

Krótkie wykłady

EKOLOGIA

WYDANIE
DRUGIE



Aulay Mackenzie,
Andy S. Ball, Sonia R. Virdee

Krótkie wykłady

EKOLOGIA

Michał Kozakiewicz, Anna Kozakiewicz (Przedmowa, Sekcja A–R,
T – temat T1)

Krzysztof Dmowski (Sekcja S, T – temat T2, U–X)

W serii ukazały się: *Biochemia* wyd. 3 zm.,
Biologia molekularna wyd. 3 zm.,
Biologia roślin, Biologia rozwoju,
Biologia zwierząt wyd. 2 zm.,
Mikrobiologia wyd. 2 popr. i unow.,
Genetyka wyd. 3 zm.,
Ekologia wyd. 2 zm., *Immunologia* wyd. 2 zm., *Neurobiologia,*
Fizjologia sportu, Fizjologia człowieka,
Mikrobiologia medyczna,
Biomechanika sportu

Chemia organiczna, Chemia nieorganiczna,
Chemia fizyczna, Chemia leków,
Chemia analityczna, Chemia dla biologów

Krótkie wykłady

EKOLOGIA

A. Mackenzie,
A.S. Ball,
S.R. Virdee

WYDANIE DRUGIE
zmienione

Przekład

Michał Kozakiewicz, Anna Kozakiewicz,
Krzysztof Dmowski

 PWN

Dane oryginału
Instant Notes Ecology
Second edition

A. Mackenzie, A.S. Ball, S.R. Virdee
The Instant Notes series
Series editor B.D. Hames

© BIOS Scientific Publishers Limited, 2001
All Rights Reserved. Authorised translation from English language edition published
by Bios Scientific Publishers, a member of the Taylor & Francis Group

Wykorzystano układ i elementy graficzne okładki wydania angielskiego (za zgodą)

Opracowanie redakcyjne wydania 1 *Zespół*

Redaktor wydania 2 *Elżbieta Betlejewska*

Łamanie W-TEAM

Copyright © for the Polish edition
by Wydawnictwo Naukowe PWN SA
Warszawa 2000, 2005

ISBN 978-83-01-14464-7

Wydanie drugie zmienione – 3 dodruk
Warszawa 2015

Okladka: samica żarogłówka (*Calypte anna*) spijająca nektar kwiatu opuncji (*Opuntia* spp.). Zdjęcie dzięki uprzejmości Joyce i Paula Berquist.

Ten malutki koliber (o długości 7,5 cm i masie ciała 3 g) zawisa w powietrzu machając skrzydłami z szybkością 65 uderzeń na sekundę i wypija słodki nektar, który jest produkowany przez kwiat właśnie po to, by przywabić zapylające go ptaki. Żarogłówki występują wzdłuż zachodnich wybrzeży Ameryki Północnej od północnego Meksyku aż po południową Kanadę. Mają opalizujące brązowo-zielone upierzenie, samce wyróżniają się różowo-czerwonym gardłem i ciemieniem. Gniazda budowane są przez samice, które składają w nich po dwa malutkie jajeczka i wysiadują je, a następnie karmią młode bez pomocy samców. W sezonie lęgowym osobniki różnych płci występują w różnych siedliskach: samce zakładają swoje terytoria w ciernistych zaroślach chaparralu, samice zakładają gniazda wśród krzewów porzeczek *Ribes speciosum*, które kwitną wczesną wiosną i których nektar kwiatowy stanowi wówczas główne źródło ich pokarmu. Uważa się, że wzajemne przystosowania żarogłówek i porzeczek, pozwalające ptakom na bardzo wczesne rozpoczęcie sezonu lęgowego, rozwinęły się w drodze koewolucji.

