za jeden z atrybutów życia, którego definicja zakłada istnienie katalitycznych sprzężeń zwrotnych. Zauważmy, że peptydy w protenoidach mogły przeprowadzać syntezę innych łańcuchów peptydowych. Peptydy potomne miały jednak przypadkowe sekwencje aminokwasów, a więc nie mogły przekazywać dalej swojej tożsamości.

Inaczej sytuacja wygląda w przypadku przekazywania tożsamości polimerów nukleotydowych, gdyż ich struktura jest powielana przez odpowiednie enzymy do sekwencji potomnej o wysokim podobieństwie do nici rodzicielskiej. Co ciekawe uważa się, że na wewnętrznej powierzchni kryształów ilastych mogło dojść do kondensacji nukleotydów tworzących molekuły pierwotnego RNA, przez etapy wysuszenia i rehydratacji warstw minerału. Ich dalsze trwanie byłoby możliwe wewnątrz pęcherzyków liposomowych. Jeżeli zestawimy tą hipotezę z możliwością mineralnej katalizy pozostałych protobiontów, to **wygląda na to, że rzeczywiście życie pochodzi z „mułu ziemi”** jak mówi Księga Rodzaju (Rdz 2,4-7).

Przełomowym odkryciem dla wyjaśnienia zagadki powstania życia było wykazanie, że cząsteczki RNA potrafią przeprowadzać procesy katalityczne, w tym syntezę łańcuchów RNA. Jednak replikacja kwasów nukleinowych bez udziału enzymów białkowych jest bardzo nieefektywna, tak że mogły powstać tylko losowe, krótkie i do tego niestabilne polimery RNA.

Według Konrada Korzeniewskiego w którymś okresie biogenezy występowały dwa osobne światy: białek i RNA, które prowadziły osobne cykle katalityczne, jednak niezdolne do przekazania systemom potomnym tożsamości czyli informacji o swojej strukturze. Struktury podobne do koacerwatów stwarzały jednak odpowiednie środowisko dla wspólnej egzystencji w bliskim sąsiedztwie obu światów. W którymś momencie doszło jednak do wytworzenia wspólnych hipercykli, za pośrednictwem czynnika sprzęgającego w postaci pierwotnego tRNA. Taki system posiadał zarówno zdolności katalityczne, jak i możliwość zachowania i przekazania systemom potomnym tożsamości (informacji o swojej strukturze), a więc można go nazwać początkiem życia.

Pierwotną fuzję protenoidów i liposomalnych pęcherzyków zawierających katalityczne RNA, można nazwać **pierwszą ziemską symbiozą**, dzięki której pierwsze układy żywe prezentowały się jako minimalny system autokatalityczny, jednak zdolny już do dziedziczenia własnej tożsamości.



Początek życia: hipercykli białek i kwasów nukleinowych. Taki system posiada zarówno zdolności katalityczne, jak i możliwość zachowania i przekazania systemom potomnym tożsamości (informacji o swojej strukturze).

Korzeniewski „Powstanie i ewolucja życia”

Samoorganizacja a koncepcja kreatywności doboru naturalnego

Zauważmy, że teoria ewolucji nie jest ostatecznie kompletna, gdyż wciąż pojawiają się nowe ustalenia, które prowadzą do konieczności uzupełniania jej o alternatywne hipotezy szczegółowe. Dynamika rozwoju nauk przyrodniczych nieustannie podważa zasadność sztywnego dopasowywania wcześniej obowiązujących generalizacji do nowych pól obserwacyjnych. Dotyczyć to może także przenoszenia neodarwinowskich modeli selekcyjnych na cechy systemów ożywionych, które jeszcze do niedawna nie były lub nie mogły być rzetelnie analizowane w kontekście ewolucyjnym. Za przykład niech posłuży pojęcie gatunku, które jest zasadnicze dla określania skutków doboru naturalnego w świecie zoologicznym, a wydaje się być pozbawione sensu w świecie prokariotycznym. Innym przykładem jest wątpliwa zasadność koncepcji redukcjonistycznych w socjobiologii, próbujących sprowadzić ewolucję kultur do genocentrycznego mechanizmu selekcyjnego, któremu ma być podporządkowany nawet poziom języka metody naukowej.

Z drugiej strony selekcyjny opis ewolucji uzupełniany jest o koncepcje neutralistyczne, które pokazują zdolność organizmów do buforowania mutacji, tak że są one kumulowane w genomie bez widocznych zmian fenotypowych. Zjawisko to można tłumaczyć stabilizacją przez samoorganizację, która pozwala na częściowe zdjęcie napięcia definicyjnego z koncepcji doboru naturalnego.

