R G B WH GR BL
Grey Scale #13
C M Y K
DANES-PICTA.COM
10 11 12 13 14 15 B 17 18 19
Colour Chart #13
Blue
Cyan
Green
Yellow
Red
Magenta
White
3/Color
Black
Inches
Centimetres
DANES-PICTA.COM

ZWIERZĘ I JEGO ŚRODOWISKO

BIBLIOTEKA WIEDZY TOM 50

KAZIMIERZ DEMEL

ZWIERZĘ I JEGO ŚRODOWISKO

(WSTĘP DO EKOLOGII ZWIERZĄT)

Z 162 ILUSTRACJAMI

TRZASKA, EVERT i MICHALSKI
WARSZAWA, MARSZAŁKOWSKA 51

Pamięci Ojca mego Bolesława

2562/2

351—K- 35174

Tłoczono w Drukarni św. Wojciecha pod Zarządem Państwowym w Poznaniu

PRZEDMOWA

Oprócz kilku niewielkich, choć wartościowych broszur i artykułów ogólnych z ekologii zwierząt, nie posiadamy dotąd w języku polskim żadnego obszerniejszego, dostępnego dla wszystkich zarysu tej nauki, w ostatnich latach szybkimi bardzo krokami zmierzającej do zajęcia jednego z przodujących miejsc w rozległej dziedzinie biologii. Zwłaszcza w krajach anglosaskich i w Rosji daje się stwierdzić wielki ruch na polu ekologii.

Celem książki niniejszej jest zapełnić tę lukę w naszej ubogiej literaturze popularno-naukowej. Chodziło mi nie tyle o drobiazgowe roztrząsanie zagadnień ekologii zwierząt, ani o podręcznik, ile o wzbudzenie w czytelniku ogólnego zainteresowania się przedmiotem, dotyczącym gospodarki życia zwierząt w naturze, przedmiotem stosunkowo mało jeszcze u nas znanym a jednak o dużym nastawieniu życiowym. Ekologia dzisiaj staje się nauką pulsującą życiem, podstawową zwłaszcza w odniesieniu do organizmów, którymi z tych czy innych względów zainteresowany jest człowiek. W dziedzinach praktycznej wiedzy przyrodniczej, w rybołóstwie morskim i śródlądowym, w ochronie roślin i entomologii stosowanej, w ochronie łownej zwierzyny, w sprawach aklimatyzacji, w badaniu chorób przenoszonych przez zwierzęta etc. nie sposób dziś orientować się jako tako bez szerokiego oparcia się o ekologię, badającą życie zwierząt w ich naturalnym otoczeniu, w zespole, w siedlisku, na tle krajobrazu.

Tematy omawiane w książce nie są mi nowe i obce, bowiem jeszcze przed z górą trzydziestu laty, jako student uniwersytetu genewskiego, ogłosiłem we „Wszechświecie" szkic pt. „Zwierzę i środowisko", gdzie oczywiście w sposób najogólniejszy zatrąciłem o zagadnienia ekologii zwierząt. Szkic był wyrazem moich ówczesnych zainteresowań się ekologią, jakie od młodości we mnie kiełkowały. Od tego czasu wiele się zmieniło. Pierwotne, od lat młodzieńczych istniejące zamiłowanie do ekologii i badań terenowych nie wygasło jednak i kiedy los rzucał mną po różnych miejscach i środowiskach, dawne upodobania do badań życia zbiorowego zwierząt w naturalnych warunkach zawsze się odzywały. W Ojcowie zajmowałem się fauną jaskiniową. Na Wigrach ekologią fauny litoralnej i ciekawym światem źródeł. Przez długi okres nad morzem naszym miałem okazję poznać osobliwe życie Bałtyku, przystosowane do środowiska wód słonawych. Tam także mogłem bezpośrednio zetknąć się ze sprawami rybactwa morskiego, w ogromnym stopniu korzystającego z zasad szeroko rozumianej ekologii, bez której niepodobna było wyjaśnić wielu zagadnień praktycznych...

Cieszyłbym się bardzo, gdyby książka „Zwierzę i jego środowisko" potrafiła wzbudzić w czytelniku zainteresowanie się ciekawą, czarującą dziedziną ekologii, tak jeszcze u nas mało znaną i popularną, a rokującą na przyszłość wielkie możliwości.

Układ książki starałem się dać jak najbardziej przejrzysty, pisząc stylem dostępnym, zrozumiałym dla wszystkich. Dla ożywienia tekstu załączyłem dużo ilustracyj[1]). Niektóre z nich są rysunkami oryginalnymi. Na końcu książki zamieściłem najogólniejszą literaturę przedmiotu, krajową i obcą.

[1]) których, niestety, trzecia część przepadła podczas powstania.

Rękopis czytali dwaj nasi zoologowie: prof. R. Kuntze i prof. W. Roszkowski, którym za tą koleżeńską przysługę oraz za cenne uwagi, jakich mi łaskawie udzielili, winien jestem serdeczną wdzięczność i pamięć[2]).

Wdzięczny jestem także Szanownym Wydawcom za przyjęcie książki do Biblioteki Wiedzy i nadanie całości estetycznej szaty zewnętrznej, bez względu na koszty i trudności, jakie z tym były związane, zwłaszcza wobec większej liczby ilustracyj.

Warszawa, maj 1947 r.

AUTOR

[2]) Obaj zginęli w powstaniu.

WSTĘP

Temat „Zwierzę i jego środowisko" jest tak rozległy i wielostronny, tak można dużo o nim pisać i tak rozmaicie, że z konieczności wymaga pewnego omówienia i sprecyzowania na wstępie. Właściwie całą zoologię można by pod ten temat podciągnąć. Życie bowiem zwierzęcia, jak i każdego innego organizmu, możliwe jest jedynie w odpowiednim środowisku, w odpowiednich warunkach zewnętrznych, z którymi organizm żywy pozostaje w nieustannej wymianie wzajemnej, warunkującej właśnie to, co nazywamy życiem. Stąd wniosek, że każde badanie zoologiczne winno uwzględniać wpływy środowiska, o ile ma istotnie wyjaśniać zjawiska tak, jak przebiegają one w naturze.

Zarówno więc fizjologia, analizująca czynności życiowe organizmów, sprowadzająca je w zasadzie do praw fiziki i chemii, dochodzi do wniosku, że są one nie tylko następstwem właściwości wewnętrznych, ale zależą także od wpływów otoczenia. Tak samo morfologia, zajmująca się budową organizmów, w swej analizie formy i struktury, stwierdza najczęściej, że należy je rozumieć jako przystosowania do wykonywanej funkcji, oczywiście w odpowiednich warunkach środowiska, w którym żyją względnie żyły dawniej organizmy. Podobnie z wpływami środowiska muszą liczyć się także inne działy nauk biologicznych: embriologia, genetyka, filogenia i paleontologia...

* * *

Nasz temat „Zwierzę i jego środowisko" rozpatruje problem z punktu widzenia ekologicznego, z punktu widzenia tego środowiska *bezpośredniego*, które osobnik, gatunek względnie grupa różnych zwierząt normalnie zamieszkuje. Etymologicznie termin ekologia oznacza naukę o domu (od słowa greckiego oikos — mieszkanie) czyli o tym naturalnym otoczeniu, środowisku, gdzie zwierzęta żyją i z którym znajdują się we wzajemnej wymianie. Dom zwierząt — to normalne warunki ich bytu, bez których życie jest niemożliwe. Z nimi bezpośrednio są związane, na nie reagują.

W ekologicznym ujęciu zwierzę jest zawsze rozpatrywane jako *żyjące* i w *całości*. Pod tym względem od razu dostrzegamy zasadnicze różnice między morfologicznym i fizjologicznym punktami widzenia, które także mogą i powinny uwzględniać wpływy środowiska. Ale budowę zwierzęcia można studiować a nawet najczęściej się bada na martwych zwierzętach. Fizjologię natomiast, analizującą poszczególne czynności życiowe, sprowadzającą je w zasadzie do zjawisk fizyko-chemicznych, nie obowiązuje wcale punkt widzenia całościowy. Ten za to jest podstawowym w ekologicznym patrzeniu na zwierzę. Ekologię obchodzi nie tyle czym zwierzę jest, jego budowa i funkcjonowanie wewnętrzne, ile co robi w swym domu, w środowisku, jak żyje na zewnątrz.

Środowisko normalne, od którego życie zwierząt zależy, jest pojęciem złożonym, na które składają się fizyko-chemiczne warunki, a więc klimat z atmosferą i podłoże na lądzie, względnie fizyczne i chemiczne właściwości środowiska wodnego, a także i inne organizmy, z którymi w taki czy inny sposób styka się zwierzę, które są mu ko-

niecznie jako niezbędne warunki bytu. Stąd podział środowiska zwierząt na czynniki fizycznej natury (abiotyczne) i na inne organizmy (czynniki biotyczne).

Ponieważ jednak zarówno czynniki fizyczne jak i organizmy nie występują w naturze izolowanie, lecz tworzą wzajemnie przeplatające się zespolenia, gdzie rozgrywa się życie każdego poszczególnego zwierzęcia[1]), zatrącamy już o całość innej kategorii, o *kompleks*, utworzony z naturalnego skupienia współbytujących na danej przestrzeni organizmów, gdzie każdy poszczególny stanowi część składową większej całości. Takie kompleksy naturalne organizmów nazywamy *zespołami życia*.

Jeżeli więc zwrócimy uwagę na tę całość życia w danym miejscu, na jej krajobrazowy wygląd i sharmonizowanie, na skład jakościowy gatunków, na ustosunkowanie się ilościowe poszczególnych składników zespołu, na tworzące je typy przystosowawcze, na wzajemne zależności odżywcze, na zmiany dobowe, sezonowe oraz ewolucyjne jakim ta całość ulega etc., to będzie to już inny punkt widzenia niż badanie poszczególnych mniej lub więcej wyizolowanych niejako z zespołu osobników czy gatunków, nawet w warunkach koniecznych im do życia (np. przy hodowli poszczególnych zwierząt w warunkach laboratoryjnych).

Widzimy więc dwa możliwe punkty widzenia w ekologicznym badaniu: *autekologiczny* — patrzenia na jakiś poszczególny gatunek w jego naturalnym otoczeniu, czyli normalnie żyjący i *synekologiczny*, uwzględniający cały kompleks życia.

---

[1]) W tytule naszej książki pod pojęciem „zwierzę" rozumiemy oczywiście wszystkie odnośne skale życia, więc osobnik, gatunek oraz zgrupowania rozmaitych zwierząt w życiu zespołowym.

GŁÓWNE DZIAŁY EKOLOGII ZWIERZĄT I ZWIĄZEK ICH Z INNYMI NAUKAMI

Autekologia zajmuje się stosunkami poszczególnych zwierząt (osobników, gatunków) do ich środowiska i w praktyce sprowadza się do badania *czynników ekologicznych* oraz reakcyj na nie ze strony zwierząt, czyli zachowania się i przystosowań trwałych, ujawniających się pod postacią tzw. form życiowych albo *typów ekologicznych*.

Synekologia, nazywana w ekologii zwierząt także *biocenotyką*, bada jak najszerzej rozumianą gospodarkę zespołów, przez poznanie wpływów czynników zewnętrznych na ich skład i ukształtowanie się, analizuje typy przystosowawcze, poznaje zależności odżywcze składających je członków, rekonstruuje je w cykle odżywcze, bada dynamikę czyli ilościowe wahania gatunków, wynikające ze zmian warunków odżywczych, klimatycznych, dobowych, sezonowych, sukcesyjnych etc. Wychodzi z reguły od kompleksu życia, w którym zwierzę spełnia tylko rolę pewnej części.

Oddzielną, graniczącą już z geografią dziedziną jest *geografia ekologiczna zwierząt*, której zadaniem jest poznanie rozmieszczenia i zróżnicowania zespołów i typów ekologicznych zwierząt w różnych środowiskach na kuli ziemskiej.

Oczywiście wszystkie działy ekologii mniej lub więcej ściśle łączą się z innymi gałęziami wiedzy. Ekologia jest nauką syntetyczną. Podobnie jak geografia korzysta ona z pomocy całego szeregu nauk, wynikami i metodami których posługuje się chętnie, mając na oku wyjaśnianie życia, ukształtowania i gospodarki zwierząt w ich naturalnym środowisku, zahaczającym o dziedziny, podlegające

także badaniu przez inne nauki (meteorologia, klimatologia, gleboznawstwo, hydrochemia, hydrofizyka etc.). Jednak punkt widzenia ekologiczny, mający na względzie życie zwierząt w ich naturalnym środowisku, może o tyle tylko posługiwać się danymi nauk pomocniczych, o ile te istotnie pomagają nam wyjaśniać reakcje życiowe zwierząt na wpływy otoczenia. Bowiem spośród wpływów otoczenia tylko te stają się prawdziwymi czynnikami ekologicznymi, warunkami bytu, które kształtując życie nie niszczą go jednak.

Zasadniczym swym działem, badaniem czynników środowiska na zwierzęta, ekologia wkracza w dużym stopniu w fizjologię. Przy pomocy metody analitycznej usiłuje drogą izolacji czynników poznać działanie każdego z osobna na zwierzęta. Przez badanie typów ekologicznych zwierząt łączy się z etologią, psychologią a ściślej nauką o zachowaniu się, wreszcie z morfologią, uosobioną w typach przystosowanych. Środowiskowe rozsiedlenie zespołów jest, jak powiedzieliśmy, graniczną dziedziną ekologii i zoogeografii (zoogeografia ekologiczna). Może najbardziej swoistą dziedziną ekologii jest badanie gospodarki życia zespołowego. Stanowi ono główną treść synekologii albo biocenotyki. W praktyce oczywiście wszystkie te cztery główne działy ekologii zezębiają się i przeplatają często bardzo ściśle. Jednak podział zasadniczy na autekologię i synekologię z ich poddziałami wydaje się być najbardziej uzasadnionym.

W naszym ujęciu pierwsze cztery rozdziały poświęcone są autekologii czyli przeglądowi czynników środowiskowych i typów ekologicznych zwierząt (lokomocyjnych, klimatycznych, odżywczych, rozrodczych, społecznych etc.), omawnianych w odpowiednich miejscach w rozdziałach o czynnikach; cztery następne traktują biocenotykę i geografię ekologiczną.

EKOLOGIA ROŚLIN I ZWIERZĄT

Będąc nauką ogólnie biologiczną, ekologia zajmuje się zarówno roślinami jak i zwierzętami. Stąd praktyczny jej podział także na *ekologię roślin* i na *ekologię zwierząt*. Ekologia roślin jest nawet znacznie bardziej zaawansowana od ekologii zwierząt. Nie tylko dlatego, że badania ekologiczne nad roślinami zaczęto znacznie wcześniej od odnośnych badań nad zwierzętami, ale może głównie dlatego, że rośliny są obiektami łatwiejszymi dla badań ekologicznych niż zwierzęta, zwłaszcza przez swój prostszy w zasadzie i mniej urozmaicony sposób odżywiania się, a także z racji nieruchomego, przytwierdzonego sposobu życia; są więc obiektami niewątpliwie bardziej dostępnymi pod tym względem.

Tymczasem zwierzęta przedstawiają dla ekologa coś bez porównania więcej skomplikowanego. Przede wszystkim przez swe nader urozmaicone typy lokomocji. Nadto ujawniają zwierzęta wielką różnorodność pokarmu i sposobów zdobywania tegoż, żywią się roślinami, zjadają jedne drugich, samce zabiegają o samice, rodzice opiekują się potomstwem, obdarzone instynktami społecznymi tworzą stada, zrzeszenia, społeczeństwa etc. Z tymi niezwykle ważnymi zjawiskami życia zwierzęcego botanik nie spotyka się na swoim terenie badań ekologicznych, przynajmniej nie w takich skomplikowanych formach. Społecznego życia zwierząt na przykład nie wyjaśnimy bez przyjęcia u jego podstawy momentów psychicznych, popędów społecznych, powinowactwa do życia gromadnego; tymczasem „socjologię" roślin bez reszty można sprowadzić do walki o przestrzeń, pokarm i światło u zrzeszonych w zespoły gatunków czyli do czynników ściśle ekologicznych.

Ponieważ jednak życie zwierząt zwłaszcza na lądzie rozgrywa się przeważnie na tle zespołów roślin, które nie tylko stwarzają im podstawowe źródło pokarmu, ale także niezbędne siedliska gdzie bytują, chronią się i poruszają, dla zooekologa staje się konieczną znajomość szaty roślinnej, przynajmniej zainteresowanego terenu, co jeszcze bardziej komplikuje to badanie. Ułatwia je w znacznym stopniu współpraca zoologów z botanikami, nieraz już praktykowana, która dała świetne wyniki obopólne, uwzględniając także wpływy zwierząt na zespoły roślin. Metodyka badań ekologii zwierząt jest więc z powyżej wysuniętych względów wielokrotnie trudniejsza od metodyki ekologii roślin i tym faktem usprawiedliwia się w znacznym stopniu bardziej powolne tempo rozwoju pierwszej w stosunku do ostatniej. Różnicę metod obu nauk — mówi Elton — z łatwością zrozumie ten, kto spróbuje z początku policzyć drzewa w lesie, a następnie myszy leśne żyjące pod korzeniami drzew.

RYS HISTORYCZNY EKOLOGII

Ekologia jest nauką nowoczesną, której rozwój w dzisiejszym pojęciu datuje się zaledwie od ostatnich lat XIX w., ściśle mówiąc od czasu ukazania się klasycznej książki duńskiego botanika E. Warminga o zbiorowiskach roślinnych. Ekologia zwierząt kroczy z pewnym — od dwudziestu do trzydziestu lat — opóźnieniem w stosunku do ekologii roślin, bo dopiero krystalizuje się jako nauka odrębna w początku XX w. Doszukując się jednak na szlaku dziejów ludzkości mniej lub więcej wyraźnych etapów, które wiodą do stanu i rozwoju ekologii w nowoczesnym pojęciu, wypada nam znacznie cofnąć się wstecz. Bowiem już Pliniusz, wielki naturalista rzymski, podzielił wszystkie zwierzęta na wodne *(Aquatilia)*, lądowe *(Ter-*

restria) i latające *(Volatilia)* który to podział w pewnym stopniu można uważać za prawzór zasadniczego podziału ekologicznego zwierząt.

Jeżeli zechcemy traktować dane historii naturalnej poszczególnych gatunków jako materiał ekologiczny, to obficie już go gromadzili naturaliści osiemnastego wieku, zwłaszcza francuscy przyrodnicy Réaumur i Buffon, którzy w swych obszernych dziełach, pierwszy w „Mémoires pour servir à l'Histoire des Insectes", a Buffon w swej 44-tomowej „Bible de la Nature", zgromadzili olbrzymią ilość obserwacyj dotyczących obyczajów i sposobów życia zwierząt.

Pierwszym naturalistą, który szerzej zaczął patrzeć na zjawiska życia, dostrzegając w nich ściśły związek ze światem otaczającym, był wielki podróżnik Al. Humboldt, który w swym szkicu „Pomysły do fizjognomiki roślin" (1806), zamieszczonym następnie w ogólnym zbiorze „Obrazy natury", podzielił cały świat roślinny na szereg typów fizjognomicznych, od których miał zależeć wygląd przyrody i, chociaż podział ten nie dotrwał do naszych czasów, był jednak pierwszą próbą ekologicznego patrzenia na rośliny, z uwzględnieniem wpływów klimatu na ich ukształtowanie i rozsiedlenie. Takim szerszym, całościowym ujęciem, zbliżającym się w znacznym stopniu do ekologicznego, odznaczają się także inne szkice Humboldta zebrane w „Obrazach natury": o stepach i pustyniach, o llanosach Wenezueli, o nocnym życiu zwierząt w lesie pierwotnym i in. Nie była to jednak jeszcze ekologia w dzisiejszym tego słowa znaczeniu, która zrodziła się znacznie później, zbliżając się do tego stanu kilkoma etapami.

W r. 1861 Et. Geoffroy St. Hilaire w przedmowie do swego dzieła „Histoire générale des Régnes Organiques"

BIBLIOTEKA AR

zapowiada, że ostatni tom poświęcony będzie etologii, którą definiuje jako naukę o stosunkach organizmu w obrębie rodziny, społeczeństwa, w skupieniu i w zespole. Tom ten jednak nie ukazał nigdy. Jakkolwiek pojęcie etologii niecałkowicie pokrywa się z pojęciem ekologii, a raczej harmonizuje z pojęciem ściślej rozumianej biologii (nauka o przejawiach życiowych), warto przypomnieć, że zostało ono wprowadzone do nauki przed stworzeniem terminu i pojęcia ekologii.

Termin ten wprowadził w r. 1866 Haeckel, który zdefiniował ekologię jako naukę zajmującą się badaniem stosunków zwierząt do organicznego i nieorganicznego środowiska, w szczególności badaniem ich przyjaznych, względnie wrogich stosunków z tymi zwierzętami i roślinami, z którymi bezpośrednio się stykają. Nie napisał on żadnego dzieła z ekologii, ale przyczynił się do jej początków przez wyróżnienie zasadniczych typów ekologicznych organizmów wodnych: bentosu, nektonu i przedtym już wprowadzonego planktonu.

Ważną datą w dziejach rozwoju ekologii zwierząt jest rok 1877, kiedy to ukazała się mała książeczka Möbiusa o hodowli ostryg, w której autor po raz pierwszy wyraźnie sformułował pojęcie zespołu życia czyli biocenozy, definiując je jako takie skupienie organizmów, określonego składu i ustosunkowania ilościowego, które cechują wzajemne uzależnienie od siebie i od fizycznych warunków miejsca gdzie bytują. Ten sam autor w innych pracach wprowadził do nauki pojęcia eurytermizmu i stenotermizmu oraz euryhalinizmu i stenohalinizmu, dwa zasadnicze pojęcia ekologiczne, wyrażające rozmaitą rozpiętość skali ustosunkowania się organizmów do poszczególnych czynników środowiska (w danym razie do termiki i zasolenia).

W r. 1880 ukazała się niewielka dwutomowa książeczka Sempera „Naturalne warunki bytu zwierząt" o charakterze bardzo wyraźnie ekologicznym. Wprawdzie autor nie używa terminu ekologia a stwarza nowy — fizjologii organizmów albo fizjologii zewnętrznej w odróżnieniu od fizjologii organów (wewnętrznej — czyli właściwej) ale treść książeczki dotyczy jednego z zasadniczych rozdziałów dzisiejszej autekologii, bowiem analizuje bardzo szczegółowo jak na owe czasy wpływ czynników środowiskowych: abiotycznych i żywych. Jest rzeczą bardzo znamienną, że dziełko Sempera przeszło zrazu bez echa, zwłaszcza w Niemczech, gdzie zastało grunt najwidoczniej nieprzygotowany i gdzie pod wpływem darwinizmu zajmowano się głównie problemami filogenii świata zwierzęcego. Zwrócono na nie uwagę znacznie później, w ostatnich latach XIX i na początku XXw. i — rzecz charakterystyczna — raczej poza Niemcami, w Anglii (wyszło także w wydaniu angielskim) i we Francji, gdzie w szczególności ocenili je Cuénot (Influence du milieu sur les animaux) i Giard, który wielokrotnie wartość dziełka podnosił, nazywając je wprost klasycznym. Podobnie oceniono je we Włoszech (Emery) i w Belgii (Dollo).

Dopiero koniec dziewiętnastego wieku był okresem narodzenia się ekologii roślin, w nowoczesnym i dzisiejszym ujęciu przez zjawienie się w roku 1895 klasycznej książka Warminga „Zbiorowiska roślinne, zarys ekologicznej geografii roślin" (tłumaczenie polskie 1900), a w roku 1898 Schimpera geografii roślin na fizjologicznej podstawie. Warming zdefiniował geografię ekologiczną roślin jako naukę wyjaśniającą nam w jaki sposób rośliny i zbiorowiska roślinne przybierają odpowiednią postać oraz urządzają swe gospodarstwa w zależności od czynników zewnętrznych: ciepła, światła, pożywienia, wody

i in. Obie te książki, traktujące ekologię roślin na jak najszerszej podstawie, dające ujęcie tej nauki w jej całokształcie, jak same tytuły wskazują, podkreślają ścisły związek ekologii z geografią roślin i dowodzą, że ekologia wyłoniła się z geografii roślin, co w pewnym stopniu można już było dostrzec u Humboldta.

Ekologia zwierząt zaczyna rozwijać się w szerszym zakresie dopiero w początku XX wieku. W r. 1913 zjawia się książeczka Adamsa „Guide to the study of animal ecology", w której wyłożone zostają najważniejsze problemy tej nauki, a także zebrana bardzo obszerna literatura przedmiotu. W tym samym roku ukazuje się pionierska praca najwybitniejszego zooekologa amerykańskiego V. Shelforda „Animal Communities in Temperate America", dająca bardzo drobiazgową analizę zespołów zwierzęcych rejonu Chicago wraz z mistrzowskim ujęciem najważniejszych problemów ekologii zwierząt w ogóle.

W r. 1924 wychodzi obszerna „Ekologiczna geografia zwierząt" Hessego, będąca w pewnym stopniu odpowiednikiem do książek Warminga i Schimpera. Świadczy ona wymownie o przeciętnie trzydziestoletnim opóźnianiu się ekologii zwierząt w stosunku do ekologii roślin. Książka Hessego daje głównie obraz środowiskowego rozsiedlenia zwierząt i analizę czynników, w mniejszym stopniu traktując zagadnienia dynamiki życia zespołowego. Stosunkowo więcej o tym traktuje książka Dahla, która w tym samym czasie ukazuje się, ale obie przeważnie posługują się metodą opisową, nie ilościową i nie dynamiczną.

Zagadnieniom gospodarki życia zespołowego, stanowiącym główną treść ekologii w dziesiejszym tego słowa znaczeniu, najwięcej stosunkowo miejsca udziela angielski ekolog Elton, który w swej „Animal Ecology" (1927) daje niezwykle przejrzysty obraz organizacji ekologicznej ze-

społów, opartej na łańcuchach odżywczych, ustosunkowaniu ilościowym poszczególnych ogniw (piramida liczbowa), wiążących się w ogólne cykle życia. Nadto świetnie analizuje zmiany zespołów w następstwie czynników periodycznych, dobowych, sezonowych i sukcesyjnych. Takie ujęcie dopiero daje nam pełny obraz dynamiki zespołu, jednostki biotycznej wyższego rzędu, samoregulującej się, a jednocześnie podlegającej zmianom okresowym i ewolucji. Książka Eltona wywarła szczególnie pobudzający wpływ na rozwój ekologii zwierząt w ostatnich latach.

Z innych nowszych ujęć ogólnych zasad ekologii zwierząt wspomnieć należy o książkach Borradaile'a, Pearse'a, Chapmana, Shelforda, Friederichsa, Prenanta i ostatnio porywająco napisanych przez Kaszkarowa „Zasad ekologii zwierząt", dających szczególnie przejrzysty obraz analizy czynników ekologicznych i życia zespołowego, uwzględniających w znacznym stopniu literaturę anglosaską i rosyjską, a także własne rozległe studia autora nad ekologią zwierząt pustyń środkowo-azjatyckich.

Jest rzeczą znamienną, że dziś ekologia najbardziej prosperuje w Anglii, Ameryce Północnej, a także w Rosji, czyli w krajach, które mając wszystkie najważniejsze formacje globu w swym posiadaniu, mogą przodować w dziedzinie ekologii. W r. 1913 założono w Anglii „Brytyjskie Towarzystwo Ekologiczne", a w 1915/16 powstało „Ekologiczne Towarzystwo Ameryki", oba liczące po kilkaset członków. W Anglii wychodzi „Journal of Ecology" oraz przed kilku laty założony, redagowany przez Eltona „Journal of Animal Ecology". W Ameryce — „Ecological Monographs" i „Ecology". W Rosji „Problemy ekologii i biocenołogii" pod redakcją Kaszkarowa.

W Polsce badania ekologiczne znajdują się zaledwie w stadium początkowym, ograniczając się z konieczności do terenu stosunkowo mało urozmaiconego, jakim jest środkowa Europa, pozbawiona wielkich klimatyczno-ekologicznych stref życia. Jednak mamy już szereg prac o charakterze mniej lub więcej ściśle ekologiczno-zoologicznym, ogłoszonych przez W. Adolpha, J. Bowkiewicza, K. Demela, A. Dunajewskiego, A. Jakubskiego. J. Fudakowskiego, M. Gieysztora, Z. Koźmińskiego, R. Kuntzego, A. Lityńskiego, J. S. Mikulskiego, A. Moszyńskiego, E. L. Niezabitowskiego, K. Passowicza, K. Petrusewicza, W. Polińskiego, W. Roszkowskiego, J. Rzóskę, K. Tarwida, J. Wiszniewskiego, R. Wojtusiaka i in.

Z dawniejszych prac polskich na wyróżnienie zasługują w szczególności publikacje prof. M. Nowickiego, który badaniem terenowym fauny tatrzańskiej, monografią o świstaku, kozicy, rozprawką o pleniu, a także pierwszym w literaturze europejskiej podziałem rzek na krainy rybne zasłużył się u nas jako pionier badań o charakterze zoologiczno-ekologicznym.

Dla popularyzacji ekologii na niższym poziomie, rozumianej jako historia naturalna, dużo przyczynił się u nas Bohdan Dyakowski, który licznymi książkami (Z naszej przyrody, Zwierzęta lądowe i morskie w różnych częściach świata, Nasz las, Wędrówki zwierząt i roślin etc.), a zwłaszcza swą „Historią Naturalną" ułożoną podług zbiorowisk (2 części) dał młodzieży świetny przewodnik metodyczny, uczący dostrzegać na każdym kroku związki łączące żywą przyrodę naszego kraju z otaczającym ją światłem. Także prof. Rostafiński w swym pięknym językiem pisanych podręcznikach — „Botanice na klasy wyższe" i w „Nauce o przyrodzie" — szeroko uwzględnia ekologiczny punkt widzenia, choć terminu tego nie używa.

W literaturze naszej nie mamy jeszcze obszerniejszego, na wyższym poziomie ujęcia ekologii zwierząt, które odpowiadałoby dziełu Warminga lub „Ekologii roślin" prof. Szymkiewicza. Zaledwie kilka ogólnych broszur względnie artykułów z tej dziedziny mamy do zanotowania[1]), gdzie jednak znajdujemy także uwagi metodyczne.

Książka niniejsza „Zwierzę i jego środowisko" nie rości sobie bynajmniej pretensji do takiego dzieła na wyższym poziomie. Jej przeznaczeniem jest dać ogólny zarys ekologii zwierząt w popularnym, dostępnym dla wszystkich ujęciu.

---

[1]) **Demel K.,** Kilka uwag o badaniu zespołowego życia zwierząt, Czasopismo Przyrodnicze 1931.

Kuntze R., Z rozważań nad podstawowymi zasadami ekologii zwierząt, Przyroda i Technika, 1934.

Mikulski J. St., Z zagadnień ekologii zwierząt, Biblioteka Biologiczna nr 4, Książnica Atlas, Lwów.

Paczoski J., Zagadnienia Biocenotyki, Biblioteka Botaniczna, Poznań 1938.

Petrusewicz K., Podstawowe pojęcia biocenologii, Bibl. Koła Przyrodn. Słuchaczy U. S. B. w Wilnie, 1936.

Z dawniejszych książek na uwagę zasługuje przyswojona naszemu językowi Biologia zwierząt Simrotha (tłum. Prof. J. Sosnowskiego), Warszawa 1905, zawierająca dosyć obfity zasób faktów ekologicznych.

Rozdział I

WODA I LĄD — DWA GŁÓWNE ŚRODOWISKA ŻYCIA ŚWIATY PRZECIWIEŃSTW

Rozmaite środowiska, w których żyją organizmy, można najogólniej podzielić na wodę, powietrze, glebę i wnętrze innych organizmów. Jeżeli jednak wnętrze innych organizmów, jako w zasadzie płynne środowisko zbliżymy do wodnego a zwłaszcza morskiego, z którym ma ono pewne cechy wspólne, zaś glebę po której poruszają się i gdzie żyją liczne zwierzęta będziemy traktować razem z powietrzem jako środowisko lądowe, wówczas liczba zasadniczych środowisk życia sprowadzi się do dwóch najważniejszych: *wody* i *lądu*.

„Woda i ląd są to najbardziej sprzeczne żywioły z pomiędzy wszystkich, wśród których na planecie naszej możliwe jest życie zwierząt... Woda jest to królestwo jednostajności, ląd — królestwo przeciwieństw; w wodzie wszędzie jednakowa gęstość, jednakowy opór ruchom stawiany, światło rozproszone, którego natężenie słabnie prawidłowo w miarę zagłębiania się w przestworza wodne, niewielkie różnice temperatury, wielki spokój, gdyż ruch wody tylko na powierzchni się odbywa. Na lądzie mamy spokojną ziemię i wiecznie ruchliwą lekką atmosferę; tu suchość, tam znów wielką wilgoć; pogodę, to znów deszcz i burze, upał i chłód, lato i zimę, światło i cień, dzień i noc; a przy tym jak różnym bywa pokrycie ziemi od lasu dziewiczego począwszy, na stepie i pustyni, gdzie czasem

tylko zjawia się nędzna roślinność!" (Simroth — Biologia zwierząt).

Istotnie woda stwarza warunki życia inne niż środowiska lądowe. Ma inne właściwości fizyczne, inny skład chemiczny, jest zasadniczo innym żywiołem. Jedna i ta sama roślina, strzałka wodna, uzdolniona do życia częścią swych pędów pod wodą, częścią na powierzchni, częścią nad wodą w powietrzu, okazuje różną budowę i kształt liści w obu środowiskach, a także na granicy ich zetknięcia. Czyż nie wymownym jest to dowodem, że warunki życia są odrębne w tych środowiskach, że kształtotwórcze bodźce i warunki odżywcze inaczej działają, że inną jest także na nie reakcja życiowa w różnych częściach jednego i tego samego organizmu, wyjątkowo jak tutaj zdolnego do życia w obu środowiskach?