Dlaczego żarogłówki są takie malutkie? Dlaczego samce ubarwione są inaczej niż samice? Dlaczego osobniki różnych płci zajmują różne siedliska? Jakie są czynniki ograniczające występowanie tego gatunku? Jak wykształciły się wzajemne zależności pomiędzy ptakami i kwiatami, na których żerują? Dlaczego samice składają właśnie po dwa jaja w lęgu, a nie jedno większe lub więcej mniejszych jajeczek? Dlaczego samce nie uczestniczą w opiece nad młodymi? Dlaczego kolibry występują tylko w obu Amerykach (a nie ma ich na innych kontynentach)? Odpowiedzi na takie właśnie pytania poszukują w swojej pracy badawczej ekologodzy, a omówienie zagadnień, których one dotyczą, znajdzie Czytelnik w tej książce.

Wydawnictwo Naukowe PWN SA
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2
tel. 22 69 54 321; faks 22 69 54 288
infolinia 801 33 33 88
e-mail: pwn@pwn.com.pl; www.pwn.pl
Druk i oprawa: OSDW Azymut Sp. z o.o.

SPIS TREŚCI

Skróty	VII
Przedmowa	VIII
Sekcja A – Wprowadzenie do ekologii	1
A1 Co to jest ekologia?	1
A2 Dekalog ekologiczny	3
Sekcja B – Przystosowania organizmów do środowiska	13
B1 Adaptacje	13
B2 Życie w zmiennych warunkach środowiska	17
B3 Nisza ekologiczna	22
Sekcja C – Klimat	27
C1 Promieniowanie słoneczne i klimat	27
C2 Mikroklimat	35
Sekcja D – Woda	39
D1 Właściwości wody	39
D2 Rośliny i woda	43
D3 Zwierzęta i woda	49
Sekcja E – Temperatura	53
E1 Temperatura a metabolizm	53
E2 Reakcja organizmów na temperaturę otoczenia	58
E3 Temperatura a rozmieszczenie organizmów	61
Sekcja F – Promieniowanie	65
F1 Rośliny a promieniowanie słoneczne	65
Sekcja G – Pierwiastki biogenne	73
G1 Zasoby i krążenie pierwiastków biogennych	73
G2 Rośliny i konsumenci	81
G3 Tworzenie się, właściwości i klasyfikacja gleb	84
Sekcja H – Ekologia populacji	91
H1 Struktura populacji	91
H2 Rozrodczość, śmiertelność i wzrost populacji	96
H3 Zagęszczenie i procesy zależne od zagęszczenia	107
H4 Dynamika populacji — fluktuacje, cykle populacyjne, chaos	114
Sekcja I – Konkurencja	121
I1 Istota oddziaływań konkurencyjnych	121
I2 Konkurencja wewnątrzgatunkowa	132
I3 Rozdział zasobów	136
Sekcja J – Drapieżnictwo	143
J1 Istota drapieżnictwa	143
J2 Oddziaływania w układzie drapieżnik–ofiara	149
Sekcja K – Pasożytnictwo	157
K1 Istota pasożytnictwa	157
K2 Dynamika układu pasożyt–żywiciel	163
Sekcja L – Mutualizm	173
L1 Mutualizm	173

