

Jednak pomimo wszystkich trudności *Wszechświat* był wydawany mniej lub bardziej regularnie, z przerwami na obie wojny światowe, a od 1930 roku patronat nad nim objęło Towarzystwo im. Kopernika. W czasach PRL, w okresie stanu wojennego, w 1981 roku zawieszono edycję *Wszechświata* na 9 miesięcy, jednak potem uzyskano zgodę na jego wydawanie. Po 1989 roku mimo trudności finansowych z uzyskiwaniem finansowania i sponsorów *Wszechświat* zmienił korzystnie swoją formę – zyskał kolor, znacznie podniosła się atrakcyjność fotografii, jakość papieru, a przejście na wydawanie w cyklu kwartalnym (z zachowaniem numeracji miesięcznej) pozwoliło drukować większe materiały.

We *Wszechświecie* publikowane są artykuły naukowe przedstawione w formie przystępnej, artykuły informacyjne, drobiazgi, wspomnienia z podróży, pięknie ilustrowane „Obrazki” opisujące przyrodę w różnych regionach Polski i świata, sylwetki wielkich uczonych, recenzje książek przyrodniczych. Drukujemy wykłady przedstawiane przez znanych polskich naukowców w ramach „Tygodnia Mózgu” w Krakowie. Publikujemy również prace laureatów olimpiad biologicznych. Tematyka artykułów publikowanych we *Wszechświecie* obejmuje szeroko pojęte nauki przyrodnicze – biologię, medycynę, chemię, geografę i geologię, astronomię, biocybernetykę. Autorami artykułów są zarówno doświadczeni pracownicy naukowcy, nauczyciele, jak i studenci, młodzież licealna i dorośli miłośnicy przyrody. Wszystkie artykuły są recenzowane przez specjalistów, co zapewnia ich odpowiadający poziom naukowy. Pismo jest adresowane do szerokiego grona czytelników zainteresowanych tematyką przyrodniczą. Młodzi ludzie – studenci i licealiści mogą, dzięki starannym recenzjom ich prac, nauczyć się rzetelnego, naukowego podejścia do analizy dostępnych materiałów i pisania artykułów.

Wszechświat istnieje dzięki ofiarnej i bezinteresownej pracy wszystkich członków Redakcji. Również autorzy artykułów i zdjęć oraz recenzenci nie pobierają żadnych honorariów, jednak przygotowanie do druku i drukowanie związane jest z pewnymi kosztami.

Dlatego szanowni i drodzy Czytelnicy, jeszcze raz gorąco apeluję w imieniu własnym i całego zespołu redakcyjnego, o pomoc i radę w znalezieniu sponsorów bądź dotacji która umożliwiłaby dalsze wydawanie popularno-naukowego czasopisma *Wszechświat*. Wpłaty można przysyłać na konto: 81 1500 1142 1220 6033 9745 0000, Bank Zachodni WBK, XXII Oddział Kraków, Polskie Towarzystwo Przyrodników im. Kopernika, Redakcja Pisma Przyrodniczego *Wszechświat*, ul. Podwale 1, 31-118 Kraków, z dopiskiem „na ratowanie *Wszechświata*”.

Z serdecznymi pozdrowieniami,
Maria Śmiałowska
Redaktor Naczelna *Wszechświata*

KONIECZNOŚĆ REWIZJI SPOSOBU POPULARYZACJI DARWINOWSKIEJ TEORII NATURALNEJ SELEKCJI I KILKA ELEMENTARNYCH STWIERDZEŃ TEJ TEORII. DLACZEGO DARWINOWSKĄ TEORIĘ NATURALNEJ SELEKCJI WARTO TRAKTOWAĆ NA SERIO?

Adam Łomnicki (Kraków)

Kwestia nazewnictwa

Przedstawiając w różnych gremiach w Polsce, także wśród przyrodników, wybrane aspekty darwinowskiej teorii stwierdziłem jej częste niezrozumienie. Teoria ta jawi się wielu ludziom jako niejasna opowieść, w której główną rolę gra dobór, a ponieważ mowa tam także o doborze płciowym, wygląda na to, że chodzi o dobieganie się par przed rozpoczęciem wydania potomstwa.

