

Czym jest Gaja?

W 1925 roku amerykański naukowiec Alfred Lotka opublikował niewielką, acz znaczącą książkę „Physical Biology”. Napisał w niej: „Właściwie to nie organizm czy gatunek ewoluuje, ale cały układ, zarówno gatunki, jak i środowisko. Tych rzeczy nie można rozdzielić”. Będąc zwolennikiem tezy Lotki, chcę rozpatrywać kryzys ekologiczny w kontekście nauk ewolucyjnych jako coś równie związanego ze skałami i oceanami, jak i z żywymi stworzeniami, które je zamieszkują. W tym ujęciu to, co ewoluuje, to ziemski system, który może stopniowo się zmieniać podczas długich okresów pod wiecznie świecącym (ever-warming) słońcem. Jednakże w miarę jak ewoluuje, nagłe zmiany przerywają jego stopniową ewolucję: może to być na przykład pojawienie się tlenu, zlodowacenie, gatunek taki, jak człowiek lub uderzenie niewielkich planetoid. Niezależnie od tego, czy spowodowane wewnętrznymi, czy zewnętrznymi czynnikami, tego typu wydarzenia zmieniają charakter całego układu.



Sposób postrzegania ewolucji, który zaproponował Lotka, przeszedł za jego czasów niemal niezauważony i dopiero w momencie, gdy NASA w latach 60. XX w. rozpoczęła eksplorację naszego planetarnego sąsiedztwa, to szersze, interdyscyplinarne ujęcie Ziemi zostało ponownie wzięte pod uwagę i rozpatrzone. Członkostwo w ekipie NASA do spraw eksploracji kosmosu skierowało mnie ku pogładowi wyrażonemu w 1965 r. w pracy opublikowanej na łamach „Nature”, że życie i jego środowisko są tak mocno ze sobą powiązane, iż obecność życia na danej planecie można by wykryć jedynie analizując skład chemiczny jej atmosfery. Taka teza jest obecnie częścią programu astrobiologicznego NASA i docelowo planuje się jej zastosowanie w poszukiwaniach życia na planetach spoza Układu Słonecznego.

Jeżeli przyjrzymy się Ziemi, zobaczymy atmosferę, która – pomijając gazy szlachetne – ma skład niemalże całkowicie określony przez organizmy żyjące na powierzchni planety. Jeżeli jakaś katastrofa usunęłaby całość życia z Ziemi nie zmieniając niczego innego, skład chemiczny zarówno jej atmosfery, jak i powierzchni błyskawicznie – w skali geologicznej – przybrałyby postać zbliżoną do tych na Marsie czy Wenus. Są to suche planety z atmosferami zdominowanymi przez dwutlenek węgla i bliskie stanowi chemicznej równowagi. Całkowicie odmiennie niż Ziemia – my mamy chłodną, wilgotną planetę z niestabilną chemicznie atmosferą, której skład mimo to pozostaje stały i zawsze odpowiedni dla życia. Prawdopodobieństwo zajścia takiej sytuacji jest jednak nieskończenie małe.

Nauka zajmuje się prawdopodobieństwem, dlatego jesteśmy zmuszeni rozważyć trudną do przyjęcia, ale bardziej prawdopodobną alternatywę: coś reguluje atmosferę. Co to może być? Musi to być coś związanego z życiem na powierzchni Ziemi, ponieważ wiadomo, że gazy występujące w atmosferze – tlen, metan i tlenek azotu – są niemal wyłącznie produktami biologicznymi, podczas gdy zawartość innych, azotu i dwutlenku węgla, bardzo znacząco wzrosła dzięki organizmom żywym. Co więcej, klimat zależy od składu atmosfery i istnieją dowody, że Ziemia utrzymywała całkiem dogodny [dla organizmów] klimat przez cały czas trwania życia, pomimo 30-procentowego wzrostu natężenia światła słonecznego. Te wszystkie fakty skłoniły mnie do zaproponowania w 1969 r. na łamach „Journal of the American Astronautical Society” hipotezy mówiącej, że biosfera reguluje atmosferę w swoim własnym interesie. Dwa lata później zacząłem współpracę z Lynn Margulis. Naszą pracę opublikował Tellus [instytut non-profit zajmujący się pracami badawczymi i doradztwem – przyp. tłum.]; stwierdziliśmy w niej: „Hipoteza Gai postrzega biosferę jako zdolny do przystosowywania się układ kontrolny (active adaptive control system), mający możliwość utrzymywania Ziemi w stanie homeostazy”.