Sekcja M – Historie życia organizmów	179
M1 Historie życia organizmów	179
Sekcja N – Ekologia behawioralna	191
N1 Grupy socjalne, kooperacja i altruizm	191
N2 Płeć a ekologia	196
Sekcja O – Genetyka populacyjna	207
O1 Różnorodność genetyczna	207
O2 Specjacja	214
Sekcja P – Ekologia ekosystemu	221
P1 Struktura i funkcjonowanie ekosystemu	221
P2 Produkcja pierwotna i wtórna	227
P3 Łańcuchy pokarmowe	233
Sekcja Q – Ekologia zgrupowań wielogatunkowych	237
Q1 Struktura i stabilność biocenoz	237
Q2 Biocenozy wysp i kolonizacja środowisk wyspowych	245
Q3 Zasady funkcjonowania biocenoz, konkurencja, drapieżnictwo	251
Sekcja R – Dynamika biocenoz	259
R1 Sukcesja ekologiczna	259
R2 Reakcja biocenozy na zaburzenia	269
Sekcja S – Biomy	275
S1 Biomy	275
S2 Formacje trawiaste	281
S3 Tundra	287
S4 Lasy	292
S5 Pustynie, półpustynie i zarośla twardestwiste	300
S6 Biomy wód słonych	305
S7 Biomy słodkowodne	312
Sekcja T – Eksploatacja populacji	319
T1 Teoretyczne podstawy eksploatacji populacji	319
T2 Rybołówstwo i wielorybnictwo	325
Sekcja U – Zwalczanie szkodników	333
U1 Szkodniki i walka z nimi	333
U2 Pestycydy i problemy	337
U3 Walka biologiczna i zintegrowana kontrola szkodników	343
Sekcja V – Ochrona przyrody	349
V1 Gatunki rzadkie, zanikanie siedlisk i wymieranie gatunków	349
V2 Strategie ochrony przyrody	356
V3 Zasoby biologiczne i banki genów	363
Sekcja W – Zanieczyszczenie i ocieplenie globalne	371
W1 Zanieczyszczenie powietrza, wód i gleb	371
W2 Gazy cieplarniane i ocieplenie globalne	377
W3 Ozon	381
Sekcja X – Rolnictwo i ekologia	385
X1 Erozja gleb i rolnictwo	385
X2 Wykorzystanie związków biogennych, wody i energii	391
Literatura uzupełniająca	399
Indeks nazw łacińskich	409
Indeks	413

SKRÓTY

ADH	dehydrogenaza alkoholowa (alcohol dehydrogenase)	LCR	niskie koszty reprodukcji (low cost of reproduction)
AE	wydajność asymilacji (assimilation efficiency)	MEY	największy opłacalny zbiór (maximum economic yield)
AIL	estetyczny poziom redukcji szkodnika (aesthetic injury level)	MSY	największy stały zbiór (maximum sustainable yield)
CAM	metabolizm kwasowy gruboszowatych (crassulacean acid metabolism)	NPP	produkcja pierwotna netto (net primary productivity)
CAT	próg kontroli (control action threshold)	NVC	narodowy system klasyfikacji roślinności (national vegetation classification)
CE	wydajność konsumpcji (consumption efficiency)	PAR	promieniowanie fotosyntetycznie czynne (photosynthetically active radiation)
CRS	trójkąt Grime'a (competitive-ruderal-stres tolerant)	PE	wydajność produkcji (production efficiency)
EIL	ekonomiczny poziom redukcji szkodnika (economic injury level)	SMRS	specyficzny system kojarzenia partnerów (specific mate recognition system)
GPP	produkcja pierwotna brutto (gross primary productivity)	SOM	glebowa materia organiczna (soil organic matter)
HCR	wysokie koszty reprodukcji (high cost of reproduction)		
IPM	zintegrowana kontrola szkodników (integrated pest management)		

PRZEDMOWA

W ostatnim czterdziestoleciu byliśmy świadkami szybkiego rozwoju ekologii i towarzyszącego mu wzrostu zainteresowania tą dyscypliną nauki. W szczególności uwaga opinii publicznej zwrócona była na takie zagadnienia, jak wpływ skażenia środowiska na przebieg procesów krążenia materii w ekosystemach oraz zmniejszanie się różnorodności biologicznej na skutek degradacji siedlisk. Szybki rozwój ekologii był możliwy dzięki jednoczesnemu postępowi w innych dziedzinach nauk biologicznych, szczególnie dzięki rozwojowi biologii molekularnej.

Niezwykły rozwój ekologii utrudnił jej studiowanie, gdyż podręczniki do nauki tego przedmiotu stawały się coraz obszerniejsze i zawierały coraz więcej danych empirycznych, prezentowały także coraz więcej nowych teorii. Jednocześnie ekologia weszła na stałe do programów nauczania biologii na wszystkich poziomach. W tej książce dokonaliśmy próby przedstawienia najważniejszych zagadnień w sposób przydatny zarówno dla osób, dla których ekologia jest podstawowym przedmiotem studiów, jak też i dla tych, którzy traktują ją jako przedmiot uzupełniający.

