

WRZESIEŃ/PAŹDZIERNIK 5/2016 (13)

z Przyrodą

Biologia w Szkole

361 indeks 352659 ISSN 0137-8031 CENA 37 zł (w tym 5% VAT)

CZASOPISMO DLA NAUCZYCIELI

NATURALNE MUMIE z bagien
i inne sekrety torfowisk

Zmieniająca się wielkość ciała
– czyli odpowiedź zwierząt na **ZMIANY KLIMATU**

Zajęcia w LESIE
– realizowane przez nauczyciela

MRÓWKI w szkole
– pomysł na szkolną hodowlę



ORLIK
krzykliwy

Art. nr. 440913

ISSN 0137-8031



770137803003

Zmieniająca się WIELKOŚĆ CIAŁA

DWARF 

EKOGEOGRAFIA



– czyli odpowiedź zwierząt
na **ZMIANY KLIMATU**

Od zarania dziejów człowiek chce poznać i zrozumieć otaczający go świat. Od Arystotelesa, przez Darwina, Dobzhansky'ego, do Dawkinsa biolodzy szukają odpowiedzi na wiele pytań związanych z różnorodnością form organizmów, ich behaviorem, zależnościami ekologicznymi, czyli miejscem w ekosystemie, a nawet wielkością ciała. Ta ostatnia dziś nabiera nowego znaczenia. Przecież nie tylko biolodzy, ale także osoby zarządzające zasobami naturalnymi są zainteresowane wielkością ciała organizmów, co związa-



Fot. 1. Przedstawiciel morskich niesporczaków (Tardigrada). Osobnik na zdjęciu należy do rodzaju *Batillipes* zasiedla piaszczyste dno morza i charakteryzuje się odnóżami z „paluchami”



Fot. 2. Przedstawiciel widłonogów (Copepoda) – *Calanus hyperboreus* zasiedlający morza na północy. Widłonogi w Arktyce są istotnym składnikiem diety ptaków

Często okazuje się, że organizmy są do siebie bardzo podobne, ale różnice w stosunkach długości szczecin lub pylek pozwalają wyznaczyć nowy gatunek – częsta praktyka w opisie np. roztoczy.

ne jest z biomasą zasobów naturalnych. Kiedy poznamy już narzędzia do badania wielkości ciała i zmienności organizmów, wystarczy ich użyć i połączyć z dotychczasową wiedzą na temat reguł ekogeograficznych oraz zmiennymi środowiskowymi (np. temperatura, światło, pokarm), aby znaleźć odpowiedź na pytanie, jakie są współczesne trendy zmian wielkości ciała zwierząt.

Morfometria i biometria

Pomocna staje się morfometria. Jest to dział nauki zajmujący się opracowywaniem odpowiednich metod pomiarów organizmów. Współcześnie badania morfometryczne prowadzi się nie tylko na poziomie gatunku, ale także populacji. Odpowiednio przygotowane pomiary organizmów mogą być wykorzystane przy obliczaniu biomasy, np. obliczenie masy zooplanktonu (czyli drobnych bezkręgowców unoszących się w toni wodnej) w jeziorach lub też obliczenie masy bezkręgowców w arktycznej tundrze, pozwalające określić współdziałanie oraz funkcję mikroskopijnych zwierząt w zbiorowiskach lądowych Arktyki. Ale przecież cechy morfometryczne to nie tylko badania związane z biomasą. Pomiary organizmów, zwłaszcza tych mikroskopijnych, nieraz pozwalają określić płeć. Dane morfometryczne są też wykorzystywane przy opisywaniu no-

wych gatunków. Często okazuje się, że organizmy są do siebie bardzo podobne, ale różnice w stosunkach długości szczecin lub pylek pozwalają wyznaczyć nowy gatunek – częsta praktyka w opisie np. roztoczy. W parze z morfometrią wędruje biometria, czyli nauka skupiająca się na badaniu zmienności organizmów. Wcześniej znana z filmów science fiction, dziś powszechnie praktykowana. Zastosowanie znalazła m.in. w skanowaniu tęczęwki oka czy skanach linii papilarnych związanych z bezpieczeństwem i porządkiem publicznym. Ale także może się przydać przy ogólnej ocenie liczby organizmów żywych, np. poprzez przepuszczenie wody przez specjalne skanery.