Nie tylko jednak ten drobny przykład na chybił trafił wzięty spośród tysięcy innych, jest ilustracją odrębnych warunków życia w środowisku wodnym. Świadczy o tym całość życia zarówno w wodach śródlądowych jak i w morzu w porównaniu do życia lądowego. Niewątpliwie obserwował każdy z nas nieraz życie zarosłego stawu, przepełnionego najrozmaitszymi typami roślin i zwierząt. Widzieliśmy ryby pływające w toni wodnej lub trzymające się roślinności przybrzeżnej. Widzieliśmy żaby wygrzewające się w błocie na skraju stawu a wskakujące do wody za naszym zbliżeniem się; ślimaki, błotniarki i zatoczki, leniwie pełzające po roślinności wodnej, po dnie i po wewnętrznej powierzchni wody. Żwawo pływające owady, pływaki i pluskwiaki wodne o drapieżnych obyczajach. Najrozmaitsze robaki, pijawki i wirki pływające, pełzające leniwie albo siedzące na łodygach roślinności podwodnej. Zwróciły naszą uwagę z pewnością ważki

latające obficie nad stawem, zawisające niekiedy w locie nad wodą lub nad roślinami z wody wystającymi dla złożenia jajeczek do żywiołu koniecznego dla rozwoju ich stadiów larwalnych, choć formom dorosłym, latającym już mniej potrzebnego. Obeznani z mikroskopem mieli możność podziwiania bogactwa i różnorodności życia

Rys. 1. Staw. Według obrazu J. Rapackiego

drobnego, zawieszonego w toni wodnej, planktonu, złożonego z maleńkich organizmów roślinnych i zwierzęcych, tysiącami okazów niekiedy wypełniającego kropelkę wody. Widział to chyba każdy i podziwiał, a dla wielu z nas taki zarosły stawek był pierwszą szkołą ścisłej obserwacji przyrody, której niezatarte ślady pozostały w pamięci na całe życie. Z chęcią też powracamy nad staw, nad wodę, by popatrzyć, pomyśleć nad nią i jej życiem, wczuć się w organizmy ją zasiedlające, tworzące w każ-

dym poszczególnym zbiorniku niby pewną całość, odrębny świat, „mikrokosmos", podlegający własnym prawom, które, usiłując wiązać zjawiska, jak gdyby rozumiemy.

A jednak pomimo tej „bliskości" życia wodnego jest nam ono dalekie. Woda jest żywiołem raczej nam *obcym*, gdyż jako organizmy lądowe nie jesteśmy w stanie w takim stopniu „wczuć się" czy zrozumieć to życie tak, jak to możemy uczynić odnośnie innych organizmów, zwłaszcza zaś wyższych, podobnie jak i my pogrążonych nie w wodzie lecz w oceanie sprężystego powietrza. Nie jesteśmy w stanie dokładnie zwłaszcza wyobrazić sobie istoty oddychania wodnego. Potrzeba oddychania powietrzem gazowym rozpuszczonym wydaje się być najistotniejszą różnicą, jaka cechuje organizmy wodne w porównaniu do lądowych i w znacznym stopniu utrudnia ich rozumienie. Całą przemianę materii w związku z tym organizmy wodne mają inną, niewątpliwie bardziej powolną, niezbyt intensywną, niekiedy może nawet utrudnioną przez mniej korzystne warunki oddychania. Ponadto woda jest żywiołem znacznie gęstszym od powietrza i ta jej cecha wpływa w szczególności na warunki unoszenia się i lokomocji. Lokomocja zaś decyduje o wyglądzie zwierzęcia, o jego typie biologicznym czy ekologicznym. Inne są także w wodzie warunki odżywiania; inne fizyczne i chemiczne czynniki grożące życiu osobnika, a tym samym inne potrzeby samoobrony i przystosowania; inaczej w wodzie działają bodźce świata zewnętrzengo, co wymaga potrzeby modyfikacji organów zmysłów; inne są warunki rozrodu etc. Słowem inny jest świat organizmów wodnych ponieważ inne jest ich środowisko. Życie to można jedynie zrozumieć w związku ze środowiskiem, z którym jest ściśle sharmonizowane.

W rozdziale niniejszym zwrócimy uwagę na zasadnicze różnice zwierząt wodnych i lądowych w związku z ich oddychaniem. Wyróżnimy formy pierwotnie wodne od wtórnie wodnych, które lądowy sposób oddychania przeniosły z sobą z powrotem w środowsko wodne. Damy ekologiczne motywy zasadniczego podziału zwierząt wodnych na dwie naturalne grupy środowiskowe: morskie i słodkowodne. Omówimy dalej bardzo ważną cechę zwierząt lądowych — potrzebę zabezpieczenia ciała przed nadmiernym parowaniem, dalej konsekwencje biologiczne wypływające z różnic gęstości obu środowisk, wreszcie najważniejsze typy lokomocyjne zwierząt wodnych i lądowych. Rozdział zakończymy ogólnym podziałem czynników abiotycznych, działających w wodzie i na lądzie.

WARUNKI ODDYCHANIA W WODZIE

Powiedzieliśmy, że woda jest środowiskiem raczej mniej korzystnym dla oddychania niż powietrze sprężyste, utrudniającym intensywną przemianę materii, z czym też prawdopodobnie pozostaje w związku wolniejsza na ogół ewolucja i bardziej prymitywny charakter życia wodnego oraz niewytworzenie typów stałocieplnych, które zjawiły się tylko na lądzie. Podczas gdy litr powietrza zawiera tlenu prawie 210 cm^3, litr wody rozpuszcza się przeciętnie 6—8 cm^3, zmieniając nieco tę wartość w zależności od temperatury i stopnia zawartych w wodzie soli. Jest go więc w wodzie przeciętnie trzydzieści razy mniej niż w powietrzu tej samej objętości.

Praktyczne uwagi jakie nasuwają się z rozważaniem tego faktu, to potrzeba zabezpieczenia koniecznego przepływu wody, względnie dostatecznego utleniania przy hodowlach w akwarium. Zwłaszcza morskie zwierzęta wymagają jako warunku sine qua non wody przepływowej. Wtedy tylko

mogą prosperować. Jeżeli w akwariach giną łatwo i często, to zwykle nie z nadmiaru bezwodnika węglowego, w wodzie morskiej z łatwością wiązanego w węglany, lecz zaduszone niedostateczną ilością względnie brakiem niezbędnego tlenu, albo też, co często się zdarza, w następstwie różnic termicznych, także sprowadzających się ostatecznie do uduszenia.

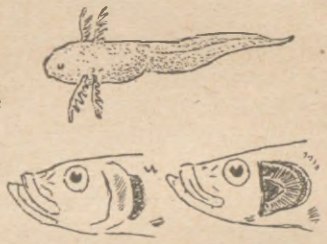
Mała lość *tlenu* w wodzie w porównaniu do tej samej objętości powietrza atmosferycznego wymaga szczególniej zabiegliwości ze strony zwierzęcia wodnego. Organy oddechowe w postaci skrzel umieszczone są najczęściej w tych miejscach ciała, gdzie może je opłukiwać mniej lub wiecej nieustanny i często silny prąd wody. Bowiem tylko przy takim przepływie, nawet w środowisku na ogół mało ruchliwym jak zbiorniki wód stojących, wystarcza mała stosunkowo ilość rozpuszczonego tlenu. Powszechnie znamy mechanizm opłukiwania skrzel u ryb prądem wody pobieranej przez otwór ustny a wypuszczanej przez otwory boczne spod uchylających się nieustannie pokryw skrzelowych. Małże wytwarzają prąd wody opłukujący skrzela, naprowadzany jednym a wyprowadzany drugim syfonem. Pijawki wykonywują ruchy oddechowe, przypominające niby falowanie ciała w miejscu etc. Niemniej troszczą się zwierzęta wodne o zabezpieczenie przepływu wody, a tym samym dostarczanie tlenu swym jajeczkom i młodocianym stadiom rozwojowym, jak wiadomo wymagającym do wzrostu i życia niezwykle intensywnej oksydacji. Ciernik bez przerwy wachluje wodę płetwami, kierując prąd na jajeczka umieszczone w gniazdku. Różanka składa jajeczka do jamy skrzelowej małża. Niektóre ryby wprost noszą w jamie ustnej młode pokolenie etc. Rozmaitość pod tym względem jest ogromna; kwestia mechanizmów oddychania w wodzie należy do jednego z najbardziej

urozmaiconych rozdziałów hydrobiologii. Walka o powietrze konieczne dla życia jest w środowisku wodnym bardzo widoczna.

U najbardziej dla środowiska wodnego typowych zwierząt spotykamy się z dwoma sposobami oddychania, zwykłym, mało zróżnicowanym, po przez *dyfundującą skórę i skrzelowym*. Pierwszy prymitywny, nieznany w zasadzie u zwierząt powietrznych, charakteryzuje ogół najniższych i zazwyczaj drobnych zwierząt wodnych. Z nieco większych form oddychają przez skórę np. pijawki a dodatkowo, bowiem mają płuca, także i żaby. Drobność rozmiarów jest warunkiem bardzo ważnym tego uproszczonego sposobu oddychania, a to dlatego, że powierzchnia wzrasta do kwadratu, podczas gdy objętość proporcjonalnie do sześcianu. Organizmy małych rozmiarów są więc uprzywilejowane przy takim sposobie oddychania. Mają większą stosunkowo powierzchnię, a wobec drobnych rozmiarów droga jaką odbywają przenikające do wnętrza cząsteczki tlenu jest niewielka i dosięga wszystkich komórek i zakątków ciała. Organizm większy ma powierzchnię bez porównania mniejszą. Robak o wadze 10 gramów może mieć powierzchnię około 40 cm^2, tymczasem u człowieka 80 kg wagi na każde 10 gramów wagi przypada zaledwie 1 cm^2 czyli $^1/_{40}$ powierzchni robaka. Stąd potrzeba znacznego powiększania dyfundujących powierzchni u wszystkich większych i w szczególności bardziej aktywnych i ruchliwych zwierząt, których cechuje duże zapotrzebowanie tlenowe.

Rolę tę spełniają skrzela, organy oddechowe, będące w zasadzie wyfałdowanymi na zewnątrz, znacznie powiększonymi dyfundującymi powierzchniami oddechowymi, podczas gdy płuca kręgowców i tchawki owadów są wtłoczone do wnętrza ciała i zabezpieczone w ten sposób przed wysychaniem, które w środowisku wodnym

nie grozi wyfałdowanym na zewnątrz skrzelom. Morfologicznie skrzela są najrozmaitsze, tworzące utwory delikatne i silnie z reguły unaczynione. U młodych kijanek skrzela są rozgałęzione, odstające od boków głowy i szczególnie typowe w swej prymitywnej budowie. Różnorodne pod względem kształtu i sprawności nie są więc organami homologicznymi u rozmaitych grup zwierzęcych. Są one raczej organami analogicznymi, które łączy wspólna funkcja fizjologiczna — zabezpieczanie możliwie najkorzystniejszego przenikania tlenu do wnętrza ciała. Znajdują się też najczęściej w miejscach najłatwiejszego zetknięcia się ze środowiskiem wodnym.



Rys. 2. Skrzela kijanki i ryby. Według J. Huxleya

ZWIERZĘTA WTÓRNIE WODNE

Takie stosunki istnieją u zwierząt pierwotnie wodnych, dla których woda jest środowiskiem, z którego pochodzą. Zwierzęta wtórnie wodne natomiast przeszły w biegu ewolucji z lądu do środowiska wodnego, zachowując swe organy oddechowe typu lądowego, conajwyżej modyfikując je uzupełniająco w związku z przystosowaniem do życia w nowych warunkach. Zasadnicza ich organizacja, jako zwierząt oddychających powietrzem sprężystym, pozostała jednak raczej lądowa. Do takich zwierząt należą owady wodne (rys. 3), ślimaki płucodyszne, ssaki wodne, częściowo także i ptaki najdalej posunięte w przystosowaniu do zdobywania pokarmu w wodzie jak pingwiny, nury, alki etc.

System *tchawek*, rozgałęzionych rurek oddechowych przenikających od zewnątrz całe ciało i doprowadzają-

cych powietrze do wewnętrznych organów, spotykamy u wszystkich owadów wodnych. Pod tym względem ostatnie nie różnią się od swych przodków lądowych. Różnice polegają jedynie na urozmaiconych mechanizmach przystosowawczych, umożliwiających oddychanie w środowisku wodnym aparatem pierwotnie nieprzezna-

Rys. 3. Rozmaite typy owadów wodnych i ich larw

czonym do warunków wodnych. W związku z tym powstało niemal tyle odchyleń tego aparatu, ile sposobów życia owadów wodnych. Nie będziemy więc omawiać tego tematu. Wystarczy nam stwierdzenie, że prawie każdy gatunek wodny inaczej rozwiązał problem zaopatrywania tchawek w powietrze gazowe. Biomechanizmy oddechowe tych stworzeń mogą służyć człowiekowi jako wzorce techniczne; więc chełm nurkowy stosowany przez Beebe'a do obserwacji podwodnych — to naśladowanie

pewnych larw owadów (Eristalis), ryjących w dnie a połączonych z powierzchnią długą rurką, przez którą przenika niezbędne powietrze; zaś klosz powietrzny pająka wodnego, topika, można uważać za prototyp dzwonu podwodnego, stosowanego przy pracach konstrukcyjnych w portach etc.

Ciekawą modyfikacją aparatu oddechowego owadów wodnych są *skrzelotchawki* larw jętek (rys. 4), chrościków i ważek, będące w zasadzie delikatnymi mniej lub więcej rozpłaszczonymi wyfałdowaniami skóry, przez które drogą *dyfuzji* przenika tlen do rozgałęziających się wewnątrz a ślepo kończących się tchawek. Są to więc w pewnym stopniu organy przejściowego typu pomiędzy powietrznymi a wodnymi, ponieważ tlen przenika do nich przez osmozę z wody, a nie z powietrza przez otworki wejściowe tchawek (przetchlinki) jak u dorosłych owadów wodnych. Inaczej nieco, ale także osmotycznie, przenika tlen do tchawek u larw pewnych ważek (Libellula, Aeschna), które wypełniają w tym celu wodą rozszerzoną część końcową jelita, — mechanizm, który przez wytłaczanie tejże wody przez odbyt, jednocześnie porusza zwierzę do przodu tzw. systemem rakietowym.

Rys. 4. Skrzelotchawki widoczne po bokach ciała u larwy jętki

Płucodyszne ślimaki wodne, dobrze wszystkim znane błotniarki, zatoczki itp. leniwie pełzające po dnie i roślinności wodnej, ściślej mówiąc ślizgające się po śluzie obficie przez własną nogę wydzielanym, mają jamę płaszczową silnie unaczynioną, funkcjonującą jako *płuco*, a więc organ typu lądowego, który nabyli ich przodkowie, ślimaki lądowe. Wypełniwszy płuco powietrzem przy po-

wierzchni wody i następnie ścisnąwszy otwór wejściowy, czyli zamknąwszy narząd oddechowy, błotniarka może na pewien czas opuszczać się pod wodę, wyzyskując w taki sposób tę niewielką ilość pobranego z sobą powietrza, wystarczającą jednak dla jej mało aktywnego życia, sprowadzającego się do czyszczenia przedmiotów podwodnych z nalotu roślinnego, którym się żywi.

Oddychają wyłącznie płucami także ssaki morskie (rys. 5), foki, delfiny wieloryby, syreny, pomimo bardzo

Rys. 5. Zwierzęta wtornie wodne: ssaki morskie, kaszalot, mors, foka

daleko posuniętego przystosowania do życia wodnego, przejawionego w ich rybokształtnym wyglądzie i całym szeregu innych urządzeń umożliwiających im życie wodne. Wysoka organizacja i aktywne bardzo życie, równoznaczne z wielkim zapotrzebowaniem tlenowym, nie pozwala szukania nawet dodatkowych źródeł niezbędnego do życia pierwiastka w środowisku wodnym, znacznie gorzej pod tym względem zaopatrzonym od powietrza gazowego. Wszystkie odchylenia ich organizacji i obyczaje sprowadzić można do możliwie jak największego usprawnienia mechanizmu oddychania powietrzem gazowym w warunkach życia wodnego (zamykane nozdrza u fok, pojedynczy otwór oddechowy na szczycie głowy

u wielorybów, wytrzymałość na długie — do godziny — przebywanie pod wodą etc.). W przeciwieństwie do innych zwierząt wodnych wtórnego z lądu pochodzenia (larwy owadów ze skrzelotchawkami, żaby) czerpiących tlen z obu środowisk, organizacja ciała ssaków wodnych, niezależnie od ich rybokształtnego wyglądu zewnętrznego i innych cech wywołanych specyficznie wodnymi warunkami życia, przynajmniej pod względem oddechowej przemiany materii jest typowo lądową, więc zasadniczo odrębną niż u pierwotnych mieszkańców żywiołu wodnego.

Jeżeli w mozaice cech jakiegokolwiek organizmu wodnego zechcemy doszukiwać się różnic pomiędzy tymi, które zostały wywołane przez specyficzne warunki środowiska płynnego, w przeciwieństwie do tych, które nie mają znamion tej specyficzności i mogłyby powstać także gdzie indziej, powiedzmy na lądzie w podobnych warunkach, to narządy oddechowe — jako wskaźniki wysokości organizacji i natężenia przemiany materii — wysuwają się na czołowe miejsca, odróżniając organizmy wodne od lądowych. Podział na dwie zasadniczę co do pochodzenia grupy zwierząt *pierwotnie* i *wtórnie wodnych*, opierających się przede wszystkim na funkcji oddechowej, jest jednocześnie ilustracją odrębnych typów organizacyjnych, czyli różnych kolei świata zwierzęcego w przystosowaniu się do obu zasadniczych środowisk.

Nie tylko jednak przez samo oddychanie zwierzęta wtórnie wodne uzależnione są od powietrza gazowego, ich pierwotnego środowiska. Inne cechy organizacji i życia wskazują także na ścisłe związki jakie je łączą ze środowiskiem lądowym. Owady wodne zachowały uzdolnione do lotu skrzydła (rys. 6), pozwalające pewnym formom opuszczać zbiorniki przez nie zamieszkałe i szukać nowych w razie potrzeby. Kręgowce morskie wtórnego pochodzenia, poza formami żyworodnymi (wieloryby, sy-

reny, węże morskie), są najczęściej związane rozrodem ze środowiskiem lądowym. Żółwie odbywają nieraz dalekie wędrówki z morza na ląd, gdzie składają jaja. Nawet najbardziej morskie ptaki jak pingwiny, alki, nury — gnieżdżą się zawsze na lądzie. Na brzegach morza rozradzają się także foki i otarie.

Rys. 6. Liczne owady wodne zachowały uzdolnione do lotu skrzydła: płoszczyca pływająca i w locie.

Są więc zwierzęta wtórnie wodne ważnym i ciekawym przykładem pośredniego niejako życia, łączącego dwa tak różne światy jak wodę i powietrze, które całością swych warunków nadały zasadniczo odrębne kierunki ewolucji świata żywego. Są one także piękną ilustracją kolejnych zmian, jakim świat zwierzęcy ulegał w biegu dziejów, jak najściślej zharmonizowany nie tylko z aktualnymi warunkami środowiska, ale właściwościami organizacji świadczący w niemniejszym stopniu o swojej historii. Na przykładzie zwierząt pierwotnie i wtórnie wodnych ekologia szczególnie wyraźnie zazębia się z filogenią, historią rodową organizmów.

ZASADNICZY ŚRODOWISKOWY PODZIAŁ ZWIERZĄT WODNYCH

Woda jest świetnym rozpuszczalnikiem dla mnóstwa ciał chemicznych, w szczególności dla soli, kwasów i gazów, nic więc dziwnego, że spadając na ziemię, czy to pod postacią stykających się z atmosferą opadów, czy też płynąc w strumykach i rzekach, gdzie znów ma możność zetknięcia się z glebą i skałami, rozpuszcza w sobie

najrozmaitsze ciała, unosząc je bądź do jezior śródlądowych, bądź do wód morskich. Olbrzymia ilość soli rozpuszczonych w morzach i oceanach pochodzi ze skał lądowych i była w biegu dziejów ziemi — wniesiona tam rzekami. Substancje chemiczne dzielą też wszystkie wody na dwa zasadniczo różne środowiska życia.

Stosownie do zawartości soli rozróżniamy wody *słone* i *słodkie*, związane grupą pośrednią wód słonowych, będących ich mieszaniną. Wody oceaniczne są słone, o zasoleniu przeciętnym 35‰ czyli 35 g na litr. Składnikiem głównym jest chlorek sodu NaCl, tworzący przeciętnie 27‰, nadto występują w nich chlorek magnezu, siarczan magnezu, a także siarczan wapnia i węglan wapnia ale już w mniejszych ilościach. W jeszcze mniejszych — kwas krzemionkowy, sole jodowe i in.

Wody słodkie zawierają znikome ilości soli zwłaszcza chlorku sodu i węglanu magnezu, jedynie tzw. twarde wody mają pewną przymieszkę węglanu wapniowego i gipsu. Różnica z wodami morskimi jest więc duża i to wpływa zasadniczo na życie. Brak soli kuchennej sprawia np., że tylko w wodach słodkich możliwe jest życie roślin kwiatowych, które analogicznie do wtórnie wodnych zwierząt, z lądu przeszły do wody. Morze, poza jedynym wyjątkiem traw morskich (Zostera), stało się dla nich niedostępne, bowiem chlorek sodu działa na nie zabójczo. Jedynie glony morskie, tworzące odrębny świat roślin niższych, przystosowały się do życia w środowisku słonym.

W odniesieniu do zwierząt środowisko morskie i słodkowodne stwarza różnice, wypływające z samej natury fizjologicznej organizmu, przez to zwłaszcza, że płyny wewnętrzne (krew, limfa, hemolimfa), zarówno składem chemicznym jak i stężeniem czyli właściwościami osmotycznymi zbliżone są do wody morskiej. Z fizyki wiemy,

że dwie ciecze o podobnym stężeniu drobinowym przedzielone błoną przepuszczalną znajdują się w równowadze. Inaczej zachowują się roztwory o różnym stężeniu; przedzielone dyfundującą błoną zmierzają do wyrównania osmotycznego w taki sposób, że ciecz o słabszym stężeniu przenika przez błonę do cieczy o stężeniu większym, rozcieńczając ją aż do osiągnięcia stanu równowagi.

Stężenie soli w wodzie morskiej odpowiada stężeniu płynów organizmu, co można innymi słowami wyrazić w ten sposób, że zwierzęta morskie są w *równowadze osmotycznej* ze swym środowiskiem. Wręcz w innej sytuacji znajdują się zwierzęta słodkowodne; są w stanie niezrównoważenia osmotycznego w stosunku do środowiska zewnętrznego wobec braku w nim soli, a tym samym znacznie mniejszego od wody morskiej stężenia drobinowego. Poprzez rozmaite przepuszczalne błony cielesne organizmów słodkowodnych woda przenika w nadmiarze do ciała, zmierzając do zrównoważenia płynów wewnętrznych z zewnętrznymi. Do tych zjawisk osmotycznych sprowadza się w zasadzie różnica między zwierzętami morskimi a słodkowodnymi w związku z ich środowiskami. Ma więc głęboki sens i podkład fizjologiczny.

Z podstawowych różnic fizyko-chemicznych obu środowisk oraz z fizjologicznych właściwości organizmów wypływają już dalej cechy ekologiczne. Zwierzęta słodkowodne muszą posiadać rozmaite przystosowania, usuwające względnie częściowo redukujące zgubne następstwa niezrównoważenia osmotycznego ze środowiskiem. U wymoczków rolę tę spełniają pulsujące intensywnie wodniczki, periodycznie wydalające z komórki nadmiar przesączającej się z zewnątrz wody. Pokrewne gatunki morskie takich wodniczków nie mają — są one im niepotrzebne. U ryb słodkowodnych woda zewnętrzna, z konieczności przenikająca przez dyfundujące skrzela, wy-

dalana jest przez nadmiernie pracujące nerki, znacznie silniej rozwinięte niż u pokrewnych gatunków morskich. Znajdujemy także u słodkowodnych form najrozmaitsze zabezpieczenia ciała przez chitynowe utwory, śluz, cysty etc., utrudniające lub wręcz uniemożliwiające parcie wody z zewnątrz etc.

Podział środowiskowy życia wodnego na *morskie* i *słodkowodne* jest więc uzasadniony fizjologicznie, ekologicznie a także i filogenetycznie, co nasuwa się z porównania rozmaitych grup zamieszkujących dziś bądź wody morskie, bądź słodkie. Podczas gdy morze, jako środowisko w zasadzie łatwiejsze dla życia, z racji powyżej zanalizowanych właściwości zwierząt, posiada całe mnóstwo grup najrozmaitszych sobie tylko właściwych, nie licząc grup wspólnych z wodami słodkimi i lądem, wody słodkie mają faunę ograniczoną do tych stosunkowo mniej licznych typów organizacyjnych, które potrafiły przystosować swe życie do niekorzystnego pod względem warunków osmotycznych środowiska. I one jednak różnicują się na grupy drobniejsze, składające się na urozmaicony i odrębny obraz fauny słodkowodnej.

OGÓLNE CECHY ZWIERZĄT LĄDOWYCH

Jeżeli teraz zwrócimy uwagę na zwierzęta lądowe, to się przekonamy, że życie w środowisku powietrznym stawia przed organizmem problem opanowania innego stanu równowagi fizycznej. Ciało większości stworzeń jest przesycone wodą, tworzącą przeciętnie do $^2/_3$ jego wagi. Także powietrze zawiera z reguły pewną ilość pary wodnej, ale ilość ta waha się dosyć znacznie zależnie od miejsca. W pewnych środowiskach bardzo wilgotnych jak w lesie tropikalnym, pod kamieniami, w warstwach przyziemnych terenów bagnistych, może być pary wodnej

tyle, że powietrze tych miejsc wilgocią zbliża się do stanu nasycenia. W innych znów, przeważnie mniej lub więcej otwartych przestrzeniach, zawartość pary wodnej daleka jest od stanu nasycenia. I tak bywa najczęściej. Zwierzę lądowe jest więc narażone prawie zawsze na utratę nadmiaru swej wody, na *wysychanie przez parowanie*. Stąd wniosek, że do życia prawdziwie lądowego, a więc związanego nie tylko z przesyconymi wilgocią środowiskami, mogły przystosować się jedynie te grupy, które posiadały, względnie wytworzyły urządzenia organizacyjne albo fizjologiczne reakcje mogące przeciwstawić się nadmiernemu parowaniu w powietrzu.

Istotnie, rozejrzawszy się w całości fauny lądowej, można zauważyć, że tylko dwie wielkie grupy, mianowicie stawonogi i kręgowce problem ten dobrze rozwiązały ekologicznie, i one tworzą główną składową fauny lądowej. Stawonogi lądowe, reprezentowane przez wije, owady, pajęczaki, zabezpiecza przed utratą wody zewnętrzny *pancerz chitynowy*, wytwarzany przez jednowarstwowy nabłonek. U typowych kręgowców lądowych, gadów, ptaków, ssaków, rolę tą spełnia *nabłonek wielowarstwowy*, nadto wytwarzający dodatkowe utwory rogowe jak łuski, tarcze piora, włosy, obok innych przeznaczeń także utrudniające parowanie ciała.

Z dwóch drobniejszych grup lądowych, ślimaki płucodyszne częściowo są zabezpieczone od utraty wody przez skorupę, częściowo przez śluz obficie przez skórę wydzielany, a także większość z nich ograniczona jest do miejsc wilgotnych, co wskazuje, że problemu zabezpieczenia się przed parowaniem, czyli przystosowania się do życia lądowego, nie rozwiązały należycie. Zaś dżdżownice, pierścienice żyjące w glebie, związane z podłożem wilgotnym, ściśle mówiąc nie mogą być uważane za zwierzęta par excellence typu lądowego.

Z problemem zasadniczym życia zwierząt lądowych — zabezpieczeniem ciała przed parowaniem, pośrednio wiąże się także budowa aparatów oddechowych. Płuca i tchawki, będące organami oddechowymi typu lądowego, w zasadzie wspólne mają to, że tworzą rozległe, umożliwiające wymianę gazową powierzchnie, skierowane do środka ciała, tam się rozgałęziające, podczas gdy skrzela rozkrzewiają się na zewnątrz. Tylko bowiem taka budowa zabezpiecza je przed wysychaniem, w ogromnym stopniu i powszechnie zagrażającym bytowi zwierząt lądowych, wodnym zaś tylko wyjątkowo (kałuże periodyczne, brzeg morski przy odpływie).

Różnią się zwierzęta lądowe od wodnych także i *rozrodem*. Zapłodnienia zewnętrznego nie spotykamy u lądowych. Dominuje u nich powszechnie zapłodnienie *wewnętrzne*. W wodzie przeciwnie, u bardzo wielu grup nie tylko najniższych ale także u wielu szkarłupni, mięczaków, raków i ryb elementy płciowe wydalane są na zewnątrz, gdzie pędząc życie mniej lub więcej zbliżone do planktonowego, spotykają się i łączą, dając zapłodnione jaja, rozwijające się dalej w odbiegające często od wyglądu rodziców stadia larwalne, po czym dopiero przemieniają się w stadia młodociane i dorosłe. U lądowych, które całkowicie zerwały łączność ze środowiskiem wodnym, takich stadiów larwalnych wodnych nie spotykamy. Jaja ich są najczęściej obficie w żółtko zaopatrzone i, podobnie jak formy dorosłe, zabezpieczone przez najrozmaitsze błony, skorupy lub osłonki przed zgubnymi następstwami parowania; mogą też przechodzić rozwój zarodkowy względnie nawet młodzieńczy w ciele matki jak u form żyworodzących.

Prawdziwie lądowe zwierzę cechują więc przede wszystkim cztery adaptacje: *aparat oddechowy* przystosowany do sprzężystego powietrza, odporność ciała na wysy-

chanie względnie urządzenia zabezpieczające płynność środowiska wewnętrznego, *zapłodnienie wewnętrzne*, wreszcie *rozwój bez larwalnego okresu wodnego*. Czy jednak cechy te, jako tzw. preadaptacyjne, bezwzględnie konieczne każdemu prawdziwie lądowemu zwierzęciu, istniały już u przodków dzisiejszych zwierząt, zanim one wyszły na ląd, będąc jeszcze mieszkańcami innych środowisk, oczywiście wodnych — na to odpowiedzieć jest bez mała tak samo trudno jak na pytanie: „Co było najpierw, kura czy jaje?" Raczej pytanie jest źle sformułowane, gdyż o tym, jak to było dawniej, a zwłaszcza tak dawno, nie można odpowiedzieć w tak radykalnej formie jak tego żąda pytanie...

Wydzielając jednak abstrakcyjne cechy przystosowawcze pierwszorzędne, charakteryzujące wszystkich prawdziwych mieszkańców środowiska lądowego od drugorzędnych, ilustrujących przystosowania do bardziej zróżnicowanych warunków, jesteśmy w stanie zbliżyć się do zrozumienia właściwego sensu życia lądowego w przeciwstawieniu do życia wodnego, jako następstwa współdziałania organizmu także ze specyficznymi tylko warunkami środowiska płynnego.

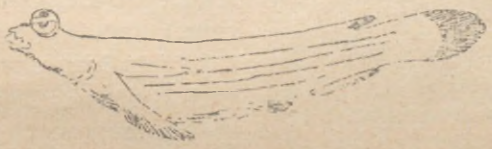
KONSEKWENCJE BIOLOGICZNE WYPŁYWAJĄCE Z RÓŻNIC GĘSTOŚCI OBU ŚRODOWISK

Powietrze stwarza warunki ekologiczne zasadniczo inne niż woda, nie tylko w stosunku do ważnej funkcji oddychania, potrzeby obrony przed parowaniem, zjawisk rozrodu i rozwoju. Wielkie różnice w porównaniu do warunków wodnych wynikają także z różnic gęstości obu środowisk.

Inne są w wodzie i w powietrzu *warunki widzenia*. Będąc środowiskiem znacznie gęstszym od powietrza, woda

wymaga soczewki prawie okrągłej, jaką widzimy u ryb i głowonogów. Utrudniając w dużym stopniu przechodzenie promieni słonecznych, absorbując ich składowe w rozmaitym stopniu zależnie od długości fali, woda stwarza na ogół warunki niezbyt korzystne dla widzenia. Wymaga to najczęściej większych oczów i nastawionych w zasadzie na małą odległość. Oczy ryb, głowonogów, skorupiaków i innych stworzeń morskich są oczami krótkowidzów, nastawionymi na odległość co najwyżej 1—2 m, podczas gdy u lądowych, zwłaszcza kierujących się wzrokiem kręgowców, zasięg widzenia jest bardzo daleki.

Efektownym przykładem różnic w warunkach widzenia w wodzie i na lądzie są oczy czterooka *(Anableps tetrophthalmus)*, ryby zamieszkującej wody Amazonki, tej olbrzymiej rzeki południowo-amerykańskiej, znanej z całego mnóstwa osobliwych typów ryb. Obserwacje stwierdzają, że czterook trzyma się najchętniej mulistych wód przybrzeżnych, pływając przy samej powierzchni w ten sposób, że część grzbietową głowy wraz z górną „połową" oczów wystawia nad wodę, podczas gdy reszta ciała jest



Rys. 7. Anableps tetrophthalmus, czterook ryba zdolna do jednoczesnego patrzenia w wodzie i w powietrzu. Według Bökera.

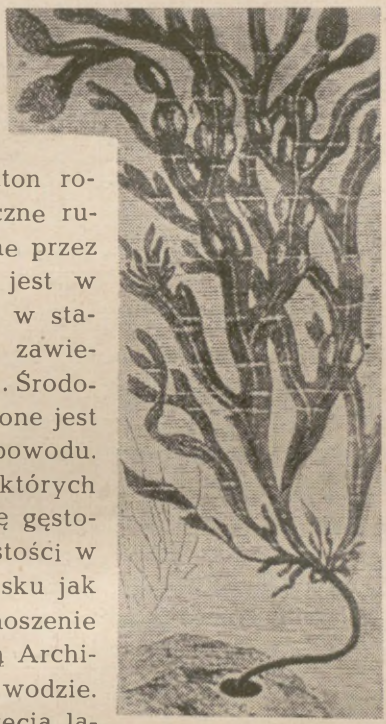
pogrążona. Taki przypowierzchniowy sposób życia harmonizuje najwidoczniej z przepołowioną budową narządów wzroku. Obie części oka, górna i dolna, „powietrzna" i „wodna", mają też dosyć znaczne różnice w budowie źrenicy, soczewki, siatkówki etc., słowem widzą romaicie

w związku z różnicami bodźców świetlnych w powietrzu i wodzie. Czterook ilustruje bardzo dobitnie, że warunki widzenia w obu środowiskach są różne i że gatunek, który nie zdecydował się na patrzenie w jednym tylko środowisku, lecz jednocześnie rozgląda się w obu, tak różnych jak woda i powietrze, musi mieć do tego organy rozmaicie zbudowane.