Krótkie wykłady. Ekologia — to książka prezentująca w przystępny sposób wszystkie najważniejsze zagadnienia współczesnej ekologii; jej forma umożliwia szybkie uczenie się, a także powtarzanie już przerobionego materiału. Książka jest podzielona na 62 podrozdziały — grupy tematyczne, obejmujące w całości program nauczania ekologii na akademickim poziomie podstawowym (pierwszy i drugi rok studiów). Każdy rozdział zaczyna się krótkim spisem najważniejszych zagadnień, jakim jest poświęcony („Hasła”); po tym następuje ich omówienie. Na końcu książki znajduje się spis pozycji literatury, których przeczytanie zalecane jest osobom zainteresowanym głębszym poznaniem prezentowanych zagadnień.

Sekcja A zawiera ogólne omówienie zakresu zainteresowań ekologii, zawiera też listę ogólnych „reguł ekologicznych”, których znajomość pozwoli studentom uniknąć typowych błędów. Sekcje od B do G są poświęcone zagadnieniom wpływu czynników abiotycznych środowiska (takich jak klimat, temperatura, promieniowanie, mineralne związki pokarmowe) na organizmy, a także problemom adaptacji organizmów do warunków środowiska. Ekologię populacji oraz oddziaływań międzygatunkowych omówiono w sekcjach od H do O; Czytelnik znajdzie tam informacje z zakresu ekologii populacji, a także: ekologii oddziaływań konkurencyjnych, drapieżnictwa, pasożytnictwa, oddziaływań mutualistycznych oraz historii życia organizmów, ekologii behawioralnej i genetyki populacyjnej. Sekcje od P do S są poświęcone ekologii biocenoz i ekosystemów. W ostatnich pięciu sekcjach książki (od T do X) omówiono podstawowe problemy ekologii stosowanej, w tym zasady eksploatacji populacji (głównie ekologiczne problemy związane z rybołówstwem), zagadnienia ochrony przyrody, skażenia środowiska, a także rolnictwa oraz możliwe ekologiczne skutki globalnego ocieplenia klimatu.

W jaki sposób należy korzystać z książki? Struktura programów nauczania ekologii na różnych uczelniach jest z pewnością nieco inna niż struktura tej książki. Jednakże podział materiału na niewielkie grupy tematyczne, ze wskazaniem wzajemnych powiązań między nimi, pozwala na łatwe wyszukiwanie w książce zagadnień interesujących Czytelnika.

Aulay Mackenzie, Andy Ball i Sonia Virdee

A1 CO TO JEST EKOLOGIA?

Hasła

Definicja ekologii

Ekologia jest nauką zajmującą się badaniem wzajemnych oddziaływań między organizmami i ich środowiskiem. Termin „środowisko” odnosi się zarówno do czynników abiotycznych (takich jak temperatura, wilgotność itd.), jak i biotycznych (oddziaływania z innymi organizmami).

Osobniki, populacje, biocenozy*, ekosystemy

Można wyróżnić cztery wyraźnie wyodrębniające się poziomy zjawisk, stanowiące przedmiot zainteresowania ekologów: 1) oddziaływania ze środowiskiem na poziomie osobników, 2) reakcje populacji na czynniki środowiska, manifestujące się m.in. zmianami ich liczebności, 3) procesy na poziomie biocenoz rozumianych jako grupa populacji zasiedlających określony teren, 4) procesy w obrębie ekosystemów (rozumianych jako biocenozy wraz z ich środowiskiem abiotycznym), takie jak przepływ energii, funkcjonowanie sieci pokarmowych czy krążenie materii.

Definicja ekologii

Ekologia jest nauką zajmującą się badaniem wzajemnych oddziaływań między organizmami i ich środowiskiem. Można wyróżnić dwa składniki środowiska osobnika: **środowisko abiotyczne** (na które składają się takie czynniki, jak na przykład temperatura, wilgotność, prędkość wiatru, kwasowość gleby) oraz **środowisko biotyczne**, na które składają się oddziaływania ze wszystkimi innymi osobnikami (w tym oddziaływania o charakterze konkurencji, drapieżnictwa, pasożytnictwa czy kooperacji).