Ta koncepcja była tak bardzo sprzeczna z poglądami biologów ewolucyjnych, że nie minęło wiele czasu, nim Ford Doolittle, Richard Dawkins i inni biolodzy postanowili ją obalić. Podkreślali, że planetarna regulacja za pomocą organizmów nie mogłaby wyewoluować, ponieważ to organizmy jako takie były przedmiotem selekcji – nie zaś Ziemia. Po pewnym czasie doszedłem do wniosku, że zgadzam się z nimi. Mieli rację: organizmy same z siebie nie mogły ewoluować tak, aby regulować globalne środowisko. Ale, zastanawiałem się dalej, czy cały system, organizmy i środowisko jednocześnie, nie mógł w toku ewolucji wykształcić mechanizmów samoregulacji? W 1981 r. sformułowałem hipotezę od nowa, w postaci ewolucyjnego modelu „Świata stokrotek” (Daisyworld), którego zadaniem było wykazanie, że samoregulacja może mieć miejsce na planecie, gdzie organizmy podlegają ewolucji zgodnie z zasadą selekcji naturalnej w warunkach presji środowiska. W zgodzie z założeniami tego modelu, hipoteza Gai została sformułowana na nowo w następujący sposób: „Ewolucja organizmów i ich środowiska abiotycznego postępuje jako osobny, wewnętrznie spójny proces, w trakcie którego samoregulacja środowiska w celu zapewnienia stanu nadającego się do zamieszkania jawi się nam jako trudny do pojęcia fenomen”.



Fot. Krzysztof Mazurkiewicz

Mniej więcej w tym samym czasie wraz z Andrew Watsonem i Mike'iem Whitfieldem odkryliśmy pierwszy z mechanizmów kontroli klimatu przez ziemski system, mianowicie zachodzącą przy współdziałaniu organizmów żywych reakcję pomiędzy dwutlenkiem węgla (CO_2) w atmosferze a krzemianem wapnia w glebie i skałach. Ten proces może regulować zarówno klimat, jak i poziom zawartości CO_2 na poziomie dogodnym dla roślin. Szybko odkryto inne domniemane mechanizmy regulacyjne, takie jak związek pomiędzy glonami morskimi, gazowym siarczkiem etanu, chmurami i klimatem. Do końca lat 80. uzyskano wystarczające dowody i modele hipotetycznego systemu, by usprawiedliwione było nazwanie tej teorii Teorią Gai.

Pomimo tego, w społeczności biologów teoria Gai niemal powszechnie została odrzucona, a nauka o *ziemskim systemie* była ignorowana jeżeli chodzi o aspekt ewolucyjny. Później, w połowie lat 90., teorią Gai zainteresował się William Hamilton. Zaakceptował on to, co już wtedy było oczywistą oznaką takiego sposobu regulowania środowiska, by znajdowało się ono w stanie dogodnym dla flory i fauny. Uznał za wyzwanie wyjaśnienie, w jaki sposób taki mechanizm mógł powstać poprzez ewolucję drogą doboru naturalnego. Opublikował (wraz z Timem Lentonem) pracę na temat powiązań między chmurami a glonami, a jego kolega Peter Henderson podjął się stworzenia modelu systemu ewolucyjnego zawierającego także środowisko abiotyczne.

Jakie więc związki z obecnym masowym wymieraniem gatunków ma to nowe spojrzenie na ewolucję i jakie implikuje ono praktyczne zastosowanie?

1. Zwraca naszą uwagę na biologiczną „infrastrukturę” Ziemi, mianowicie na mikroorganizmy. Lynn Margulis jako pierwsza wskazała na ich znaczenie i to, że ciągle odgrywają ważną, jeśli nie kluczową, rolę w regulacji na poziomie planety. Bakterie stanowiły całą biosferę przez 3 miliardy lat zanim organizmy wielokomórkowe, takie jak ludzie czy drzewa, zostały powołane do życia.

2. W świecie rzeczywistym, organizmy wzrastają w materialnym środowisku, gdzie wzrost jest mocno ograniczony przez prawa fizyki i chemii. Jeśli uwzględnić te ograniczenia w ewolucyjnych modelach biologicznych, możliwe staje się zbudowanie wielu rodzajów modelowych systemów stabilnych. Te modele oferują wgląd w naturę *systemu ziemskiego* i w konieczność istnienia różnorodności biologicznej.