Rys. 8. Jedne z największych drzew na kuli ziemskiej: sekwoje kalifornijskie.

Powietrze jest średnio osiemset razy mniej gęste od wody, z czym przede wszystkim się wiąże jego minimalna siła unoszenia. W stosunku do roślin czynnik ten, wespół z dużym na ogół ciśnieniem poruszającego się powietrza, tłumaczy niezwykły wprost rozwój wszelkiego rodzaju *usztywniających* urządzeń szkieletowych, tak bardzo znamiennych dla wysokich i dużych drzew, wyróżniających bardzo roślinność lądową od unoszonych przez środowisko płynne wielkich roślin wodnych. W wodzie morskiej rosną olbrzymie, nieraz ponad 200 m długie glony jak Macrocytis, pozbawione zupełnie sztywnych tkanek zdrewniałych, które służyłyby im za podporę. Wyjęty z wody glon jest wiotki, opada na ziemię, tymczasem w wodzie unosi się swobodnie, podtrzymywany przez gęste środowisko płynne.

Ta zasadnicza cecha środowiska wodnego, jego wielokrotnie większa gęstość od gazowego środowiska powietrznego, zadecydowała z drugiej strony o obecności w wodzie mikroskopowego *planktonu*, który, unoszony przez gęste środowisko płynne pozostaje w mniej lub więcej biernym stanie zawieszenia (plankton roślinny), lub przez nieznaczne ruchy aktywne, wykonywane przez słabe organy lokomocji, jest w możności utrzymywać się w stanie prawie zbliżonym do zawieszenia (plankton zwierzęcy). Środowisko powietrzne pozbawione jest planktonu z tego głównie powodu.



Rys. 9. Morszczyn — glon morski o wiotkiej plesze, unosi się swobodnie w wodzie, podtrzymywany przez gęste środowisko płynne.

W stosunku do zwierząt, których ciało niewiele co różni się gęstością od wody, czynnik gęstości w tak rozrzedzonym środowisku jak powietrze wyklucza unoszenie zwierząt zgodnie z zasadą Archimedesa, jak to jest w wodzie. Lwia część ciężaru zwierzęcia lądowego, bo jakieś $\frac{799}{800}$ lub wielkość do tej zbliżona, musi być unoszona przez własną siłę mięśniową. Stąd tak wielki rozwój muskulatury, zwłaszcza mięśni poprzecznie prążkowatych, tak znamiennych dla obu najważniejszych grup lądowych: kręgowców i stawonogów. Pod względem zatraty energetycznej, jaką zwierzę lądowe

przejawić musi celem pokonania siły ciążenia ziemi, w związku z małą gęstością powietrza, jest ono w wyraźnie mniej korzystnej sytuacji od zwierzęcia wodnego.

Z tym się wiążą także i maksymalne granice ciężaru i wzrostu u zwierząt lądowych w porównaniu do wodnych. Największy słoń nie waży więcej niż jakieś $^1/_{25}$ dużego wieloryba. Fizjologicznym tego uzasadnieniem jest to, że siła zwierzęcia wzrasta na ogół proporcjonalnie do przekroju jego mięśni czyli do drugiej potęgi, podczas gdy masa ciała — proporcjonalnie do trzeciej. Czyli przy znacznym wzroście zwierzęcia lądowego stosunek nośnej siły do poruszającej się masy wyraźnie staje się coraz to mniej korzystny. Wprawdzie istniały kiedyś wielkie gady, rozmiarami kilkakrotnie przewyższające dzisiejsze słonie, ale one właśnie wyginęły i można przypuścić, że nadmierne ich rozmiary były jedną z tych cech niekorzystnych, która wraz z innymi czynnikami współdziałała ku zagładzie olbrzymów. Zresztą najnowsze interpretacje paleontologiczne zdają się udowadniać w sposób przekonywujący, że wielkie te gady typu brontozaurów i diplodoków nie prowadziły życia ściśle lądowego, a zasiedlały tereny raczej bagniste i laguny morskie, prowadząc w nich życie ziemnowodne, jak dzisiejsze hipopotamy, pływając względnie brodząc w tych bagniskach, gdzie znajdowały pokarm w postaci glonów. W takim oświetleniu ich wyjątkowo duże jak na zwierzęta lądowe rozmiary ciała byłyby bardziej zrozumiałe.

LOKOMOCJA W WODZIE I NA LĄDZIE

Wielokrotnie mniej gęste od wody powietrze stwarza także odrębne warunki dla lokomocji. Unieść się w nim biernie, tak jak to czyni zwierzę planktonowe w wodzie — nie można. Każde ciało opadnie na ziemię prędzej lub

później, choćby było najmniejsze i najlżejsze. Z drugiej strony mały opór, jaki stawia powietrze poruszającemu się ciału, jest warunkiem w wysokim stopniu korzystnym dla lokomocji, która też na lądzie w oparciu o podłoże może osiągnąć niezwykłą sprawność i chyżość (np. u antylop, zeber, strusi), nie spotykaną w zasadzie u zwierząt wodnych poruszających się po dnie, po podłożu. Szybkie poruszanie się zwierząt wodnych widzimy głównie u przedstawicieli nektonu, u pływaków aktywnych (ryby, ssaki morskie, głowonogi), gdzie całe ciało wraz z silną muskulaturą, ogon względnie kończyny zamienione są w motor lub u tych, których poruszanie odbywa się systemem „rakietowym" jak u głowonogów, silnym wytłaczaniem wody z jamy płaszczowej poprzez lejek — zaś gęste środowisko sprawia, że organizm nie potrzebuje tracić energii na przezwyciężanie siły ciężkości. Na lądzie odpowiednikiem takiego nektonicznego sposobu życia jest lot aktywny, doprowadzony do szczególnej doskonałości u ptaków i wielu owadów, nieco mniej sprawny u nietoperzy.

Lokomocja u zwierząt lądowych z reguły odbywa się przednią częścią ciała, z czym ściśle wiąże się ukształtowanie według *symetrii dwubocznej*. Nie spotykamy na lądzie takiej rozmaitości typów architektonicznych, jaką widzimy u mieszkańców wodnych (typy kuliste zwierząt, osiadłe asymetryczne, promieniste, jedno i dwuosiowe, dwubocznie symetryczne etc.). Trudniejsze na ogół i bardziej urozmaicone warunki terenowe na lądzie, wymagające w zasadzie oparcia o podłoże, wytworzyły typy wprawdzie nader urozmaicone (pełzające, chodzące, biegające, skaczące, ryjące, łażące po drzewach i krzewach, ślizgające się po powietrzu, latające etc.), zawsze jednak posuwające się naprzód jedną, określoną częścią ciała, więc dwubocznie symetryczne.

Spróbujmy uklasyfikować najogólniej te różne typy lokomocji w obu środowiskach. Zasadniczo w wodzie można wyróżnić organizmy *denne i toni wodnej*. Pierwsze wymagają do życia oparcia o dno, są bowiem cięższe od wody, podczas gdy drugie żyć mogą zupełnie niezależnie

Sposoby życia zwierząt wodnych i lądowych, z uwzględnieniem typu biologicznego i lokomocji

Środowisko wodne			Środowisko lądowe		
	Biolog. podział zasadniczy	Typy lokomocji	Biolog. podział zasadniczy	Typy lokomocji	
Dno	Bentos osiadły *(Sesil)*	Przytwierdzony Zakotwiczony Leżący na dnie Ryjący, borujący	Zwierzęta lądowe, dla lokomocji wymagające oparcia o podłoże stałe *(Ambulant)*	Pełzający Wijący się Biegający Chodzący Skaczący Ryjący Nadrzewny	Oparcie o podłoże
	Bentos ruchomy *(Vagil)*	Pełzający Chodzący Skaczący Epibentos przydenny			
Toń wodna	*Nekton*	Różne typy pływania aktywnego, wrzecionowaty, strzałowaty, wiosłowy, rakietowy etc.	Zwierzęta latające *(Volant)*	Lot ślizgowy (pasywny) Lot właściwy (aktywny)	Powietrze
	Plankton	Różne typy biernego unoszenia się w toni			

od dna, pływając, względnie unosząc się, w warstwach wody. W zależności od tego czy zwierzę denne prowadzi życie ruchliwe czy osiadłe (przytwierdzone, albo nieruchome), dzielimy pierwszą kategorię, także nazywaną

bentosem, na ruchomy *(vagil)* i osiadły *(sesil)*. Zaś drugą czyli zwierzęta toni wodnej na: pływaków aktywnych *(nekton)* i biernie unoszący się, względnie o słabych bardzo organach lokomocji — *plankton*. Jest to podstawowy biologiczny (ekologiczny) podział zwierząt wodnych, zarówno morskich jak i słodkowodnych, uwzględniający ich sposób życia i lokomocję.

Na lądzie zwierzęta należą w zasadzie do bentosu, bowiem ocean powietrza, na dnie którego żyją, na tyle jest rzadki, że żadnemu z nich nie pozwala na bierne unoszenie się w powietrzu. Toteż grupy odpowiadającej planktonowi ściśle mówiąc nie ma w środowisku lądowym. Ale aktywnie latające zwierzęta, choć nie są w stanie zbyt długo pozostawać w powietrzu i potrzebują dla rozrodu, wypoczynku czy zdobycia pokarmu oparcia o podłoże, tworzą właściwie grupę odpowiadającą nektonowi, bo podczas lotu poruszają się bez oparcia o podłoże stałe. Biologiczną tę grupę nazywamy w odróżnieniu od nektonu wodnego — *volant*, zaś bentos lądowy — *ambulant*, przenoszący się, bo ściśle mówiąc przytwierdzonych zwierząt lądowych prawie że nie ma.

BENTOS OSIADŁY

Zwierzęta przytwierdzone, jak koralowce, ukwiały, gąbki, liliowce, wieloszczety osiadłe, mszywioły, pąkle, osłonice i in. mogły powstać jedynie w środowisku wodnym; ale za ten typ życia zwierzęcego należy czynić odpowiedzialnymi nie tyle warunki wynikające ze specyficznych właściwości fizycznych środowiska wodnego, ile przede wszystkim szczególne *warunki odżywcze*, możliwe tylko w wodzie. Tam bowiem odpowiedni dla zwierząt pokarm pod postacią planktonu względnie butwiejących szczątków organicznych rozproszony jest wśród przestrzeni wodnej, a prądami może być doprowadzony

w znacznych ilościach do wszystkich zakątków środowiska. Dla wielu zwierząt nie ma potrzeby uganiania się za zdobyczą. Pokarm do nich przychodzi i to jest jednym z warunków podstawowych istnienia zwierząt osiadłych w wodzie.

Na lądzie życie mniej lub więcej osiadłe, choć nigdy całkowicie przytwierdzone do podłoża, spotykamy u zwierząt znacznie rzadziej. Prowadzą je np. pająki przędzące pajęczynę, chwytające przelatające owady w swe kunsztowne sieci. Na nieruchome życie pozwolić sobie mogą zawieszone na gałęziach południowo-amerykańskie leniwce, odżywiające się liśćmi, ponieważ pokarmu mają pod dostatkiem dookoła siebie. Także liczne owady spijające z roślin soki, jak mszyce lub czerwce. Decyduje więc pokarm na miejscu, czego zresztą pośrednio dowodzi cały świat roślin lądowych, korzeniami utwierdzony w glebie, skąd czerpie sole azotowe, zaś liście swe roztaczający w atmosferę dla pobierania dwutlenku węgla i niezbędnej dla asymilacji energii słonecznej.

Rys. 10.
Pennaria cavolini, przytwierdzony hydropolip kolonialny, zewnętrznie podobny do rośliny. Według Aquarium neapolitanum.

Pośrednio przez warunki wodne wywołane życie osiadłe zwierząt pociąga za sobą szereg dalszych konsekwencyj zasadniczej wagi dla organizmu i jego ukształtowania się w określony typ biologiczny. Jedną z takich jest *rozród bezpłciowy i tworzenie kolonij*. Podział i pączkowanie — dwie główne formy rozrodu bezpłciowego spotykamy

szczególnie u zwierząt przytwierdzonych, co najwidoczniej jest przejawem osłabienia indywidualizmu w związku z życiem nieruchomym. Powstają rozkrzewione kolonie, które niby jakieś zarośla zwierzęce (rys. 10) pokrywają w korzystnych dla siebie warunkach odżywczych nieraz rozległe przestrzenie dna morskiego, nadając krajobrazowy po prostu wygląd terenom podwodnym. Utworzone bywają z osobników często bardzo zmiennych, bowiem podobnie jak i u roślin kształtotwórcze lokalne bodźce zewnętrzne działają na nie w ogromnym stopniu i to tym silniej, im bardziej osiadły tryb życia zwierzę prowadzi.

Typ biologiczny zwierzęcia wytwarzał się w związku z przejawami jego aktywności. Główną czynnością przytwierdzonego zwierzęcia jest wycedzanie z wody oraz naprowadzanie pokarmu. Organy lokomocji i zmysłów w znacznym stopniu doznają uwstecznienia. Uderzają za to najrozmaitsze ramiona mniej lub więcej ruchliwe, aparaty rzęskowe, naprowadzające prąd wody, urządzenia filtracyjne, wycedzające z wody pożywne cząstki etc. Budowa połączona jest zazwyczaj z promienistą symetrią, zrozumiałą wobec podobieństwa bodźców działających z różnych kierunków w płaszczyźnie poziomej. Inne za to działają siły w kierunku pionowym. Pokarm „deszczem" spadający z warstw górnych sprzyja wytwarzaniu często kielichowatego kształtu ciała, u wielu form otoczonego chwytnymi ramionami. Wzrost odbywa się z reguły ku górze, nie tylko ze względów odżywczych, ale i z racji potrzeb obronnych. Zwłaszcza odznaczają się nim formy bytujące na dnie mulistym, bowiem życiu osiadłemu korzystnemu ze względów odżywczych grozi w znacznym stopniu zasypanie przez osady, przez opadające nieustannie z góry unosiny martwe i szczątki organiczne. Jedynie przez „pięcie się" ku górze, przez mniej lub więcej pasywne narastanie ciała w częściach przeciwnych do pod-

stawy na której tkwią, mogą przeciwstawić się zagrzebaniu żywcem, często najgroźniejszemu właśnie w najbardziej korzystnych warunkach odżywczych.

W związku z obroną przed zagrzebaniem powstało w morzu wiele typów osiadłych, nie przytwierdzonych na stałe do podłoża lecz *„zakotwiczonych"* w najrozmaitszy sposób w miękkim podłożu, utrwalonych w mule, niekiedy, w razie niebezpieczeństwa umiejących odczepić się z miejsca utwierdzenia i przenieść w inne. Głębokowodne liliowce morskie, o pięknym, udekorowanym licznymi ramionami kielichu, osadzonym na długiej elastycznej szypułce, wytwarzają na jej końcu coś w rodzaju korzonków, utrawalających ciało w gruncie. Szkliste gąbki mają pęczki nici krzemionkowych, którymi się zakotwiczają. Małż z rodzaju Pinna (rys. 11) wytwarza stygnące w wodzie nici (tzw. bisior), które, przylegając do ziarenek piasku lub okruchów skał, utrwalają mięczaka w grząskim podłożu; w razie potrzeby mogą go jednak „odkotwiczyć". Podobnych przykładów znamy całe mnóstwo.

Rys. 11. Małż Pinna nobilis zakotwicza się w miękkim podłożu przy pomocy nici bisioru.

Trzecią grupą zwierząt osiadłych tworzą formy po prostu *leżące* na dnie, jak pewne mięczaki, ramienionogi a także liczne ryby, np. flądry i płaszczki. Wspólną cechą tych typów jest znaczne najczęściej rozpłaszczone ciała. Nie będąc przytwierdzone a leżąc swobodnie, nie obawiają się zasypania przez osady, mogą się poruszać, a ryby nawet żwawo przepływać, gdy zajdzie konieczność. Zarówno więc płaszczki jak flądry, choć leżą na dnie, nie są ściśle mówiąc typami nieruchomymi, lecz stanowią przejście do bentosu ruchliwego i świadczą

o pewnej względności klasyfikacji wobec rozmaitości stosunków panujących w przyrodzie.

Bardzo rozmaite są także biologiczne typy *bentosu ruchliwego*, uzależnione w dużym stopniu od planów strukturalnych zwierząt, nieraz nawet nie specjalnie charakterystyczne dla środowiska wodnego jako takiego, ponieważ na ich wytwarzanie się wpływały nie tyle warunki fizyczne środowiska płynnego, ile sposób poruszania się po podłożu określonego typu (dno twarde, sypkie, grząskie, zarosłe etc). Pominiemy je tutaj, udzielając za to kilku uwag ogólnych formom nektonicznym i planktonowi jako typom lokomocyjnym zwierząt, które powstały w bardziej ścisłym związku ze specyficznymi warunkami środowiska wodnego, znacznie gęstszego od powietrza.

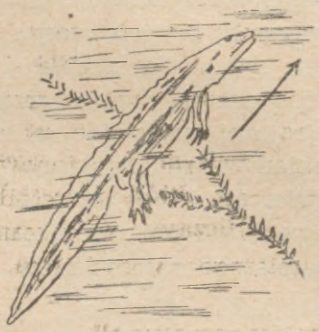
NEKTON ALBO PŁYWACY AKTYWNI

Szczególnie wyraźne typy nektoniczne znajdujemy wśród kręgowców, zarówno pierwotnie (ryby) jak i wtórnie wodnych: ssaków, gadów morskich i ptaków. U kręgowców bowiem, wskutek ich wyższej organizacji niż u bezkręgowców, aparatura dynamiczna ciała może być doprowadzona do dużej sprawności. Na taką motoryzację ciała składa się szereg czynników, które uprzednio omówimy, zanim przedstawimy główniejsze typy lokomocyjne pływaków aktywnych.

Rys. 12. Notonektyczny, brzuchem do góry, sposób pływania pluskolca.

Ruch zwierząt w wodzie zależy *więc od orientacji osi ciała* podczas pływania. Najczęstszym jest pływanie przy zachowaniu osi ciała w pozycji poziomej, brzuchem do dołu, grzbietem do wierzchu tzw. *gastronektyczne*, spotykane u większości ryb, ssaków, gadów etc. Wyjątkowym raczej jest pływanie *notonektyczne*, nazwane od pluskolca (Notonecta), pływają-

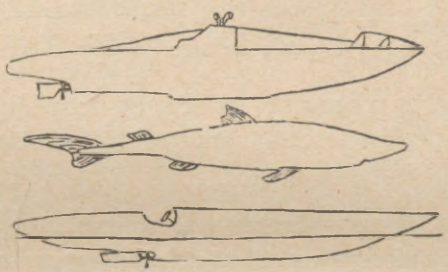
cego na grzbiecie, brzuchem od góry (rys. 12), stosowane wśród ryb przez pewne sumy, przez niektóre raki morskie oraz trylobity (Aeglina). Skośnie orientując oś ciała do powierzchni *(klinonektycznie)* pływają jaszczurokształtne gady jak: krokodyle, słynny Amblyrhinchus z wysp Galapagos, a z płazów — traszki (rys. 13). Wreszcie pionowo trzymają się w wodzie *(hypsonektycznie)* koniki i igły morskie.



Rys. 13.
Klinonektyczny, ukośny sposób pływania traszki.

W razie gdy motorem jest płetwa ogonowa, należy się liczyć z jej *ułożeniem:* pionowa, typowa dla większości ryb, działa przez boczne wyprężne uderzenia, podczas gdy pozioma posuwa zwierzę do przodu przez ruchy w płaszczyźnie pionowej (u syren) względnie skrętne u wielorybów. Funkcjonowanie pletwy ogonowej zależy także od jej *kształtu.* Płetwa symetryczna, jak u większości ryb, działa izobatycznie, nadaje poziomy ruch zwierzęciu. Natomiast płetwy o rozmaicie ukształtowanych płatach nie mogą nadawać ciału ruchu ściśle poziomego. *Epibatyczne,* jakie widzimy u jesiotra, o silnie rozwiniętym płacie górnym wraz z końcową częścią ciała, nadają ruch ku dołowi, podczas gdy *hypobatyczne,* o dłuższym płacie dolnym wypychają zwierzę ku górze (np. rybkę latającą — Exocoetus). Kształt płetwy najczęściej harmonizuje z rozmaicie zlokalizowanym u różnych zwierząt *punktem ciężkości ciała,* momentem w niemniejszym stopniu decydującym o kierunku ruchu niż sam kształt płetwy.

W związku z trzema głównymi sposobami lokomocji kręgowców nektonicznych — przy pomocy płetwy ogonowej, kończyn, względnie płetw parzystych i całego ciała — wyróżniamy trzy główne ich typy: wyprężny, wiosłowy i falowy, które jednak w zależności od sposobu życia i kształtu ciała podlegają jeszcze dalszej kategoryzacji. Typ *wyprężny* można podzielić na *wrzecionowaty* i *strzałowaty*. Pierwszy znamionuje najlepszych pływaków. Jest powszechnym u większości ryb pelagicznych, śledzia, łososia, makreli, żarłaczy, najbardziej hydrodynamiczny, ociekowy, przeciwstawiający wodzie najmniejszy opór. Imituje go człowiek w torpedach, ślizgowcach, łodziach podwodnych etc. (rys. 14). Typ strzałowaty (szczupak, belona) różni się od poprzedniego znacznym wydłużeniem przedniej części ciała, o czym świadczy przesunięcie do tyłu płetw nieparzystych, grzbietowej i podogonowej. Zapewne powstał w związku z raptownym strzałowatym ruchem z określonej (u szczupaka „czatującej") pozycji.



Rys. 14.
Wrzecionowaty typ ryby imitują łodzie podwodne i ślizgowce. Według Francégo.

Wiosłowy typ jest już niewątpliwie mniej doskonałym sposobem pływania. Motorem są tu płetwy albo kończyny, przeważnie przednie, opierające się o wodę. Tułów nie jest aktywny i podobnie jak i ogon nie warunkuje lokomocji. Taki system stosują żółwie (rys. 15), pingwinny i otarie, przy czym ostatnie wiosłują płetwami na przemian, zaś pingwiny równocześnie.

Trzeci typ — *falowy* — powstał z związku z wykonywaniem ruchów falistych przez całe ciało, spełniające zatem rolę motoru. U węgorza brzuszne płetwy zanikły całkowicie. Minog nigdy ich w ogóle nie miały, tak że na tej podstawie można wyróżnić pływanie falowe pierwotne (minogi) i wtórne (węgorze). Pływanie falowe jest jednak stosowane co najwyżej w braku lepszego, nieekonomiczne ze względu na energiczne ruchy całego ciała, a jednocześnie dosyć powolne, mało efektywne. Wężowaty kształt ciała, mogący poruszać zwierzę w toni wodnej, jako typ biologiczny uosabia raczej przystosowanie do życia ryjącego w dnie mulistym.

Rys. 15. Wiosłowy sposób pływania żółwia morskiego

Trzy te główne typy lokomocji zwierząt nektonicznych powtarzają się także i u *bezkręgowców*, jakkolwiek wskutek zasadniczo odrębnej organizacji zwierząt niższych, przejawiać się mogą najrozmaiciej, nie poddając się już tak prostej schematyzacji i ścisłemu porównaniu. Zjawiają się tu także sposoby lokomocji nieznane zupełnie u kręgowców, jak odpychania się za pomocą strumienia wytłaczanej wody, bądź spod kurczliwego klosza jak u meduz, bądź z jamy płaszczowej poprzez lejek jak u głowonogów. Takim „rakietowym" sposobem, przez wytłaczanie raptowne wody z końcowej części jelita przez odbyt, poruszają się także larwy słodkowodne niektórych ważek.

Nie możemy dłużej zatrzymywać się nad innymi typami, bo wykraczałoby to poza nasz program, taka jest ich rozmaitość. W przeciwieństwie do zwierząt osiadłych, przytwierdzonych, znajdujących pokarm na miejscu i dla

rozrodu także nie potrzebujących się poruszać (zapłodnienie zewnętrzne, rozród drogą pączkowania), chroniących się przed wrogami reakcjami lokalnymi (kurczenie się, parzydełka etc.), kształtem upodabniających się często do roślin, zwierzęta nektoniczne cechuje zdolność lokomocji aktywnej, przejawiona najrozmaiciej, a przenoszącą zwierzę z jednego miejsca na inne dla zaspokojenia głównych potrzeb życiowych: odżywiania się, rozrodu, ucieczki przed nieprzyjaciołmi i wrogimi siłami środowiska fizycznego.

WARUNKI UNOSZENIA SIĘ W TONI WODNEJ: PLANKTON

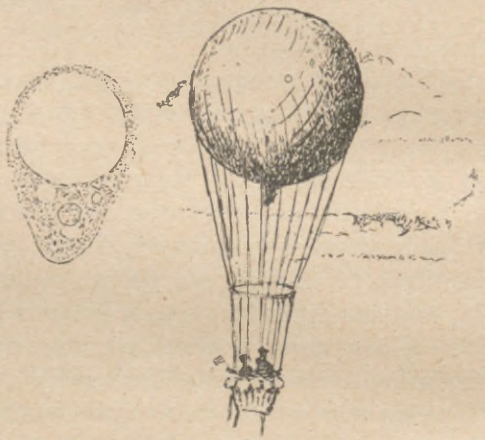
Inną grupą biologiczną organizmów toni wodnej jest plankton, stworzenia unoszące się mniej lub więcej biernie, lub co najwyżej o słabych bardzo organach lokomocji, tak że nie są w stanie oprzeć się prądom i falom, które je noszą i nimi kierują. Istnieją wszelkie możliwe przejścia między nektonem a typowym planktonem już chociażby przez to, o obu tych typach lokomocyjnych zwierząt wodnych decydują oprócz organów ruchu i aktywności także i rozmiary. Więc organizmy większe, meduzy, pewne ślimaki powierzchniowe (Heteropoda) etc., często nazywane drobną fauną pelagiczną w odróżnieniu od dużych aktywnych pływaków typu ssaków morskich, ryb i głowonogów, co do zdolności lokomocyjnych są raczej grupą przejściową. Przejawiają ruchy nieraz dosyć intensywne, ale wobec prądów silniejszych morza są za słabe, by nadać zwierzęciu określony kierunek. Jeszcze mniej efektywne są ruchy własne u organizmów drobniejszych, nawiązujących do form najmniejszych, u których przystosowania do mniej lub więcej biernego unoszenia się w toni wodnej ujawniają się szczególnie.

Wyraźniej niż gdzie indziej, w życiu planktonowym dostrzegamy kierowniczą zasadę fizyczną, która jej wyjaśnia.

$$\text{Pogrążanie się ciała} = \frac{\text{ciężar}}{\text{powierzchnia oporu} \times \text{lepkość płynu}}$$

Tonięcie ciała jest więc wprost proporcjonalne do jego ciężaru (a ściślej do nadwyżki ciężaru w stosunku do płynu, w którym jest pogrążone), zaś odwrotnie proporcjonalne do wielkości powierzchni tego ciała i lepkości płynu.

Jednym z warunków prawdziwego życia planktonowego jest możliwe *zbliżenie ciężaru ciała do ciężaru wody*, gdzie organizm żyje. W tym świetle stają się zrozumiałe



Rys. 16. Przystosowanie do życia planktonowego: sposób utrzymywania się w toni wodnej przez wytwarzanie ciał gazowych, analogia z balonem. Według R. Francégo.

te najrozmaitsze przystosowania jakie dostrzegamy u organizmów planktonowych, a więc *redukcja* wszelkiego rodzaju obciążających ciało utworów, jak muszli, grubych pancerzy, szkieletu etc., dalej wytwarzanie ciał *lżejszych od wody*, a będących najczęściej produktami przemiany

materii np. kropelek tłuszczu, pęcherzyków gazu (rys. 16) względnie powietrza; wreszcie *przepojenie ciała wodą*, tak często nadające szklistą przejrzystość zwierzętom planktonowym (meduzy, grzebienice, sprzągle, larwa Corethra). Drugim warunkiem zmierzającym już bardziej pośrednio do życia planktonowego jest *zwiększenie powierzchni ciała* (rys. 17), bądź przez najrozmaitszego typu wyrostki, kolce, igiełki, tarczowate spłaszczenie ciała, bądź po prostu przez zmniejszenie rozmiarów, co równoznaczne jest ze stosunkowym zwiększeniem powierzchni w odniesieniu do objętości ciała.

Rys. 17.
Przystosowanie do życia planktonowego: sposób utrzymywania się w toni wodnej przez zwiększenie powierzchni, analogia ze spadochronem. Według R. Francégo.

Lepkość wody jest czynnikiem niezależnym od organizmu i zmienia się wraz ze zmianami temperatury i zasolenia. W wodzie cieplejszej jest mniejsza, w chłodniejszej większa. Wzmaga się z natężeniem koncentracji solnej. To pociąga za sobą pewne dodatkowe modyfikacje organizmów planktonowych (zwiększenie utworów umożliwiających oparcie się względnie zawieszenie w mniej gęstej,

cieplejszej lub bardziej rozcieńczonej wodzie — sezonowe formy planktonowe, a także odmiany z wód słonych i słonawych).

W dążności do osiągnięcia „ideału" typu planktonowego, organy ruchu u czynnych pływaków spełniające funkcję przenoszenia zwierzęcia z jednego punktu przestrzeni w drugi, jeżeli istnieją u zwierząt planktonowych, służą raczej do utrzymania zwierzęcia w stanie „zawieszenia" w toni, oparcia się o wodę. Widłonogi (Copepoda) (rys. 18) nieustannie w podskokach podpływają do góry, kompensując w taki sposób stały, aczkolwiek powolny spadek, wywołany większym nieco od środowiska płynnego ciężarem ich ciała. Są więc obdarzone ruchem, ale w swym efekcie zmierzającym jedynie do przeciwstawienia się sile spadku.

Rys. 18. Planktonowy skorupiak widłonóg (Diaptomus).

W szeregu adaptacyjnym różnych grup do życia planktonowego ujawnia się najczęściej tendencja do mniej lub więcej kompletnej redukcji organów lokomocji, kosztem urządzeń zastępczych, zmierzających do wywołania stanu zawieszenia w wodzie. Od aktywności lokomocyjnej zwierzęcia do jego mniej lub więcej wyraźnej bierności zmierza przystosowanie do życia planktonowego. Jeżeli ruchy tu i owdzie przejawiają się jeszcze, są zazwyczaj słabe lub służą do innych potrzeb niż posuwania ciała w określonym kierunku. Daje się także zauważyć zmniejszanie rozmiarów ciała, co w zasadzie odpowiada zwiększaniu powierzchni w sto-

sunku do objętości — jednemu z kardynalnych warunków życia planktonowego. Sposób życia planktonowy jest więc wytworem par excellence środowiska wodnego, gęstszego od powietrza i środowisku lądowym nie ma odpowiednika.

BIOLOGICZNE TYPY ZWIERZĄT LĄDOWYCH

Podobnie jak w wodzie tak i na lądzie można wyróżnić cały szereg typów biologicznych albo ekologicznych zwierząt, ukształtowaniem i sposobem życia wyrażających ustosunkowanie się od środowiska. Ponieważ sposób poruszania się wpływa najbardziej na wygląd ogólny zwierzęcia, na jego habitus, należy tę właściwość przyjąć jako szczególnie ważne kryterium dla wyróżniania typów biologicznych. Jest to tym bardziej uzasadnione, że lokomocja jest takim przejawem aktywności zwierzęcia, który umożliwia mu wykonanie wszystkich innych popędów życiowych, a więc wyszukiwanie i zdobywanie energii odżywczej, ucieczkę przed wrogami i nieprzyjaznym środowiskiem fizycznym, spotkanie się płci, rozród etc. Lokomocyjne typy zwierząt odpowiadają w pewnym stopniu wzrostowym formom roślin i osiadłych zwierząt, jako reakcjom na lokalne bodźce zewnętrzne. Mają dużą wartość fizjognomiczną.

W przeciwieństwie do morza, zasiedlonego najrozmaitszymi typami organizacyjnymi, a więc pierwotniakami, gąbkami, jamochłonami, robakami, mszywiołami, ramienionogami, szkarłupniami, mięczakami, skorupiakami, osłonicami i rybami — które reprezentują nie tylko całkiem różne typy, ale także swój zasadniczy plan budowy przejawiają w tysiącznych odchyleniach — fauna lądowa, pominąwszy niewielkie stosunkowo grupy dżdżownic i mięczaków, reprezentowana jest tylko przez dwa olbrzymie typy stawonogów: kręgowców (z wyłącze-

niem ryb) czyli przez tzw. czworonogie (Tetrapoda). Typy biologiczne powstały więc tutaj niewątpliwie z materiału bardziej jednolitego, ale za to, niby rekompensata tego faktu, jest ich ogromna rozmaitość, jeżeli chodzi zwłaszcza o drugorzędne przystosowanie do środowiska — co najwidoczniej harmonizuje z większym urozmaiceniem lądu w porównaniu do bardziej jednostajnego morza, a także zgadza się z wyższym na ogół stadium życia lądowego.

Rys. 19.
Różne sposoby poruszania się zwierząt: chód, bieg, pływanie, lot. Według Pettigrew

Wspominaliśmy już, że sposoby poruszania się na lądzie można sprowadzić do dwóch zasadniczych z których jeden wymaga oparcia, podłoża stałego dla poruszającego się zwierzęcia i odpowiada w pewnym stopniu życiu bentonicznemu zwierząt wodnych, tworząc przeważnie lądowy bentos ruchomy (ambulant); należy przeciwstawić go zwierzętom latającym — większości ptaków i owadów (volant), będących odpowiednikiem pe-

lagicznego nektonu. W szczegółach jednak rozmaitość jest ogromna, pozwalająca dzielić typy lokomocyjne zwierząt lądowych na czołgające się, pełzające, wijące się, chodzące, biegające, skaczące (rys. 20), ryjące pod ziemią, łażące po pniach i gałęziach drzewnych, czepiające się liści lub kory, borujące w drzewie, poruszające się przez powietrze pasywnym lotem ślizgowym, latające aktywnie etc. etc.