W obrębie ekologii można wyróżnić szereg dziedzin albo charakteryzujących się specyficzną tematyką, albo prezentujących określone podejście do analizowanych problemów. Na przykład, **ekologia behawioralna** zajmuje się wyjaśnianiem prawidłowości rządzących zachowaniem się zwierząt. **Ekologia fizjologiczna** wyjaśnia, jak procesy fizjologiczne zachodzące na poziomie pojedynczych organizmów mogą wpływać na przebieg procesów ekologicznych. Przedmiotem zainteresowań **ekologii ewolucyjnej** jest ewolucyjne podłoże określonych zjawisk ekologicznych. Rozwijająca się ostatnio **ekologia molekularna** stosuje metody biologii molekularnej do badania i wyjaśniania zjawisk ekologicznych. O **ekologii populacji**, a także o **ekologii biocenoz** będzie mowa niżej.

* Użyty w angielskim oryginale termin „community” może oznaczać każde zgrupowanie wielogatunkowe, a więc zarówno zespół, jak i biocenozę, a także np. zbiorowisko roślin. Według definicji autorów tutaj termin ten został użyty do określenia biocenozy, dlatego też tak właśnie jest przetłumaczony (*przyp. tłum.*)

Badania ekologiczne nie ograniczają się do układów „naturalnych” — również ważnym obiektem zainteresowania ekologów są środowiska antropogeniczne (takie jak np. pola uprawne), a także wpływ wszelkich przejawów działalności człowieka na funkcjonowanie przyrody.

**Osobniki,
populacje,
biocenozy
i ekosystemy**

Ekologia może być uprawiana na różnych poziomach organizacji biologicznej — począwszy od poziomu molekularnego, a skończywszy na poziomie całej biosfery. Szczególne znaczenie ma jednak wyróżnienie czterech poziomów organizacji: 1) **osobniczego**, 2) **populacyjnego**, 3) **biocenotycznego** i 4) **ekosystemalnego**.

Na każdym z tych poziomów co innego stanowi przedmiot zainteresowania ekologów. Na poziomie osobniczym jest nim reakcja pojedynczych **organizmów** na czynniki środowiska (biotyczne i abiotyczne), na poziomie **populacji** — czynniki warunkujące zmiany ich liczebności. W skład **biocenozy** wchodzi populacje wielu gatunków współwystępujące na określonym obszarze. Ekolodzy są więc zainteresowani badaniem czynników wpływających na skład gatunkowy i strukturę biocenozy. Z kolei **ekosystemy** obejmują biocenozy wraz ze środowiskiem abiotycznym. Przedmiotem zainteresowania ekologów na tym poziomie są procesy przepływu energii, organizacja sieci pokarmowych, a także krążenie materii w ekosystemach.

Należy w tym miejscu zaznaczyć, że pojęcia „populacja”, „biocenoza” i „ekosystem” nie mogą być precyzyjnie zdefiniowane. Dzieje się tak dlatego, że często bardzo trudno jest wyznaczyć ich granice i określić miejsce, w którym kończy się jedna, a zaczyna druga populacja, biocenoza czy ekosystem. Można powiedzieć, że pojęcia te stanowią wygodne uproszczenia ułatwiające nam zrozumienie przyrody stanowiącej przecież kontinuum.

A2 DEKALOG EKOLOGICZNY

Hasła

Czym jest dekalog ekologiczny?

Doświadczenia autorów w nauczaniu ekologii wskazują, że istnieje wiele zasadzek czyhających na studentów uczących się tego przedmiotu. Podana niżej lista zasad nie jest ani wyczerpująca, ani w żaden sposób wyjątkowa, mamy jednak nadzieję, że stanie się dla studentów swoistym dekalogiem wytyczającym drogi rozumienia ekologii.

Zasada 1

Ekologia jest ścisłą nauką przyrodniczą.

Ekologia jest dyscypliną naukową, której zadaniem jest poznawanie (badanie i wyjaśnianie) zależności między organizmami a szeroko rozumianym środowiskiem ich życia. Ważne jest, byśmy umieli oddzielić potoczne rozumienie ekologii od jej rozumienia naukowego.

