

Ukryte oblicza ewolucji

Autor tekstu: **Karol Zub**

Najpowszechniejszy zarzut jaki pada pod adresem teorii ewolucji ze strony jej przeciwników jest brak współczesnych przykładów jej działania, zmian ewolucyjnych zachodzących na naszych oczach. „Pokażcie nam ewolucję w akcji” — mówią często kreacjoniści. Nie bez powodu Darwin pisząc „O powstawaniu gatunków” poświęcił sporą część tego dzieła doborowi sztucznemu, gdyż trudno było mu zademonstrować działanie doboru w warunkach naturalnych. Jeszcze sto lat po ukazaniu się tego dzieła odpowiedź na pytanie kreacjonistów byłaby trudna, ale dzisiaj możemy sypać przykładami jak z rękawa. Nie wszyscy jednak zdają sobie sprawę z tego jak wielkie zmiany zaszły w ostatnich dekadach w biologii ewolucyjnej.

Co jest potrzebne aby ewolucja mogła działać?

Podstawowym warunkiem tego procesu jest istnienie zmienności. Żywe organizmy, poza nielicznymi wyjątkami, nie są identycznymi kopiami, ale różnią się między sobą pewnymi cechami. Zespół cech danego organizmu (włączając w to cechy morfologiczne, fizjologiczne, behawioralne, relacje ze środowiskiem, itd.) określany jest mianem fenotypu. Określone fenotypy, w zależności od siły i kierunku działania czynników zewnętrznych, różnią się między sobą śmiertelnością i liczbą pozostawianego potomstwa. Taki nielosowy proces nazywamy doбором naturalnym i tak też określił to w swoim dziele [\[1\]](#) Darwin, w którym w ogóle nie używał terminu ewolucja. Jeżeli cechy, które podlegają doborowi naturalnemu i decydują o lepszej przeżywalności lub wyższym sukcesie rozrodczym, są odziedziczalne (czyli przekazywane w zapisie genetycznym potomstwu), wówczas mamy do czynienia ze zmianami ewolucyjnymi.

Jeszcze do końca lat 70-tych sztandarowym przykładem doboru zachodzącego w naturalnych populacjach był melanizm przemysłowy. Zjawisko to polegało na faworyzowaniu przez dobór melanistycznych form motyla krępacka nabrzozaka na terenach uprzemysłowionych [\[2\]](#). Niestety przez długi czas był to jeden z niewielu dobrze udokumentowanych przykładów na działanie doboru naturalnego. Wynika to przede wszystkim z samej natury większości cech żywych organizmów, które wykazują zmienność ciągłą. Cechy te, nazywane ilościowymi, są zdeterminowane wpływem wielu genów oraz interakcjami z czynnikami środowiskowymi. Co sprawia, że są trudne do badania. Dopiero rozwój nowych metod badawczych w latach 80-tych umożliwił analizę siły działania doboru naturalnego na cechy ilościowe i od tego momentu liczba publikacji dotyczących tego zagadnienia zaczęła rosnąć lawinowo. Nie oznacza to wcale, że badanie tego zjawiska jest sprawą prostą.

Podstawowym założeniem badań dotyczących działania doboru naturalnego jest zależność pomiędzy zmiennością danej cechy a jej bezpośrednim wpływem na dostosowanie (fitness) danego osobnika. Pamiętać przy tym należy, że w chwili obecnej podmiot ewolucji utożsamiamy z genotypem a nie z osobnikiem. Wówczas prosta miara dostosowania, jaką jest ilość pozostawianego potomstwa, nie wyczerpuje całej złożoności problemu, gdyż celu określenia dostosowania łącznego (inclusive fitness) musimy uwzględnić sukces rozrodczy osobnika w ciągu jego całego życia oraz sukces rozrodczy wszystkich spokrewnionych osobników, proporcjonalnie do stopnia ich podobieństwa genetycznego. Pokazuje to pierwszą trudność jaką musimy przezwyciężyć zajmując się doбором w warunkach naturalnych, gdyż oszacowanie dostosowania łącznego jest prawie niewykonalne dla większości dziko żyjących organizmów. Kolejny problem polega na tym, że dobór nie zawsze działa bezpośrednio na cechę, która nas interesuje (np. na przeżywalność), ale na inne cechy, które są z nią związane. Dzięki rozwojowi genetyki ilościowej jesteśmy obecnie w stanie pokazać, że nawet jeżeli dobór nie działa bezpośrednio na daną cechę, to jednak może działać na inną cechę, skorelowaną z nią genetycznie.