Rys. 20. Typ ekologiczny skaczący: kangur

W zależności od głównych *działów pionowych* środowiska lądowego, ambulantia, więc formy lądowe, potrzebujące dla poruszania się oparcia o podłoże stałe, można podzielić na formy *podziemne* (subterricola), *naziemne* (epiterricola), *nadrzewne* (arboricola), rozumiane najszerzej, jako związane w ogóle z roślinnością (planticola) więc nie tylko z drzewami. Volantia odpowiadałyby formom *powietrznym* (aericola), choć oczywiście nie wyłącznym mieszkańcom przestworzy, uwzględniając potrzebę oparcia się o podłoże w tym czy innym celu. To samo zresztą dotyczy i innych typów biologicznych zwierząt lądowych; niekoniecznie muszą być one ściśle przywiązane do jednego tylko działu środowiska. Przeciwnie, mnóstwo zwierząt dzięki swej ruchliwości i skomplikowanemu życiu, które w biegu ewolucji przystosowując się przechodziło z jednych siedlisk do innych, podpada pod dwa albo i więcej działów, tworząc np. typy naziemno-podziemne (np. gryzonie ryjące nory), naziemno-podziemno-wodne (dziobak), nadrzewno-powietrzne (większość ptaków), nazie-

mno-powietrzne (skowronek) etc. etc. Nie przeszkadza to jednak naszej klasyfikacji ekologicznej, która może i powinna precyzować w jakim okresie życia i stanie aktywności ustosunkowuje się zwierzę do tego czy innego działu środowiska lądowego, jakie posiada urządzenia organizacyjne wiążące go z różnymi siedliskami.

Uwzględniając tę rozmaitość lądowych typów biologicznych i skomplikowane stosunki łączące je z otoczeniem, Osborn (Origine and evolution of Life) dał nam podział, wychodzący od pionowych „stref" ekologicznych, który, jako włączający także działy przejściowe, może być bardzo przydatny, zwłaszcza w odniesieniu do kręgowców.

1. Strefa *powietrzna* (Typy latające)
2. „ *powietrzno-drzewna* (Lot spadochronowy, ślizgowy)
3. „ *drzewna* (Typy łażące, biegające o chwytnych, odnóżach, czepiające się)
4. „ *drzewno-naziemna* (Typy chodzące i łażące)
5. „ *naziemna* (Chód powolny, bieg szybki, skakanie)
6. „ *naziemno-podziemna* (Typy biegające po powierzchni, ryjące pod ziemią)
7. „ *podziemna* (Typy wijące się i ryjące)
8. „ *lądowo-wodna* (Typy ziemnowodne albo amfibiotyczne).

W podziale tym dwie pierwsze kategorie odpowiadałyby naszym volant, pozostałe — ambulant.

Ostatnia kategoria obejmuje strefę lądowo-wodną, łączącą wszystkie te typy, które uosabiają przystosowanie form lądowych do środowiska wodnego, więc o charakterze przejściowym, co nie pozwala zdecydowanie zaliczyć ich do jednego, względnie drugiego z zasadniczych

dwóch środowisk: wody i lądu. Świadczą one o względności i tego, najlepszego z istniejących, podziału ekologicznego. Do przytoczonych poprzednio czterech kategorii form (naziemnych, podziemnych, nadrzewnych i powietrznych) wypada zatem dołączyć jeszcze *lądowo-wodne*, reprezentowane przez ssaki nadwodne, ptactwo wodne i błotne, płazy, owady lądowe o rozwoju wodnym etc., z którymi bliżej zapoznamy się jeszcze przy omawianiu zespołów życia na mokradłach i pobrzeżach wód śródlądowych i morskich, w rozdziale o formacjach lądowych. Dalszym etapem przystosowania się zwierząt lądowych do życia wodnego byłyby już omówione typy *wtórnie wodne*, reprezentowane przez wieloryby, delfiny, syreny, płucodyszne ślimaki słodkowodne i owady wodne, bardziej od poprzednich związane ze środowiskiem płynnym.

Rys. 21. Kilka typów ssaków lądowo-wodnych: a-desman (Myogale); b-kapibara; c-Potamogale; d-dziobak. Według Howella: Aquatic mammals

OGÓLNE UWAGI O CZYNNIKACH ŚRODOWISKA WODNEGO I LĄDOWEGO

Jak widzimy, woda i ląd tworzą istotnie zasadniczo różne światy, które zadecydowały o dwóch głównych kierunkach ekologicznych ewolucji życia na ziemi, stwarzając mnóstwo typów biologicznych w znacznym stopniu przeciwstawnych.

Środowiska te jednak nie są jednolite, nierozkładalne. Przeciwnie, są to złożone kompleksy, które można i trzeba

rozkładać na elementy prostsze, o ile chcemy dokładniej wniknąć w analizę bioekologiczną. Odnośnie wody — omówiliśmy już niektóre z nich, jak gęstość, tlen warunkujący oddychanie, zasolenie etc. Były to jednak raczej ogólne przykłady, wybrane dla zilustrowania zasadniczych różnic życia w obu środowiskach. Elementów tych jest więcej i poznamy je jeszcze przy omawianiu klimatu, podłoża oraz życia zespołowego wodnego i lądowego. Nazywamy je *czynnikami środowiskowymi*. Badanie ich urozmaiconego wpływu na organizmy tworzy jeden z podstawowych rozdziałów ekologii ogólnej.

Jak jest najpraktyczniej dzielić czynniki środowiskowe? I pod tym względem dostrzegamy pewne różnice pomiędzy środowiskiem wodnym i lądowym.

Woda działa w dwojaki sposób na żyjące w niej organizmy; w pierwszym rzędzie przez swe właściwości fizyczne, jako żywioł wpływający na nie przez gęstość, ciśnienie, energię promienistą i cieplną z zewnątrz przenikające do hydrosfery, przez ruch czyli dynamizm cząstek etc.

Z drugiej strony działa na drodze chemicznej, przez pośrednictwo substancyj, zawartych lub rozpuszczonych w wodzie, które tworzą gazy (tlen, bezwodnik węglowy etc.), a także fosforowe i azotowe sole pokarmowe, stanowiące pierwotne źródło pożywienia dla samożywnej roślinności wodnej. W wodzie morskiej i słonawej odgrywają nadto zasadniczą rolę te sole mineralne, których roztworem jest właśnie woda morska, jako środowisko życia zasadniczo odrębne od wód słodkich. Stąd przy badaniu ekologicznym środowiska płynnego nasuwa się praktyczny i naturalny podział czynników, zarówno w morzu jak i w wodach słodkich, na *fizyczne i chemiczne*.

Środowisko lądowe albo powietrzne jest bardziej złożone niż woda, bowiem zasadniczo składa się z powietrza

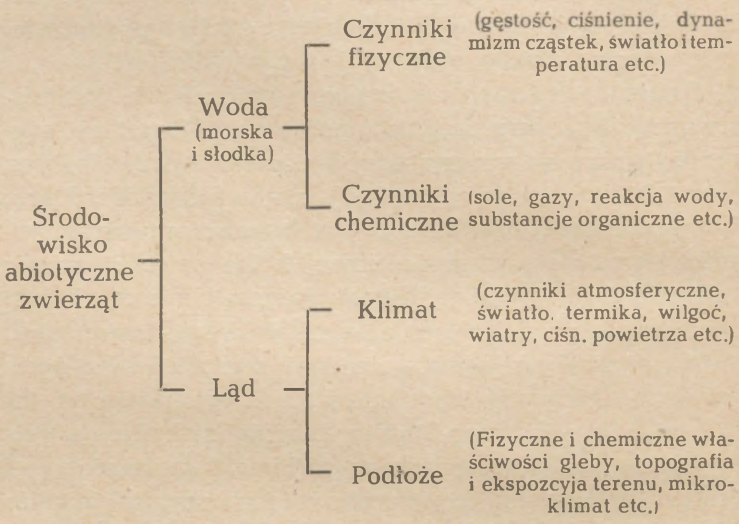
i podłoża; nie znamy przecież takich zwierząt, które wyłącznie i całkowicie uzależnione byłyby swym życiem od atmosfery, jak plankton od wody. Czynniki abiotyczne tego środowiska najpraktyczniej jest więc dzielić uprzednio na grupę *klimatyczną* i *edaficzną*, rozumiejąc przez pierwszą czynniki atmosferyczne, a więc światło, termikę, wilgotność, opady, dynamizm i ciśnienie powietrza etc.; do drugiej zaliczając podłoże, szeroko rozumianą glebę z jej fizyką i chemią, a także topografię terenu wraz z rzeźbą, ekspozycją i mikroklimatem.

Działanie czynników komplikuje się znacznie przez to, że może być *bezpośrednie* i *pośrednie*. Klimat np. wywiera wpływ na zwierzęta nie tylko przez swe składowe, ale także w ogromnym stopniu przez roślinność, której główne formacje lądowe uwarunkowane są przez czynniki termiczne i wilgotnościowe, które same stwarzają ekoklimat siedliskowy. Klimat wpływa także na charakter i ewolucję gleby oraz na ukształtowanie terenu. Jest więc czynnikiem pierwszorzędnej doniosłości w życiu zwierząt lądowych. Podobnie i gleba, wpływając na roślinność na odcinkach biosfery bardziej zlokalizowanych, wywiera pośredni wpływ na zwierzęta uzależnione od roślin. Bezpośrednio i pośrednio działają oczywiście także fizyczne i chemiczne czynniki środowiska wodnego.

Wydzielając porównawczą metodą pracy w terenie, czy też drogą eksperymentu w polu lub w laboratorium wpływ poszczególnych czynników środowiskowych na zwierzęta, stwarzamy sobie obraz mniej lub więcej abstrakcyjny, niewątpliwie ważny, bo pozwalający głębiej wniknąć w analizę zjawisk. Uświadomić sobie jednak należy, że czynniki nie działają najczęściej pojedynczo lecz w zespoleniu, *w kompleksie*, wpływając na organizmy nie tylko jako składowe całości, że wywierają nieustanny wpływ także na siebie, *interferują* z sobą jak

to się dziś mówi, co wielokrotnie mąci przejrzystość wyników i nie zawsze pozwala zdecydowanie twierdzić, jaką rolę dany czynnik odgrywa w zjawisku. Ten zasadniczy fakt, jak zobaczymy, bardzo często komplikuje badanie ekologiczne.

Tabela podziału abiotycznych czynników środowiska.



Działanie klimatu jako całości omówimy w następnym rozdziale, poprzedzając je ogólną analizą poszczególnych czynników, abstrakcyjnie wydzielonych w następstwie badań porównawczych i doświadczalnych. Pozwoli to nam lepiej wniknąć w działanie ich splotu, jaki tworzy klimat.

Rozdział trzeci poświęcimy wpływom podłoża, jako odrębnej grupy czynników, w zasadzie łatwo dających się oddzielić od makroklimatu i dających się rozłożyć na prostsze, fizyczne i chemiczne.

W rozdziale czwartym będzie mowa o czynnikach biotycznych, wynikających z wzajemnej albo jednostronnej zależności organizmów bądź różnych, bądź jednego gatunku.

Dalsze rozdziały obejmą życie zespołowe, środowiskowe rozsiedlenie zespołów wodnych i lądowych oraz najważniejsze wpływy ekologiczne jakie człowiek — jeden z głównych czynników biotycznych — wywiera na świat zwierzęcy.

Rozdział II

ZWIERZĘ I KLIMAT

WPŁYW ŚWIATŁA

W odniesieniu do zwierząt, światło czyli energia promienista, docierająca ze słońca na ziemię, ma mniej powszechne znaczenie niż dla roślin zielonych, którym służy jako niezbędny warunek przy wytwarzaniu materii żywej z ciał nieorganicznych. Zwierzętom, korzystającym bezpośrednio względnie pośrednio z pokarmów wytwarzanych przez rośliny, światło przynajmniej dla funkcji odżywiania nie jest konieczne. To też całe ich mnóstwo obywa się całkowicie bez światła (fauna ziemna, jaskiniowa, głębin morskich i jeziornych, nocna, pasożyty wewnętrzne etc.), a licznym nawet może szkodzić, działając nieraz wprost śmiertelnie na nie.

Z drugiej strony dla zwierząt żyjących na świetle, a także i dla wielu stroniących od niego, lecz wrażliwych na promieniowanie, światło jest czynnikiem zasadniczej wagi, jako warunek życia wpływający na zachowanie się, na rozród, jako czynnik ograniczający rozsiedlenie etc. W biegu dziejów świata zwierzęcego warunki świetlne dostarczały głównych bodźców sprzyjających ukształtowaniu się organów wzroku i urozmaiconemu ubarwieniu zwierząt.

Aktualna rola światła jako czynnika ekologicznego wypływa z tego głównie, że wyraźnie oddziaływa na fizjologię organizmu; nadto promieniowanie jest czynnikiem

w naturze nader zmiennym, zależnym od miejsca i szerokości geograficznej, od pory roku i dnia, od stanu pogody etc. Szkoda więc, że pomimo wielkiej roli tego zmiennego w naturze czynnika, mamy stosunkowo mało odnośnych badań ścisłych, wydatnie mniej niż nad wpływem innych składników klimatycznych: temperatury, wilgotności, wiatrów etc. Zaledwie pod tym względem rozpoczęte studia mogą więc dostarczyć jeszcze wielu nowych danych. Początek w tym kierunku dali przodujący w dziedzinie ekologii Amerykanie.

Zmienne na przykład są bardzo, zależnie od wyniesienia, warunki świetlne w dużych, drzewiastych formacjach roślinnych, które stwarzają odrębny, układający się warstwowo ekoklimat leśny. Podczas gdy na zewnątrz koron drzewnych mamy pełne naświetlenie, w warstwach przyziemnych może go być zaledwie $^1/_{400}$, jak to obliczył Weese dla umiarkowanego lasu liściastego stanu Illinois. Inny ekolog amerykański szacuje warunki świetlne lasu iglastego w jego warstwie dolnej na 51%, zaś tylko na 4% pod drobną roślinnością runa leśnego w odniesieniu do 100% jaka panuje ponad wierzchołkami drzew. Różnice są więc wielkie, a uwzględniając decydującą rolę promieniowania w życiu roślin, można przypuszczać, że warstwowa budowa lasu w znacznym stopniu uwarunkowana jest pierwotnie przez czynniki świetlne, które z kolei dopiero pociągają inne, termiczne i wilgotnościowe. Ponieważ jednak życie zwierząt, zwłaszcza wielu owadów bezpośrednio zależy od roślin, rozmieszczenie ich w lesie układa się także warstwowo, w pośrednim uzależnieniu od światła.

Jeżeli zwrócimy uwagę na warunki świetlne niezbędne dla jakiegoś poszczególnego gatunku, czyli zastosujemy punkt widzenia autekologiczny, to się przekonamy, że

optimum świetlne zazwyczaj odpowiada normalnemu środowisku zwierzęcia. Ale jakże może być ono różne nawet w odniesieniu do tego samego gatunku w zależności od okresu życia, aktywności odżywczej, rozrodu, rozwoju etc., wymagających często różnych zupełnie warunków. Na ogół można odróżnić zwierzęta *światłolubne* (np. motyle dzienne, błonkówki, liczne ptaki, jaszczurki) od *cieniolubnych* (np. stonogi, wije), fotofilne i fotofobne, żyjące na świetle od unikających światła, przy czym krańcowe stanowisko zajmują wśród nich *heliofile*, potrzebujące jak niepylak apollo bezpośredniej insolacji dla pełnej aktywności.

Pierwszy narzucający się nam taki podział jest jednak zbyt ogólny dla dokładniejszego wniknięcia w zjawisko. Podobnie jak w stosunku do każdego innego czynnika branego oddzielnie, należy raczej ustalić dolną i górną granicę, w obrębie których rozgrywa się życie i przejawia wrażliwość zwierzęcia na czynniki świetlne. Taki punkt widzenia prowadzi do wyróżnienia dwóch krańcowych typów, z mniejszą lub większą rozległością skali reagowania na bodźce świetlne. *Euryfoty* mają skalę rozległą, podczas gdy życie *stenofotów* mieści się w wąskiej skali warunków świetlnych. Dwie pierwsze narzucające się ekologowi grupy, światłoluby i cienioluby, dlatego są ważne, że są przeważnie stenofotami, podczas gdy euryfoty przejawiają raczej obojętność na czynniki świetlne.

Wrażliwe na światło zwierzęta odznaczają się najczęściej *regulacyjnymi reakcjami* ruchowymi o charakterze *obronnym*, pozwalającymi im uchylać się spod wpływów niekorzystnych i przechodzić do miejsc optymalnych warunków świetlnych. Cienioluby np. wystawione na działanie raptowne światła przez podniesienie kamienia lub po odłupaniu kory, pod którą przebywały, szybko kryją

się z powrotem w zacienione miejsca. Liczne motyle dzienne i błonkówki, rozkoszujące się życiem podczas najbardziej usłonecznionych godzin dnia, przy lada zachmurzeniu przestają latać i kryją się wśród roślinności. Są to *heliofile*, prawdziwe dzieci słońca. W wodzie takie regulacyjne ochronne ruchy w uzależnieniu od bodźców świetlnych stale wykonuje plankton. Obronne reakcje świetlne mogą jednak ulegać mniej lub więcej raptownym zmianom w zależności od równocześnie ze światłem działającego innego czynnika. W zasadzie dodatnio fototropiczne pszczoły nie wylatują np. z ula przy niskiej temperaturze, choć słońce może świecić; ich fototropizm staje się wtedy ujemny, wskazując że warunki cieplne w krańcowych razach u pszczół większą odgrywają rolę niż warunki świetlne. Spotykamy się tu z powszechnym w badaniach ekologicznych zjawiskiem interferowania ze sobą czynników, co w dużym stopniu utrudnia ścisłe badanie wpływów środowiska na organizmy.

Pośrednio przez pożywienie wpływa światło na zasadniczą w walce o byt funkcję — *nośność ptaków*, które jako zwierzęta kierujące się przede wszystkim wzrokiem, mogą odżywiać się tylko za dnia. Nośność wielu drobnych odlatujących na zimę gatunków jest większą w naszych umiarkowanych strefach niż tych samych gatunków w krajach gorących. Dlaczego? Bo u nas dzień w porze letniej, w okresie rozrodu ptaków, jest znacznie dłuższy niż w strefach mniejszych szerokości. Mają więc możność zdobycia obfitszego pokarmu, co wyraźnie zaważa na liczbie jaj złożonych i co na ogół sprzyja szybkości rozrodu i rozwoju, pozwalając wywodzić często dwie a nieraz trzy i cztery generacje w ciągu pory letniej. Kos, składający u nas przeciętnie 4—6 jaj, na Maderze wysiaduje nie więcej nad 2—3; sikora bogatka u nas niesie 6—10 jaj, a jej odmiana z wysp Malajskich 3—5. Na ogół większość

ptaków krajów gorących, w związku z krótszym tam letnim dniem niż u nas, a tym samym krótszym czasem żerowania, odznacza się mniejszą nośnością, często składając tylko po dwa jaja. Angielski podróżnik Whitehead przytacza ciekawe dane o ptakach wyspy Borneo: z 53 gatunków 5 składa tam po 1 jaju, 33 po 2, 10 po 3 i tylko 5 niesie przeciętnie po 4 jaja; podczas gdy u nas składają jaj średnio dwukrotnie więcej. Tę właściwość żerowania tylko przy świetle wyzyskali amerykańscy hodowcy, którzy przez sztuczne oświetlenie elektrycznością kurników i dostarczenie odpowiedniej ilości pokarmu, wydatnie zwiększyli nośność kur.

Pośrednią zależnością przez pokarm od warunków świetlnych należy tłumaczyć również *granice zasięgu* pewnych gatunków. Żerujące tylko nocą myszy leśne (*Apodemus sylvaticus)* rozsiedlone są normalnie po 62° szerokości północnej, mimo że charakter szaty roślinnej dalej ku północy wydaje się być podobny. Aktywne jednak życie prowadzi mysz leśna tylko latem, kiedy to noc polarna jest tak krótka, że nie wystarcza dla zdobycia dostatecznej ilości pokarmu i zabezpieczenia rozrodu. Od długości dnia i zdobycia niezbędnej ilości pożywienia może także zależeć północna granica rozsiedlenia wielu ptaków.

Warunki świetlne dalekiej północy wypływają pośrednio także na *zmianę obyczajów.* Czyż nie dowodzi tego np. sowa polarna, podczas pozbawionego nocy lata arktycznego żerująca za dnia? Za „białych nocy" zbierają miód i pyłek kwiatowy także trzmiele arktyczne *(Bombus kirbyellus* i *hyperboreus),* największe z istniejących, zabezpieczone przed zimnem gęstym uwłosieniem. Tylko bez przerwy pracując tam całą dobę mają możność zdobyć dla larw dostateczną ilość pokarmu, gwarantującego

rozwój i trwałość rodziny, pomimo tak niekorzystnych i surowych warunków dalekiej północy. Z osobistych wspomnień podczas pobytu na Murmańskiej Stacji Biologicznej wiem, jak ważnym jest w krajach arktycznych ten długi dzień letni, budzący całe tamtejsze ubogie zresztą życie do niezwykłej wprost aktywności, lecz jednocześnie ograniczający je do krótkiego, coraz to krótszego okresu w miarę posuwania się na północ.

DZIENNE I NOCNE ŻYCIE ZWIERZĄT

Dobowa zmiana warunków świetlnych wywołana czynnikiem kosmicznym, obrotem ziemi dookoła swej osi, znajduje wyraz w periodyczności dnia i nocy. *Dzienne* i *nocne* życie zwierząt zależy jednak od całego splotu warunków odrębnych wśród których żyją, bowiem ze zmianami światła zmienia się także termika i wilgotność powietrza, a więc dwa inne czynniki fizyczne, na które świat zwierząt lądowych jest szczególnie czuły; zmieniają się także warunki odżywcze czyli współzależność odżywcza zespołów, czego dowodzi dobowa ich zmiana. Znowu więc spotykamy się z jedną z głównych trudności ścisłych badań ekologicznych: koniecznością izolacji czynników wpływających na zwierzęta, których działanie należy precyzować bądź drogą doświadczeń laboratoryjnych, bądź metodą porównawczych obserwacyj w przyrodzie, gdyż najczęściej czynniki interferują czyli wpływają w kompleksie.

Motyle dzienne, większość błonkówek, liczne muchówki, ważki, a spośród kręgowców ptaki są typowymi zwierzętami dziennymi, posługującymi się w znacznym stopniu wzrokiem i uzależnionymi od bodźców świetlnych. Natomiast nietoperze, sowy, lelek, ropuchy, nocne motyle,

komary prowadzą życie aktywne przeważnie nocą, choć życie takie niekoniecznie uwarunkowane jest negatywnym ustosunkowaniem się ich do światła. Często decydują o tym inne względy, a więc stan wilgotności, jak u większości owadów niedostatecznie przed wysychaniem zabezpieczonych, kiedy indziej warunki odżywcze termiczne, chłód nocny, niekiedy potrzeba ukrycia się przed wrogami kierującymi się wzrokiem etc.

Rys. 22. Puchacz — ptak drapieżny nocny

Ptaki niewątpliwie najbardziej ze wszystkich kręgowców przestrzegają rytmikę dobowych zmian, wśród których bodźce świetlne odgrywają rolę szczególnie ważną. Któż z nas nie słyszał ich budzenia się o świcie dnia, ogłaszanego świergotem z początku pojedynczym, odzywającym się to tu — to tam, wzmagającym się stopniowo aż do chóru całego zespołu okolicznego, ścichającego wreszcie po pewnym czasie? Znamy świergot wieczorny i pojedyncze najczęściej, nie zbiorowe głosy w środku dnia. Czy jednak dostatecznie wniknęliśmy w rytmikę dzienną tego życia, w ten niezwykły „zegar ptasi", który można słyszeć i obserwować bez mała na podwórzu każdej kamienicy miejskiej? Przyrodnicy ustalili już ogólny schemat, według którego przebiega dobowa rytmika aktywności ptaków, zmieniająca się z okresami spokoju względnie snu. Schemat ten jednak wymaga „sprecyzowania" w odniesieniu do każdego poszczególnego gatunku, jaki mamy możność obserwować.

Jak widzimy u ptaków dziennych można wyróżnić ogólnie dwa okresy żerowania, poranny i wieczorny, zmieniające się kolejno z okresami odpoczynku, w środku dnia i nocą. Podczas gdy u ptaków nocnych jak sowy aktywność odżywcza nocna zmienia się tylko z wypoczynkiem (snem) dziennym. Potrzeba pożywienia i wypoczynku są

Schemat dobowego życia ptaków

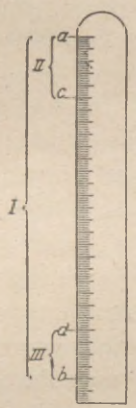
Pora doby	Ptaki dzienne	Ptaki nocne
Ranek	Budzenie się Poszukiwanie pokarmu; loty na żerowiska Żerowanie	Powrót z nocnych łowów i loty na miejsca spoczynku dziennego
Środek dnia	Loty na miejsca wypoczynku Niekiedy poszukiwanie wody Odpoczynek dzienny	Okres spoczynku
Wieczór	Poszukiwanie pokarmu; loty na żerowiska Żerowanie Poszukiwanie miejsc noclegu i loty na nocleg	Lot na nocne łowy
Noc	Okres spokoju i snu	Nocne łowy (żerowanie)

głównymi popędami kierującymi aktywnością ptaków w okresie ich życia wegetacyjnego. Regulowane są jednak w znacznym stopniu przez rytmikę dnia w szczególności, jak się zdaje, przez bodźce świetlne, na które jako kierujące się wzrokiem są ptaki bardzo wrażliwe, ujawniając na ilościowe zmiany naświetlenia dość duże różnice zależnie od gatunku.

TEMPERATURA

Może w większym jeszcze stopniu niż światło wpływa energia cieplna na procesy życiowe organizmu zwierzęcego. W myśl prawa Van t'Hoffa reakcje chemiczne w temperautrze wyższej o 10^0 przebiegają szybciej przeciętnie 2—3 razy. Prawo znajduje zastosowanie i w świecie żywym, z tym jednak zastrzeżeniem, że nie wszystkie zjawiska życiowe mu podlegają, ponieważ organizm nie tworzy zwykłej reakcji chemicznej, lecz skoordynowany system skomplikowanych procesów, wywierających na siebie często wpływy różnokierunkowe. Przebieg prostego w zasadzie prawa nie zawsze jest dostatecznie wyraźny. W każdym razie procesy przemiany materii, zjawiska ruchu, rozwoju i wzrostu wykazują wielką zależność od czynników termicznych, zbliżoną bardzo do prawa Van t'Hoffa. Z jaj skorka złożonych podczas ostrej wiosny, przy przeciętnej temperaturze 5—6^0 zaledwie po 10 tygodniach wylęgają się młode, podczas gdy trzymane w temperaturze 15—16^0 już po 4 tygodniach. Podobnych przykładów znamy całe mnóstwo. Najbardziej wyraźną zależność rozwoju od temperatury widzimy u ryb i płazów, a to dlatego, że środowisko wodne, bardziej jednorodne, (zmiany wilgoci odpadają) łatwiej pozwala stwierdzić wpływ pojedynczego czynnika w danym razie termicznego. Jaja śledzia mogą rozwijać się równie dobrze przy temperaturze $0,5^0$ jak i przy 16^0 ale rozwój ich trwa w pierwszym przypadku 40—50 dni, w drugim — zaledwie 6—8, zbliżając czas jego trwania do warunków optymalnych, najkorzystniejszych. Wydaje się, jak gdyby zwierzętom zimnokrwistym potrzeba było dla normalnego rozwoju pewnej stałej ilości ciepła, bez której rozwój się opóźnia i nowe pokolenie nie może się rozwinąć w normalnym czasie. Taką ilość energii cieplnej nazywają w ekologii sumą albo *stałą cieplną*.

W ogóle każdy organizm ma swoje *optimum*, pewną strefę warunków termicznych zewnętrznych, przy których procesy życiowe przebiegają najsprawniej. Zarówno wzwyż jak i w dół od tej strefy procesy słabną, dochodząc do *maksimum* względnie *minimum* termicznego, granicznych temperatur życia danego gatunku. *Eurytermy* znoszą mniej lub więcej rozległą skalę warunków termicznych w jakich żyć mogą, *stenotermy* — przeciwnie ograniczone są niewielkimi ich różnicami czyli maksimum mają niezbyt odległe od minimum termicznego. Jeżeli wymagają niskich temperatur, mówimy o stenotermach zimnolubnych *(oligotermach)*, zaś potrzebujące wysokich temperatur nazywamy stenotermami ciepłolubnymi *(politermami)*.



Rys. 23.
Wykres ilustrujący pojęcie eurytermizmu i stenotermizmu. Słupek przedstawia skalę termometryczną. Klamra I obejmuje temperatury w granicach życia gatunku eurytermicznego. Klamra II — temperatura życia gatunku stenotermicznego ciepłolubnego (politerma). Klamra III — temperatury życia gatunku stenotermicznego zimnolubnego (oligoterma). Według R. Kuntzego

Każdy rodzaj aktywności a więc ruch, odżywianie się, rozród, rozwój etc. danego gatunku ma swe odrębne warunki termiczne: optimum i graniczne maksimum i minimum, które wymagają ścisłego ustalenia, aby móc rozumieć pełne życie zwierzęcia w ustosunkowaniu się do czynnika termicznego, Szczególnie jednak ważne z punktu widzenia ekologicznego są graniczne temperatury osobnika w stanie jego aktywności oraz graniczne tempera-

tury rozrodu, zazwyczaj węższej skali, mieszczące się w obrębie pierwszych, decydujące o trwałym zadomowieniu się gatunku w danym miejscu czy zespole.

Zestawiając dane odnośnie optimów termicznych dla poszczególnych funkcyj czy przejawów życia, dojdziemy do przekonania, że dla danego gatunku mają największe znaczenie takie optymalne warunki termiki, zmieniające się nieraz znacznie w biegu życia, które zapewniają największy procent osobników dochodzących do stadium dojrzałości w stosunkowo najkrótszym czasie *(optimum ekologiczne)*.

Rys. 24. Dwa nasze owady normalnie żyjące na śniegu: pośnieżek *(Boreus hiemalis)* i bezskrzydła muchówka *Chionea*.

Optima termiczne różnych zwierząt mogą być bardzo rozmaite, sięgając nieraz kilkudziesięciu stopni, jeżeli porównamy mieszkańców siedlisk zimnych i gorących. Szarańczaki pustynne wykazują jeszcze pełną aktywność w godzinach południowych przy intensywnym usłonecznieniu i temperaturze 60^0. Z drugiej strony znamy drobne owady żyjące normalnie zimą na śniegu, (rys. 24) jak pośnieżek *(Boreus hiemalis)*, muchówka bezskrzydła *Chionea* oraz liczne skoczogonki.

Przy zbliżaniu się warunków termicznych do krańcowych dla danego gatunku, organizm broni się reakcjami przystosowawczymi, zmianą zachowania się, wędrówką

lub zapadaniem w stan odrętwienia, w sen letni lub zimowy etc., ale tylko w miarę swych możliwości obronnych, fizjologicznych i organizacyjnych, jakże różnych u różnych zwierząt! Najciekawszych pod tym względem przykładów dostarczają krańcowo różne termicznie siedliska: pustynie, kraje polarne, rejony najbardziej kontynentalne, odznaczające się szczególnie wielkimi oscylacjami w ciągu roku etc. W pustyniach Turkiestanu, jak podaje Kaszkarow, podczas skwaru dnia jaszczurki agamy wydostają się na krzaki półtora metra nad ziemię, gdzie temperaturę mają o jakieś 20^0 niższą niż na rozprażonym piasku. Inny gatunek wychodzi na szczyty wydm, podnosi się na tylne nogi, skręcając i rozkręcając na przemian swój ogon, niby wachlując się nim. Jeszcze inny zagrzebuje się w piasek. Skoczki w ciągu dnia nie wychodzą zupełnie ze swych głębokich nor wyrytych w wilgotnym piasku. Owce przenoszą się z jednego stoku pagórka na inny, chroniąc się przed nadmiarem ciepłoty. Dokonywa się prawdziwa walka organizmów ze skwarem powietrza. Zrozumiałym też jest, że takie krańcowe temperatury jakie realizuje pustynia istotnie są „eksperymentem przyrody" w odniesieniu do zamieszkujących ją zwierząt. Tylko te, które odznaczają się dostatecznymi reakcjami przystosowawczymi mogą ostać się wobec niezwykle selekcjonującego „przesiewającego" życie działania krańcowych siedlisk.

Niemniej organizm walczy i z krańcami dolnymi. Ogólnie można powiedzieć, że u zwierząt stałocieplnych walka ta jest łatwiejsza niż u zimnokrwistych, pod warunkiem jednak znalezienia dostatecznego pokarmu, co jednak nie zawsze się zdarza. Zima bowiem wraz z surowością termiczną niesie zazwyczaj i zubożenie ogromne warunków odżywczych przez redukcję życia roślinnego i świata owadów. Obrazek załączony (rys. 25), przedstawiający reprodukcję dzieła artysty, ilustruje nam „dra-

Rys. 25. Dramat zimowy. Według obrazu K. Przyszychowskiego.

mat zimowy". Na śniegu leży martwy ptaszek (czeczotka?), który z zimna czy głodu zginął uległszy surowości zimy. Takie obrazki zdarzają się często i dobrze są znane ekologom — obserwatorom życia w naturze. Surowe warunki zimy selekcjonują w ogromnym stopniu mniej wytrzymałe osobniki.

TERMICZNE WARUNKI ROZRODU

Wspominaliśmy już, że jednym z ważnych zadań ekologicznych w odniesieniu do zwierząt jest określenie granic termicznych rozrodu, często znacznie różniących się i zazwyczaj ciaśniejszych od granic termicznych życia wegetacyjnego. Zagadnienie „zwierzę i jego środowisko" mieści w sobie inne, niby węższe a jednak szczególnej doniosłości: „zwierzę i jego środowisko rozrodcze". Tutaj zatrącimy jedynie o warunki termiczne tego ostatniego.