Reguły ekogeograficzne – wielkość ciała i kończyn

Zainteresowanie różnicami wielkości ciała organizmów ma długą historię, a rozkwit wiedzy dotyczącej tego tematu można śmiało datować na XIX w. Reguły ekogeograficzne, tj. Bergmanna, Allena, oraz obserwacje Heaneya tłumaczą, dlaczego jedne zwierzęta są małe, a inne bardzo duże. Reguła Bergmanna została sformułowana przez niemieckiego biologa Christiana Bergmanna w drugiej połowie XIX wieku. Bergmann zauważył, że blisko ze sobą spokrewnione zwierzęta stałocieplne

(ssaki, ptaki) w regionach polarnych są większe niż ich kuzyni w regionach klimatu tropikalnego. Ze względu na niskie temperatury w regionach polarnych i szybszą utratę ciepła większa masa zwierząt jest bardziej faworyzowana przez dobór naturalny, co z kolei ułatwia utrzymanie stałej temperatury. Odwrotnie jest w regionach o wysokiej średniej temperaturze, gdzie zwierzęta są mniejsze. Sztandarowym przykładem tej reguły są niedźwiedzie. Żyjące w Arktyce niedźwiedzie polarne mogą osiągać do 700 kg wagi i nawet ok. trzech metrów wysokości. Z kolei spokrewniony z miśsiem polarnym niedźwiedź malajski zamieszkujący lasy deszczowe Azji osiąga wagę 35 kg i wysokość 70 cm. Lis to kolejny doskonały przykład na potwierdzenie reguły Bergmanna. Lisy polarne osiągają wagę do 9 kg i długość wraz z ogonem ok. 90 cm. Fenek, czyli tzw. lis pustynny zasiedlający obszary subsaharyjskie, osiąga 1,5 kg wagi i długość ok 40 cm. Reguły Bergmanna należy także poszukać w naszym ludzkim ogródku, wystarczy porównać Europejczyków i Pigmejów o znacznie mniejszej masie i wzroście.

Regułę Allena sformułował amerykański biolog Joel Allen, również w drugiej połowie XIX wieku. Mówi ona, że peryferyjne części ciała zwierząt staclocieplnych (np. uszy, nos) są na ogół mniejsze u gatunków zamieszkujących strefy klimatu chłodnego niż u bliskich krewnych w strefach klimatu gorącego. Zjawisko to związane jest ponownie z termoregulacją. Zwierzęta w regionach polarnych chcą zatrzymać ciepło, z kolei te w klimacie ciepłym jak najwydajniej się chłodzić. Doskonałym przykładem są np. zajęce: polarny i antylopi. Ten pierwszy ma krótkie uszy, drugi, żyjący na terenie południowej Arizony, długie i szerokie. Kolejny spektakularny przykład to lis. Piesiec, czyli lis polarny, charakteryzuje się krótkimi uszami, lis rudy (znany z naszego podwórka) ma większe uszy, i fenek – który posiada największe i najszerokie uszy. Tak samo jak w przypadku reguły Bergmanna należy szukać podobnych zależności u ludzi. Wystarczy spojrzeć na krótkie kończyny i płaskie nosy Inuitów – rdzennych mieszkańców Arktyki północnoamerykańskiej.



Fot. 3. Statek badawczy „Oceania” – służy naukowcom do pobierania prób z mórz arktycznych



Fot. 4. Przedstawiciel morskich wieloszczetów (Polychaeta) – istotny element fauny bentosu w morzach

Na początku lat 60. dwóch biogeografów, tj. Robert McArthur oraz Edward Wilson, stworzyło modele wyjaśniające bogactwo życia organizmów na wyspach. Dziś ich badania znane są jako biogeograficzna teoria wysp i w skrócie zamykają się w trzech punktach:

- im wyspa jest większa, tym jest na niej więcej gatunków;
- im wyspa położona jest dalej od kontynentu, tym gatunków jest mniej;
- liczba nowych migrantów spada wraz z bogactwem gatunków na wyspie.

Mniej więcej w tym samym czasie (koniec lat siedemdziesiątych) Lawrence R. Heaney opublikował wyniki swoich badań dotyczących wiewiórek w Tajlandii i Malezji. Zauważył, że wielkość ciała wiewiórek wzrasta wraz z wielkością wyspy. Zjawisko to, jak i poprzednie, można łatwo wyjaśnić. Im większa wyspa, tym więcej potencjalnych siedlisk, więcej zasobów i mniej negatywnych interakcji z konkurentami o zasoby, co przekłada się na kondycję i ogólną masę ciała.