Wysoko ceniąc dokonanie Szymona Dicksteina i Józefa Nuzbauma, którzy w XIX wieku doprowadzili do przetłumaczenia podstawowego dzieła Darwina „O pochodzeniu gatunków...” na język polski i szanując wprowadzoną przez nich zasadę, aby angielski termin ‘*selection*’ tłumaczyć bardziej polskim słowem jako ‘dobór’, nie możemy dłużej ukrywać, że takie tłumaczenie wydaje się być ważnym powodem kłopotów, jakie mamy z prezentacją tej teorii.

Ponieważ słowo ‘dobór’ utrwaliło się w polskiej literaturze ewolucyjnej i w zoologii, rezygnacja z tego słowa na rzecz ‘selekcji’ musi być oparta na przekonujących dowodach. Popatrzmy najpierw jak definiuje słowo ‘dobór’ trzypiętomowy Słownik Języka Polskiego wydany przez PWN w roku 1978. Otóż ‘dobór’ wg tego słownika to „dobieranie, wybieranie najodpowiedniejszych jednostek lub przedmiotów; zbiór ogół tak dobranych jednostek; Dobór kandydatów na studia”. Jest tam także zgodna z rzeczywistością krótka definicja doboru naturalnego i doboru płciowego, natomiast dobór sztuczny to według tego Słownika „krzyżowanie przez hodowcę osobników o pożądanych właściwościach w celu utrwalenia i spotęgowania tych właściwości u potomstwa”, co jest w tym przypadku definicją błędną, bo zbyt zawężoną. Natomiast selekcja jest w tym Słowniku definiowana między innymi jako „dobór przez eliminację”. W dużym Słowniku Polsko-Angielskim PWN z roku 2002 ‘dobór’ tłumaczony jest jako ‘*selection*’, natomiast w tymże Słowniku Angielsko-Polskim ‘*selection*’ nie jest tłumaczone jako dobór, ale jako ‘selekcja’ lub ‘wybór przez eliminację’.

Różnica między tymi dwoma terminami jest widoczna, gdy porównamy znaczenie słów ‘dobieranie’ i ‘selekcjonowanie’. W dobieraniu chodzi o dopasowanie dwóch lub więcej przedmiotów lub osobników do siebie, tak jak dobieranie klucza do zamka lub przyjaciela ze względu na podobne gusta. W selekcjonowaniu chodzi o podział grupy przedmiotów lub osobników ze względu na ich właściwości i usunięcie części z nich poza tę grupę.

Nie da się ukryć, że w języku polskim ‘dobór’ jest pojęciem pozytywnym, zaś ‘selekcja’ negatywnym. Ponieważ przyrodę i w ogóle stany naturalne uważamy za zjawiska pozytywne, aby nie powiedzieć kochane, rodzime i bukoliczne, przykro by nam było uświadomić sobie, że w przyrodzie drogą naturalnej selekcji ginie ogromna liczba osobników młodych przed osiągnięciem dojrzałości reprodukcyjnej, a nawet te, które wiek dojrzałości reprodukcyjnej osiągnęły, giną niekiedy bezpotomnie. Dotyczy to wszystkich roślin, zwierząt i mikroorganizmów. Trzeba to wyraźnie powiedzieć wykładając darwinowską teorię nie tylko studentom, ale także uczniom w szkołach średnich. Może być przykre, że przyroda tak właśnie działa, ale ukrywanie tego utrudnia zrozumienie procesu darwinowskiej ewolucji. Nie wydaje się, aby możliwe było jednoznaczne wyjaśnienie darwinowskiej teorii bez powrotu do terminu ‘selekcja’. Jest to tym bardziej wskazane, że w Polsce w hodowli i w doskonaleniu zwierząt i roślin ‘*selection*’ tłumaczy się jako ‘selekcja’, z czego wielu ludzi sądzi, że selekcja i dobór to

dwa zupełnie różne zjawiska, a sztuczna selekcja roślin i zwierząt nie ma nic wspólnego z doborem. Takie odróżnienie jest oczywistym błędem, ponieważ już Karol Darwin w oparciu o obserwacje selekcji sztucznej prowadzonej przez ludzi wnioskował o przebiegu selekcji naturalnej. Tłumaczenie w literaturze rolniczej ‘*selection*’ jako ‘selekcja’ wyklucza inne tłumaczenie tego terminu, na przykład jako ‘eliminacja’, bo mogło by to doprowadzić do dalszych nieporozumień między biologami a rolnikami.