Drugą poważną przeszkodą jest fakt, że organizmy charakteryzują się pewnym zestawem cech, który pozwala im osiągnąć największe dostosowanie w określonym środowisku. W innym środowisku ten sam gatunek może mieć zupełnie inne cechy, więc jednym z rozwiązań jest umieszczenie osobników o podobnych cechach fenotypowych lub genotypowych w różnych warunkach. O ile jest to stosunkowo proste w warunkach laboratoryjnych, to nastęrcza wiele trudności w naturze. Innym podejściem jest tzw. inżynieria fenotypowa, czyli ekstremalne rozszerzenie zmienności danej cechy. Takie podejście z powodzeniem zastosował Malte Andersson w swoich klasycznych badaniach nad

doborem płciowym, kiedy różnicował długość piór ogonowych u wikłacza olbrzymiego poprzez ich doklejanie i przycinanie, aby wykazać, że samice preferują osobniki z najdłuższymi ogonami [3]. Jednak taka manipulacja jest jedynie drogą pośrednią, gdyż nie pozwala na analizę doboru w dzikich populacjach, charakteryzujących się ograniczoną zmiennością danej cechy.

Dobór doborowi nierówny

Rozróżniamy trzy podstawowe rodzaje doboru naturalnego: kierunkowy, stabilizujący i różnicujący (inaczej rozrywający). Dobór kierunkowy działa szczególnie silnie na rozmiary ciała, podczas gdy jego wpływ na inne cechy wydaje się mieć mniejsze znaczenie. Nie umniejsza to jednak jego ogromnego znaczenia, gdyż większość badań prowadzonych w naturalnych populacjach pokazuje, że duże osobniki charakteryzują się wyższą przeżywalnością, płodnością i liczbą partnerów rozrodczych. Co więc powstrzymuje organizmy przed ciągłym zwiększaniem rozmiarów ciała? Tym czynnikiem jest wymieranie, bowiem gatunki o większych rozmiarach ciała zazwyczaj charakteryzują się niższą liczebnością populacji, dłuższym czasem trwania jednego pokolenia i potrzebują więcej przestrzeni życiowej. Wszystko to zwiększa ich szanse na wymarcie, kiedy warunki środowiska zmieniają się. Nie zmienia to jednak faktu, że u wielu grup organizmów (dotyczy to szczególnie ssaków i dinozaurów) obserwuje się w czasie ewolucyjnym tendencję do zwiększania rozmiarów ciała, zjawisko znane pod nazwą reguły Cope'a. Najlepszym jej przykładem są pterozaurowe, które w ciągu 155 milionów lat swego istnienia zwiększyły rozmiary o 3000%, czemu jednak towarzyszyło stopniowe zmniejszanie się różnorodności tej grupy gadów. Warto przy okazji przypomnieć, że największy skok w wielkości ciała pterozaurów nastąpił tuż po pojawieniu się ptaków, co może wskazywać na konkurencję jako główny czynnik doboru kierunkowego w tej grupie zwierząt.