Fot. 5. Na zdjęciu topniejący lodowiec „Hans” i pracownicy Polskiej Stacji Polarnej w Hornsundzie (Spitsbergen). Naukowcy obserwują cofający się lodowiec od lat 80-tych



Fot. 6. Alczyki to najliczniejszy gatunek ptaków kolonijnych w Arktyce. Żywią się w morzu i pozostawiają duże ilości guana na lądzie przez co używiają ekosystemy lądowe

Małe komplikacje

Ekologia jest na tyle złożoną dyscypliną wiedzy, że nie istnieją w niej prawa, które przy okazji coraz to nowszych wyników trzeba by zmieniać. Ale istnieją reguły, z którymi można swobodnie dyskutować. Nie zawsze reguły opisane we wcześniejszym paragrafie znajdują potwierdzenie, co z kolei nie oznacza, że są błędne. Reguła Bergmanna mówi, że w niższych temperaturach zwierzęta stałocieplne są większe. Jednak w rejonach polarnych sprawdza się to także na bezkręgowcach, bardzo często mówi się o tzw. gigantyzmie polarnym w przypadku grup zwierząt wyraźnie większych niż ich krewniacy z klimatu umiarkowanego (np. skorupiaki). Ale w życiu, jak doskonale wiemy, bywa tak, że to

pokarm jest czynnikiem, który wpływa na naszą masę. W tym wypadku gigantyzm polarny może być interpretowany w nieco innym świetle. Badania morfometryczne prowadzone na arktycznych niesporczakach (*Tardigrada*) pokazały, że osobniki z populacji znajdujących się na obszarach nawożonych guanem przez morskie ptaki arktyczne są większe od tych znajdujących się poza zasięgiem kolonii ptasich. W Arktyce ptaki używiają tundrę i wpływają na większą biomasę roślinną, to z kolei przyciąga roślinożerne bezkręgowce. Zarówno rośliny, jak i mikroskopijne zwierzęta są pokarmem dla niesporczaków, dlatego też mają one więcej pożywienia i są większe w sąsiedztwie kolonii ptasich. Jak widać, wystarczy dodatkowy czynnik w analizach, żeby inaczej interpretować wyniki.

Na wielkość ciała może też wpływać presja drapieżnicza. Doskonale znany przykładem są skorupiaki w zbiornikach słodkowodnych. Tam gdzie znajdują się drapieżniki (np. ryby), presja selekcyjna jest wysoka i w środowisku często pozostają jedynie małe okazy, dobór naturalny nie faworyzuje w tym wypadku dużych osobników. Człowiek też ma swoje zasługi w kształtowaniu organizmów różnej wielkości. Najlepszym przykładem jest dobór sztuczny. Potrafiliśmy z wilka wyprowadzić setki ras psów, od bernardyna po małego yorka, różniące się wielkością, długością sierści i temperamentem, choć wciąż są tym samym gatunkiem. Karol Darwin w swoim dziele „O powstawaniu gatunków drogą doboru naturalnego, czyli o utrzymaniu się lepszych ras w walce o byt” porusza temat tego typu zjawisk. Jeśli człowiek przez kilka tysięcy lat potrafił stworzyć rasy o różnej wielkości i wyglądzie – to można sobie tylko wyobrazić, co natura potrafi zrobić przez miliony lat.

Kompleksowe badania dotyczące zmian rozkładów wielkości ciała zarówno kręgowców, jak i bezkręgowców, od środkowej Europy po daleką Arktykę prowadzą naukowcy z Zakładu Ekologii Morza (IO PAN Sopot) oraz Zakładu Taksonomii i Ekologii Zwierząt (UAM Poznań). Szukają oni odpowiedzi na pytanie, jakie czynniki wpływają na zmiany wielkości ciała zwierząt w obecnej dobie intensywnych zmian klimatu?