Można się obawiać, że dla wielu ludzi ‘dobór naturalny’ oznacza dobieranie się par zwierząt przed kojarzeniem się i z tego dobierania wynikają zmiany ewolucyjne opisane przed Darwinem. Taką interpretację potwierdza termin ‘dobór płciowy’, który dla wielu osób oznacza po prostu dobieranie się dwóch osobników różnej płci oraz definicja doboru sztucznego ze Słownika Języka Polskiego mówiąca o krzyżowaniu osobników o pożądanych właściwościach. Nie zmienimy tych błędnych przekonań bez pozbycia się terminu ‘dobór’ i zastąpieniem go określeniem ‘selekcja’.

Mechanizm naturalnej selekcji

Rośliny, zwierzęta i mikroorganizmy, czyli wszystkie organizmy, mają kilka cech wspólnych, które powodują, że naturalna selekcja jest nie tylko możliwa, ale na dłuższą metę nieunikniona.

Po pierwsze, dla życia i rozmnażania organizmy potrzebują różnego rodzaju zasobów, których ilość i dostępność może być ograniczona. Jeśli jest nieograniczona, to przeżywają one lepiej i wydają więcej potomstwa, co powoduje wykładniczy wzrost populacji, opisywany tradycyjnie jako wzrost z postępowaniem geometrycznym. Karol Darwin podaje przykład słońi, które są gatunkiem wydającym niewiele potomstwa, niemniej przy braku śmiertelności przed wiekiem reprodukcyjnym z jednej pary słońi po 500 latach mogło by powstać 15 milionów osobników. Jest zatem sprawą oczywistą, że w przyrodzie więcej osobników się rodzi, aniżeli dożywa do swej reprodukcji. Mamy na to bezpośrednie dowody, para zwierząt rozmnażających się płciowo wydaje w swym życiu znacznie więcej niż dwa osobniki potomne, u ryb lub u drzew są to tysiące osobników potomnych. Dotyczy to także organizmów rozmnażających się wegetatywnie przez podział: jedna bakteria pozostawiona na odpowiedniej pożywce może w ciągu kilku godzin dać milion osobników. Świat przyrody ożywionej jest zatem pełen potencjalnych możliwości, które z powodu ograniczonej ilości zasobów i konkurencji o te zasoby nie mogą być zrealizowane.

Po drugie, nawet osobniki tego samego gatunku różnią się między sobą, i to nie tylko ze względu na płeć i wiek, ale także różnią się między sobą osobniki w tym samym wieku i tej samej płci. Najlepiej te różnice między osobnikami widać u roślin, ponieważ nie ma dwóch identycznych drzew ani nawet dwóch identycznych tulipanów. Laik nie zajmujący się biologią może nie dostrzegać różnic między poszczególnymi wróblami lub muchami domowymi, ale nawet laik łatwo zauważy, że krowy i kury różnią się wieloma cechami, takimi choćby jak mleczność krów i nośność kur. O istnieniu różnic między osobnikami tego samego gatunku świadczą eksperymenty o wpływie różnych szkodliwych warunków lub trucizn na przeżywanie osobników. Okazuje się, że osobniki umieszczone w szkodliwych warunkach różnią się opornością – jedne szybko giną, inne przeżywają niekiedy bardzo długo.

Po trzecie, różnice między osobnikami są w dużej mierze przekazywane z rodziców na potomstwo, czyli są dziedziczne. Nie oznacza to, że wszystkie cechy są zdeterminowane genetycznie, ponieważ wiemy, że nawet bliźniaki jednojajowe i ziemniaki będące klonem jednego osobnika różnią się także między sobą. Stosując chów wsobny, czyli kojarzenie ze sobą rodziców tych samych rodziców i powtarzając taki zabieg przez kilka pokoleń, można otrzymać populację osobników tak genetycznie jednolitą, że jeśli istnieją jakieś różnice między osobnikami to nie są one dziedziczne. Niemniej, jeśli grupa osobników jest genetycznie zmienna, to ta zmienność determinuje wiele ich cech wpływających na szanse przeżycia i liczbę wydanego potomstwa.