Często przyjmuje się, że organizmy są dobrze przystosowane do środowiska w którym żyją, w związku z tym powinien działać na nie dobór stabilizujący. Posługując się pojęciem krajobrazu adaptacyjnego, można powiedzieć, że organizmy znajdują się na szczycie, na którym utrzymuje je właśnie dobór stabilizujący, usuwający najbardziej ekstremalne fenotypy. Jednak badania empiryczne pokazują, że większość populacji znajduje się jedynie na zboczu, próbując dotrzeć do szczytu, a zaskakująco wiele populacji jest gdzieś w głębokiej dolinie adaptacyjnej. Wydaje się, że jest to spowodowane losowymi zmianami środowiskowymi, które powodują, że szczyty adaptacyjne przesuwały się w czasie. Warunki życia organizmów rzadko bywają stabilne w dłuższej perspektywie czasowej, w związku z tym kiedy już dobór kierunkowy przesuwa populację w pobliże szczytu, ten przesuwa się w kierunku innego zestawu cech zwiększających dostosowanie.

Biorąc pod uwagę te ograniczenia doboru stabilizującego, nie dziwi stosunkowo częste występowanie w przyrodzie doboru różnicującego. Jeżeli warunki środowiskowe podlegają ciągłym zmianom bycie średniakiem wydaje się najlepszą strategią. Jednak wówczas coraz więcej osobników zaczyna korzystać z najbardziej dostępnych zasobów (np. ofiar o średnich rozmiarach ciała), co prowadzi do wzrostu konkurencji. W takiej sytuacji przewagę uzyskują osobniki specjalizujące się w mniej rozpowszechnionych zasobach (np. bardzo małych lub bardzo dużych ofiarach) i z biegiem czasu konkurencja powoduje wzrost dostosowania tych ekstremalnych fenotypów, kosztem osobników o fenotypach pośrednich.

Wygórowane oczekiwania

Wyniki licznych badań pokazują, że dobór naturalny, szczególnie kierunkowy, jest na tyle silny, że potrafi dokonać znaczących zmian genotypowych w przeciągu kilkudziesięciu lub kilkuset pokoleń. Z ewolucyjnego punktu widzenia jest to czas bardzo krótki. Jednak niewykluczone, że taki optymistyczny obraz bierze się z tego, że wyniki badań pokazujące silniejsze efekty działania doboru naturalnego mają większą szansę na publikację, niż te przedstawiające słabsze efekty lub ich brak. Sprawia to, że nasze oczekiwania co do efektów działania doboru są znacznie większe od jego rzeczywistych możliwości. Nasze rozbudzone nadzieje wiążą się również z faktem, że zazwyczaj mierzone są jedynie pojedyncze komponenty dostosowania i to w stosunkowo krótkim okresie czasu (np. przeżywalność osobników lub ich sukces rozrodczy w jednym sezonie). Jedynie około 5% badań dostarcza informacji o dostosowaniu łącznym, mierzonym w czasie całego życia danego osobnika, co oddaje rzeczywiste efekty działania doboru.

Najlepszym przykładem jak wielkie trudności piętrzą się przed biologami ewolucyjnymi próbującymi określić kierunek działania doboru naturalnego są badania prowadzone na gryzoniach [4], m. in. przez autora tego tekstu. Liczebność populacji tych ssaków podlega okresowym wahaniom, co sprawia, że drastycznie zmieniają się warunki pokarmowe. Związane jest to z różną