Różnorodność biologiczna jest z reguły ceniona ze względu na swoją wartość estetyczną czy medyczną; my uważamy różnorodność biologiczną za ważną część planetarnej samoregulacji.

3. Uważamy interglacjalę taką, jak ten, w którym obecnie żyjemy, za wyjątkowy stan *systemu ziemskiego* i postrzegamy okresy zlodowaceń jako jego normalny stan. W obecnym interglacjale, wszystkie z systemów regulacyjnych, jakie odkryliśmy do tej pory, wydają się być w dodatnim sprzężeniu zwrotnym ze zmianami klimatu. Oznacza to, że jakakolwiek zmiana, zarówno ocieplenie, jak i ochłodzenie, jest przez nie wzmacniana, a nie osłabiana. Co więcej, geofizyczne sprzężenia zwrotne, takie jak efekt pokrywy lodowej, również mają charakter dodatni. Istniejący obecnie interglacjal jest okresem, kiedy regulacja czasowo zawodzi i na pewno nie jest to dobry moment, aby jeszcze bardziej zwiększyć zawartość gazów powodujących efekt cieplarniany lub zmniejszać różnorodność biologiczną.

Żyjemy w trakcie wielkiego wymierania, gdy wiele gatunków zanika w tempie, którego intensywność można porównać z okresami wielkich katastrof, o jakich dowiadujemy się z materiałów kopalnych, tak jak wtedy, gdy 65 milionów lat temu wymarły dinozaury. Troska towarzyszy znikaniu gatunków roślin i zwierząt w obszarach okołorównikowych, które czasem uważane są za reprezentatywne dla naturalnego stanu Ziemi. Te tropikalne regiony rzeczywiście charakteryzują się dużą różnorodnością biologiczną, ale zastanawiam się, czy - zamiast uważać to za stan naturalny - nie powinniśmy uważać różnorodności biologicznej za dowód na to, że to sama Ziemia bardzo stopniowo, lecz nieprzerwanie ulega nieodwracalnym zmianom. Nawet pojedyncza zmienna środowiskowa, temperatura, jest zakłócana w krótkiej perspektywie zmian dobowych, poprzez zmianę pór roku aż do zmiany glacialów w ciepłe okresy, takie jak obecny.



Fot. Dariusz Matusiak

Modele, które stworzyłem ze Stephanem Hardingiem, sugerują, że różnorodność biologiczna jest oznaką zakłóceń podczas stanu względnego zdrowia. Tym, co wydaje się być ważne dla zapewnienia dalszej egzystencji jest nie tyle różnorodność biologiczna jako taka, ale różnorodność potencjalna, zdolność zdrowego systemu do odpowiedzi poprzez różnicowanie się, gdy nadejdzie taka potrzeba. W lasach tropikalnych i innych zagrożonych regionach niszczenie różnorodności zmniejszy liczbę rzadkich gatunków. Pośród nich mogą być te zdolne do rozkwitu i podtrzymania struktury ekosystemu, kiedy nadejdzie następna wielka zmiana środowiskowa. To właśnie utrata różnorodności i utrata potencjału regionu do podtrzymania różnorodności biologicznej sprawia, że prowadzone na wielką skalę przekształcanie naturalnych ekosystemów w tereny użytkowane gospodarczo musi budzić poważne wątpliwości.

Teoria Gai nie stoi w sprzeczności z wielką wizją Darwina; jest czymś podobnym do neodarwinizmu, nowego spojrzenia na darwinowską teorię ewolucji. Podejrzewam, że minie trochę czasu zanim biolodzy i geolodzy zaczną wystarczająco blisko współpracować, byśmy doczekali pojawienia się w pełni zunifikowanej nauki o ziemskim systemie. William Hamilton w wywiadzie telewizyjnym nazwał proponowane przez teorię Gai spojrzenie na ewolucję jako „kopernikańskie”, ale dodał: „Oczekujemy jakiegoś Newtona, który by nam wyjaśnił, jak to wszystko funkcjonuje”.

James Lovelock

Tłumaczenie: Michał Sobczyk

Artykuł jest zapisem prelekcji w Green College w Oxfordzie z 26 kwietnia 2001 r. na spotkaniu pod

hasłem „Przyszłość ewolucji”.

Tekst pierwotnie ukazał się w piśmie „Resurgence” nr 211. Przedruk za zgodą redakcji.