Jeżeli zwrócimy uwagę na niektóre ryby, przekonamy się, że rozród i wczesny rozwój odbywają tylko w pewnych dosyć ciasnych granicach temperatury. Nasz szprot bałtycki trze się w granicach od 8 do 11°, choć poza okresem rozrodu żyje w wodach o temperaturze od 0° do kilkunastu. Śledź rasy wiosennej odbywa tarło w temperaturze średnio 6—10°, jesiennej przy 11—14°, choć obie te rasy wytrzymują skalę znacznie rozleglejszą poza okresem rozrodu. Dobijak *Ammodytes lanceolatus* trze się przy Helu przy temperaturze około 13° a *A. tobianus* na tych samych tarliskach ale już w innej porze i przy 18—19°. Dorsz rozradza się w wodach głębokich przy 4—6°, podczas gdy rozpiętość termiczną jego życia indywidualnego uważają —2 do + 6°. Odnośnie ptaków wiemy, że gęś domowa przeniesiona do strefy gorącej żyć tam wprawdzie może, ale nie rozmnaża się, bowiem temperatura zbyt wysoka hamuje rozród tego ptaka, pochodzącego jak wiadomo z północy.

Te i tym podobne fakty zmusiły badaczy (Ekman) do wyróżnienia propagacyjnej czyli *rozrodczej* stenotermii względnie eurytermii od *wegetacyjnej*. Ponieważ rozród jest tą zasadniczą funkcją, która decyduje o trwałym zadomowieniu się zwierzęcia w danym rejonie czy siedlisku, wynika stąd zasadnicze znaczenie badań nad ściśle rozumianą ekologią rozrodu. Termika odgrywa przy tym rolę zasadniczą. Ścisłe przestrzeganie sezonowości rozrodu w naszych umiarkowanych strefach świadczy najwidoczniej o stenotermiczności rozrodczej gatunku. W każdym razie reguluje ona rozsiedlenie gatunków w przejściowych i zależnie od sezonu różnych pod względem termicznym wodach Atlantyku borealnego, Morza Północnego i Bałtyku, rekrutujących swą faunę z elementów północnego i południowego pochodzenia.

Tabelka okresów rozrodu 20 gatunków ryb wraz z podaniem ich rozsiedlenia geograficznego, na podstawie obserwacji przy Helu

L. p.	Gatunek	Zima			Wiosna			Lato			Jesień			Rozsiedl. geograf.
		XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1	Lisica *(Agonus cataphractus)*	o												Arktyczno-borealne (rozród zimą)
2	Taśmiak *(Lumpenus lampretiformis)*		o											
3	Węgorzyca *(Zoarces viviparus)*	o	o											
4	Kur *(Cottus scorpius)*	o	o	o										
5	Okoń *(Perca fluviatitis)*					o								Borealne (rozród wiosną)
6	Tasza *(Cyclopterus lumpus)*					o	o							
7	*Motela cimbria*					o	o							
8	Śledź wiosenny *(Clupea harengus)*					o	o							
9	Starnia *(Pleuronectes flesus)*					o	o	o						
10	Dobijak *(Ammodytes lanceolatus)*							o						Medyterańsko-borealne (rozród latem)
11	Belona *(Belone acus)*						o	o						
12	Szprot *(Clupea sprattus)*						o	o	o					
13	Babka mała *(Gobius minutus)*								o					
14	Iglicznia *(Siphonostoma typhle)*							o	o					
15	Wężynka *(Nerophis ophidion)*							o	o					
16	Skarp *(Rhombus maximus)*							o	o					
17	Dobijak *(Ammodytes tobianus)*								o	o				
18	Śledź jesienny *(Clupea harengus)*										o	o		Borealne (rozród jesienią)
19	Minóg *(Petromyzon fluviatilis)*											o	o	
20	Sieja *(Coregonus levaretus)*												o	

Załączona tabelka ilustruje nam okresowość rozrodu dwudziestu gatunków ryb na podstawie kilkuletnich obserwacyj przy Helu. Z tabelki tej widać, że jeżeli ułożymy ryby według okresów ich rozrodu, co w zasadzie odpowiada termice rozrodu, to taki układ pokrywa się z rozsiedleniem geograficznym. Rozradzające się zimą są przeważnie arktyczno-borealne, rozradzające się wiosną i jesienią, a więc nie w okresach ekstremów termicznych, są borealne, zaś rozradzające się latem — medyterańsko-borealne czyli południowe w stosunku do poprzednich bardziej północnych. Termika rozrodu decyduje więc o rozsiedleniu geograficznym tych gatunków i sezonowym ich tarle w naszych wodach, stwarzających odpowiednie warunki w różnych porach roku.

Przytoczyliśmy dane odnośnie ryb bałtyckich na podstawie konkretnych obserwacji przy Helu, ale można je uogólnić i rozciągnąć także na inne poza temperaturą czynniki środowiska. Aby dokładnie zrozumieć ekologię zwierzęcia, zwłaszcza zaś jego trwałe zainstalowanie się w danym siedlisku, trzeba poznać przede wszystkim ekologiczne warunki jego rozrodu.

ZWIERZĘTA ZMIENNOCIEPLNE I STAŁOCIEPLNE

Podział na eurytermy i stenotermy, ciepłolubne i zimnolubne jest ekologiczny, bo wskazuje na ustosunkowanie się zwierząt do czynnika zewnętrznego. Nie należy więc go mieszać z zasadniczo innym podziałem na *stało* i *zmiennocieplne* zwierzęta, popularnie także nazywane ciepłokrwistymi i zimnokrwistymi. Jest to podział raczej fizjologiczny, wskazujący na temperaturę samego zwierzęcia. Stałocieplne są stenotermami jeżeli chodzi o temperaturę własnego ich ciała, o ciepłotę w jakiej odbywają się skurcze ich mięśni, przewodnictwo nerwów, procesy

trawienia etc., przebiegające w środowisku bardzo nieznacznie oscylującym, mimo częstokroć ogromnych różnic zewnętrznych. Jest to więc stenotermizm fizjologiczny nie pokrywający się bynajmniej z ekologicznym — życiem w ciasnych granicach temperatur nie własnego ciała lecz środowiska otaczającego. Większość zwierząt stałocieplnych wytrzymuje też stosunkowo rozległą skalę wahań termicznych zewnętrznych, zachowując swą stałą ciepłotę, są więc typowymi eurytermami ekologicznymi, choć nie brak także wśród nich prawdziwych stenotermów, czułych bardzo na oscylacje zewnętrzne temperatury jak np. małpy.

Do stałocieplnych należą dwie najwyższe grupy kręgowców ptaki i ssaki — wszystkie zaś pozostałe zwierzęta są zmienno-cieplnymi, o temperaturze ciała niewiele co różnej od temperatury otoczenia. Mówimy niewiele różnej a nie identycznej, ponieważ i pośród nich spotykamy liczne gatunki, które przez proces oddychania i ruchy mogą wytwarzać dostateczne ilości ciepła, by podnosić nieraz o kilka stopni temperaturę ciała ponad zewnętrzną. Nie posiadając jednak wystarczających urządzeń regulacyjnych, szybko zazwyczaj tracą wytwarzane przez siebie ciepło, które promieniuje na zewnątrz. Z drugiej strony stwierdzono, że owady zamieszkujące bardzo gorące pustynie podczas operacji słońca, mają nawet pewne bliżej jeszcze niezbadane reakcje obronne, które być może drogą transpiracji obniżają temperaturę ciała w stosunku do zewnętrznej, tak wysokiej, że zagrażałaby najwidoczniej ich życiu. Jak się o tym przekonał Buxton, znany badacz życia zwierzęcego pustyń, martwe okazy tych samych gatunków, leżące obok, mają tam z reguły wyższą temperaturę niż żywe.

Temperatura zwierząt ciepłokrwistych w zasadzie nieznacznym podlega oscylacjom; u ssaków 37—39°,

u ptaków nieco wyższa i zależnie od gatunku rozmaita w granicach od 40—44°, oscyluje nieco bardziej u najniższych przedstawicieli ssaków, np. u kolczatki od 26—34°, co wskazywałoby, że właściwość termoregulacji wytwarzała się stopniowo i zapewne w związku z przystosowywaniem się do zmian klimatycznych, w szczególności do oziębiania się klimatu w biegu ewolucji obu najwyższych klas kręgowców.

Kontrolę nad utrzymaniem stałej własnej ciepłoty spełnia system nerwowy, który drogą odruchową wyzwala w organizmie środki obronne, zmierzające ku utrzymaniu optymalnej ciepłoty wewnętrznej. Walkę z zimnem podejmuje organizm na drodze aktywnej przez wzmożenie tempa przemiany materii, skurcz naczyń powierzchniowych, przez intensywność ruchów, większe zapotrzebowanie tlenowe etc., a na drodze pasywnej przez uwłosienie względnie upierzenie, przeciwdziałające nadmiernemu promieniowaniu ciepła, izolujące organizm od środowiska warstwą powietrza suchego. Ptaszek zimą, zwłaszcza mały, „nastrosza się", przybiera kształt bardziej kulisty, groma-

Rys. 26. W obronie przed utratą własnego ciepła zimą ptaszek „nastrosza się", gromadząc w taki sposób więcej powietrza między piórkami. Według J. Huxleya.

dzi więcej powietrza w piórkach (rys. 26). Jego futerko jest nie tylko gęściejsze zimą niż latem, ale także inaczej „noszone", bo otulające ciało nastroszonymi piórkami. Po wyglądzie wróbli na podwórzu zimą, z mieszkania je obserwując, możemy wnosić o większym lub mniejszym mrozie („barometr" ptasi). Do walki z gorącem u ssaków

służą gruczoły potowe, które wytwarzając parującą na powietrzu płynną wydalinę, wydatnie sprzyjają obniżaniu ciepłoty ciała.

Z punktu widzenia — w szczególności nas interesującego tutaj — stosunku zwierzęcia do jego otoczenia, rzeczą ciekawą jest zapytać się, czym obie te grupy fizjologiczne zwierząt różnią się od siebie w walce o byt. Czy wyzwolone w pewnym stopniu od wpływów temperatury zewnętrznej zwierzęta stałocieplne istotnie okazują się organizmami wyższymi nad nieposiadającymi własnej termoregulacji? Czy z drugiej strony właśnie potrzeba utrzymania stałej temperatury, koniecznego dla nich warunku życia, nie skrępowała organizmu pod innym względem, uzależniając od innych czynników? Jak zachowują się obie te grupy przy opanowywaniu różnorodnych siedlisk? Ekologiczne te pytania nasuwają się przy omawianiu zwierząt zimnokrwistych i ciepłokrwistych.

Dzięki zdolności utrzymywania ciepłoty ciała na jednakowym poziomie niezależnie od temperatury — pisze Hesse — ptaki i ssaki przewyższają wielokrotnie zwierzęta zmiennocieplne. Zwierzę „zimnokrwiste" kapituluje przed zimnem: sprawność czynnościowa jego nerwów pada, jego mięśnie kurczą się, pulsacja serca zwalnia tempo, zdolność trawienia słabnie, jaja nie rozwijają się. Przy nasuwającym się długotrwałym zimnie musi ono ograniczyć czynności życiowe aż do krańców i o ile zawczasu nie zabezpieczyło sobie zimowego ukrycia — ginie niechybnie. Ale nawet i za dobrych czasów aktywność jego często się przerywa, ograniczona zaledwie do kilku ciepłych godzin dnia, a przy gorszej pogodzie całkowicie zawieszana. Zwierzę „ciepłokrwiste" przeciwnie podejmuje walkę z zimnem; pod wpływem niższej temperatury wzmaga przemianę materii, podnosząc przez to produkcję ciepła własnego; jego tętno bije żywiej, nerwy i mięśnie

nie tracą siły a trawienie nie doznaje przerwy; zarówno nocą jak i za dnia, w zimie podobnie jak w lecie pozostaje czynne. Intensywność życia u stałocieplnych tym samym jest o wiele wyższa niż u zmiennocieplnych; dziesięcioletni kanarek o wiele więcej przeżył od rzekotki, która osiągnęła ten sam wiek. Podczas gdy jednak zwierzę zmiennocieplne swą przemianę materii bez obawy przerwania wystawić może na długi okres głodowania, zwierzę stałocieplne ginie z głodu, o ile nie zdobędzie dostatecznej ilości pokarmu lub nie zużyje tłuszczu i glikogenu nagromadzonego we własnym ciele. Niezależność od temperatury zamieniło na inną zależność: stało się niewolnikiem pokarmu.

Tą zależnością od pokarmu wyzwolonego w pewnym stopniu od temperatury zewnętrznej organizmu stałocieplnego tłumaczyć należy zdobycie przez nie krajów polarnych w zasadzie niedostępnych dla większości zmiennocieplnych. Temperatura niska ich nie zraża, o ile tylko znajdą niezbędne źródła pokarmu. A pokarmu może tam być wiele zwłaszcza przy brzegu morza. Korzystają zeń przede wszystkim najrozmaitsze ptaki, mewy, rybitwy, kormorany, burzyki, alki, nury..., które rozradzają się w takich nieraz ilościach, że dosłownie pokrywają całe skały nadbrzeżne, tworząc tzw. góry ptasie, nieodzowny składnik krajobrazu dalekiej północy. Na cyplach kontynentów południowych na mroźnych wyspach i lodowcach pobrzeżnych wielkiego lądu Antarktydy odpowiadają im liczebnością pingwiny (rys. 26a). Z morza w krajach arktycznych żyją również ssaki, niedźwiedź biały, a w wodzie liczne gatunki fok i wielorybów. Roślinożerce, wół piżmowy, renifery, lemingi znajdują znów pokarm w postaci porostów i innej roślinności tundry. Za roślinożercami podążają drapieżcy: rosomak, wilk, lis polarny, sowa śnieżna... nie zrażając się wcale surowością warunków.

Rys. 26a. Stali mieszkańcy wysp i pobrzeży Antarktydy: pingwiny

Zespół tych właśnie zwierząt stałocieplnych nadaje przede wszystkim piętno zimnym krainom biegunowym, a nie te drobne zabłądzone bezkręgowce lądowe, wiodące nędzny i bardzo ciężki żywot w niezwykle twardej dla nich walce z fizycznymi warunkami środowiska. Podobnym tryumfem nad zmiennocieplnymi w walce o zdobycie wysokich szczytów górskich nie mogą się jednak poszczycić zwierzęta stałocieplne z powodu głównie niedostatecznych tam źródeł pożywienia.

Z punktu widzenia ekologicznego pozyskanie własnej ciepłoty przez zwierzęta dało im jak widzimy niezwykle potężną broń w walce o podbój tych siedlisk ziemi, które wyróżniają się krańcami termicznymi, przeważnie jednak krain mroźnych. Ściślejsza bowiem zależność od pokarmu

koniecznego w bez porównania większej ilości niż zmiennocieplnym sprawia, że opanowanie gorących lecz jałowych co do pokarmu pustyń śródlądowych i dla nich okazuje się trudne i nie zaznacza się już supremacją nad zmiennocieplnymi (obok licznych bardzo skoczków pustynnych niemniej wielka obfitość gadów i owadów), uwzględniając także i to, że walka z ciepłem jest dla nich trudniejsza niż z zimnem.

WILGOTNOŚĆ

Oprócz światła i temperatury trzecim czynnikiem klimatycznym zasadniczej wagi jest wilgotność powietrza i jej zmiany — czynnik odpadający jako taki w środowisku wodnym. Rola pary wodnej zawartej w powietrzu ma decydujący wpływ na zwierzęta z tego przede wszystkim względu, że wszystkie one są żywymi „akwariami", że zawierają określoną na ogół znaczną ilość wody w swym środowisku wewnętrznym, niezbędną dla sprawnego funkcjonowania procesów życiowych a w szczególności dla podstawy tych procesów — przemiany materii. Woda znajdująca się w ciele zwierzęcia spełnia rolę roztworu, ułatwia krążenie substancji, odgrywa rolę katalizatora, umożliwia jonizację, regulację temperatury wewnętrznej etc. Wszystko to razem biorąc czyni zwierzęta lądowe niezwykle wrażliwymi na stan wilgotności powietrza. Ważną jest zwłaszcza nie tyle wilgotność bezwzględna co wilgotność względna, odpowiadająca zawartości pary wodnej wyrażonej w procentach tej ilości, jaka potrzebna jest do całkowitego nasycenia powietrza przy danej temperaturze. Jeszcze zaś ważniejsza jest ilość pary wodnej razem z innymi czynnikami jak ciśnieniem i stanem dynamicznym powietrza czyli siłą parowania albo transpiracji.

W odniesieniu do czynnika wilgotności wszystkie zwierzęta lądowe można podzielić na dwie krańcowe grupy, połączone jednak typami przejściowymi: *hygrofile* (wilgociolubne) i *kserofile* (sucholubne). Jest to jeden z zasadniczych podziałów ekologicznych fauny lądowej. Hygrofile wymagają dużej zawartości pary wodnej w powietrzu, są mieszkańcami siedlisk cienistych, zadrzewionych, pod liśćmi, korą drzew, kamieniami, na ziemi wilgotnej, często prowadzą życie nocne, unikając w zasadzie miejsc eksponowanych, naświetlonych i narażonych zwłaszcza na wysuszające działanie wiatru. Należą tu wszystkie zwierzęta lądowe pozbawione aparatu oddechowego typu lądowego, oddychające wprost skórą (wirki, wstężnice i pijawki lądowe z krajów tropikalnych oraz nasze dżdżownice) lub skrzelami (stonogi) a także całe mnóstwo innych, choć oddychających tchawkami lub płucami, lecz o powłoce ciała najwidoczniej niedostatecznie zabezpieczającej je przed parowaniem (całe mnóstwo owadów trzymających się miejsc wilgotnych, wije, ślimaki, płazy, wiele ssaków leśnych etc.).

W przeciwieństwie do hygrofilów, kserofile wyzwoliły się w znacznym stopniu od niebezpiecznych, osuszających wpływów powietrza i mogą żyć w miejscach nieraz bardzo suchych, otwartych wśród pól, stepów i pustyń, prowadząc częstokroć życie wśród skwaru dziennego i pełnego usłonecznienia (liczne motyle, błonkówki, trzyszcze, piaskowce, jaszczurki etc.). Taki krańcowo odmienny od hydrofilów tryb życia mogą prowadzić dzięki powłoce ciała w dostatecznym stopniu zabezpieczającej przed utratą wody, przed wysychaniem. Sama obecność zwierzęcia w miejscu suchym co prawda nie mówi jeszcze, że zwierzę koniecznie jest kserofilem. Trzeba poznać jego obyczaje: może bowiem prowadzić życie nocne lub stawać się aktywnym dopiero podczas dżdżystej pogody jak

np. ślimaki lądowe, wymagające do życia wilgoci a jednocześnie ciepłych i zasobnych w wapień gleb. Ślimak Sahary *(Eremine desertorum)* wkracza w pustynię tak daleko jak sięga występowanie rosy nocnej, niezbędnego warunku jego życia czynnego. Jest więc ściśle mówiąc hygrofilem, mimo że żyje na terenach opanowanych przez faunę, wybitnie kserofilową.

Ekologicznym miernikiem ustosunkowania się zwierzęcia do wilgotności jest *wysuszająca siła powietrza,* określana objętością wody wyparowanej w jednostce czasu z jednostki powierzchni. W taki sposób mierzy się transpirację roślin, zjawisko niezwykłej wagi w ich życiu. Badania ekologów amerykańskich, zwłaszcza Shelforda i Adamsa wskazują jednak, że wysuszająca siła powietrza jest zasadniczym czynnikiem także i w życiu zwierząt przy opanowywaniu przez nie różnorodnych siedlisk. Zwierzęta miejsc otwartych i najbardziej suchych jak pająki i osy użyte do doświadczeń okazały się bez porównania więcej odporne na ten czynnik niż bardzo szybko w podobnych warunkach umierające salamandry, wije i pewne chrząszcze normalnie zamieszkujące wilgotne miejsca w lesie. Zwierzęta z powłokami ciała jednakowego typu, lecz pochodzące z siedlisk rozmaitych pod względem wilgotności, rozmaicie reagowały, stosownie do warunków naturalnych. I odwrotnie różne gatunki z jednego siedliska zachowały się podobnie, chociaż śmierć następowała niezupełnie jednocześnie. Doświadczenia te wskazują jak bardzo ważną, selekcjonującą życie zwierząt w naturze jest transpiracyjna siła powietrza tak przecież odmienna w rozmaitych siedliskach. Wybiera ona nie tyle pewne typy struktualne, ile fizjologiczne zdolności reagowania na różne stany suchości i wilgoci. Działa na zachowanie się i obyczaje zwierząt, działa zazwyczaj szybko

bezpośrednio, dotykając zasadniczej przemiany materii zwierzęcia.

Ustosunkowanie się zwierząt do czynnika wilgotnościowego jest rzeczą skomplikowaną, wymagającą bardziej drobiazgowego podziału. W naturze woda względnie para wodna najczęściej występuje pod trzema postaciami: jako gruntowa, atmosferyczna i w postaci zbiorników na powierzchni lądów. Jest więc wskazanym, idąc za przykładem niektórych ekologów (Dahl) pojęcie *hygrofilów* ograniczyć tylko do tych organizmów, które potrzebują wilgotności podłoża, natomiast wyróżnić *atmofile* jako grupę ekologiczną, wymagającą znacznej wilgotności atmosfery; wreszcie *hydrofilami* nazywać te, którym do życia konieczna jest obecność czy sąsiedztwo samych zbiorników wodnych, częstokroć obojętnych wobec wilgotności podłoża lub powietrza. Znamy liczne takie zwierzęta, jak chociażby ptaki błotne, ssaki wodne lub pająki żyjące na trzcinach, do których jeszcze powrócimy przy omawianiu zespołów błot i mokradeł w rozdziale o formacjach lądowych.

EKOLOGICZNA ROLA WIATRU I CIŚNIENIA POWIETRZA

Zanim przejdziemy do omówienia klimatu jako całości, parę słów poświęcimy roli wiatru jako czynnika ekologicznego rozpatrywanego oddzielnie. Działa wiatr wielostronnie na organizmy, na ich zachowanie się i obyczaje a pośrednio na wygląd i strukturę gatunków, wpływając także bardzo wyraźnie na rozsiedlenie wielu z nich. O osuszającej roli wiatru, wzmagającego transpirację, już była mowa i wiemy, że zatrąca o całą przemianę materii, zwłaszcza u form niedostatecznie zabezpieczonych przed

parowaniem, stając się wówczas prawdziwie selekcjonującym czynnikiem składu zespołów.

Bezpośrednio wiatr działa jako czynnik mechaniczny, z którym walczyć muszą zarówno większe jak i mniejsze zwierzęta latające. Walka najczęściej kończy się usuwaniem się z miejsc wystawionych na bardzo silne prądy powietrzne. Ciekawą jest także reakcja ptaków na wiatry różnych kierunków, co z łatwością można obserwować u nas na brzegu morza. Mewy orientują się pozytywnie (głową do wiatru) na wszystkie kierunki oceanicznych prądów powietrznych, podczas gdy unikają wyraźnie zwłaszcza zimą mroźnych wiatrów kontynentalnych, chroniąc się przed nimi w ukryte miejsca. Zaś wrony i gawrony żerujące tuż obok na plaży reagują wręcz przeciwnie. Na zbliżanie się niekorzystnych warunków atmosferycznych liczne owady już zawczasu reagują obronną reakcją i zanim ukryją się całkowicie zniżają stopniowo lot z górnych warstw do przyziemnych, powodując tym samym obniżanie się odżywiających się nimi ptaków latających, jaskółek i jerzyków. Zapewne większość tych reakcyj na wiatr znajdzie wyjaśnienie w towarzyszących dynamicznemu stanowi powietrza zjawiskach parowania i termiki.

Na wyspach oceanicznych i na brzegu morza spotykamy znaczny procent owadów o skrzydłach uwstecznionych, co wskazywałoby na związek z częstością i siłą wiatrów tam panujących. Bowiem tylko bezskrzydłe owady mają więcej szans pozostania przy życiu, zaś uskrzydlone narażone są najbardziej na porwanie przez wichry i zagładę w falach. Takie selekcyjne tłumaczenie pożytecznej cechy ekologicznej uzupełnione zostało w wielu razach przyczynowym fizjologicznym wyjaśnieniem niedorozwoju skrzydeł w związku z niską temperaturą i sucho-

ścią powietrza. Jako organizmy większe i silniejsze od owadów ptaki, zwłaszcza morskie, najczęściej w wichrach i burzach znajdują swój żywioł. Nie grozi im zatopienie. Ten sam więc czynnik działać może na różne zwierzęta wręcz przeciwnie. Czyż nie dowodzą tego właśnie wyspy oceaniczne, gdzie na lądzie pełzają bezskrzydłe owady, a dookoła nad wzburzonymi falami szybują najlepsi latawcy, towarzysze burz — albatrosy i mewy? — „Tak to różne istoty różnie do burz się przystosowują: jedne, mizerne, przed wszystkim drżące — w obawie, by wicher nie strącił ich w fale, tracą liche podobizny skrzydeł i zachowują swój nędzny żywot tym, że pełzają; innym, wielkim, prawdziwie skrzydlatym, skrzydła rosną od burz..." (A. B. Dobrowolski — Wyprawy Polarne).

Ciekawe dane, dotyczące wpływu wiatru na zwierzęta znacznych wysokości, ogłosił R. W. G. Hingston, uczestnik wyprawy na Mount Everest (Animal life at high altitudes, Geogr. Journ. 1925). Zwierzęta zamieszkujące wysokie plateaux Tybetu odznaczają się licznymi przystosowaniami zarówno morfologicznymi jak i obyczajami, zabezpieczającymi je przed szkodliwą działalnością porywistych wiatrów górskich. Ptaki tamtejsze gnieżdżą się na ziemi najczęściej w miejscach ukrytych przed wiatrem, zaś w miejscach narażonych na wiatr zasłaniają swe gniazda ścianką z naniesionych kamyków. Motyle z rodzaju Apollo latają tylko podczas spokojnej pogody. Spłoszone przelatują nisko, przysiadają niezwłocznie i mocno przylegają do ziemi z rozpostartymi skrzydłami, które są bardzo mocne; ciało mają gęsto uwłosione, zabezpieczone przed zimnem i wysuszającą siłą wiatru.

Ważną wreszcie jest rola wiatru jako czynnika *rozsiedlenia* gatunków. Normalnie korzystają zeń pewne małe pajączki, które na wytwarzanych przez siebie niciach

niby czasowy „plankton" powietrzny, unoszone zostają z początku prądami pionowymi ku górze a następnie poziomymi roznoszone mniej lub więcej daleko w słoneczne dni wrześniowe („babie lato"). Zharmonizowały swe obyczaje z czynnikiem zewnętrznym jakim jest wiatr. Jesienna ich wędrówka jest przenoszeniem się na zimowe siedliska leśne i rozsiedla gatunek. Inne przypadkowo mogą zawędrować na skrzydłach wiatru nieraz bardzo daleko, jak chociażby te drobne mszyce z drzew iglastych znalezione przez Eltona na Szpitzbergu, a pochodzące niewątpliwie z półwyspu Kolskiego. W takich przypadkach, liczbę których można by znacznie powiększyć, ekologia podaje rękę ściśle rozumianej zoogeografii, co jest zupełnie naturalne. Bowiem warunków bytu zwierzęcia („ekologia bytu" — Sven Ekmana) nie podobna ściśle odgraniczyć od sposobów jego rozsiedlenia („ekologia rozsiedlenia" — S. Ekmana).

Także *ciśnienie powietrza* jest ważnym czynnikiem do którego wszystkie zwierzęta lądowe tak czy inaczej są przystosowane. Na powierzchni ziemi jest ono bardzo znaczne, wynosząc około 1 kg na 1 cm^2 czyli przeciętnie 20.000 kg na powierzchnię ciała człowieka. Równoważy je ciśnienie przeciwne gazów i płynów cielesnych, tak że go nie odczuwamy. Jedynie mniej lub więcej znaczne zmiany ciśnienia wywołują zakłócenia regulowane w pewnych granicach przez organizm. Badania doświadczalne ustaliły, że zwierzęta lądowe wytrzymują na ogół do 15-krotnego zwiększenia ciśnienia, podczas gdy dolną granicą wytrzymałości zdaje się być $^1/_3$ atmosfery. Fauna górska i wysokogórska świadczy o stosunkowo niezbyt trudnym pokonywaniu tego czynnika przez zwierzęta i że raczej malejące w miarę wznoszenia się zasoby odżywcze, a nie zmniejszone ciśnienie, stawiają kres życiu zwierzęcemu na szczytach górskich.

DZIAŁANIE KLIMATU JAKO CAŁOŚCI

Rozpatrzone dotychczas czynniki klimatyczne najczęściej nie działają oddzielnie lecz w zespoleniu, tworząc kli*mat),* klimat tych naturalnych odcinków biosfery, niekiedy urzędowa meteorologia, dążąca w szczególności do uzyskania średnich, dziennych, miesięcznych i rocznych dla poszczególnych składowych klimatu, nie zawsze mają znaczenie dla biologa, badającego życie zwierząt w ich naturalnym środowisku. Dokonywane w warunkach sztucznych (np. w klatce angielskiej), w miejscach na to specjalnie wybranych, nie wystarczają dla zorientowania nas o warunkach klimatycznych rozmaitych siedlisk, gdzie rozgrywa się przecież życie zwierząt. A rozmaite siedliska, nawet bardzo blisko siebie leżące, mają klimat zasadniczo inny. Nawet jedno i to samo może mieć klimat bardzo różny w swym obrębie. Widzieliśmy już jak rozmaite warunki świetlne panują w poszczególnych piętrach lasu. Niemniej różne są tam towarzyszące światłu warunki termiczne, wilgotność etc. Dla ekologa ma więc przede wszystkim znaczenie klimat siedliskowy *(ekoklimat),* klimat tych naturalnych odcinków biosfery, niekiedy małych innym razem większych, które wyróżniają się odrębnym zasiedleniem, odrębnymi zespołami roślin i zwierząt. To mniej lub więcej odległe od siebie, to sąsiadujące, niekiedy całkowicie z sobą przeplecione, tworzą one prawdziwą mozaikę klimatów, o której niewiele poucza nas średni klimat danej miejscowości, mierzony w klatce angielskiej.

Posuwając się dalej na drodze analizy klimatycznej należy dążyć do poznania *mikroklimatu* czyli tych najmniejszych zróżnicowań klimatu, z jakimi związane jest życie poszczególnych gatunków w obrębie danego siedliska. To, że owad jakiś trzyma się w zaroślach albo lesie pod liściem a nie na liściu, jest bardzo ważne z punktu

widzenia ekologicznego i wiele mówi o jego wymaganiach mikroklimatycznych, o jego obyczajach. Jest on tak samo formą zaroślową czy leśną jak i inny, trzymający się górnej strony liścia lub kory drzewa, ale, wymagając bardziej cienistej atmosfery pod liściem, niewątpliwie różni się innymi wymaganiami mikroklimatycznymi. Ledwie zaczynająca się nauka, bioklimatologia, ma przed sobą nieograniczone wprost możliwości, gdy zacznie badać rzeczywisty klimat w jakim żyje każdy poszczególny gatunek w naturalnych warunkach i w różnych okresach życia i aktywności.

Rozpatrywany z grubsza, jako czynnik ekologiczny w stosunku do zwierząt, klimat charakteryzują przede wszystkim temperatura i określana przez opady wilgotność; wywierają te składowe największy wpływ, najściślej się splatają i stosunkowo łatwo dają się ująć w przejrzyste wykresy nazywane *klimogramami*. Na jednej z osi odkładamy ilość opadów atmosferycznych, na drugiej temperatury, ustalając je dla każdego miesiąca roku. Porównywując klimogramy z krzywymi masowego rozwoju gatunków w poszczególnych miejscowościach możemy wyciągać wnioski o najkorzystniejszym dla danego gatunku klimacie. Badania takie znalazły szczególne zastosowanie przy hodowli zwierząt domowych. Amerykańscy badacze stwierdzili na przykład odnośnie kur i owiec tę ogólną zasadę, że klimat rozmaitych miejscowości okazuje się tym bardziej nadającym się dla hodowli, im więcej zbliża się do klimatu ojczystego gatunku w okresie rozrodu.

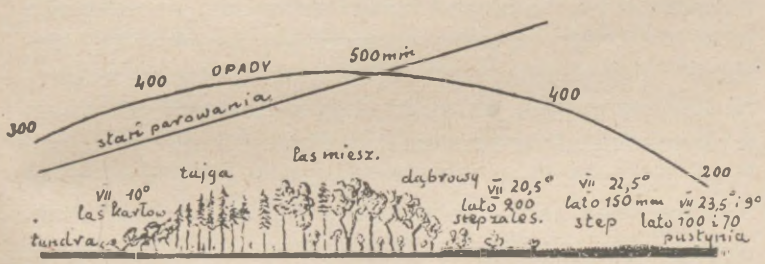
Badanie klimatu globalnego znajduje także szerokie uwzględnienie w entomologii stosowanej przy analizie warunków życia groźnych, o rozległym zazwyczaj zasięgu, szkodników roślin uprawnych. Wielokrotnie stwierdzono, że szkodnik ma pewną centralną strefę, jądro, gdzie okazuje się najniebezpieczniejszym, bowiem masowymi poja-

wami może tam z roku na rok zagrażać roślinom. Jądro takie z reguły odpowiada jego optymalnym warunkom klimatycznym, które w danym miejscu rzadko kiedy albo nigdy nie ograniczają rozrodu i życia gatunku. Otacza jądro najczęściej mniej lub więcej szeroka strefa o warunkach klimatycznych w znacznym stopniu odchylających się od strefy środkowej. Szkodnik przestaje być w niej groźnym z roku na rok, ale w sprzyjających latach może dawać masowe pojawy, kosztem nadmiernego rozrodu tych osobników, które tu i owdzie prosperowały jako tzw. zapas normalny. Jest to strefa przypadkowych pojawów masowych, na zewnątrz której istnieje jeszcze trzecia strefa, gdzie masowe pojawy, choć możliwe, są już jednak bardzo rzadkie. Z takiego punktu widzenia patrząc na rozsiedlenie i masowe pojawy szkodników, w korelacji z czynnikami globalnego klimatu zwłaszcza termiki i wilgotności, udało się już w wielu razach przewidzieć masowy pojaw i w porę zaradzić nadmiernemu rozrodowi szkodnika.