Po czwarte, różnice między rodzicami a potomstwem wynikają nie tylko z faktu, że cechy potomków nie są w pełni genetycznie zdeterminowane, ale także z tego, że sam przekaz genetyczny między rodzicami a potomstwem może ulegać zmianie. Są to tak zwane mutacje w materiale genetycznym, które co prawda przy rozpatrywaniu mutacji jednego genu u jednego osobnika występują bardzo rzadko, bo zwykle raz na 10 lub 100 tysięcy razy na pokolenie, niemniej w populacji składającej się z miliona osobników taka modyfikacja może się pojawić w ciągu jednego pokolenia u kilkunastu osobników. Gdy weźmiemy pod uwagę cały genom, determinujący wszystkie cechy osobnika, wówczas spodziewać się można w każdym pokoleniu co najmniej jednej genetycznej mutacji odróżniającej rodziców od dzieci. Obecnie, gdy mamy możliwość opisanie DNA całego genomu, wiemy, że u człowieka w jednym pokoleniu występuje kilkadziesiąt zmian w zapisie DNA między rodzicami a dziećmi. Nie znamy jeszcze wszystkich

relacji między DNA a cechami osobników, być może wiele z tych zmian w zapisie DNA nie będzie miało wpływu na cechy osobnika potomnego. Wiadomo natomiast, że jeśli nowe mutacje mają jakiś wpływ, to zwykle jest to wpływ negatywny, zmniejszający szanse przeżycia i wydania potomstwa. Jedynie w rzadkich przypadkach może się okazać, że powstała jakaś pożyteczna mutacja, zwiększająca prawdopodobieństwo przeżycia lub liczbę wydanego potomstwa.

Jeśli weźmiemy pod uwagę wszystkie cztery opisane powyżej zjawiska, które dotyczą wszystkich gatunków roślin, zwierząt i mikroorganizmów, to wynika z tego, że proces selekcji naturalnej w otaczającej nas przyrodzie jest nie do uniknięcia. U każdego gatunku w każdym pokoleniu ginie wiele osobników przed dojściem do reprodukcji z braku dostępu do zasobów, z powodu chorób infekcyjnych i zakażenia pasożytami, a poza tym zwierzęta są zabijane przez drapieżniki a rośliny zjadane przez roślinożerców. Świat jest pełen niebezpieczeństw, a im więcej osobników się rodzi, tym więcej ginie przed dojściem do reprodukcji. Jeśli jakieś nasienie padnie na litą skałę bez możliwości wykiełkowania, a drobne skorupiaki planktonowe giną zjedzone przez ryby, to nie jest to tak dramatyczne, jak zabicie antylopy przez lwa lub kuropatwy przez lisa, ale efekty takich zjawisk mogą być w procesie naturalnej selekcji podobne. Niezależnie od tego, w jaki sposób osobnik zostanie wyeliminowany z możliwości przekazania swego materiału genetycznego przyszłemu pokoleniu, wydaje się sprawą oczywistą, że taka eliminacja zależy od cechy danego osobnika. Jeśli wśród dziko żyjących myszy zdarzy się mysz biała, to jej szanse dożycia do reprodukcji są prawie zerowe. Ale osobników tak wyraźnie odróżniających się od pozostałych w swym gatunku jest zwykle niewiele. Różnice są przeważnie znacznie mniejsze; nieco mniejszy ciężar, nieco słabsze zapasy tłuszczu zgromadzone na zimę, nieco późniejszy termin rozpoczęcia lęgu mogą zwiększyć prawdopodobieństwo zginienia przed wydaniem potomstwa. Z tego wynika, że selekcja naturalna nie jest procesem ściśle zdeterminowanym, ale procesem losowym, określonym przez rachunek prawdopodobieństwa. Wpływ różnych cech osobnika na jego przeżycie i wydanie potomstwa jest oczywisty, a ponieważ dotyczy to cech określonych genetycznie, to proporcja cech zwiększających prawdopodobieństwo przeżycia i wydania potomstwa będzie wzrastać w populacji, a cech zmniejszających to prawdopodobieństwo będzie maleć. W ten sposób powstają przystosowania, czyli adaptacje, dzięki którym organizm daje sobie lepiej radę w danym siedlisku. Przystosowania,