intensywnością żerowania, które wpływa zarówno na ilość, jak też jakość pokarmu. W związku z tym dobór naturalny faworyzuje „oszczędne” fenotypy (osobniki o mniejszej masie ciała i niższym tempie metabolizmu), kiedy występuje niedobór pokarmu, natomiast bardziej „rozrzutne” kiedy jest jego nadmiar. Ponadto warunki życia gryzoni zmieniają się sezonowo. Szczególnie dobrze widoczne jest to w przypadku norników, które żywią się głównie zielonymi częściami roślin, więc zimą w populacjach tych gryzoni przewagę uzyskują osobniki o mniejszej masie ciała lub niższym tempie metabolizmu, czyli takie które są w stanie zadowolić się skromniejszymi zasobami. Jednak w okresie rozrodczym kierunek doboru odwraca się, gdyż większe osobniki są w stanie kojarzyć się z większą liczbą partnerów i wydać na świat więcej potomstwa. Ponadto kierunek działania doboru zależy może również od aktualnych warunków pogodowych, gdyż np. niskie temperatury mogą zwiększać przeżywalność osobników o wyższym podstawowym tempie metabolizmu, które odpowiada m. in. za utrzymanie ciepłoty ciała. Potencjalnie siła działania doboru naturalnego w okresie zimowym jest ogromna, gdyż w niektórych latach śmiertelność gryzoni przekracza 90%. Z drugiej jednak strony dobór działający na cechy związane z rozrodem jest znacznie silniejszy, w wyniku czego dziedziczone są cechy pojedynczych osobników, którym udało się przeżyć niekorzystny okres zimowy i rozmnożyć się. Nie musi to jednak prowadzić do zwiększenia dostosowania ich potomstwa, któremu przyjdzie żyć w innych warunkach środowiskowych. Ponadto musimy pamiętać o zjawisku plastyczności fenotypowej, kiedy ten sam genotyp daje osobniki o różnych cechach w zależności od okoliczności zewnętrznych. U norników przejawia się to wstrzymaniem wzrostu przez zwierzęta urodzone późnym latem i jesienią, co może stanowić przystosowanie do warunków zimowych. Ten krótki przykład pokazuje tylko część z ogromnego repertuaru komplikacji z jakimi przychodzi mierzyć się badaczom próbującym przyłapać ewolucję „na gorącym uczynku”.

Nawet jeżeli stwierdzimy silne działanie doboru na cechy odznaczające się wysoką odziedziczalnością, to wcale nie oznacza, że zaobserwujemy jakiegokolwiek zmiany ewolucyjne. Wynika to z tego, że każda zmiana warunków środowiskowych prowadzi do zmiany kierunku doboru i znosi jego wcześniejsze efekty. To jednak pozwala na utrzymanie się w populacjach ogromnej zmienności, która przy odpowiednio silnym działaniu czynników zewnętrznych może zaowocować wyodrębnieniem się kompletnie nowych fenotypów. Zazwyczaj jednak proces specjacji jest trudny do uchwycenia, gdyż drastyczne zmiany środowiskowe nie zdarzają się zbyt często, zachodzą w stosunkowo długim czasie lub nie mają charakteru kierunkowego.

Czy biologia ewolucyjna przeżywa kryzys?

Jak piszą w swoim artykule Kingsolver i Pfennig [5], dobór jest potencjalnie silny, ale zazwyczaj trudny do wykrycia. W związku z tym wydaje się, że kolejne doniesienia o kryzysie biologii ewolucyjnej są przesadzone, o czym pisał ostatnio na łamach „Racjonalisty” Jerry Coyne. Najczęściej jest to pogląd reprezentowany przez biologów molekularnych, którzy skupiają się na zjawiskach takich jak horyzontalna wymiana genów, makromutacje, zmiany epigenetyczne i dziedziczenie oparte na mikroRNA. Niewątpliwie są to ważne procesy ewolucyjne, jednak nie dowodzą one, że teoria ewolucji w swoich podstawowych założeniach jest koncepcją przestarzałą. Przeciwnie, najprawdopodobniej zjawiska te z czasem staną się jej cennym uzupełnieniem, gdyż w przeciwieństwie do kreacjonistów biolodzy ewolucyjni nie twierdzą, że ich wiedza jest ostateczna i skończona. Takie dyskusje pokazują jednak, jak współczesny system finansowania i promocji nauki może wpływać na kierunek prowadzonych badań oraz interpretację ich wyników. Badania ewolucyjne prowadzone w naturalnych populacjach są skomplikowane i długotrwałe, w przeciwieństwie do badań molekularnych, które przynoszą efekty znacznie szybciej. Ponadto genetyka ilościowa, będąca ważnym narzędziem służącym do szacowania efektów ewolucyjnych działania doboru naturalnego, jest zwyczajowo mocno osadzona w badaniach na zwierzętach i roślinach udomowionych, natomiast rzadko znajduje zastosowanie w badaniach prowadzonych na dzikich populacjach. Wszystko to sprawia, że rola tradycyjnie pojmowanego procesu doboru naturalnego, jako podstawowego mechanizmu ewolucji, bywa często niedoceniana lub wręcz zapomniana.