Zasada 2

Rozumienie ekologii jest możliwe jedynie w aspekcie ewolucyjnym.

Ogromna różnorodność organizmów, wielka różnorodność ich cech morfologicznych, fizjologicznych i behawioralnych jest wynikiem trwających wiele milionów lat procesów ewolucji. Piętno przemian ewolucyjnych widoczne jest w każdym osobniku. Zrozumienie współczesnej różnorodności przystosowań możliwe jest jedynie na podstawie znajomości historii ewolucji gatunków.

Zasada 3

Nic nie dzieje się „ze względu na dobro gatunku”.

Ogromnym nieporozumieniem jest dość powszechne lansowanie tezy, że niektóre zachowania interpretowane jako niekorzystne z punktu widzenia osobnika utrzymują się, gdyż „są korzystne dla gatunku”. Pogląd taki jest całkowicie błędny. Geny faworyzowane przez dobór naturalny są przekazywane większej liczbie potomstwa nawet wówczas, jeśli może to stać się powodem zmniejszenia się liczebności populacji.

Zasada 4

Wartość przystosowań jest weryfikowana przez warunki środowiska.

Warunki środowiska, w jakich przychodzi żyć osobnikowi, wyznaczają ramy, w których może on realizować swoje przystosowania. Genom osobnika z kolei wyznacza charakter i zakres zmienności jego cech. Zrozumienie ekologii to zrozumienie natury tej nieprzerwanej weryfikacji genetycznie uwarunkowanych cech osobników w konfrontacji z warunkami środowiska.

Zasada 5

Zrozumienie złożoności wymaga modelowania.

Przedmiot badań ekologii jest bardzo złożony i podlega zmienności niemal w każdym wymiarze — to miliony gatunków, każdy o określonej zmienności genetycznej, zmiennej liczebności i wciąż zmieniających się charakterystykach, występujące w różnorodnych

i wciąż zmiennych warunkach środowiska. Aby zrozumieć tę złożoność, niezbędne jest bardzo precyzyjne stawianie pytań, na które poszukujemy odpowiedzi, a następnie formułowanie hipotez, które zamierzamy testować. Zazwyczaj wygodnie jest przedstawiać nasze hipotezy w formie matematycznej, pozwala to bowiem na uniknięcie nieścisłości i wieloznaczności zawsze obecnych w modelach opisowych. Modele matematyczne znajdują zatem w ekologii szerokie zastosowanie.

Zasada 6**Uprawianie „ekologii opisowej” bywa niebezpieczne.**

Próba wyjaśniania zjawisk i procesów ekologicznych w sposób opisowy często prowadzi do nadinterpretacji nie mającej w pełni pokrycia w faktach. Teorie trzeba tworzyć na podstawie faktów i należy walczyć za wszelką cenę z pokusą dopasowywania faktów do teorii.

Zasada 7**Obowiązują hierarchia wyjaśniania zjawisk.**

Niemal każde zaobserwowane zjawisko znajduje szybko jakieś bezpośrednie wyjaśnienie. Często wyjaśnienie takie okazuje się jednak niewystarczające, a zrozumienie istoty zjawiska wymaga odwołania się do głębszej wiedzy i uwzględnienia szerszego kontekstu.

Zasada 8**Organizmy podlegają licznym ograniczeniom.**

Pomimo ogromnej różnorodności form, funkcji, a także plastyczności reakcji organizmów na zmieniające się warunki środowiska, każdy osobnik (a w nieco szerszej skali także każdy gatunek) podlega licznym ograniczeniom wyznaczającym możliwy zakres jego zmienności. Ograniczenia te mogą mieć charakter fizyczny lub ewolucyjny. Ewolucja nigdy nie może doprowadzić do osiągnięcia przystosowań „doskonałych”, gdyż każdy organizm reprezentuje konglomerat różnorodnych przystosowań będących efektem kompromisu wynikającego właśnie z istniejących ograniczeń.