czyli adaptacje, które są cechami powstałymi drogą naturalnej selekcji nie polegają na tym, że osobniki się zmieniają, ale że osobniki pozbawione tych przystosowań częściej umierają bezpotomnie, a liczba nosicieli tych przystosowań w następnych pokoleniach wzrasta. Zauważ, że mechanizm powstawania przystosowań nie przewiduje, co będzie w przyszłości, ale reaguje na to, co zdarzyło się w siedlisku w poprzednim pokoleniu. Naturalna selekcja jest zatem mechanizmem zupełnie nieświadomym, niczego nie przewidującym.

Dane empiryczne

Czy przedstawione powyżej warunki utrzymywania się naturalnej selekcji są empirycznie potwierdzone? Wątpliwości może budzić statystyczne działanie tej selekcji; mysz albinos w naturalnej populacji myszy domowych ma niższe prawdopodobieństwo dożycia do czasu reprodukcji, ale nie możemy stwierdzić czy na pewno zginie, bowiem wykryć to można badając całą populację myszy, aby ustalić jak duża proporcja białych myszy w stosunku wszystkich białych myszy i zwykłych myszy szarych zginęła.

Najwięcej o naturalnej selekcji wiemy z selekcji sztucznej prowadzonej przez człowieka, ponieważ selekcja sztuczna jest standardowym sposobem ulepszenia ras zwierząt hodowlanych i roślin uprawnych. Taka selekcja sztuczna polega nie tyle na odpowiednim krzyżowaniu osobników, ile na wybieraniu do następnego pokolenia tylko takich osobników, których cechy są dla człowieka najbardziej użyteczne. W przyrodzie nie ma samic ssaków, które produkowałyby rocznie tyle mleka, ile produkuje krowa, ani samicy ptaka, który rocznie składał by tyle jaj, ile składa kura. Ponieważ efektywność zabiegów selekcyjnych zależy od tego, w jakiej mierze dana cecha jest dziedziczna, zatem współcześnie proces sztucznej selekcji opiera się o podstawy genetyczne, czyli o dziedziny takie jak genetyka populacyjna i genetyka ilościowa. Teoretyczne modele selekcji opracowane w tych dziedzinach pozwalają przewidywać zmiany w średnich wartościach interesujących nas cech i sprawdzać je eksperymentalnie.

W badaniach selekcji naturalnej ważne badania nad grubością dziobów u tak zwanych zięb Darwin, żyjących na Galapagos, prowadził amerykański biolog Peter Grant z zespołem. Na wyspie tej bywają okresy tak opadów, jak i długotrwałe okresy suszy i ma to wpływ na rodzaj nasion dostępnych dla zięb. W okresie suszy nasiona mają grube pokrywy, które lepiej rozbijają ptaki z grubymi dziobami, w okresie

deszczowym nasiona są miękkie i lepiej dają sobie rade ptaki z cienkimi dziobami. Mierząc grubości dziobów jednego z gatunków tych zięb określono, w jaki sposób ich przeżywalność i sukces reprodukcyjny zależy od grubości dziobu, co pozwoliło przewidywać jakie zmiany w średniej jego grubości będą w następnym pokoleniu i sprawdzać to przewidywanie. W ten sposób uzyskano pełny opis selekcji w naturalnych warunkach.