Przypisy:

[1] Darwin C. 1859. On the Origin of Species. Pełny tekst pierwszej edycji w formacie PDF na stronie University of New South Wales.

http://embryology.med.unsw.edu.au/pdf/Origin_of_Species.pdf

- [2] Cook LM, Mani GS and Varley ME. 1986. Postindustrial melanism in the peppered moth. *Science*, 231:611-613.
- [3] Andersson M. 1982. Female choice selects for extreme tail length in a widowbird. *Nature*, 299: 818-820.
- [4] Ergon T, Speakman JR, Scantlebury M, Cavanagh R, Lambin X. 2004. Optimal body size and energy expenditure during winter: why are voles smaller in declining populations? *American Naturalist*, 163: 442-457.
- [5] Kingsolver JG, Pfennig DW. 2007. Patterns and Power of Phenotypic Selection in Nature. *BioScience*, 57:561-572.

Karol Zub

Doktor biologii, pracuje w Instytucie Biologii Ssaków PAN w Białowieży, gdzie zajmuje się badaniami z pogranicza ekologii, genetyki, fizjologii i ewolucjonizmu.

[Pokaż inne teksty autora](#)



(Publikacja: 23-10-2012)

[Oryginał..](http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,8449) (<http://www.racjonalista.pl/kk.php/s,8449>)

Contents Copyright © 2000-2012 Mariusz Agnosiewicz
Programming Copyright © 2001-2012 Michał Przech

Właścicielem portalu Racjonalista.pl jest Fundacja Wolnej Myśli.
Autorem portalu jest Michał Przech, zwany niżej Autorem.

Żadna część niniejszych opracowań nie może być wykorzystywana w celach komercyjnych, bez uprzedniej pisemnej zgody Właściciela, który zastrzega sobie niniejszym wszelkie prawa, przewidziane w przepisach szczególnych, oraz zgodnie z prawem cywilnym i handlowym, w szczególności z tytułu praw autorskich, wynalazczych, znaków towarowych do tego portalu i jakiegokolwiek jego części.

Wszystkie elementy tego portalu, wliczając w to strukturę katalogów, skrypty oraz inne programy komputerowe są administrowane przez Autora. Stanowią one wyłączną własność Właściciela. Właściciel zastrzega sobie prawo do okresowych modyfikacji zawartości tego portalu oraz opisu niniejszych Praw Autorskich bez uprzedniego powiadomienia. Jeżeli nie akceptujesz tej polityki możesz nie odwiedzać tego portalu i nie korzystać z jego zasobów.

Informacje zawarte na tym portalu przeznaczone są do użytku prywatnego osób odwiedzających te strony. Można je pobierać, drukować i przeglądać jedynie w celach informacyjnych, bez czerpania z tego tytułu korzyści finansowych lub pobierania wynagrodzenia w dowolnej formie. Modyfikacja zawartości stron oraz skryptów jest zabroniona. Niniejszym udziela się zgody na swobodne kopiowanie dokumentów portalu Racjonalista.pl tak w formie elektronicznej, jak i drukowanej, w celach innych niż handlowe, z zachowaniem tej informacji.

Plik PDF, który czytasz, może być rozpowszechniany jedynie w formie oryginalnej, w jakiej występuje na portalu. **Plik ten nie może być traktowany jako oficjalna lub oryginalna wersja tekstu, jaki prezentuje.**

Treść tego zapisu stosuje się do wersji zarówno polsko jak i angielskojęzycznych portalu pod domenami Racjonalista.pl, TheRationalist.eu.org oraz Neutrum.eu.org.

Wszelkie pytania prosimy kierować do redakcja@racjonalista.pl