Zasada 9**Istotne jest znaczenie zjawisk losowych.**

Zjawiska losowe odgrywają znaczącą rolę w ekologii. Lokalne zniszczenie warstwy koron drzew w lesie lub powstanie wyłomu w wydmie nadmorskiej po gwałtownych wichurach i sztormie będą miały znaczący wpływ na kształtowanie się lokalnych warunków życia roślin i zwierząt; oba te zjawiska są jednak nieprzewidywalne zarówno w czasie, jak i przestrzeni. Rola zjawisk losowych jest również widoczna w przeszłości ewolucyjnej organizmów. Uznanie ważności zjawisk losowych nie oznacza wcale, że wszystkie zjawiska ekologiczne są nieprzewidywalne, stwarza jednak potrzebę wyznaczenia granicy precyzyjności naszych przewidywań.

Zasada 10**Zakres ekologii jest arbitralnie ustalany przez ekologów.**

Ekologia jest rozległą dziedziną biologii, obejmuje bowiem zarówno badanie organizmów, jak i środowiska ich życia; w takim ujęciu zostaje już bardzo niewiele tego, co — przynajmniej potencjalnie — ekologia nie jest. Matematyka, chemia i fizyka dostarczają dodatkowych narzędzi niezbędnych do zrozumienia ekologii.

Czym jest dekalog ekologiczny?

Doświadczenia autorów w nauczaniu ekologii, a także uwagi licznych kolegów ekologów wskazują, że istnieją liczne zasadzki czyhające na studentów uczących się tego przedmiotu. Przedstawiona lista zasad nie jest ani wyczerpująca, ani w żaden sposób wyjątkowa, mamy jednak nadzieję, że stanie się dla studentów swoistym dekalogiem wytyczającym drogi rozumienia ekologii.

Zasada 1*Ekologia jest ścisłą nauką przyrodniczą*

Ekologia jest dyscypliną naukową, której zadaniem jest badanie i wyjaśnianie zależności między organizmami a szeroko rozumianym środowiskiem ich życia. Tak jak w przypadku każdej innej nauki przyrodniczej, osiągnięcia ekologii nie mogą służyć budowaniu postaw życiowych czy konstruowaniu ideologii politycznych. Dlatego bardzo ważne jest, by umieć oddzielić potoczne rozumienie ekologii jako pewnego rodzaju ruchu społecznego zawierającego elementy ideologii politycznej, od jej rozumienia właściwego — naukowego. Jest prawdą, że osiągnięcia ekologii powinny służyć społeczeństwu, studenci ekologii muszą ją jednak rozumieć wyłącznie jako ścisłą naukę przyrodniczą.

Zasada 2*Rozumienie ekologii jest możliwe jedynie w aspekcie ewolucyjnym*

Ogromna różnorodność organizmów, wielka różnorodność ich cech morfologicznych, fizjologicznych i behawioralnych jest wynikiem procesów ewolucji trwających wiele milionów lat. Piętno przemian ewolucyjnych widoczne jest w każdym osobniku. Zrozumienie współczesnej różnorodności przystosowań możliwe jest jedynie, jeśli opieramy się na znajomości historii ewolucji gatunków.

Na przykład, jeśli chcemy zrozumieć, dlaczego struś, emu, kiwi i nandu są pozbawione zdolności do lotu (a jest to przecież cecha bardzo niezwykła u ptaków), musimy wiedzieć, że wszystkie te ptaki miały wspólnego nielotnego przodka, a ich współczesne rozmieszczenie na różnych kontynentach jest spowodowane rozpadem pierwotnego łądu Gondwany. Tak więc nie należy szukać niezależnych przyczyn powstawania nielotności jako przystosowania u wymienionych ptaków.

Mówiąc ogólnie, rozumienie zasady, według której w procesie ewolucji następuje optymalizacja przystosowań (patrz też zasada 8), daje ekologom dobre narzędzie do wyjaśniania budowy i zachowań osobników. Na przykład, występowanie wielkiego ogona u pawi sugeruje, że samce o bardziej okazałych ogonach mają większą wartość przystosowawczą; i rzeczywiście — przeprowadzone badania potwierdzają tę hipotezę.