Proces ewolucji darwinowskiej trwający przez wiele milionów, a nawet miliardów lat wydaje się niedostępny do badań eksperymentalnych, możemy jedynie porównywać skamieliny roślin i zwierząt oraz określać ich wiek z pomocą pierwiastków radioaktywnych. Nawet jeśli potrafimy także określać zmiany w DNA, jakie zaszły od czasu rozejścia się dwóch grup od wspólnego przodka, to trudno wyobrazić sobie eksperymenty trwające tysiące lub miliony lat. Coś podobnego można jednak zrobić z bakteriami, u których podział odbywa się co kilkanaście minut. Amerykański biolog – Richard Lensky prowadzi takie badania na pałeczce okrężnicy *Escherichia coli* od roku 1988 i uzyskał już dane po 50 tysiącach pokoleń dla 12 osobnych populacji utrzymywanych na tej samej pożywce. Co 500 pokoleń (około 75 dni) bakterie te są częściowo zamrażane, tak że można je przechowywać i badać poszczególne stadia procesu ewolucyjnego. Mimo że wszystkie populacje były klonem jednego osobnika i utrzymywane były na identycznych pożywkach, ich ewolucja przebiegała nieco inaczej w każdej populacji. Wynikać to może z tego, że jeśli jakaś mutacja przyspieszała wzrost tych bakterii w jednej z populacji i w ostateczności utrwaliła się, to następna mutacja przyspieszająca taki wzrost może być zupełnie inna. Stąd różnice między populacjami, w jednej tak duże, że bakterie w jednej z badanych populacji zdobyły po 31 500 pokoleniu możliwość korzystania z cytrynianu jako źródła energii, zjawiska nie znanego u *E. coli* w obecności tlenu. W tym przypadku Richard Lensky sugeruje, aby mówić o nowym gatunku powstałym drogą długotrwałej ewolucji. Niezależnie od tych różnic wszystkie te populacje wygrywają konkurencje ze swoim przodkiem, przechowywanym od początku eksperymentu, aczkolwiek tempo wzrostu tej przewagi nad wspólnym przodkiem w dalszych pokoleniach spada. Można zatem stwierdzić, że ewolucja jest nieprzewidywalna w szczególności, ale ostatecznie prowadzi do szybszego wzrostu, co u organizmów wielokomórkowych wynika z lepszego przeżywania i pozostawianej większej liczby potomków.

Przyczyny bezpośrednie (*proximate*) i funkcjonalne (*ultimate*)

Otóż podobnie jak w fizyce i w chemii, w biologii pewne zjawiska i procesy zachodzą wówczas, gdy spełnione są określone warunki. Tak na przykład drobne skorupiaki planktonowe, powszechnie występujące we wszystkich jeziorach wykonują w ciągu doby pionowe migracje: w dzień schodzą w niższe i chłodniejsze warstwy wody, w nocy wracają w pobliże powierzchni jeziora. To zjawisko można łatwo wywołać w głębokim naczyniu, albo utrzymując wodę w ciemnościach, albo oświetlając z góry. Zjawisko jest powtarzalne równie niezawodnie jak pojawienie się rosy na metalowym naczyniu wyjętym z lodówki w normalną pokojową atmosferę lub gaśnięcie świecy pozbawionej dopływu powietrza. Fizyk nie zadaje sobie pytania w jakim celu metal pokrywa się rosą a świeca gaśnie, ale biologa męczy pytanie w jakim celu plankton w ten sposób się przemieszcza. Oczywiście biolog chcąc uchodzić za prawdziwego uczonego, takiego jakimi są fizycy, nie wspomina o celu migracji, ale może zadać pytanie w jaki sposób małe skorupiaki planktonowe zwiększają swoją szansę przeżycia i wydania potomstwa przez pionowe migracje. Bo, jak nas poucza Karol Darwin, cała działalność roślin, zwierząt i drobnoustrojów nie polega na niczym innym, ale na dążeniu do pozostawienia jak największej swego potomstwa w przyszłych pokoleniach. Dlatego można bardziej naukowym językiem pytać jaka jest funkcja pionowych migracji. Pytanie o funkcje nie różni się jednak wiele od pytania o cel.

Rzecz w tym, że funkcja tych pionowych migracji była przez długie lata nieznana, a schodzenie w dzień w niższe warstwy wody było niezrozumiałe, ponieważ panuje tam niższa temperatura, która zmniejsza metabolizm, wzrost i rozrodczość drobnych skorupiaków, a dodatkowo brakuje tam planktonu roślinnego stanowiącego ich pożywienie. To zmniejsza szanse przeżycia i wydania potomstwa. Nic nie wskazywało na to, że drobnym wodnym skorupiakom szkodzi nadmierne oświetlenie lub zbyt wysoka temperatura wody w jej górnych warstwach. Sprawę tę wyjaśnił profesor Uniwersytetu Warszawskiego Maciej Gliwicz, gdy w latach 80. XX w. podjął pracę naukową w Zambii. Pobierając próbki planktonu z tamtejszego jeziora zauważył, że po każdej pełni księżyca następował wyraźny spadek liczebności tego planktonu, a następnie wzrost do kolejnej pełni księżyca. Mechanizm tych cyklicznych zmian okazał się prosty. Ponieważ ryby żerujące na planktonie zwierzęcym posługują się wzrokiem, najlepszym sposobem planktonu na przeżycie jest utrzymywanie