Wzorem ścisłości i przejrzystości wpływu klimatu na zwierzęta mogą służyć badania eksperymentalne Shelforda nad owocówką jabłkówką *Carpocapsa pomonella*, ujawniające w całej rozciągłości rolę szczególną obu podstawowych czynników temperatury i wilgotności względnej w życiu i rozwoju gatunku. Uwidaczniają ściśle skorelowane działanie obu czynników i optymalne warunki rozwojowe z minimum śmiertelności osobników (optimum ekologiczne) przy temperaturach od 21—28° i wilgotności względnej od 55 do 95%.

Niemniej ważnym jest *pośredni* wpływ klimatu na zwierzęta poprzez szatę roślinną, która w swych wielkich formacjach zależna jest w pierwszym stopniu od termiki i opadów atmosferycznych, przypadających w roku na

rozmaite okresy oraz od stanu parowania powietrza, czynniką zasadniczego w ekologii roślin i zwierząt. Główne pasy florystyczne ziemi, mniej lub więcej równoleżnikowo układające się na kontynentach, odpowiadają w zasadzie strefom klimatycznym. Czymże są one jednak jak nie olbrzymimi środowiskami życia zwierzęcego, zasiedlonymi odrębnymi typami biologicznymi i zespołami? Klimatyczno-florystyczno-faunistyczne te strefy słusznie zupełnie uznano za podstawę klasyfikacyjną ekologii lądowej. Posuwając się od równika ku północy mamy stale ciepłe i parne lasy dziewicze, przechodzące stopniowo poprzez lasy suche, o coraz to rzadszej roślinności drzewiastej, w parkowe stepy tropikalne czyli sawanny, które od stepów umiarkowanych dzieli pas skwarnych pustyń;



Rys. 27. Schemat ilustrujący główne florystyczne formacje Rosji od tundry po pustynię, z zaznaczeniem zależności ich od opadów, stanu parowania i temperatury. Według Wysockiego i Morozowa.

wyróżniające się porą suchą i mroźną stepy umiarkowane przechodzą stopniowo ku północy w lasy liściaste, te znów dalej poprzez mieszane w surową tajgę czyli lasy iglaste, którą na krańcach życia roślinnego obramowuje tundra — stepowa formacja polarna, złożona głównie z mchów i porostów; za nią rozpoczyna się już kraina wiecznych śniegów i lodów. Posuwając się ku południowi od równika w zasadzie mamy układ podobny co do kolejności tylko

odwrócony, a w związku ze słabszym rozwojem i większą izolacją kontynentów mniej rozległy i bardziej porozrywany.

Na zawsze pozostały mi w pamięci wrażenia z podróży odbytej z wybrzeża Murmańskiego przez Archangielsk, Wołogdę, Leningrad, Moskwę, Charków na stepy południowej Rosji. W krótkim, bo niespełna dwutygodniowym okresie czasu, przesunęły się przed oczami moimi cztery główne florystyczne pasy zimnej i umiarkowanej strefy: tundry na wybrzeżu Murmańskim, podmokłej tajgi pierwotnej, poprzez którą wiózł nas pociąg całą dobę z Archangielska do Wołogdy, pasma lasów mieszanych i liściastych, pokrywających wielkie przestrzenie Rosji środkowej, przeszłych wreszcie za Moskwą w typowe dla południowej Rosji stepy. Jechałem za dnia i pod koniec lata. Krajobrazy były żywe i zmieniały się jak w kalejdoskopie. I choć nie przeciąłem wszystkich stref klimatyczno-florystycznych, jakie układają się między biegunem a równikiem, uświadomiłem sobie wtedy bardzo wyraźnie czym są dla ekologii lądowej wielkie krajobrazowe pasy roślinne jako naturalne jednostki najrozleglejszej skali. Zrozumiałem także, że takie tylko kraje jak Rosja, Stany Zjednoczone lub Anglia mają najkorzystniejsze warunki do prowadzenia badań ekologicznych w największym zakresie. Mają bowiem w swym posiadaniu najważniejsze formacje klimatyczno-florystyczne ziemi. Jakże ubogim jest pod tym względem teren środkowej Europy!

Ponieważ na wytwarzanie się formacyj roślinnych wpływa zarówno termika jak i wilgotność, pasy florystyczne doznają także znacznych modyfikacyj nie tylko w kierunku głównym, południkowym, ale i w kierunku *równoleżnikowym*, w zależności od odległości od brzegu morskiego, skąd dochodzą wpływy klimatu oceanicznego,

przesyconego wilgocią o wydatnie mniejszej oscylacji termicznej w ciągu roku, niż w bardziej oddalonych od oceanu krainach, położonych w zasięgu klimatu kontynentalnego. Klimatyczne formacje roślinne, tło życia zwierzęcego, zmieniają się także w kierunku *pionowym* w zasadzie podobnie jak i przy posuwaniu się od równika ku obu biegunom, ale nierównie szybciej, bo zmiana pasów roślinności odbywa się na znacznie krótszych odległościach.

ŻYCIE SEZONOWE ZWIERZĄT

W krainach gorących, międzyzwrotnikowych, przesyconych parną atmosferą, gdzie flora wytwarza najbujniejszą ze znanych formację roślinną — równikowy las dziewiczy — życie zwierzęce nie doznaje przerwy. Cały rok panują tam równe warunki, cały rok zwierzęta znajdują obfity pokarm, cały rok mogą się rozradzać. Tempo życia jest przyśpieszone. Kolejno po sobie i szybko rodzące się nowe pokolenia sprzyjają powstawaniu form dziedzicznych, przystosowujących się do urozmaiconych warunków środowiska. Bujność życia nie tylko roślinnego ale i zwierzęcego dochodzi do najwyższych granic, po prostu przytłacza. Krainy gorące odznaczają się też najwyższym rozwojem liczebnym gatunków. Samych gadów liczą Indie ponad 500 gatunków, podczas gdy z całej Europy znamy zaledwie niespełna 70. Podobne stosunki panują i w innych grupach, zwłaszcza zmiennocieplnych, jako od temperatury najbardziej zależnych. Znaczna ciepłota oraz dostateczne zasoby pokarmu, sprzyjające intensywnej przemianie materii i wzrostowi, sprzyjają powstaniu największych form życia wśród zmiennocieplnych (gadów, płazów, owadów, mięczaków, dżdżownic...). Zarówno w jednym jak i w drugim kierunku posuwając się od równika ku obu biegunom, zmniejsza się tak liczba

i rozmaitość gatunków, jak i przeciętne rozmiary zimnokrwistych, głównie w związku z pogarszaniem się warunków klimatycznych. Stałocieplne o tyle inaczej reagują, że rozmiary ich w miarę obniżania się temperatury raczej powiększają się, co tłumaczymy fizjologicznym prawem Bergmanna, mniejszą w stosunku do objętości powierzchnią większego ciała, a tym samym ekonomią utraty własnego ciepła. Są za to bardziej niż zmiennocieplne zależne od pokarmu. Ponieważ jednak warunki klimatyczne niekorzystne pociągają za sobą najczęściej i brak pokarmu lub znaczne jego ograniczenie, zatem i jedne i drugie stają się zależne w ogromnym stopniu od klimatu.

Walka zwierząt z klimatem zaznacza się szczególnie wyraźnie w tych strefach, które cechuje *sezonowość*, kolejność korzystnej dla życia pory z niekorzystną. W strefach umiarkowanych ciepła pora roku zmienia się z zimną. W podzwrotnikowych — wilgotna z suchą. W pierwszym przypadku przed zwierzętami staje ciężki problem walki z chłodem, względnie z brakiem pożywienia spowodowanego zimnem, w drugim — walki z posuchą. Jak wywiązują się z tej walki zwierzęta? Bardzo rozmaicie, zależnie od natury i zdolności obronnych organizmu.

Zmiennocieplne po prostu kapitulują przed zimnem. Zapadają w stan mniej lub więcej całkowitego *odrętwienia*, z którego po nadejściu ciepłej pory mogą się obudzić lub nie. Jednoletnie giną, uprzednio złożywszy jajeczka, które jako takie albo w stadiach rozwojowych przepędzają najgorszą dla nich porę roku, selekcjonującą w znacznym stopniu ich stan liczebny, zostawiającą najbardziej odporne okazy. Kto zapragnąłby osobiście przekonać się, co za hekatombę wśród owadów czyni corocznie nasz klimat, temu zalecamy wczesną wiosnę, wkrótce po stopnieniu śniegów, poszukać wśród mchu w lesie lub pośród

liści opadłych pod pierwszym lepszym krzakiem lub drzewem, a przekona się naocznie ile tam znajdzie martwych okazów obok innych żywych, choć jeszcze odrętwiałych.

Na pytanie jakie stadia rozwojowe okazują się najodporniejsze na przetrwanie zimy trudno dać odpowiedź ogólną. Pod tym względem trzeba znać każdy poszczególny gatunek. Jeżeli weźmiemy tylko nasze motyle, znajdziemy tam takie formy, jak brudnica nieparka, zimujące w stadium jajeczek, okrytych włoskami samicy i przytwierdzonych do pni drzewnych; barczatka sosnówka zimuje w stadium gąsienicy w ściółce leśnej, zaś sówka chojnówka jako poczwarka w tej samej ściółce; wreszcie zapłodnione w jesieni samice pokrzywnika i cytrynka — w stadium dorosłego owada, ukryte gdzieś w zacisznym miejscu. Każdy więc gatunek ma charakterystyczną periodyczność życia najczęściej utrwaloną dziedzicznie w postaci rytmiki specyficznej, zharmonizowanej z lokalnymi warunkami klimatycznymi. Stanowi pod tym względem odrębny typ ekologiczny (klimatyczny).

Dla ciepłokrwistych problem przystosowania się do niekorzystnych sezonów jest przede wszystkim problemem odżywczym. Te, które mogą znaleźć dostateczne zapasy pokarmu przez zimę, pozostają na miejscu, prowadząc życie mniej lub więcej aktywne, zabezpieczywszy się przed nadchodzącym zimnem tylko cieplejszym futrem względnie upierzeniem. Niekiedy towarzyszy temu zmiana ubarwienia (dymorfizm sezonowy, rys. 28). Uwarunkowana działaniem niskiej temperatury jako bodźcem bez-

Rys. 28. Gronostaj w futrze zimowym

pośrednim biała barwa sierści, powstająca w związku z intensywną fagocytozą, sprzyja zjawieniu się większej ilości powietrza we włosach lub piórach, co spełnia funkcję obronną w stosunku do organizmu, chroniąc go przed nadmierną utratą własnego ciepła. Jest to jej rola fizjologiczna, zaś pod względem ekologicznym czyni zwierzę bardziej zharmonizowanym z pokrytym śniegiem krajobrazem zimowym.

Ssaki nie znajdujące w zimie dostatecznych dla życia aktywnego źródeł pokarmu zapadają w *sen zimowy*, którego sens biologiczny polega na przetrwaniu w ukryciu niekorzystnej pory przy obniżeniu do minimum przemiany materii. Temperatura ciała spada, tętno serca słabnie, ilość pobieranego tlenu wydatnie maleje, w krwi nagromadza się wiele bezwodnika węglowego, procesy wydalnicze słabną, system nerwowy zawiesza swą działalność. Słowem jeż, świstak czy borsuk, w takim stanie przepędzające zimę w swych norach, usunęły się z areny walki z zimnem i głodem. Inne jak niedźwiedź, wiewiórka czy chomik budzą się kilkakrotnie przez zimę i spożywają bądź uprzednio nagromadzone zapasy, bądź też udają się na poszukiwanie pokarmu. Jeszcze inne, jak kret, są czynne w ziemi, ale opuszczają się w warstwy głębsze, cieplejsze w mroźnej porze. Zające, lisy, wilki, odporne bardzo na zimno, całe swe czynne życie koncentrują wówczas na zdobycie niezbędnego pożywienia.

Znane są także przykłady bardziej ruchliwych ssaków, odbywających *wędrówki sezonowe*, w związku z zimowym pogarszaniem się warunków odżywczych w ich normalnych siedliskach. Na dalekiej północy opuszczają tundrę renifery, przenosząc się w jej południowe, graniczące z tajgą rejony. Za nimi ciągną wilki i rosomak. W poszukiwaniu pokarmu wędrują sezonowo także lemingi, małe gryzonie masowo zasiedlające tundrę a za tymi

znów sowy i inne ptaki drapieżne. W górach kozica opuszcza się na zimę z turni i hal w piętro regli. Nawet normalnie nie wędrujące zwierzęta w zasadzie płochliwe, zimą zbliżają się do domostw i zagród ludzkich, gdzie łatwiej o pokarm.

W krainach podzwrotnikowych wędrówki sezonowe w związku z posuchą odbywają antylopy, zebry, bawoły i strusie, które na okres niekorzystnej suchej pory tłumnie opuszczają najbardziej jałowe tereny sawanny, wydatnie zbliżając się do rejonów leśnych, gdzie znajdują więcej pożywienia. Mniej ruchliwe i zwłaszcza niższe zwierzęta okres ten przepędzają ukryte w ziemi i laterycie, w szczelinach drzew, pod opadłymi liśćmi w stanie mniej lub więcej nieaktywnym lub jako jednoroczne giną, uprzednio złożywszy trwalsze od siebie jajeczka. Owadożerne ssaki, tanreki madagaskarskie *(Centetes)* a także inne, na okres suchej pory zagrzebują się w nory, zapadając w *sen letni*, podobnie jak i sen zimowy wydatnie obniżający przemianę materii i temperaturę zwierzęcia.

WĘDRÓWKI PTAKÓW

Bardziej niż ssaki przystosowały się do sezonowych wędrówek ptaki, jako kręgowce latające. Ekologicznym powodem sezonowych ciągów ptaków w strefach umiarkowanych i zimnych wydaje się być brak pokarmu zimą. Bowiem te mniej liczne, które i zimą znajdują niezbędne pożywienie dla podtrzymania temperatury ciała i życia — nie wędrują, albo też prowadzą życie tułacze, przenosząc się z miejsca na miejsce jak sikorki, gile, makalągwy... Nie można sobie jednak zbyt upraszczać zjawiska i uważać, że do wyjaśnienia wystarczy tylko czynnik aktualny. Wędrówki ptaków kształtowały się niewątpliwie historycznie pod wpływem czynników klimatycznych i dziś u większości przeszły w dziedziczny in-

stynkt czyli popęd. Zwłaszcza takim instynktem obdarzone są formy, które kierują się na dalekie najczęściej zimowiska i w porę, zanim zabraknie pożywienia, opuszczają miejsca gniazdowania, jak u nas np. wilgi lub jaskółki.

Ciąg jesienny ma w znacznym stopniu charakter odżywczy; ptaki w zasadzie nie spieszą się, wyszukując po drodze korzystne środowiska, gdzie zatrzymują się nieraz dosyć długo, o ile pozwalają na to warunki klimatyczne. Niektóre nie mają nawet określonych zimowisk, zatrzymując się tam, gdzie znajdą pożywienie. W zasadzie ptaki bardziej północne ciągną dalej na południe niż te same gatunki z mniejszych szerokości. Inny charakter ma wędrówka wiosenna. Jest ciągiem rozrodczym. Ptaki są podniecone, działa na nie zwłaszcza wzmagające się z wiosną usłonecznienie, spieszą się do miejsc gniazdowania, by zdążyć na czas, obsadzić stanowiska i założyć gniazda w siedliskach nieraz bardzo dalekich, gdzie ciepła pora roku może być krótka. Właśnie taki najbardziej żywiołowy pęd przejawiają gatunki z najdalszych północnych okolic, którym należy na czasie. Należy sądzić, że hormony pobudzające ptaki do aktywności podczas ciągu, są najbardziej czynne u tych właśnie ptaków, przed którymi pozostaje najdalsza droga do przebycia. Hormony oczywiście nie są przyczyną pierwotną wędrówki, nie są jej powodem, lecz raczej środkiem dla jej realizacji. Jeden z przyrodników porównał je do pieniędzy w podróży.

Ciąg ptaków z lęgowisk na zimowiska i odwrotnie nie odbywa się z reguły po drogach najkrótszych. Przeciwnie lecą zwłaszcza mniej sprawni latawcy po drogach skomplikowanych, niekiedy okrężnych, co także potwierdza, że uwzględniane są nie tylko czynniki aktualne (korzystne środowiska i warunki odżywcze), ale i historyczne, będące

w znacznym stopniu odzwierciadleniem dawnych rozsiedleniowych dróg gatunków. Europejskie ptaki lecą przeważnie ku Afryce po trzech głównych szlakach. Jeden — północno i zachodnio-europejski, prowadzi wzdłuż brzegów Bałtyku, M. Północnego, Atlantyku i ciśniny Gibraltarskiej. Drugi — środkowo-europejski kieruje ptaki przez półwysep Apeniński, Sycylię, Tunis. Po trzecim wreszcie,

Rys. 29. Ciąg ptaków nad Helem. Według J. Sokołowskiego.

prowadzącym przez Małą Azję, Syrię, Palestynę, Suez, ciągną ptaki przeważnie z południowo-zachodniej i wschodniej Europy.

Najliczniej uczęszczany jest szlak pierwszy nadmorski, jako najkorzystniejszy pod względem odżywczym i będący w zasięgu klimatu oceanicznego. Nasze wybrzeże znajduje się na tej właśnie drodze. Jesienią odwiedzane przez całe rzesze ptactwa północnego z Prus Wschodnich, Litwy, Łotwy, Estonii, Finlandii i Rosji, które wiosną powraca na lęgowiska. Półwysep Helski tworzy rodzaj pomostu, a dla ciągu wiosennego „ślepą ulicę", powodując niezwykłe wprost zagęszczenie na nim ptactwa. „Kto na własne oczy nie oglądał tych tysięcy skowronków, zięb, drozdów, wron, gołębi, czajek i myszołowów przelatujących z wiosną nad Helem, ten z trudem wyobrazi sobie potęgę zjawiska ciągu. Chcąc rzeczywiście użyć przyrody

warto przyjechać nad nasze wybrzeże, lecz nie jak się to zwykle praktykuje, w sezonie letnim, a w marcu lub kwietniu... Niezatarte pozostaną mi w pamięci wspomnienia z dni przeżytych na Helu podczas ciągów ptactwa. Już o świcie budzą nas głosy tysięcy zięb, które korzystając z chwil wypoczynku, uwijają się w poszukiwaniu pokarmu. Skowronków polnych i borowych jest wszędzie tak pełno, że spotyka się je nawet w ogródkach i w zaroślach. Około dziesiątej rano, gdy marcowe słońce zaczyna silniej przygrzewać, rozpoczynają ptaki ciąg. Tuż nad ziemią lecą drobne ptaszki, a wyżej snują się przez cały dzień gromady wron i gawronów. Od czasu do czasu z szumem przeciągają dzikie gołębie i czajki, bez wahania rzucające się nad zatokę, podczas gdy gorzej latające wrony nieraz długo namyślają się, zanim odważą się na opuszczenie lądu. Jak chmurka gnana silnym wiatrem, tak szybko pędzą co chwilę szpaki, zbite w zwarte stado, a ponad wszystkimi krążą dziesiątki myszołowów lub też olbrzymi orzeł morski majestatycznym lotem żegluje na wschód. Zaś nad modrą falą z wyciągniętymi szyjami lecą śnieżnobiałe łabędzie, długie klucze nurów i pstrych kaczek" (Sokołowski — Wędrówki Ptaków).

Drogi po których ciągną ptaki są dziś w znacznym stopniu poznane dzięki nowoczesnej metodzie, polegającej na obrączkowaniu okazów. Pierścionek aluminiowy założony ptakowi na nogę, noszący nazwę kraju i stacji ornitologicznej oraz odpowiedni numer, pozwala, w razie schwytania czy zabicia ptaka, stwierdzić niewątpliwie skąd pochodzi. W taki sposób ustalono główne drogi najważniejszych gatunków. Odnośnie niektórych przekonano się, że lecą bardzo daleko. Nasze i północnoeuropejskie bociany na przykład udają się aż do południowej Afryki. Pewne mewy i siewki amerykańskie odbywają jeszcze rozleglejsze podróże sezonowe, bo z najbar-

dziej borealnych rejonów Ameryki Północnej gdzie się gnieżdżą aż po krańce Ameryki Południowej gdzie zimują. Rekordową wprost podróż odbywa rybitwa rajska *(Sterna paradisea)*, gnieżdżąca się w podbiegunowych okolicach Ameryki Pn., zaś zimująca w Patagonii i na przyległych wyspach Antarktydy, średnio odległych o 12.000 klm. od miejsc gniazdowania. Na wiosnę wraca w swe rodzinne strony. Gnieździ się w krainach polarnego dnia północnego. Zimuje w rejonach dnia polarnego południowego. Chyba więc tylko potrzebą niezwykle długotrwałej insolacji można by tłumaczyć tę po prostu legendarnie rozległą wędrówkę sezonową.

Obserwacje bezpośrednie i metoda obrączkowania wyjaśniły wiele szczegółów dotyczących kierunku drogi, szybkości ciągu, jego wysokości i układu, różnych obyczajów u osobników jednego gatunku, różnych instynktów

Rys. 30. Olbrzymie „zakrywające słońce" stado ciągnących szpaków. Według R. Francégo.

zależnie od wieku itd. Zdania dawniejsze odnośnie szybkości lotu zostały w znacznym stopniu skorygowane, ustalono zwłaszcza że podczas wędrówki jesiennej ptaki się nie spieszą, lecąc przeciętnie znacznie wolniej niż to można wnosić z obserwacji chyżości normalnego ich lotu. Często się zatrzymują. Szpaki lecą coś ponad 30 km na dobę, bociany około 200 km, najszybciej słonki 400—500 km dziennie, bez odpoczynku w ciągu 8 godzin. Nowoczesne obserwacje zniżyły także przeciętną wysokość lotu, szacując ją nie więcej nad kilkaset metrów, co zresztą wydaje się rzeczą zrozumiałą. Po cóż miałby ptak wzbijać się tak wysoko, gdzie panuje mroźne i utrudniające oddychanie rozrzedzone powietrze? — „Na ogół duże ptaki lecą wyżej, małe niżej, a nawet tuż nad ziemią. Na Helu — pisze Sokołowski — obserwowałem zięby i skowronki, ciągnące zaledwie kilkadziesiąt centymetrów nad piaskiem, a gdy leciały nad wodą, mimo woli miałem obawę, czy nie utoną, gdyż zdawało mi się, że każdej chwili muszą dotknąć skrzydełkami fali. Gołębie i czajki wędrowały w wysokości mniej więcej 40 metrów. Gawrony nieco wyżej".

Zazwyczaj większe i lepiej latające ptaki podczas ciągu nie tworzą bezładnego stada lecz układają się w tzw. klucze, pozwalające wprawnemu obserwatorowi z daleka

Rys. 31. Ciąg bocianów. Według J. Sokołowskiego

rozpoznać gatunek. Co wywołuje ten charakterystyczny układ? Na to nie mamy jeszcze ostatecznej odpowiedzi. Można jednak sądzić że układ jest korzystny, umożliwiając lepsze prucie powietrza, będąc jakby wyrazem lotu przy najmniejszym wysiłku. Regulacja nieustanna lecącego klucza zdaje się wskazywać, że ptaki zostają mechanicznie spychane na miejsca najsłabszego oporu powietrza. Wędrówka sezonowa ptaków to wielki wyczyn ich życia, podczas którego wiele okazów ginie nie tylko wskutek rozmaitych przeszkód naturalnych, jak rozległe przestrzenie wodne, góry itd. i sztucznych (latarnie morskie, druty telegraficzne, trzebienie ptaków przelotnych przez człowieka itp.) ale także w związku z wycieńczeniem organizmu. Selekcja działa w pełni. Zasada ekonomii sił musi wtedy obowiązywać bardziej niż podczas innych, mniej aktywnych okresów życia. Charakterystyczne układy są najwidoczniej przejawem tej zasady.

Może najciekawszym w wędrówkach jest niezwykły zmysł orientacyjny, pozwalający ptakom znaleźć drogę na zimowiska a zwłaszcza powrotną do miejsc gniazdowań. Niestety metoda obrączkowania na to nie daje odpowiedzi i dać nie może. Najprawdopodobniej wchodzi tu w grę harmonijne wiązanie wrodzonych właściwości organizacyjnych z wiedzą nabytą. „Odpowiedni popęd wewnętrzny, objawiający się w formie jakiegoś wewnętrznego niepokoju, wskazuje zwierzęciu, co ma w danej chwili czynić — powracać. Niepokój ten minie dopiero gdy zwierzę osiągnie swój cel — gniazdo. To, w jaki sposób zwierzę wykonywa zadanie, zależy od jego zdolności pamięciowych, które umożliwiają mu zużytkowanie pewnych faktów z otoczenia, zaobserwowanych w czasie lotów czy wędrówek orientacyjnych" (Wojtusiak — Instynkt i jego przejawy w świecie zwierzęcym). Muszą

więc posiadać ptaki pewne bliżej jeszcze niezbadane zdolności, wynikające z ich systemu nerwowego i organów zmysłów, a pozwalające łatwo orientować się w przestrzeni, nieznane organizmom bardziej przywiązanym do ziemi. Dopiero bliższe poznanie etologii i psychologii ptaków może nam to zagadnienie rozwiązać.

TYPY KLIMATYCZNE ROŚLIN I ZWIERZĄT

U roślin przystosowanie do warunków klimatycznych przejawia się w trwałości typów i w formie wegetacji. Rozróżniamy rośliny zielne i zdrewniałe. Rośliny zielne mogą być jednoroczne, dwuletnie i byliny czyli o sezonowych, zielnych pędach nadziemnych, lecz o trwałych kłączach i korzeniach. Zdrewniałe są krzewinkami, krzewami i drzewami. W krainach umiarkowanych, o mroźnej zimie, a także w podzwrotnikowych, o suchej porze, drzewa zrzucają liście w niekorzystnym dla wegetacji okresie.

Na przystosowaniach do warunków klimatycznych oparł Alfons de Candolle jeszcze w r. 1874 podział roślinności globu na 6 zasadniczych grup.

1. *Parnorosty* (hygromegatermy), o wielkich wymaganiach względem wody i ciepła (średnia temperatura najmniej 20^0), pokrywają obecnie wilgotne kraje międzyzwrotnikowe; bardziej rozpowszechnione były w dawnych okresach geologicznych.

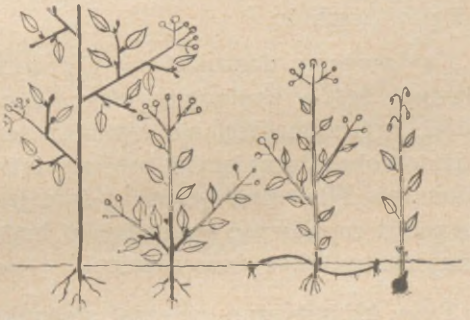
2. *Suchorosty* (kserofity, ściślej skwarnorosty — megakserotermy), o wielkich wymaganiach co do ciepła i skromnych co do wilgoci; roślinność stepów, sawann, pustyń.

3. *Ciepłorosty* (mezotermy), wymagające rocznej temperatury 15—20^0 i od czasu do czasu obfitej wilgotności; w trzeciorzędzie dochodziły aż do krain podbiegunowych.

4. *Chłodnorosty* (mikrotermy), temperatura roczna 0—15°, równomiernie rozmieszczone opady atmosferyczne; stan spoczynku roślinności przypadający na zimną porę roku; roślinność naszych szerokości umiarkowanych.

5. *Zimnorosty* (hekistotermy), żyją poza granicami roślin drzewiastych, w warunkach rocznej temperatury niżej 0°, znoszą długi brak światła; tundra.

6. W dawnych okresach geologicznych żyły jeszcze megistotermy — przeważnie rośliny skrytokwiatowe — wymagające równomiernej temperatury ponad 30°.



Rys. 32. Główne klimatyczne typy roślin. 1-fanerofity; 2-chamefity; 3-hemikryptofity; 4-geofity. Według Raunkiaera, z Ekologii Roślin Szymkiewicza

Bardziej nowoczesną klasyfikację typów klimatycznych roślin, mającą zastosowanie głównie w strefach umiarkowanych, dał nam duński badacz Raunkiaer. Podział oparł na różnym stopniu zabezpieczenia przez rośliny swych pączków przed mrozem, stwarzając pięć następujących typów lądowych:

1. *Fanerofity* — rośliny o pączkach powietrznych, umieszczonych wysoko nad ziemią, tak że normalnie śnieg zimą ich nie pokrywa.

2. *Chamefity* — mają pączki przy ziemi, zimą pokryte śniegiem albo opadłymi liśćmi.

3. *Hemikryptofity*, o pączkach zimujących umieszczonych przy powierzchni gleby.

4. *Geofity* albo *kryptofity* — pączki zimują w ziemi, tworząc kłącza, bulwy lub cebule.

5. *Terofity* — rośliny jednoroczne.

Raunkiaer wyróżnia jeszcze rośliny błotne — *helofity*, o pączkach zabezpieczonych tak dobrze jak u *kryptofitów*, bowiem są ukryte na dnie zbiorników. Wreszcie ostatnim typem są *hydrofity*, związane całkowicie z wodą, których pączki też zimują na dnie, spadając tam kiedy roślina pływa jeszcze w wodzie; na wiosnę wydostają się na powierzchnię.

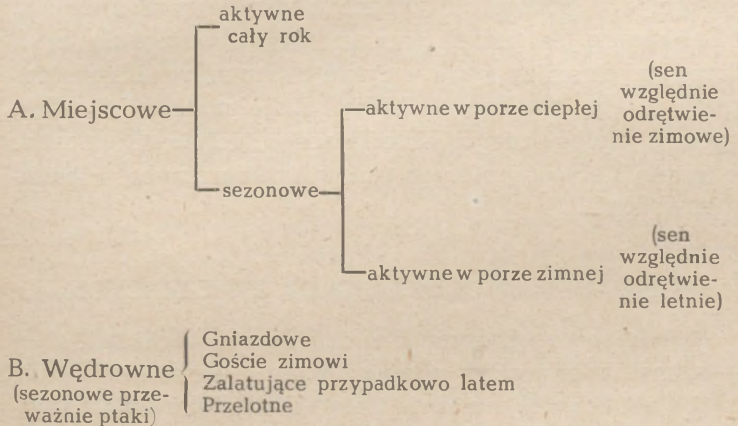
Czy możemy doszukać się u zwierząt pewnej analogii do tych typów ekologicznych roślin różnych co do trwałości, wytrzymałości na warunki termiki i wilgotności, różnie zabezpieczających swe zawiązki przed surowością klimatu? Niewątpliwie tak, z tym jednak zastrzeżeniem, że przez ruchliwość i zasadniczo inną przemianę materii znajdziemy także duże różnice.

Typy klimatyczne zwierząt stosunkowo rzadko wyróżniają się strukturalnie, np. gęstym uwłosieniem względnie upierzeniem, sezonowym dymorfizmem i to głównie u dwóch najwyższych grup — ptaków i ssaków. Nie mają tej rozmaitości form co typy wegetacji u roślin, którym odpowiadałyby raczej typy lokomocyjne zwierząt.

W przeciwieństwie do osiadłych roślin, w ogromnym stopniu ulegających czynnikom klimatycznym i odpowiadających na nie zmianą budowy, zwierzęta dzięki lokomocji mają możność uchylania się spod niekorzystnych dla nich wpływów. Mogą wędrować, ukrywać się, zapadać w sen zimowy, odrętwienie itd. Biologiczny typ zwierzęcia wywołany klimatem wyróżnia się więc nie tyle

kształtem jako reakcją na klimat, ile obyczajami i zachowaniem się, a częstokroć po prostu pewnymi tylko właściwościami fizjologicznymi, pozwalającymi mu przetrwać klimatycznie niekorzystne okresy.

Oto jedna z prób klasyfikacji typów klimatycznych zwierząt:



Klasyfikację powyższą trzeba stosować zarówno do stałocieplnych jak i zmiennocieplnych, przy czym u tych ostatnich w zasadzie odpada grupa form wędrownych, na lądzie reprezentowana głównie przez ptaki, wyjątkowo tylko przez niektóre gatunki zmierzchnic wśród motyli. Ważnym pod względem ekologicznym jest także wyróżnienie trwałości sezonowej form zwierzęcych, które pod tym względem można dzielić na *roczne, dwuletnie i wieloletnie* oraz *o wielokrotnych pokoleniach* w ciągu jednego cyklu rocznego, co zwłaszcza w wodzie u wioślarek i wrotków a na lądzie u owadów, np. mszyc, często występuje. Wreszcie z punktu widzenia ustosunkowania się

zwierząt do klimatu ważnym jest dokładnie wiedzieć, kiedy przypada okres rozrodu, na porę ciepłą, zimną czy też na przejściowe?

Klasyfikacja oparta na typach klimatycznych jest ważna zwłaszcza przy badaniu zespołowego życia zwierząt, przy porównywaniu siedlisk nieraz bardzo odległych od siebie, o podobnych jednak warunkach klimatycznych, a tym samym i o podobnych typach obyczajowych zwierząt. Nieodzowną jest jednak przy analizie tzw. aspektów czyli sezonowych zmian życia w cyklu rocznym, w obrębie jednego i tego samego siedliska. Daje materiał do tzw. spektru biologicznego, określającego ilościowe ustosunkowanie się różnorodnych typów ekologicznych w badanym zespole.

KLIMAT A EWOLUCJA GRUP ZWIERZĘCYCH

Zasadniczej wagi czynnik w dzisiejszym życiu lądowym — klimat, niemniejszy również wpływ wywierał i dawniej. Cała bowiem ewolucja flory i fauny lądowej od środka ery paleozoicznej znajduje się pod jego przemożnym działaniem. Zwrócili na to uwagę badacze amerykańscy Lull, Matthew, Schuchert, Osborn, Huntington i in., badając kraj szczególnie ściśle wiążący ekologię z ewolucją organizmów, ale także i w Europie nie brak opinii, uważających klimat jako jeden z najważniejszych czynników rozwoju. Ewolucja środowiska lądowego w okresach zdobywania go przez różne grupy świata zwierzęcego sprowadza się w zasadzie do kolejnych zmian okresów oceanicznego klimatu *(talsokratycznych)* podczas transgresji morza, z kontynentalnym w okresach *geokratycznych,* znamionujących się cofaniem morza i silniejszymi kontrastami klimatycznymi. Z tej wielkiej walki morza z lądem w biegu dziejów ziemi, której towarzyszyły zmiany

klimatyczne, wychodziły główne bodźce sprzyjające ewolucji życia. Każda większa grupa a także i drobniejsze, o odrębnym życiu i strukturze, mogły się zjawić tylko wtedy, kiedy na to pozwoliły warunki klimatyczne. Ponieważ klimat był tym czynnikiem pierwotnym, który wpływał na kształtowanie się podłoża i na ewolucję flory, dalsze przystosowania odżywcze i lokomocyjne w związku z opanowywaniem przez zwierzęta różnorodnych siedlisk mogły dokonywać się dopiero po uprzednim jej przystosowaniu się do zasadniczych warunków klimatycznych.