Zmieniający się klimat a wielkość ciała, czyli projekt DWARF

To, że klimat się zmienia, pozostaje dziś bezdyskusyjne. Znajdujemy się w geologicznym okresie interglacjalnym, czyli zgodnie z założeniami modeli klimatycznych w momencie, kiedy temperatura wzrasta i lodowce topnieją. Do tego wszystkiego nasza cywilizacja dokłada swoje trzy grosze. Ostatni raport Międzynarodowego Panelu Badań Zmian Klimatu (IPCC) nie pozostawia złudzeń, działalność człowieka przyspiesza zmiany klimatu i wpływa negatywnie na funkcjonowanie całej biosfery.

Niemalże każdy z nas słyszał o topniejących lodowcach, wzrastającym poziomie mórz czy wysychaniu jezior i rzek

Ze względu na niskie temperatury w regionach polarnych i szybszą utratę ciepła większa masa zwierząt jest bardziej faworyzowana przez dobór naturalny, co z kolei ułatwia utrzymanie stałej temperatury. Odwrotnie jest w regionach o wysokiej średniej temperaturze, gdzie zwierzęta są mniejsze.

na świecie. Ale czy zastanawiali się Państwo, jak zwierzęta reagują na te zmiany? Istnieją trzy główne odpowiedzi organizmów na globalne ocieplenie. Pierwsze związane jest ze zmianami zasięgów różnych grup zwierząt. Dziś bardzo często obserwuje się m.in. na północy Skandynawii zwierzęta, których zasięg występowania ograniczony był wcześniej do obszarów zlokalizowanych w niższych szerokościach geograficznych. Dotyczy to nie tylko dużych zwierząt, jak ptaki czy ssaki, ale także tych małych, które

z pozoru wydają się być mało wrażliwe na niewielkie zmiany temperatury, np. chrząszcze czy ważki. Druga odpowiedź na globalne ocieplenie to zmiany w fenologii, czyli zachowaniu organizmów związanych z wcześniejszym pojawianiem się w miesiącach rozrodu. Przykładowo, ze względu na wcześniejszą wiosnę wiele gatunków ptaków pojawia się znacznie wcześniej w miejscach gniazdowania niż w latach poprzednich. O zmianach w rozmieszczeniu, jak i fenologii zwierząt, wywołanych zmianami

klimatu dyskutowano w literaturze wielokrotnie. W prestiżowym czasopiśmie „Tree” (Trends in Ecology and Evolution) opisano trzecią, uniwersalną odpowiedź organizmów na zmieniający się klimat – jest to zmniejszenie rozmiarów ciała wywołane wzrostem temperatury. Tu pojawiają się naukowcy z Polski (IO PAN Sopot, UAM Poznań) oraz Norwegii (University of Oslo, Norwegian Institute for Nature Research), którzy, opierając się na powyżej opisanych regułach i zależnościach, włączają do badań:

- różne grupy zwierząt,
- materiał z kompleksowych poborów próbek od Polski po Arktykę,
- dane klimatyczne oraz fizykochemiczne.

Tego typu badania pozwolą nie tylko na prześledzenie zmian wielkości ciała zwierząt w gradiencie szerokości geograficznej, ale także pozwolą wskazać najważniejsze czynniki wpływające na zmiany wielkości ciała. Przede wszystkim tego typu kompleksowe próbkowanie i morfometria pozwolą odpowiedzieć na pytanie, czy wraz z globalnym ociepleniem i wzrostem temperatury zmieni się wielkość ciała zwierząt. Odpowiedź wraz z wszystkimi zebranymi danymi być może raz na zawsze pozwoli pokazać konkretne czynniki wpływające na wielkość ciała organizmów w naturalnych siedliskach. Więcej informacji na temat tych badań oraz lista ważnych publikacji dotyczących tej tematyki znajduje się na oficjalnej stronie projektu DWARF (ang. krasnal) – Declining size – a general response to climate warming in Arctic fauna?

Krzysztof Zawierucha

Wydział Biologii UAM, Zakład
Taksonomii i Ekologii Zwierząt

Autorem fotografii oprócz 2 i 4 jest Krzysztof Zawierucha

DWARF

Projekt finansowany/ współfinansowany ze środków funduszy norweskich, w ramach programu Polsko-Norweska Współpraca Badawcza realizowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju*



Fot. 7. Tundra w sąsiedztwie kolonii ptaków wygląda jak zielony dywan, a biomasa roślin jest znacznie wyższa niż w innych obszarach.