się w ciągu dnia na tych głębokościach, do których światło nie dochodzi, a przechodzenie w bardziej przyjazne miejsca dopiero w nocy. Z różnych względów organizmy planktonowe traktują noc księżycową jako normalne noce, natomiast dla ryb światło księżyca jest wystarczające do żerowania na planktonie gromadzącym się licznie przy powierzchni wody. Wtedy właśnie następuje poważna redukcja liczby organizmów planktonowych spowodowana pełnią księżyca i wyjadaniem ich przez ryby. Dlatego usprawiedliwione jest przypuszczenie, że pionowe wędrówki planktonu nie są niczym innym, jak obroną przed drapieżnikiem, czyli w tym przypadku przed rybami. Jeśli tak jest, to przewidujemy, że w jeziorach, w których ryb nie ma, nie ma też pionowych wędrówek planktonu. To też wykazał Maciej Gliwicz sprawdzając to przewidywanie w badaniach prowadzonych w jeziorach tatrzańskich. Tam, gdzie ryby od dawna są, mamy wyraźne pionowe migracje planktonu, zaś tam, gdzie ryb nigdy nie było, migracji takich nie ma.

Na pytanie, jakie są przyczyny dobowych migracji planktonu w jeziorach, biologia daje dwie różne przyczyny: jedną dotyczącą mechanizmu, drugą funkcji. Ta pierwsza nosi nazwę przyczyny bezpośredniej (ang. *proximate*) i w opisywanym tu przypadku dotyczy dobowych zmian oświetlenia, druga – ewolucyjnych przyczyn takiego a nie innego zachowania i bywa też nazywana przyczyną ultymatywną (ang. *ultimate*). Czasem mamy do czynienia z niezgodnością sygnału z realizowaną funkcją, tak jak w przypadku organizmów planktonowych, które noc księżycową traktują tak jak zwykłą noc.

Takich dwóch rodzajów przyczyn, bezpośredniej i funkcjonalnej jest w żywej przyrodzie wiele. Liczne gatunki ptaków migrujących w zimie na południe podejmuje swoją migrację z Europy środkowej wraz ze skracającym się dniem i można to eksperymentalnie potwierdzić u dzikich ptaków utrzymywanych w laboratorium, manipulując sztucznym światłem, tak aby naśladować skracający się dzień. Ale to tylko przyczyna bezpośrednia, przyczyną funkcjonalną jest głód i mróz w czasie zbliżającej się zimy.

Gdy matka znajduje się w rodzinie pszczołej, wydziela feromon, który informuje robotnice o jej obecności, co powoduje, że robotnice nie składają jaj. Gdy królowej nie ma i feromon nie jest wydzielany, robotnice przystępują do reprodukcji. Dawniej było to interpretowane tak, że feromon ten jest rodzajem trucizny uniemożliwiającej reprodukcję robotnic. Można wykazać, że tak nie jest, brak tego feromonu jest tylko przyczyną bezpośrednią – sygnałem, że w rodzinie pszczołej zabrakło matki i dla

rozprzestrzenia się w przyszłych pokoleniach genów robotnicy lepiej jest wydać samcze potomstwo, co nie jest funkcjonalnie opłacalne przy obecności królowej. W tym ostatnim przypadku lepiej zdać się na jej reprodukcję.

Czy można mówić o celu ewolucji drogą naturalnej selekcji?

Wszystko zależy od tego, jak zdefiniujemy celowość. Jeśli przyjmiemy, że celowość wymaga świadomego działania do uzyskania określonego efektu, to tak zdefiniowanej celowości w procesie ewolucji nie ma, występuje ona jedynie w selekcji sztucznej prowadzonej przez człowieka, celem doskonalenia cech roślin i zwierząt w kierunkach korzystnych dla ludzi, na przykład celem wzrostu mleczności krów. W wolnej przyrodzie ewolucja biologiczna do niczego nie dąży i żadnego przyszłego celu nie ma.