Początek i główne promieniowanie przystosowawcze płazów przypada na okres węglowy, przeciąga się poprzez perm, odkąd to datuje się już redukcja licznych typów i przetrwanie innych aż do dni dzisiejszych. Okres węglowy, parnego, cieplarnianego klimatu i niezwykle bujnej flory skrytokwiatowej był dla nich tak korzystny, że umożliwił ewolucję najrozmaitszych typów, panujących wówczas na lądach i w bagniskach (era płazów). Próby wyjścia pierwszych czworonożców (Tetrapoda) z wody na ląd były już i dawniej, w dewonie, ale dopiero warunki klimatyczne epoki węglowej, w szczególności przesycona wilgocią ciepła atmosfera, umożliwiły tym niedostatecznie przed parowaniem zabezpieczonym zwierzętom opanowanie różnorodnych a nie zajętych jeszcze siedlisk.

Jakże kontrastują z płazami gady! Zjawiają się licznie w permie, w okresie kontynentalnego, ciepłego i suchego klimatu, jak gdyby zastępując płazy, które nie były w stanie przystosować się do tak radykalnej zmiany klimatu. Toteż początek upadku płazów, ich usuwanie się z areny życia do ograniczonych nielicznych siedlisk zaznacza się w permie z chwilą wyraźnego pogarszania się klimatu. Niektóre nawet próbują wrócić z powrotem do wody. Wtedy to właśnie zjawiają się gady — organizmy przystosowane do kontynentalnego klimatu, o skórze

pokrytej łuskami rogowymi, zabezpieczonej przed nadmierną insolacją i parowaniem, bardziej ruchliwe, o czulszym systemie nerwowym, o doskonalszych płucach, pozbawione już skrzel, o rozwoju całkowicie lądowym przez radykalne zmiany w budowie jaja, obficie zaopatrzonego w żółtko, chronionego przez zewnętrzną skorupę. Przystosowane do trudniejszych warunków klimatycznych typy pierwotne gadów, nie znalazłszy na lądzie konkurentów, szybko opanowały różnorodne siedliska, by w drugorzędzie zapanować wszechwładnie na lądzie, w powietrzu i nawet w wodzie (era gadów).

Typ ssaka — organizmu stałocieplnego pokrytego włosem, zjawił się po raz pierwszy w permie, w rejonach wyraźnego oziębiania się klimatu, ale wtedy i w drugorzędzie, epoce zajętej przez gady, nie opanował ziemi. Zajął dopiero różnorodne siedliska poczynając od trzeciorzędu — okresu coraz to wyraźniej zarysowujących się zmian i różnic klimatycznych, do których swą termoregulacją okazał się tak świetnie przystosowany i plastyczny. Znów więc, najogólniej ujmując, klimat zadecydował tak o zjawieniu się samego typu jak i opanowaniu przezeń różnorodnych siedlisk.

Nie mniej wyraźny wpływ klimatu jako czynnika pierwotnego, pośrednio kształtotwórczego zaznacza się w ewolucji koni, tak dobrze zbadanej na terenach zachodnich Ameryki Północnej. Na początku trzeciorzędu, w eocenie, rejon ten ledwie co wynurzał się spod powierzchni pokrywającego go dotąd morza. Zjawiły się tam wówczas urozmaicone lasy podzwrotnikowe, przemieszane z niewielkimi równinami pokrytymi świeżą zieloną roślinnością trawiastą. Klimat był oceaniczny, przesycony wilgocią i obfitujący w opady, o małych zmianach warunków. Wśród takiego to urozmaiconego krajobrazu, czarująco odtworzonego przez artystę Knighta w publikacjach

Osborna i modelach Amerykańskiego Muzeum Historii Naturalnej, w podobnych warunkach, gdzie i po dziś dzień spotykamy licznych krewniaków trzeciorzędowych ssaków, zamieszkiwał *Eohippus*, ówczesny przodek konia, drobny niepozorny ssak, o giętkich czteropalczastych nogach świetnie przystosowanych do grząskiego i nierównego terenu, odżywiający się trawą, a przed wrogami ukrywający się w gąszczu. Ale teren, gdzie żył, nie pozostał stałym. W biegu trzeciorzędu następują tam stosunkowo szybkie i duże zmiany klimatyczne. Zmniejsza się ilość opadów, powietrze stopniowo wysycha, a rozległe równiny porastać zaczyna stepowa trawiasta roślinność. Część zwierząt, jak tapiry, cofa się do lasów, inne jednak, do których właśnie przodkowie konia należą, stają do walki ze zmieniającą się przyrodą; przystosowują się do nowych klimatyczno-florystycznych warunków, co z kolei pociąga za sobą zasadniczą zmianę odżywiania się i lokomocji. Zjawienie się suchych roślin zbożowych na tych obszarach decyduje o zmianach uzębienia; zamiast pierwotnych niskich zębów sęczkowych powstają wysokie (hypsodontyzm), bardzo skutecznie rozcierające twarde zboża z pomocą fałd szkliwa zespolonych cementem; zęby dostają prawdziwych korzeni. Drobne i dotąd płochliwe stworzenia, ukrywające się po lasach, zmieniają się na wyniosłe chroniące się szybkim biegiem zwierzęta o długich zgrabnych nogach, opierających się na końcach palców, z których środkowy kosztem redukcji innych coraz się bardziej wydłuża i wzmacnia. Ewolucja koni przebiegała jak widać w jak najściślejszej harmonii z warunkami środowiska zewnętrznego, ale pierwotnym czynnikiem była zmiana klimatu z wilgotnego na suchy na obszarach zamieszkałych przez przodków dzisiejszego konia.

Z lotu ptaka patrząc na ten ogólny bieg procesu ewolucji kręgowców, na podstawie zwłaszcza danych, jakich

udzielili nam paleontologowie amerykańscy, dochodzimy do bardzo zdecydowanego przekonania, że pulsacje ewolucji zwierząt, wznoszenie się na wyższe organizacyjne szczeble grup całych, harmonizują najwyraźniej z większymi przemianami klimatycznymi globu ziemskiego. Były to zmiany natury ekologicznej jak najszerzej rozumianej. Stwarzały one organizmom nowe potrzeby życiowe, pociągały za sobą wzmożenie walki o byt i intensywną selekcję, obdarzając pod tym względem środowisko władzą niemal dyktatorską. Słabsze, mniej plastyczne lub bardziej wyspecjalizowane formy ginęły, pozostawiając ślady swego istnienia w postaci skamielin. Inne przetrwały, przystosowując się do nowych warunków, dając postacie zharmonizowane z warunkami środowiska.

Wybraliśmy tutaj zaledwie kilka przykładów, ale liczbę ich można by znacznie powiększyć (północne pochodzenie większości grup lądowych kręgowców, wpływ epoki lodowej na życie etc.). Klimat istotnie jest czynnikiem zasadniczym w ewolucji świata żywego, zwłaszcza lądowego. Najważniejszym bo pierwszym, wpływającym nie tylko bezpośrednio, ale także wpływającym na podłoże, kształtującym florę, a więc główne siedliska, do których przystosowały się określone typy biologiczne zwierząt. Tak jest obecnie i tak było dawniej, w biegu dziejów ziemi, kiedy to zmiany klimatyczne, ulegając większym jeszcze niż obecnie oscylacjom w związku z tektonicznymi ruchami skorupy ziemskiej, zaznaczyły swój wpływ na powstaniu i ewolucji całych grup zwierzęcych.

Rozdział III.

WPŁYWY PODŁOŻA. KRAJOBRAZOWA I GLEBOTWÓRCZA ROLA FAUNY ZIEMNEJ

Drugą obok klimatu zasadniczą grupą czynników fizycznych środowiska lądowego tworzy *podłoże* albo szeroko rozumiana gleba. W stosunku do świata zwierzęcego wpływ podłoża wynika już z tego faktu, że mnóstwo gatunków stale lub czasowo przebywa w ziemi. Podłoże — jako siedlisko życia — obrały sobie najrozmaitsze zwierzęta, począwszy od kręgowców nieraz nawet większych, dalej bardzo liczne owady, roztocze (Acarina), dżdżownice i całe mnóstwo mikroskopowych drobnych organizmów, od których dosłownie roi się w każdym centymetrze gleby. Przedstawiciele kręgowców, drobna fauna bezkręgowców i mikrozespoły tworzą trzy główne składniki podziemnego świata zwierzęcego. Jedne z nich żyją w ziemi stale, znajdują tam pokarm i tam się rozradzają; inne żyją czasowo, przepędzając w ziemi tylko pewien okres życia, w innych związane z siedliskami naziemnymi.

Przez swe masowe występowanie ssaki, zwłaszcza roślinożerne gryzonie, nadają częstokroć nawet krajobrazowe piętno stepowym okolicom. Na preriach Ameryki Północnej ogromne przestrzenie, liczące tysiące kilometrów kwadratowych, zryte są norami i usiane pagórkami wzniesionymi przez gryzonie susłowate tzw. pieski ziemne z rodzaju *Cynomus* (ryc. 33). W pampasach Argentyny ich rolę zastępują inne gryzonie — wiskacze *(Viscacha)*. Na stepach Rosji południowej masowo ryją nory bobaki,

susły i chomiki. U nas zdarzają się pola całe jak sita podziurawione przez myszy polne i nornice. Nie tak masowo występują, ale także liczne tu i owdzie są owadożerne sorki, zębiełki, jeże oraz ściśle już podziemne życie prowadzące krety, na zewnątrz zdradzające swą obecność licznymi kopcami rozsianymi po polach i łąkach.

Rys. 33. Krajobraz stepowy Ameryki Północnej z pagórkowatymi budowlami piesków ziemnych *(Cynomus ludovicianus)*, współbytujących z niegroźnymi dla nich bizonami

Wszystkie te zwierzęta uzależnione pokarmem od powierzchni, bądź całkowicie pod ziemią bytujące i tam zdobywające pokarm, przez kopanie nor i korytarzy wpływają na glebę i odwrotnie ulegają jej wpływom. Rola, jaką spełniają, jest wielka i urozmaicona. Przede wszystkim sprzyjają spulchnianiu i wentylacji gleby, ułatwiając dostęp powietrza poprzez nory. Stwarzają swoisty mikroklimat gleby. Przez wydostawanie na wierzch podglebia przyspieszają jego dojrzewanie. Ułatwiają przenikanie wilgoci do ziemi, wpływają na warunki wegetacji etc.

W krajach tropikalnych zwłaszcza w Afryce, w Natalu, Katandze i Sudanie rolę organizmów przerabiających glebę i zmieniających ogólne oblicze flory spełniają głównie termity. Powstawanie krajobrazów parkowych, utworzonych z grup drzew rozrzuconych wśród sawanny, tak zna-

mienne po obu stronach wielkich lasów równikowych Afryki środkowej, jest ściśle związane z działalnością ziemną termitów. Ich kolonie i budowle po pewnym czasie giną, a na wzniesionym przez te owady i przemieszanych z glebą pagórkach mogą wyrastać z czasem krzewy i drzewa, które na równym stepie nie znajdują dla siebie odpowiednich warunków. Z tego punktu widzenia rola pewnych organizmów ziemnych przechodzi już z drobniejszej, środowiskowej, stając się wielką, o charakterze ziemskim, geograficznym i krajobrazowym w największej skali.

KOPCE ZIEMNE SYPANE PRZEZ MRÓWKI

Niemałą rolę jako czynnik krajobrazowy, a także wpływający na glebę i szatę roślinną, odgrywają kopce sypane przez mrówki. W pewnych okolicach kraju np. w Małopolsce Wschodniej, zwłaszcza w jej części zbliżonej do Karpat, w okolicach Stryja, Lwowa, Drohobycza, całe obszary pastwisk, zajmujące tysiące morgów, pokrywają spore, około 30 cm wysokie, nieraz przekraczające metr średnicy, kopce ziemi podobne do kretowin, ale porosłe roślinnością. Prof. E. L. Niezabitowski, który je szczegółowo badał, przekonał się, że są to budowle mrówki hurtnicy żółtej *(Lasius flavus)*. Owady te nie znoszą światła i na zewnątrz gniazda prawie że nie wychodzą, odżywiają się wydaliną mszyc, hodowanych na korzeniach roślinności otaczającej kopiec.

W przekroju kopiec taki ujawnia budowę gniazda ulepionego z grudek ziemi i naniesionego przez mrówki w wyniosłość kopca. Ponieważ pastwisko pokrywa roślinność, wśród której dominują mchy z rodzaju płonnika *(Polytrichum)*, więc w miarę powstawania pagórka wydłużają się i łodyżki płonnika, broniącego się przed zasy-

paniem. W ten sposób całe mrowisko jest jakby poprzeszywane mnóstwem łodyżek mchów, które od dołu stopniowo umierają, narastając od wierzchu. Występują oprócz płonnika także inne roślinki na tych pastwiskach opanowanych przez hurtnicę, szczególnie często tu spotykane, zapewne w związku z warunkami gleby, jakie mrówki stwarzają przez swą działalność ekologiczną.

Z gatunków pokrewnych, wznoszących budowle ziemne można tu jeszcze wspomnieć o bardzo częstej u nas, a także szeroko po świecie rozsiedlonej, czarnej hurtnicy *(L. niger)*, której kopce z rzadka rozrzucone, porosłe płonnikiem i trawami spotykamy po ogrodach, miedzach, polankach leśnych etc. Po lasach wszystkim znane są duże gniazda mrówki leśnej (*Formica rufa)*, powstające jednak nie z ziemi naniesionej, lecz ze szczątków roślin, gałązek i igliwia.

Na mokradłach i bagniskach kopce wznoszone przez mrówki opisał z Laponii Holmgren. Tworzy je gatunek *Formica exsecta.* Choć z wyglądu podobne do kopców hurtnicy żółtej, jednak genezę mają inną. Jak u mrówki leśnej zbudowane są ze szczątków roślinnych i nawet z wyglądu podobne do jej gniazd. Jednak wkraczająca na nie z otoczenia roślinność, przeważnie płonnik *Polytrichum strictum,* powoduje stopniowe cofanie się mrówek, które nie znoszą nawet i tej nieznacznej wilgoci, jaka towarzyszy wzrostowi płonnika i wreszcie ustępują całkowicie zarastający płonnikiem kopiec. Z czasem od nasady wdzierają się torfowce *(Sphagnum)*, niszczące ostatecznie płonnik i opanowujące cały kopiec. Widzimy tutaj jakby walkę płonnika z mrówką, kończącą się w zasadzie zwycięstwem mchu, podczas gdy hurtnicy żółtej roślinność nie tylko nie szkodzi, lecz przeciwnie dopomaga do utwierdzenia się ziemi w kopcu.

Kopce ziemne mrówek wznoszone są celem uzyskania suchych i ciepłych komór, koniecznych dla wylęgu młodych. Najwidoczniej jest to ekologiczny powód wytworzenia się tego typu budowli. Bowiem kopiec wzniesiony ponad powierzchnię najczęściej dosyć wilgotnego gruntu, o stromych ścianach, z licznymi wewnątrz korytarzami i komarami, nie utrzymuje w sobie wilgoci, a bardziej od otaczającego, równego podłoża, eksponowany na działanie promieni słonecznych silniej się nagrzewa, dostarczając koniecznego ciepła rozwijającemu się młodemu pokoleniu.

Jeżeli porównamy kopce ziemne mrówek i innych owadów z kopcami sypanymi przez ssaki, to pomimo niejednokrotnie dużego podobieństwa zewnętrznego, krajobrazowego, dostrzeżemy zasadnicze między nimi różnice. Pagórki usypane przez ssaki, zwłaszcza przez gryzonie stepowe, pieski ziemne, bobaki i in., powstają z ziemi wyrzuconej z podziemnych chodników i nagromadzonej przed wyjściem, służąc co najwyżej jako wzgórek z którego obserwują okolice, podczas gdy kopce mrówek tworzą właściwe ich gniazda, przedrążone korytarzami i komorami, gdzie same bytują i wychowują młode.

DROBNA FAUNA GLEBY

Nie tylko jednak podobne obrazy masowych budowli ziemnych, wznoszone przez ssaki, termity i mrówki, świadczą o wielkiej roli gleby w życiu zwierząt. Bowiem pierwszy lepszy teren uprawny, pole lub łąka a także las zdradzają bogactwo życia związanego z podłożem, choć na pozór tego nie widać. Znajdujemy tam obfitość owadów, głównie ich larw, a liczne z nich jak: pędraki chrabąszczów, drutowce sprężyków, pewne gąsienice, rozmaite mszyce i czerwce odżywiające się korzeniami i so-

kami roślin etc., należą do znanych szkodników gatunków uprawnych. Stosunek owadów glebowych do otoczenia, jak to słusznie podkreśla ich znawca Anglik Bucle, jest tematem szczególnie nęcącym, ponieważ zajmuje nie tylko ekologa, ale także i agronoma oraz stosowanego entomologa. Jeżeli uświadomimy sobie, że być może 95% owadów przepędza pewien okres życia w ziemi, zrozumimy rolę ekologiczną i ekonomiczną zagadnienia.

Z glebą związane są także dobrze wszystkim znane dżdżownice (Rys. 34), robaki — pierścienice kształtem i życiem przystosowane do borowania ziemi. Ich rola w życiu gleby jest bodaj większą jeszcze niż owadów. W żyznej ziemi liczba sięgać może 133.000 okazów na hektar, co czyni w przybliżeniu 400 kg na wagę. Ryjąc podziemne chodniki, dokąd znoszą butwiejące szczątki roślinne, które razem z ziemią przepuszczają przez swój przewód pokarmowy, przyczyniają się tym samym do spulchniania i użyźniania gleby. Są wielkim czynnikiem glebotwórczym, na co pierwszy Darwin zwrócił był uwagę. Według prof. Bassalika przerabiają dżdżownice w lesie bukowym w okresie wegetacyjnym roku okrągło 720 kg liści na 1 hektar, co odpowiada $^1/_6$—$^1/_7$ całkowitej ściółki leśnej.

Rys. 34. Dżdżownice i ich działalność w glebie. Według R. Francégo

Entomolog angielski Imms ujął w bardzo instruktywny schemat stosunek tej drobnej fauny bezkręgowców ziemnych (z wyłączeniem pierwotniaków) do obiegu azotu. Wskazał na dużą rolę, jaką ona odgrywa, wprowadzając

swym życiem kilka ogniw pośrednich między białko roślinne (którym pierwotnie się odżywia) a amoniak, powstały w następstwie działalności bakteryj, redukujących szczątki zwierząt i roślin.

Ponieważ drobną tą fauną z glebą łączą związki najrozmaitsze, wskazanym jest przeprowadzenie wśród niej pewnej ekologicznej klasyfikacji.

Przede wszystkim trzeba wyróżnić formy, jak dżdżownice lub turkuć podjadek *stale* bytujące pod ziemią, całością życia z głębą związane, w niej znajdujące pokarm i rozradzające się. Na nie wpływ życia podziemnego najwyraźniej się zaznaczył jak na krecie wśród kręgowców, również stałym mieszkańcu ziemi.

Drugą szczególnie liczną kategorię tworzą formy spędzające w glebie tylko *pewien okres życia,* najczęściej związane jakimś stadium rozwojowym. Należy tu mnóstwo owadów zapoczwarczających się w ziemi, (liczne sówki, zmierzchnice), albo też spotykanych tam jako larwy, wreszcie spędzających tam okres życia tylko w stadium jajeczek, jak koniki polne, pasikoniki lub ślimaki lądowe. Także pewne mszyce, czerwce i filoksery w skomplikowanych swych cyklach rozwojowych mają stadia migrujące do ziemi.

Rys. 35. W podziemnym gnieździe mrówek: przenoszenie mszyc i ich hodowla na korzeniach roślin

Trzecią grupę z glebą wiąże *budowa gniazd,* co widzimy u pewnych os, trzmieli ziemnych, samotnych pszczół i wspo-

mnianych już licznych mrówek. Podobnie jak większość gryzoni budujących swe gniazda w norach, i one zdobywają pokarm przeważnie na powierzchni, ale znamy i takie, które, jak pewne mrówki, prawie że nie opuszczają swych gniazd, żywiąc się wyłącznie słodką wydaliną mszyc, hodowanych na korzeniach roślin. (Rys. 35).

Wreszcie całe mnóstwo zwierząt zimnokrwistych, zwłaszcza owady, *chronią się do ziemi* przed niekorzystnymi warunkami klimatu i pogody, zresztą nie wiążąc się bliżej z glebą ani rozrodem, ani rozwojem, ani zdobywaniem pokarmu.

W każdym więc poszczególnym przypadku należy sprecyzować ekologiczny sens życia podziemnego, związany z różnymi organizacjami i sposobami życia. W taki tylko sposób uzyskujemy niezbędny materiał konkretny do koncepcji ogólnych.

MIKROZESPOŁY GLEBY: EDAFON I PSAMMON

Odrębnym światem żywym gleby jest jej mikrobios — zespoły mikroorganizmów, wpływające na chemiczną przeróbkę gleby, sprzyjające jej dojrzewaniu i ewolucji. Składa się z glonów, okrzemek, grzybów, z pierwotniaków głównie korzenionóżek, z wiciowców, wrotków, mikroskopowych nicieni, nieco większych wazonkowców *(Enchytraeidae)*, niesporczaków, bardzo licznych, kleszczy, roztoczy itd. Jedne z tych form są organizmami samożywnymi, jak glony i okrzemki, inne prowadzą życie saprofagiczne, odżywiając się butwiejącymi szczątkami organizmów, same zaś służąc za pokarm polującym na nie drobnym formom drapieżnym. W małej skali powtarza się tutaj podobne uzależnienie jednych od drugich jak gdzie indziej. Wazonkowce np. są śmiertelnymi wrogami nicieni

(Rys. 37), których rozwój ilościowy kontrolują i regulują. Podobnie regulują rozwój pewnych bakteryj glebowych i okrzemek odżywiające się nimi pierwotniaki. Urozmai-

Rys. 36. Edafon, mikroorganizmy gleby. Od lewej strony z przodu *Ameba terricola*. Za nią leży pusta skorupa *Difflugia urceolaris*. Z prawej strony na drugim planie charakterystyczna bardzo dla gleby korzenionóżka *Trinema acinus*, wysysająca okrzemkę. Według R. Francégo

Rys. 37. Nicień mikroskopowy *Aphanolaimus attentus*, bardzo pospolity w glebie wilgotnej. Według R. Francégo.

cone te zespoły gleby nazwano *edafonem*. Wszystko przemawia za tym, że odgrywa on zasadniczą rolę w ewolucji gleby, choć trzeba zaznaczyć, że nie jest jeszcze dziś tak dokładnie poznany jak na to zasługuje.

Gdy mowa o mikrozespołach gleby, należy wspomnieć i o ciekawym, intensywnie w ostatnich czasach i u nas badanym, *psammonie*. Mianem tym określa się drobne organizmy żyjące w wilgotnych, niekiedy przesyconych wodą piaskach przybrzeżnych, zalegających jednak już ponad granicą wody. Psammon jest szczególnie ciekawy z tego względu, że służyć może za ilustrację urozmaiconego drobnego życia w siedlisku, które do niedawna uchodziło za całkowicie jałowe i pozbawione życia.

Ściśle mówiąc są to zespoły zasiedlające wodę kapilarną, wypełniającą przestrzenie między ziarenkami piasku, ale przez ich lokalizacje w piaskach wiążą się z mikrozespołami gleby, które w miejscach zwłaszcza bardziej wilgotnych utworzone są w przeważnym stopniu z form wodnych. Środowisko składa się z ziarnek piasku, z zalegającej między nimi wody, a także z powietrza, w mniejszej lub większej ilości dołączającego się w związku z odległością od zbiornika wodnego i stopnia wysuszania siedliska.

Wilgotne piachy przybrzeżne są siedliskiem zupełnie swoistym. Wiszniewski dał nam jego dokładny obraz z piachów plaży jeziora Wigierskiego. Jest ono bardzo ciasne, utworzone jak gdyby z miniaturowych, połączonych z sobą kanalików, mikroakwariów, gdzie swobodnie poruszać się mogą tylko bardzo drobne organizmy. Gros tworzą glony, pierwotniaki i wrotki, dodatkową rolę spełniają nicienie, niesporczaki, brzuchorzęski, wirki, larwy owadów etc. Woda tych piachów pochodzi z jeziora, ale zarówno pod względem chemicznych przymieszek jak i fizycznych właściwości różni się znacznie od jeziornej. Duże ilości butwiejących szczątków stale na plażę wyrzucane i przesączające się w piasek, wzbogacają to środowisko w materie organiczne, wiążące znaczne ilości tlenu tak że w zasadzie pierwiastka tego w stanie wolnym jest mniej niż w wodach jeziora (zaledwie około 20% nasycenia). Wystawiona na parowanie woda tych piachów zawiera za to więcej soli mineralnych, stając się częstokroć o 100% bardziej twardą niż jeziorna. Także i termika znacznie odbiega od jeziornej. Z jednej strony duża insolacja w dni słoneczne, z drugiej ochładzanie się zwłaszcza nocą i w czasie pochmurnej pogody, spowodowane parowaniem, wywołują większe niż w wodach jeziornych oscylacje termiczne. Słowem zdawałoby się, że środowisko

piasków wilgotnych jest raczej niekorzystne dla życia. A jednak ma ono urozmaiconą i obfitą faunę. W pięciu cm^3 takiego piasku Wiszniewski znajdował do 3470 Egzemplarzy samych tylko wrotków! Na 83 gat. wrotków stwierdzonych w psammonie Wigier 17 tworzą psammobionty, tylko tutaj żyjące, 19 — psammofile, przeważnie tu spotykane, 47—psammokseny, właściwe raczej innym siedliskom.

Jeżeli psammon, zamieszkujący tak pozornie jałowe podłoże jak wilgotny piasek, miejscami okazuje się bogatym i urozmaiconym, to cóż można powiedzieć o mikrozespołach gleb żyznych, gdzie intensywnie dokonują się procesy butwienia, wywołane przecież przez mikroorganizmy.

Rys. 38. Wrotek psammonowy: *Wigrella depressa* Wiszn. Według Wiszniewskiego

WPŁYW CZYNNIKÓW TERENOWYCH

Z ekologicznego punktu widzenia badanie wpływów podłoża na zwierzęta wymaga szczegółowej analizy. Gleba jest utworem złożonym, kompleksem zjawisk zarówno fizycznych jak i chemicznych, ulega procesom dojrzewania i ewolucji. Czynniki te należy rozpatrywać oddzielnie. Także ukształtowanie powierzchni oraz ekspozycja siedlisk, przez niektórych wydzielane w odrębną grupę czynników terenowych, mniej lub więcej ściśle łączą się z szeroko rozumianym podłożem.

Wyniesienie powierzchni nad poziom morza, wynikające z rzeźby terenu, ujawnia się w istnieniu gór, pagórków i nizin. Czynnik ten bardzo wyraźnie zaznacza się w odniesieniu do świata zwierzęcego, ale wpływ jego jest skomplikowany i trudny do sprecyzowania, bowiem splata się ściśle z zespołem innych czynników, z podłożem

fizycznym, temperaturą, ciśnieniem, promieniowaniem, szatą roślinną etc. — odrębnymi w górach niż na nizinach.

Nie ulega jednak wątpliwości, że istnieją zwierzęta ściśle *górskie*, zarówno w strefie alpejskiej czyli wysokogórskiej, obejmującej w Karpatach krainę turni, hal i ko-

Rys. 39. Bardzo charakterystyczne dla gór motyle z rodzaju góralka *(Erebia)*: u dołu *E. glacialis*, z lewej strony *E. gorge*, u góry *E. lappona*. Według Hellmicha

sówki, jak i w strefie podalpejskiej, której w naszych górach odpowiadają regle czyli lasy górskie. Tak więc z ssaków do fauny wysokogórskiej należą: kozica i świstak, ryjówka alpejska, nornik alpejski oraz całe mnóstwo ślimaków i owadów: np. motyle z rodzaju Erebia (Rys. 39) liczne chrząszcze biegacze i ryjkowce. W dolnych piętrach leśnych do typowych gatunków górskich zaliczyć można pliszkę górską, salamandrę, pomrowia błękitnego.

Z wodnych zwierząt górskich można wspomnieć o pstrągu, pluszczu, wypławku alpejskim, o licznych larwach jętek i widelnic, przywiązanych swym życiem do wartkich górskich potoków. Niektóre z tych gatunków występują także i poza rejonami górskimi, np. na dalekiej północy lub w rejonach bliższych nie mających jednak specjalnych cech górskich, co z geograficznego punktu widzenia znajduje wyjaśnienie w historycznym czynniku *(relikty lodowcowe)*, zaś z ekologicznego nakazuje rozszerzenie pojęcia stenobiotyzmu czyli wąskich granic życiowych, pewnych form w stosunku do wyniesienia i każe widzieć w tych przypadkach raczej uzależnienie od szczególnych warunków klimatycznych (np. niskiej temperatury), realizujących się zarówno na terenach wyniosłych jak i gdzie indziej. Niekiedy znów o życiu górskim zwierząt decydują pewne siedliska roślinne, lub potrzeba uchylania się przed wrogami i nadmierną konkurencją życia etc. W każdym razie, niezależnie od istnienia takich form jak wypławek alpejski lub dzięcioł trójpalczasty, które można uważać jako arktyczno-górskie, znane są liczne i niewątpliwe stenobionty górskie, o których wzmiankowaliśmy, a którym przeciwstawić można formy ściśle trzymające się terenów równych, jak chociażby spośród ptaków — skowronki.

EKSPOZYCJA SIEDLISK

W pagórkowatych terenach ważnym czynnikiem siedliskowym jest ekspozycja stoku, zorientowanie w stosunku do stron świata, pociągające za sobą różne warunki usłonecznienia, termiki i wilgotności a tym samym i szaty roślinnej, nieraz na bardzo bliskich od siebie odległościach. Mikroklimatycznie takie miejsca różnią się znacznie od siebie, choć leżą w strefie jednego makroklimatu. Zwłaszcza eksponowane na słońce wapienne lub gipsowe

ścianki i odkrywki są z reguły ostoją dla form kserotermicznych i południowych, najczęściej kiedy znajdują się w miejscach wysuniętych nieco ku północy, poza normalny zasięg geograficzny tych form. Dla gatunków stepowych są także odkrywki prawdziwymi oazami, wkraczającymi w inne strefy ekologiczne. Znane są one dobrze każdemu kolekcjoniście i badaczowi w terenie jako zespoły form „rzadkich" skądinąd, na tych jednak miejscach niekiedy bardzo pospolitych. U nas takie liczne usłonecznione i ciepłe skałki i odkrywki spotykamy na każdym kroku w Pieninach oraz w jarze Dniestru. Kuntze niedawno zbadał faunę entomologiczną ciepłej gipsowej ścianki Wołczynieckiej pod Stanisławowem i znalazł tam około 40 gatunków, których większość tworzyła kserotermiczne formy podolskie i stepowe.

Z własnych obserwacyj nad Wigrami przypominam sobie bardzo dokładnie, że pomimo surowego na ogół i północnego charakteru terenów nadjeziornych, ciepłolubne formy lądowe znaleźć było można, ale tylko na wyniosłych bezleśnych usypiskach morenowych silnie eksponowanych na słońce. Spotykałem tam jaszczurkę zwinkę, dużego pająka pogońca *Dolomedes fimbriatus*, zwanego „tarantulą" krajową, który wczesną wiosną czatował na zdobycz w dołkach wydrążonych w ziemi, zwróconych zawsze ku słońcu, osy grzebacze z rodzajów *Ammophila* i *Philantus*, a spod nóg wyskakiwały koniki polne o błękitnych skrzydłach — *Oedipoda coerulescens*. Była to więc prawdziwa oaza albo wyspa życia zwierzęcego, charakteryzująca siedlisko suche, ciepłe i usłonecznione, zagubiona pośród surowych i zimnych na ogół terenów Suwalszczyzny. Ekspozycja miejsca decydowała o składzie tej fauny ciepłolubnej.

FIZYCZNA STRUKTURA GLEBY

Spośród czynników podłoża w ogromnym stopniu wpływa na zwierzęta jego fizyczna struktura. Skała, piasek lub glina są to przecież podłoża stwarzające zasadniczo różne warunki dla zamieszkujących je organizmów, zwłaszcza w odniesieniu do lokomocji i czynników mikroklimatycznych, nadto pośrednio wpływają na świat zwierzęcy przez szatę roślinną. W przeciwieństwie do skałotoczy morskich, ląd, ściśle mówiąc, nie wytworzył zwierząt borujących skały, ale za to całe mnóstwo z nich przywiązane jest tu do skały, jako podłoża, na którym bytują. Są to tzw. *petrofile,* gatunki skalne, liczne na ciepłych wapiennych podłożach (ślimaki), rzadsze na zimnych granitowych (pewne skoczogonki i przerzutki Machilidae). Znane są także ssaki naskalne, np. pawiany, magoty i *Hyrax.* Z ptaków jeżyki, niektóre jaskółki, pomurnik, trzymają się miejsc skalistych, gdzie też budują swe gniazda. Dziki przodek naszych gołębi domowych, *Columba livia,* normalnie żyje tylko wśród skalistych obszarów rejonu śródziemnomorskiego.