Niektórzy autorzy sugerowali, że w badaniach ekologicznych podstawowym czynnikiem, który powinien być brany pod uwagę, są warunki środowiska, zaś czynnik genetyczny oraz uwarunkowania ewolucyjne mogą być w znacznym stopniu pomijane. Jest to oczywisty błąd wynikający ze złej interpretacji faktów — znanych jest obecnie wiele przykładów szybkich przemian ewolucyjnych dotyczących właściwości ekologicznych. Do najlepiej poznanych należą zmiany związane z rozwojem odporności szkodników upraw na pestycydy czy rozwój oporności bakterii na antybiotyki; podobne przemiany ewolucyjne można też obserwować w ekosystemach naturalnych. Ponieważ każda cecha osobnika znajduje się pod kontrolą genów (w tym również sposób, w jaki reaguje

on na zmiany warunków środowiska), znaczenie czynnika genetycznego jest zawsze dominujące. Ekolodzy badający zachowania zwierząt muszą pamiętać, że cechy behawioralne są również kontrolowane przez geny, całkiem podobnie jak np. wytwarzanie enzymów trawiennych. Znane jest już wiele przypadków zidentyfikowania genów odpowiedzialnych za cechy behawioralne.

Zasada 3

Nic nie dzieje się „ze względu na dobro gatunku”

Ogromnym nieporozumieniem jest dość powszechne lansowanie tezy, że niektóre zachowania interpretowane jako **niekorzystne z punktu widzenia osobnika** (np. śmierć samicy ośmiornicy bezpośrednio po akcie wydania na świat potomstwa czy samobójcze ataki broniących się robotnic niektórych mrówek) utrzymują się, gdyż „są **korzystne dla gatunku**”. Pogląd taki jest całkowicie błędny i może być reprezentowany jedynie przez tych, którzy nie rozumieją podanej przez nas drugiej zasady ekologicznej. Geny faworyzowane przez dobór naturalny są przekazywane większej liczbie potomstwa. Jeśli geny warunkujące samobójcze zachowania mrówek lub umieranie samic ośmiornicy bezpośrednio po wydaniu na świat potomstwa byłyby korzystne dla gatunku, a niekorzystne dla osobników, zostałyby szybko wyeliminowane na skutek działania doboru naturalnego. Z podobnego powodu błędne jest też tłumaczenie, że wielkość populacji jest ograniczana przez ograniczanie rozrodu „ze względu na dobro gatunku”. Zarówno zachowania altruistyczne, jak i procesy regulacji liczebności populacji można z łatwością wyjaśnić wiedząc, że dobór naturalny działa na poziomie osobnika.

Zasada 4

Wartość przystosowań jest weryfikowana przez warunki środowiska

Warunki środowiska, w jakich przychodzi żyć osobnikowi, wyznaczają ramy, w których może on realizować swoje przystosowania. Warunki środowiska będą więc określać rozrodczość, tempo wzrostu osobników, a także śmiertelność w populacji. Jednakże genom osobnika z kolei wyznacza charakter i zakres zmienności jego cech. Zespół cech fenotypowych charakteryzujący osobnika jest więc wynikiem równoczesnego wpływu jego genotypu i modyfikujących warunków środowiska, według prostego schematu:

$$\text{środowisko} + \text{genotyp} \rightarrow \text{fenotyp}$$

Zrozumienie ekologii to zrozumienie natury tej nieprzerwanej weryfikacji genetycznie uwarunkowanych cech osobników w konfrontacji z warunkami środowiska.

Zasada 5

Zrozumienie złożoności wymaga modelowania

Ekologia może się wydać nauką bardzo złożoną i niespójną — badaniami obejmuje bowiem miliony rozmaitych gatunków, każdy o zmieniającej się wciąż liczebności, występujących na dodatek w różnorodnych i wciąż zmiennych warunkach środowiska. Ogromna złożoność przedmiotu badań ekologii nie pozwala na zrozumienie całości badanych zagadnień. Rozwiązaniem staje się więc postępowanie składające się z dwóch etapów. Najpierw należy poprawnie zdefiniować problem, który zamie-