Można jednak rozpatrywać celowość powstałą w wyniku naturalnej selekcji bez udziału świadomości. Można na przykład zastanawiać się, co jest celem dobowych pionowych wędrówek planktonu w jeziorach, tak aby w ciągu dnia przebywać głęboko w ciemności, a w nocy być blisko powierzchni wody. Obecnie wiemy już, że tym celem nie jest unikanie nadmiernego światła lub zbyt wysokiej temperatury wody, ale unikanie ryb, które żerują na planktonie posługując się wzrokiem i dlatego nie potrafią żerować głęboko w ciemnościach. W tym przypadku cel został osiągnięty bez udziału świadomości; drobne skorupiaki będące składowymi planktonu albo mają zapisane w swym genomie aby w dzień migrować w głąb jeziora, a w nocy wracać blisko powierzchni, albo takiego zapisu nie mają. Te pierwsze mogą przeżyć i pozostawić potomstwo, te

drugie prędzej czy później zostają z populacji wyeliminowane. Nie ma w tym żadnej świadomości, a jedynie selekcja zmienności, tak aby pozostawić w populacji tylko osobniki lepiej przeżywające i dające więcej swych potomków przyszłym pokoleniom. Można zatem powiedzieć, że celem pionowych migracji jest unikanie drapieżnictwa ryb, a ponieważ takie stwierdzenie sugeruje działalność świadomą, można powiedzieć, że funkcją tych migracji jest unikanie tego drapieżnictwa.

Z różnic między populacjami bakterii badanej przez Lensky'ego po 50 tysiącach pokoleń stwierdzić można, że dokładna ewolucja pojedynczej nawet bardzo dużej populacji nie jest w pełni przewidywalna, natomiast przewidywalne jest to, że ewolucja drogą naturalnej selekcji prowadzi do maksymalizacji udziału swego materiału genetycznego, czyli maksymalizacji liczby swych potomków w przyszłych pokoleniach. Tylko te organizmy, których cechy taką maksymalizację zapewniają, mogą istnieć w przyrodzie, inne są eliminowane przez selekcję. Gdy taka maksymalizacja nie jest oczywista stawia to poważne zadanie dla biologii ewolucyjnej, aby wyjaśnić jakie mechanizmy doprowadziły do zjawisk, które wydają się być w sprzeczności z teorią naturalnej selekcji. Takimi poważnymi zadaniami był do niedawna altruizm biologiczny, ograniczona agresja, rozród płciowy lub tak drobna sprawa, że owady giną w świetle świec, a ptaki rozbijają się o latarnie morskie.

Z wieloma z tych poważnych zadań biologia ewolucyjna poradziła sobie i dlatego Darwinowska teoria naturalnej selekcji stała się ważną teorią dotyczącą wszystkich organizmów, która nie tylko tłumaczy zjawiska biologiczne, ale je przewiduje, a istnienia pewnych zjawisk nawet zabrania.

Prof. dr hab. Adam Łomnicki jest emerytowanym profesorem zwyczajnym Instytutu Nauk o Środowisku UJ. E-mail: adam.lomnicki@uj.edu.pl

KSENOTRANSPLANTACJA – SZANSA CZY ZAGROŻENIE?

Patrycja Badura (Kraków)

Wraz z rozwojem cywilizacji doszło do rozwoju chorób o zasięgu globalnym, które dotyczą ludzi pochodzących głównie z krajów średnio i wysoko zurbanizowanych. Ceną za życie w rozwiniętym państwie jest wzrastająca liczba zachorowań na choroby zwane cywilizacyjnymi, np.: choroby układu oddechowego, choroby sercowo-naczyniowe (choroba wieńcowa, zawał serca, miażdżyca), otyłość, cukrzyca, choroby przewodu pokarmowego, nowotwory

i inne. Za główną przyczynę odpowiedzialny jest styl życia, który charakteryzuje mała aktywność fizyczna, nieprawidłowe odżywianie, palenie tytoniu, przewlekły stres oraz rosnące zanieczyszczenie środowiska. Skala problemu jest tak duża, że badacze nieustannie szukają nowych metod leczenia. Od połowy XX wieku chirurdzy z powodzeniem wykorzystują narzędzie, jakim jest transplantacja, czyli przeszczepianie chorym zdrowych organów pochodzących od