Mechanizm doboru naturalnego jest procesem dwuskładnikowym, choć czasem zapomina się o tym wyraźnie wspomnieć w publikacjach edukacyjnych. Z jednej strony jest to działanie sił selekcyjnych, weryfikujące przystosowanie organizmu do panujących w środowisku warunków, z drugiej - losowe zmiany na poziomie genetycznym, które generują przystosowawczą zmienność. Konieczność dostosowania przedstawia się jako wyjaśnienie ukierunkowania rozwoju pokrewnych form danej linii ewolucyjnej. Z tego powodu siłom selekcyjnym przypisuje się skutek kreatywny, a odmawia się charakteru losowego.

Jeżeli jednak zauważymy, że reguła samoorganizacji działa według podstawowych praw fizyki, które sprzęgają losowe fluktuacje ze wzmocnieniem biologicznego porządku, to uzyskujemy metabiologiczny język opisu, w którym antynomia przypadku i konieczności traci na swojej nieusuwalności. Można wręcz powiedzieć, że nie tylko selekcja, ale także autonomiczna cecha organizmów jaką jest samoorganizacja, decyduje, która z mutacji zostanie utrwalona. Co więcej, **reguły samoorganizacji noszą cechy nieusuwalności, ponieważ dobór naturalny nie może ingerować w prawa fizyki**, a bez nich nie ma życia.

Należy sobie uświadomić, że ogromna część dorobku ewolucyjnego związana jest z dostępem do informacji niekodowanej genomowo, gdyż już najbardziej prymitywne cykle, katalizowane przez pierwsze biopolimery, czerpały ją z oddziaływań z podstawowymi siłami fizycznymi. To właśnie otoczenie praw fizyki jest bezpośrednim środowiskiem i tkanką życia, a jego reguły nie są selekcyjnie, bowiem są niezmiennie i dla życia niezbędne.

Zdolność do samoorganizacji jest najbardziej podstawowym atrybutem życia i w tym kontekście jest ważną przyczyną treści przystosowawczej organizmów. Jako reguła tworząca i podtrzymująca porządek biologiczny **występuje w podstawowej opozycji wobec zewnętrznych sił selekcyjnych oraz wewnętrznych wydarzeń mutacyjnych**. W takim modelu rola selekcji uwalniana jest od ciężaru nadinterpretacji, przypisującej jej atrybut kreatywności, a pozostawia funkcję eliminacji zmian mutacyjnych niekorzystnych fenotypowo oraz stabilizacji zmian korzystnych. Natomiast jedno ze źródeł kreatywności ewolucyjnej może być odnajdywane w regułach samoorganizacji, która w obliczu destabilizacji generuje nowe, antyentropijne uporządkowania, uzdalniające do absorpcji fluktuacji środowiskowych i genomowych. Może się to wyrażać w utrwalaniu nowych, stabilizujących poziomów sprzężeń zwrotnych, takich jak np. odkrywany ostatnio związek pomiędzy ewolucyjnym wzrostem złożoności a regulacją potranskrypcyjną na poziomie RNA.

Zasady samoorganizacji i kooperacji, podtrzymujące życie komórki, mogą być przenoszone na dziedziny życia społecznego i nowych technologii ze znacznie większym pożytkiem niż dominujące w popularnym przekazie zwulgaryzowane pryncypia darwinowskiej walki o byt. Wytwarzanie porządku w komórce polega na absorpcji fluktuacji, a nie na centralnym nadzorze, choć niektórzy biolodzy dopatrują się egoizmu genów, które podobno samolubnie wykorzystują komórkę. Zamiast doszukiwać się przejawów walki o byt pomiędzy molekułami komórkowymi należy podkreślić zasadę wewnętrznych sprzężeń zwrotnych, których efektem nie jest dominacja któregoś z elementów czy procesów ale utrzymywanie pomiędzy nimi samonastawnej, dynamicznej równowagi. Życie wewnątrz komórki dąży do harmonii, możemy brać z niego przykład...

Literatura

Chorąży Zjawisko samoorganizacji jako element ewolucji życia, Nauka (2015) 2:127-146
Gudowska-Nowak. Reakcje oscylacyjne, Foton (2005) 90:16-19
Heller Filozofia przypadku
Korzeniewski Powstanie i ewolucja życia
Prigogine & Stengers. Z chaosu ku porządkowi