Psammofile albo gatunki piaskowe są bardzo liczne głównie na terenach pustynnych. Sypki, suchy, utworzony z usuwających się ziarnek piasek wymaga najczęściej szczególnych adaptacyj lokomocyjnych, kształtując typ ekologiczny zwierzęcia, co można obserwować zwłaszcza u gadów. W rozmaitych okolicach ziemi, w związku z życiem na sypkim podłożu wytworzyły one formy o długich bardzo palcach obramowanych niby grzebyczkami rogowymi, będącymi zmodyfikowanymi i silnie wydłużonymi łuskami. Takie łapki w znacznym stopniu ułatwiają szybki bieg po piasku. W związku z życiem na podłożu piaszczystym doznała przemian adaptacyjnych noga skoczków pustynnych, zaopatrzona jakby w pędzelek

włosów, ułatwiających zwierzątku oparcie się o sypki, ruchomy piasek — przystosowanie niezbędne przy dalekich skokach. U chrząszczy poruszających się po piasku dostrzegamy długie szczecinki obramowujące poszczególne człony stopy, wydatnie zwiększające powierzchnię oparcia o usuwające się podłoże.

Rys. 40. Przystosowania nóg do poruszania się po piasku: a - skoczka Dipus; b - jaszczurki Phrynocepalus; c - chrząszcza pustynnego

Rys. 41. Mrówkolew — owad siatkoskrzydły, typowy dla terenów piaszczystych, gdzie larwa jego, ukryta w lejku piaszczystym, poluje na mrówki

Z piaskiem związane jest u nas życie licznych pająków owadów i ich larw, u których z pewnością niemniej ciekawe można znaleźć przystosowania. Znamy powszechnie lejki, na dnie których zagrzebane w piasku larwy mrówkolwów czatują na przechodzące w pobliżu mrówki (rys. 41). Tak samo larwy tryszczy (*Cicindella)* trzymają się prze-

ważnie gleb piaszczystych, prowadząc życie drapieżne podobnie jak larwy mrówkolwów. Pędraki wielkiego w białe plamy nakrapianego chrząszcza wałkarza lipczyka *(Polyphylla fullo)* podgryzają korzenie tylko roślin piaskowych.

Trzeci typ podłoża, *glina* albo less, wyróżnia się bardzo drobną ziarnistością i spoistością, utrudniającą wprawdzie

Rys. 42. Gniazda jaskółki brzegówki w warstwach gliny na urwistym brzegu rzeki

rycie, ale za to gwarantującą trwałość wykopanym norom. Toteż osy i pszczoły samotne często budują gniazda w pionowych ściankach gliniastych. Z ptaków osiedlają się w podobnych terenach żołny, zimorodki, jaskółki brzegówki (rys. 42), nieraz koloniami całymi dziurawiąc brzegi jarów i rzek. Z fizyczną strukturą gleby, z czarnoziemem w szczególności, łączy się także niezwykła obfitość gryzoni o życiu podziemnym, gdzie znajdują nie tylko obfity pokarm roślinny, ale także nadającą się do budowy nor glebę spoistą.

Mniej zrozumiały wydaje się wpływ, jaki charakter i wiek *geologiczny* podłoża wywiera na zwierzęta. Badanie rozsiedlenia gadów i płazów półwyspu Iberyjskiego wykazało, że największa ilość gatunków trzyma się czerwonego piaskowca; poczem dla płazów stopniowo malejąca liczba gatunków występuje na następującym szeregu formacyj geologicznych: granit, trzeciorzęd, paleozoicum. Dla gadów szereg w zasadzie jest podobny z tą tylko różnicą, że drugie miejsce zajmuje nie trzeciorzęd, lecz wapień mezozoiczny. Czy w tych przypadkach, gdzie daje się zauważyć pewien związek rozsiedlenia zwierząt z podłożem określonego wieku geologicznego, nie należało by doszukiwać się czynników historycznych, mianowicie przetrwania pewnych typów na terenach wywodzących się z okresów ich powstania, czy też raczej mamy tu do czynienia z kompleksem warunków aktualnych, realizujących się na tych terenach a koniecznych zamieszkującym te miejsca zwierzętom? Tylko przyszłe badania mogą udzielić odpowiedzi na te ciekawe pytania.

SKŁAD CHEMICZNY PODŁOŻA

Prawie bez znaczenia w stosunku do zwierząt morskich, skład chemiczny podłoża na lądzie odgrywa rolę pierwszorzędnej wagi, oczywiście w odniesieniu do gatunków przywiązanych do gleby. Na zimnym granitowym podłożu fauna jest na ogół uboga, podczas gdy roi się od niej na ciepłych *wapiennych* gruntach. Zwłaszcza ślimaki masowo tu występują. *Helix obvia* na przykład jest gatunkiem przewodnim dla gleb wapiennych typu rędzin. Wapień konieczny ślimakom do budowy skorup czerpią nie tylko poprzez rośliny, którymi się żywią, ale bezpośrednio. Górskie i podgórskie krainy wapienne są prawdziwym rajem ślimaków lądowych, jak to widzimy na przykładzie

klasycznej jury szwajcarskiej, a u nas — krakowskiej. Kiedy po zapoznaniu się z niezwykle bogatą fauną ślimaków Ojcowa[1]), który z Błędowskim nazwaliśmy „rajem mięczaków polskich" udaliśmy się na poszukiwania malakologiczne w góry Świętokrzyskie, jakże byliśmy zdumieni nie znalazłszy tam ślimaków oprócz zaledwie kilku wszędobylskich gatunków, przywiązanych do gruntów humusowych. Na szczytach Łysicy i Łysej Góry, na osławionych gołoborzach i rumowiskach skał nie spotkaliśmy, dosłownie, żadnego z tak charakterystycznych i licznych ślimaków ojcowskich. Nie góry jako takie decydowały więc o ich występowaniu w Ojcowie, lecz przede wszystkim podłoże wapienne, stwarzające najwidoczniej cały kompleks korzystnych dla nich warunków, którego brak uderzał w paleozoicznym grzbiecie Świętokrzyskim. W analizie ekologicznej należy zatem odróżniać formy górskie od form zależnych od podłoża.

Niemniej wybierający wpływ na faunę wywierają kwaśne grunta *humusowe*, powstające w związku z butwieniem szczątków organicznych i słabą aeracją podłoża. Reakcja gleby na jony wodorowe zdaje się tutaj odgrywać rolę decydującą zarówno bezpośrednią na zwierzęta jak i pośrednią przez mikroorganizmy gleby. Czułe są zwłaszcza dżdżownice, nie przekraczające w zasadzie gleb o reakcji 5,6 do 8,3, z maksimum występowania w podłożu słabo alkalicznym (pH 7,2). Stąd nieliczne w glebach leśnych i torfowych. Najbardziej jednak wrażliwe okazują się mikroorganizmy, pierwotniaki, okrzemki, nicienie etc., tworząc prawdziwe „wskaźniki" gleby, co oczywiście wypływa z tej wielkiej roli jaką odgrywają w jej ewolucji chemicznej, dojrzewaniu i zmianach.

---

[1]) Mięczaki Ojcowa, Spr. T. N., W., Warszawa 1913.

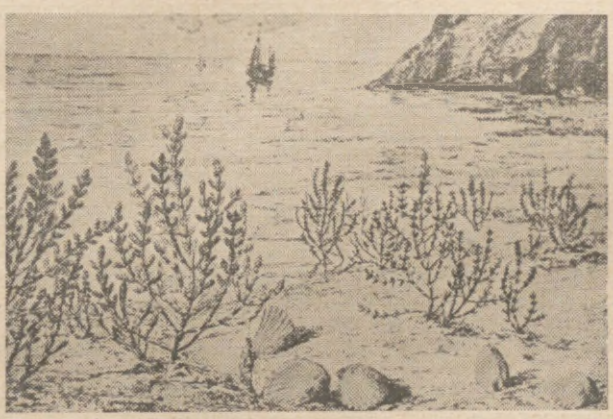
Cały szereg zwierząt, podobnie jak i roślin, zjawia się tylko na gruntach *słonych* śródlądowych albo na brzegu morza. Są to tzw. halofile. Charakterystyczne są zwłaszcza chrząszcze z rodziny biegaczy *(Carabidae)* i kusakowtych *(Staphylinidae)*, także i u nas opisywane z Ciechocinka i Buska. Na brzegu morza takich miejsc słonych trzymają się pewne pluskwiaki z rodzaju *Salda* i liczne kleszcze, pająki, skorupiaki, jak np. osławiona *Ligia oceanica*, chyża stonoga wszędzie biegająca po opryskiwanych falami skałach nadbrzeżnych Atlantyku.

W pustynnych okolicach zasięg występowania wielu gatunków zwierzęcych ściśle pokrywa się z zasięgiem roślin słonoroślowych, agulu *(Alhagi camelorum)*, saksaułu *(Haloxylon ammodendron)* etc. Podobno na najbardziej żyznych łąkach wielbłądy chudną, o ile nie dostaną swych normalnych, gorzkich i kolczastych słonorośli. Nie ma wielbłądów w górach i na wyżynach pustynnych, gdzie brak słonorośli i gruntów słonych. Próby aklimatyzacji wielbłąda udają się tylko w takich miejscach, np. w Australii, gdzie znajduje on nie tylko odpowiednie warunki klimatyczne czyli środowisko kserotermiczne, a więc suche i ciepłe, ale gdzie także znajduje mniej lub więcej zbliżony do naturalnego pokarm, składający się w znacznym stopniu z roślin słonoroślowych, powszechnych w większości typowych obszarów pustynnych.

W pewnych razach można by wnosić o bezpośredniej potrzebie słonego podłoża dla zwierząt, zwłaszcza dla tych, które, jak kaczka ohar *(Tadorna tadorna)*, być może pewne biegacze z rodzaju *Nebria* oraz poprzednio wspomniane formy z rodziny kusakowatych spotkać można w bezpośrednim sąsiedztwie morza. Odnośnie innych halofilów nie wiemy z pewnością, co decyduje o ich przy-

wiązaniu do terenów słonych. Łatwiej było ustalić łączność pośrednią, poprzez rośliny słonoroślowe, np. u wielbłąda lub u wielu drobnych owadów żyjących na nadmorskich słonoroślach.

W przeciwieństwie do roślin, niekiedy całkowicie zmodyfikowanych w kształcie i pokroju w związku z życiem na słonych glebach, a ilustracją których jest znany soli-



Rys. 43. Solirodek *(Salicornia)* roślinka słonoroślowa, pozbawiona liści, o spęczniałych pędach jak u kserofita

rodek *(Salicornia)*, pozbawiony liści, o spęczniałych typowych niby dla kserofita pędach, zwierzęta halofilowe nie wyróżniają się jakąś szczególną zmianą wyglądu, którą można by uzależnić od życia na gruntach słonych względnie na słonoroślach. Cechują je raczej obyczaje i pozytywne na wpływy zasolenia reakcje fizjologiczne, nieraz sprowadzić się dające po prostu do zjawisk osmotycznych lub jak u *Dipodomys* do nadmiernego wydzielania tłuszczu jako reakcji obronnej. Czułym wskaźnikiem ekologicznym słonawego charakteru podłoża są przede wszystkim rośliny słonorośla, jako z miejscem związane;

tam też należy szukać halofilów zwierzęcych. Jest to praktyczny sposób terenowy, łatwiejszy od bardziej żmudnego stwierdzenia soli w podłożu na drodze chemicznej.

ROLA WODY I POWIETRZA W GLEBIE

W odniesieniu do roślin rola *wody* w glebie jest tak zasadnicza, że główne ich typy ekologiczne oparte są w znacznym stopniu na tym czynniku podstawowym, zarówno dla życia poszczególnej rośliny jak i dla bytu całych zespołów. Oczywiście czynnik ten ściśle wiąże się z wilgotnością powietrza, a to dlatego, że gospodarka wodna organizmu roślinnego zależy od ustosunkowania się wzajemnego absorpcji i transpiracji. Rola absorpcji sprowadza się do wyzyskiwania wody z gleby. Zaś przeciwstawna jej siła transpiracji ściśle zależy od zawartości pary wodnej w powietrzu czyli od czynnika klimatycznego. Obie te funkcje roślinne normalnie znajdują się w równowadze.

Warming w swej klasycznej kologicznej geografii roślin pierwszy zwrócił uwagę na wielką rolę wody w siedliskowym życiu roślin i na tej podstawie podzielił roślinność na zasadnicze typy ekologiczne: *Hydrofity*, roślinność wodną oraz lądową żyjącą na gruntach bardzo wilgotnych, o zawartości wody przenoszącej 80%; *Mezofity*, przystosowne do średniej wilgotności powietrza i gruntu; wreszcie *Kserofity*, przez znaczną część roku przebywające w środowisku bardzo suchym, gdzie zawartość wody gruntowej spadać może do 10%. Typy te charakteryzuje najczęściej określony wygląd, a ich zespoły nadają odrębną fizjognomię krajobrazową całości.

W stosunku do ruchliwych zwierząt czynnik wody glebowej nie odgrywa oczywiście takiej zasadniczej roli jak w odniesieniu do przytwierdzonych do podłoża roślin,

odżywiających się nadto roztworami wodnymi soli pokarmowych pobieranymi z gleby; nie wpływa na ukształtowanie się typu ekologicznego w takim stopniu jak na roślinność, ale także jest ważny, pierwszorzędnej doniosłości, działając pośrednio przez florę i bezpośrednio.

Woda przesącza się do gleby z opadów atmosferycznych na zasadzie prawa ciążenia, dzięki właściwościom higroskopijnym gleby, a także w następstwie podejścia od dołu wody gruntowej. Zasadniczo na zwierzęta największy wpływ wywiera woda *grawitacyjna* i *kapilarna*. Pierwsza powoduje często niszczące działanie głównie na owady w okresie ich zimowania i rozwoju larwalnego. Na tej zasadzie stosuje się niekiedy w rolnictwie system sterylizacji gleb przez ich zatapianie. Obfite deszcze jesienne i kapryśne zimy, nie tyle mroźne, ile z częstymi odwilżami i opadami, sieją prawdziwe spustoszenie w świecie owadów gleby. Większość ich ginie wtedy na skutek zaduszenia się lub w następstwie stoczenia przez grzyby pasożytne. Zalegają wtedy wśród liści i ściółki prawdziwe ich hekatomby. Woda kapilarna mniej lub więcej ściśle związana z glębą przeciwnie jest czynnikiem korzystnym dla większości mieszkańców ziemi, nie naraża ich na „powódź", gwarantując za to niezbędną do życia wilgotność.

Ważną także rolę odgrywa zawartość *powietrza* w glebie, jej aeracja. Czynnik ten może jednak wpływać na zwierzęta przeciwnie niż wilgotność, interferując z wodą. Gdy bowiem większość zwierząt gleby trzyma się warstw powierzchniowych, gdzie znajduje korzystniejsze warunki oddychania, wysychająca od powierzchni gleba zmusza je niejednokrotnie posuwać się w głąb za niezbędną wilgocią, co znów stawia je w trudne warunki oddychania. Zarówno więc nadmiar wody jak z drugiej strony niedostateczna aeracja gleby mogą być czynnikami ograniczającymi faunę, selekcjonującymi skład zespołów ziemnych.

TEMPERATURA GLEBY

Cieplne warunki gleby zależą od promieniowania słonecznego, przewodnictwa i natury samej gleby, procesów chemicznych w niej przebiegających, parowania, ekspozycji miejsca etc. W stosunku do temperatury powietrza temperatura gleby różni się dosyć znacznie, przy czym należy podkreślić duże, na ogół większe niż w powietrzu, jej oscylacje zwłaszcza w rejonach otwartych, sięgające największych wartości na lądzie.

W ciepłe, nasłonecznione dni letnie różnica może dochodzić kilkunastu stopni na korzyść temperatury gleby, co odczuwają przede wszystkim zwierzęta stepowe i pustynne. Wspominaliśmy już przy omawianiu temperatury, w rozdziale o klimacie, że niektóre jaszczurki pustynne w najgorętsze godziny dnia wchodzą na krzaki saksaułu, gdzie mają temperaturę o jakieś dwadzieścia stopni niższą niż na rozprażonym piasku. W nocy jest odwrotnie, czyli gleba jest zimniejsza od powietrza. W noce pochmurne i wilgotne różnicy prawie że nie ma.

W zimie temperatura gleby jest przeciętnie wyższa od temperatury powietrza, ponieważ ziemia bardziej pochłania ciepło, co z ekologicznego punktu widzenia jest ważne, bo umożliwia licznym owadom chronienie się do ziemi na okres zimy, przepędzanie w takim czy innym stadium rozwojowym najsurowszej pory roku. W miarę głębokości oscylacje termiki maleją stopniowo i opóźniają się coraz to bardziej w stosunku do zmian odpowiednich w powietrzu, ale tylko do pewnej głębokości, maksymalnie do 25 m, gdzie ustają już wszelkie zmiany nawet roczne i panuje tam mniej lub więcej stała temperatura zbliżona do średniej dla danej miejscowości. Jeszcze głębiej następuje powolny wzrost temperatury, który już nie ma większego znaczenia w ekologii, uwzględniając cienką na ogół warstwę życia zasiedlającego glebę.

W krajach umiarkowanych spotykamy się z ciekawym zjawiskiem dwukrotnego w ciągu roku całkowitego odwracania się temperatury, wiosną — w marcu i jesienią — w październiku, podobnie jak w wodach śródlądowych naszych szerokości. Ze zjawiskiem tym wiążą się sezonowe wędrówki pionowe pewnych larw owadów (np. pędraków chrabąszcza, larw Scitalia etc.), podchodzenia ich z wiosną w warstwy górne, orne, a jesienią opuszczania się w głębsze podglebie.

W krajach polarnych, poczynając już od formacji tundry północnej, ziemia wierzchnia jest całkowicie przemarzła, co w znacznym stopniu uniemożliwia bytującym tam ssakom zapadanie w sen zimowy (wędrówki lemingów i innych zwierząt, aktywne życie stałych mieszkańców tundry). Latem odmarza tylko cienka stosunkowo warstwa wierzchnia, nie sięgająca zazwyczaj nawet 1 m.

Dużą rolę na stosunki termiczne gleby wywiera szata roślinna i pokrywa śniegowa, obie utrudniające względnie osłabiające przemarzanie gleby. Ciekawe są obserwacje nad gąsienicami znanego szkodnika roślin uprawnych — sówki rolnicy *(Agrotis segetum)*, przeprowadzone w Rosji

Rys. 44.
Gąsienica sówki rolnicy w postaci zimowej. Według Strawińskiego

przez Saharowa. Ustalił on, że dla gąsienic, które przyszykowały się do zimowania w ziemi, krytycznymi temperaturami dolnymi są —8 do —11°, dla nieprzygotowanych takimi są już ciepłoty od —5,7. Rozmaity stopień wytrzymałości poszczególnych osobników zależy w szczególności od ilości wody i tłuszczów zawartych w ciele. Otóż w rejonach o dużych zimą opadach śniegowych szkodnik ten jest najgroźniejszy, bowiem pokrywa śnie-

gowa chroni glebę wraz z zimującymi w niej gąsienicami przed nadmiernym zmarznięciem. Przeciwnie na stepach o małym pokryciu śniegu szkodnik prawie że nie występuje z powodu znacznego przemarzania gleby.

W stosunkach termicznych gleby odgrywa także rolę jej natura chemiczna. Najłatwiej nagrzewają się i przewodzą ciepło piaski, najtrudniej torfy. Pośrednie miejsce zajmują gleby wapienne i gliniaste. Wspominaliśmy już przy ekspozycji siedlisk, że gleby wapienne zwłaszcza porowate, gromadzące w sobie dużo powietrza należą do gleb ciepłych, które też z tej racji na terenach północnych i zimnych spełniają rolę ostoi, siedlisk skupiających ciepłolubne gatunki.

Oprócz natury samej gleby i makroklimatu na warunki termiczne podłoża wywiera znaczny wpływ ekspozycja miejsca i związany z tym mikroklimat. Na ogół eksponowane na południe i silnie usłonecznione odkrywki w terenach górzystych znacznie się różnią od miejsc pobliskich lecz zwróconych ku północy, ujawniają najczęściej inny zupełnie skład florystyczny i odrębne zespoły zwierzęce, naturalnie złożone z bardziej ciepłolubnych gatunków, podobnie jak „oazy" gleb wapiennych.

ŻYCIE ZIEMNE A TYP EKOLOGICZNY ZWIERZĘCIA

Obiciem sposobu życia jest pokrój i wygląd zwierzęcia, jego typ przystosowawczy wywołany w pierwszym stopniu przez lokomocję w określonych warunkach środowiska. Pod tym względem życie ziemne nakłada szczególne piętno na zwierzęta. Wzorcem ekologicznym bezkręgowców ryjących są dżdżownice (rys. 45), powszechnie znane pierścienice borujące podziemne chodniki w glebie, którą spulchniają, wietrzą i użyźniają. W ich lokomocji główną rolę spełnia muskulatura ciała, utworzona z pierścienio-

watych i podłużnych mięśni oraz szczecinki, umożliwiające robakowi rozpieranie się w ściankach korytarzy. Falowanie przebiegające przez ciało, spowodowane skurczem mięśni przebiega od tyłu do przodu zwierzęcia, co

Rys. 45. Dżdżownica, typ ekologiczny robaka, przystosowany do rycia w ziemi

szczególnie ułatwia rycie. Wśród urozmaiconej mikrofauny gleby ryjące życie prowadzą i odpowiedni robakowaty typ ciała mają nicienie oraz nieco większe od nich wazonkowce.

Z kręgowców podobny typ *„dżdżownicowaty"* nabyły płazy beznogie, cecylie, jaszczurkowate gady *Amphisbaenidae*, a do rycia zastosowały go ślepe węże z rodzaju *Typhlops* — wszystkie zamieszkujące gorące okolice globu. Robakowaty, pozbawiony kończyn typ ciała tych kręgowców jest niewątpliwie wtórnym nabytkiem, w związku z podziemnym życiem jaki prowadzą, bowiem wszystkie inne pierwotne gady i płazy posiadają kończyny. Cechami konwergencyjnymi beznogich form ryjących są: znaczne wydłużenie ciała, silna muskulatura tułowia, który spełnia rolę motoru, wreszcie częściowa lub całkowita redukcja oczów, organów najczęściej niepotrzebnych formom o obyczajach podziemnych.

Większą jeszcze rozmaitość typów dostrzegamy u zwierząt ryjących i grzebiących z pomocą kończyn, nie tylko dlatego, że należą one do różnych grup organizacyjnych, ale i z racji tego, że grzebią w ziemi w najrozmaitszy sposób. Szczególnym zmianom organizacyjnym ulegają kończyny, jako bezpośrednie organy lokomocji, choć na zasadzie korelacji zmienia się w związku z tym cały

kształt zwierzęcia, przybierając formę mniej lub więcej zwięzłą, spoistą, ku przodowi stożkowo wydłużoną, najskuteczniej przepychaną z pomocą kończyn w środowisku stwarzającym duży opór.

Klasyczne typy zwierząt grzebiących przedstawiają turkuć i kret: uosabiają one dwie bardzo odrębne grupy organizmów, owada i ssaka, które jednak, w następstwie podobnego bardzo wyspecjalizowanego sposobu życia, przekształciły się w formy pokrojem ogólnym do siebie zbliżone. Turkuć — pokrewny świerszczom w związku z podziemnym życiem ryjącym zmienił przednie nogi w świetny aparat, silnie rozpychający na boki ziemię. Głowę i przednią część tułowia ma potężną, pokrytą bardzo twardym pancerzem chitynowym. Uległy zmianom także skrzydła, końcami znacznie wyciągnięte ku tyłowi. Ciało wydłużyło się znacznie etc. Słowem kształt owada i jego budowa zmieniły się harmonijnie ze sposobem życia, jaki prowadzi.

Rys. 46.
Typ ekologiczny owada ryjącego pod ziemią: turkuć podjadek

Kret jest uosobieniem ssaka ryjącego, poruszającego się z pomocą szuflowatych kończyn przednich, podobnie jak i u turkucia świetnie na boki odrzucających ziemię, a nadto pomagającego sobie w tej funkcji silną muskulaturą głowy i w ogóle przedniej części ciała. W łączności z organami bezpośrednio pracującymi przy lokomocji podziemnej, zmieniła się cała organizacja i pokrój zwierzęcia, nie wyłączając organów wzrokowych, uwstecznionych do minimum, jako w zasadzie zbędnych.

Typ kreta — ssaka przystosowanego do rycia pod ziemią, rozsiedlony jest dziś na półkuli północnej wszystkich trzech kontynentów: Europy, Azji, Ameryki Północnej, gdzie też niewątpliwie powstał i zróżnicował się na szereg gatunków i ras lokalnych. Ale w innych miejscach globu wytworzyły się także formy podobne, w podobnych żyjące warunkach, choć z materiału już innego. Więc

Rys. 46a. Typ ekologiczny ssaka ryjącego pod ziemią: kret

zielonawe złotokrety południowo-afrykańskie *(Chrysochloris)*, podobnie jak i nasze krety należące do rzędu owadożernych, zbliżone do nich także kształtem ciała i sposobem życia, należą już do innej rodziny. Jeszcze odleglejszym co do pochodzenia jest kret workowaty *(Notoryctes typhlops)*, torbacz maleńki płowo ubarwiony, zamieszkujący środkowe rejony piaszczystych pustyń australijskich. Z kształtu do kreta naszego bardzo jest podobny, ale żyjąc w sypkim podłożu a nie w pulchnej, żyznej ziemi, ma łapki grzebne nieco inne (rys. 47): nie szerokie szuflowate lecz o wąskich palcach, zaopatrzone w rogowe wydłużone płytki, szczególnie nadające się do rozgarniania piasku. Czwartym typem „kreta" jest południowo-amerykański szczerbak pancernik *(Chlamydophorus)*, (rys. 48), pokryty jeszcze, jak jego pobratymcy, rogowym pancerzem, co prawda w części uwstecznionym,

ale całością organizacji i wyglądem zewnętrznym zdradzający najwidoczniej przystosowanie do daleko posuniętego życia podziemnego.

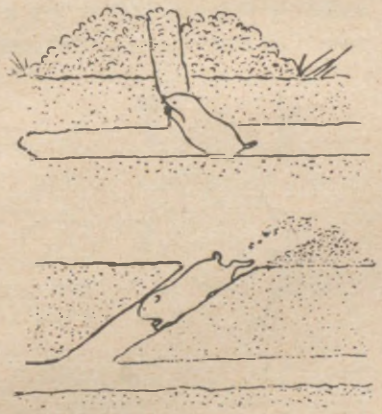
Mnóstwo ciekawych przykładów, ilustrujących rozmaite etapy przystosowania od życia prawie powierzchniowego do całkowicie podziemnego, spotykamy pośród gryzoni. Większość drobnych form prowadzi życie naziemno-podziemne. Nory służą im raczej jako schroniska i miejsca rozrodu, pokarm natomiast zdobywają na powierzchni, jak myszy, susły, chomiki, świstaki lub skoczki pustynne. Niektóre znoszą do nor zapasy ziarn na niekorzystne okresy roku. Inne, jak nornice, związane są w większym stopniu ze środowiskiem podziemnym, także i przez pokarm, bowiem najchętniej podgryzają korzenie roślin. Wyłącznie podziemnym gryzoniem jest ślepiec *(Spalax polonicus)*, który nawet utracił całkowicie oczy, posunąwszy się pod tym względem jeszcze dalej niż kret w przystosowaniu do życia grzebnego w środowisku ciemnym. Jego organem lokomocji, jego motorem, stała się głównie bardzo mocna głowa, którą rozpycha ziemię.

Rys. 47.
Szkielet grzebnej łapy kreta workowatego *(Notoryctes typhlops)*. Według Abla

Rys. 48. *Chlamydophorus*, pancernik południowo-amerykański wzorem kreta żyjący pod ziemią

Porównując ze sobą różne ssaki ryjące można dostrzec wśród nich dwa główne typy ekologiczne. Jedne, wzorem kreta i ślepca, pracują nie tylko łapkami, ale i całym ciałem a także posługują się mocno osadzoną głową przy

poruszaniu się poprzez zwartą glebę. Pozostałe wyrzucają ziemię przeważnie nogami, tworząc przy otworze coś w rodzaju wydmy. Rysunek załączony ilustruje oba te typy ssaków grzebiących. Typ kreci jest niewątpliwie przejawem całkowicie podziemnych obyczajów, podczas



Rys. 49. Dwa sposoby budowania chodników podziemnych przez ssaki: wypychanie ziemi głową (kret); wyrzucanie ziemi nogami, tworzenie pagórka przed otworem wejściowym (gryzonie). Według Formozowa

gdy budowa korytarzy i chodników przez większość gryzoni, przy udziale odnóży wyrzucających do tyłu ziemię, świadczy raczej o mniej wyspecjalizowanym naziemno-podziemnym sposobie życia.

Jeżeli zwrócimy uwagę na owady podziemne, to znajdziemy wśród nich zarówno formy zbliżone do typu robakowatego, ryjącego przy pomocy całego ciała, na przykład wydłużone larwy sprężyków — drutowce, jak również i typy „krecie", reprezentowane przez gnojowce i poświętniki (*Scarabaeus*). O niezwykłej sile grzebnej tych owadów może każdy z łatwością się przekonać, kto weźmie do ręki i usiłuje ścisnąć w zwartej pięści naszego żuka gnojowca „krówkę", obficie latającego nad drogami wiejskimi w zimne wieczory jesienne. Rozpycha on tak mocno odnóżami zaciśnięte palce, że po prostu nie sposób go utrzymać. Ta niezwykła siła mięśni i odpowiednio do

grzebania ukształcone nogi wraz z bardzo mocnym pancerzem chitynowym — to cechy przystosowawcze powstałe w związku z grzebiącym sposobem życia.

Podłoże wywiera wpływ nie tylko na zwierzęta wewnątrz żyjące. Wpływa także na formy *naziemne*, dla których jest podstawą, po której się poruszają, przystosowując swe organy lokomocji. Wszak kopyta konia,

Rys. 50. Poświętnik *(Scarabaeus)* — typ grzebiący chrząszcza o niezwykle twardym pancerzu i silnych nogach rozgarniających ziemię na boki

wielbłąda, łosia lub renifera kształtowały się w związku z lokomocją po rozmaitych podłożach: u konia po suchych stepach, u wielbłąda po piasku, u łosia po grząskich, podmokłych terenach leśnych, u renifera po tundrze. Podłoże zadecydowało o urozmaiconym wyglądzie nóg ptaków, gadów, owadów etc., poruszających się po rozmaitych gruntach. Na tym polega wielka jego rola jako czynnika ewolucji zwierząt naziemnych. Kształtowało ono kończyny, działając przez warunki jakie stwarzało dla poruszającego się po nim zwierzęcia. Nie był to jednak wpływ czynnika izolowanego. Na przykładzie ewolucji koni (Klimat a ewolucja grup zwierzęcych) widzieliśmy, jak przez zmianę siedlisk z leśnych, błotnistych terenów na suche stepowe obszary, splatały się wpływy podłoża z klimatycznymi i biotycznymi w jeden kompleks środowiskowy, nadający kierunek ich ewolucji. Ciekawy rozdział ekologii o typach lokomocji zwierząt jak najściślej się łączy z czynnikami edaficznymi.

MOZAIKOWOŚĆ SIEDLISK

Pośredni wpływ podłoża na zwierzęta zaznacza się przez szatę roślinną, którą kształtuje wespół z czynnikami klimatycznymi. Podczas gdy jednak klimat zadecydował przede wszystkim o wielkich formacjach florystycznych lądów, wpływ gleby na florę jest bardziej lokalny, stwarzając razem z mikroklimatem bardzo wyraźną mozaikowość siedlisk, często nawet na maleńkich odcinkach biosfery.

Elton i Summerhayes badali faunę lądową wyspy Niedźwiedziej, zagubionej wśród Morza Lodowatego Północnego między Nordcapem a Szpicbergiem, znajdującej się całkowicie w zasięgu jednej strefy makroklimatycznej, strefy burz i mgieł arktycznych. Jednak pomimo drobnych bardzo rozmiarów wyspy i ubóstwa na niej życia lądowego, liczącego zaledwie 170 gatunków roślin i 76 gatunków zwierząt, wyróżnili cały szereg drobnych siedlisk i odpowiadających im zespołów życia, na które składają się: skały ptasie, *„fieldmark"*, zespoły traw i ziół, pola mchów, skały i głazy, małe kobierce mchów, tundra, wreszcie zbiorniki wodne. Życie wyraźnie układa się mozaikowo na tej wyspie, podobnie zresztą jak i gdzie indziej, a główną tego przyczyną są lokalne czynniki siedliskowe i podłoże.

Zjawisko to widzimy wszędzie, nade wszystko zaś tam, gdzie zaznaczył się wpływ człowieka na pierwotną przyrodę. I u nas przecież wszędzie dookoła spotykamy niewielkie siedliska, zamieszkałe przez rozmaite zespoły roślinne i zwierzęce, choć całość życia danego rejonu znajduje się w zasięgu jednego makroklimatu, na który składają się przeciętna temperatura, opady, wilgotność powietrza, ciśnienie atmosferyczne, insolacja etc. Na zawsze wryły mi się w pamięć te urozmaicone siedliska życia

w pobliżu Warszawy, gdzie przepędzałem lata młodzieńcze i gdzie kolekcjonując miałem możność po raz pierwszy zapoznać się z bogactwem i rozmaitością życia zwierzęcego, gdzie nawiasem mówiąc, nabyłem też szczególnego jakiegoś sentymentu do ekologii. W rozległym ogrodzie mieliśmy niemal wszystkie środowiska życia jakie stwarza człowiek, a więc ogród owocowy, warzywny, kwiatowy, park, znajdował się tam nawet lasek dębowy. Były także skałki sztuczne z kamieni, gdzie skupiała się fauna podziemna i miejsc ciemnych. W obrębie ogrodu znajdował się także gęsto zarosły stawek z bogactwem życia wodnego. Tuż za ogrodem rozciągały się w jednym kierunku rozległe pola uprawne, w innym jałowe wydmy śródlądowe z charakterystyczną, choć ubogą fauną piaskową, przytykające znów do lasów sosnowych, wrzosowisk i mokradeł torfowych. W odległości dwóch kilometrów od tego terenu przepływała Wisła z osobliwym obramowaniem brzegów wierzbą koszykarską, z łachami i zalewiskami rojącymi się od bujnego, odrębnego życia. Cała ta urozmaicona mozaika siedlisk i zespołów znajdowała się na przestrzeni zaledwie kilku kilometrów kwadratowych!

Takich przykładów mamy mnóstwo i każdy obserwator przyrody zna je ze swej praktyki. Wszystkie one dowodzą mozaikowości siedlisk i zespołów, z jaką powszechnie spotykamy się zwłaszcza na lądzie. Są to siedliska życia uwarunkowane przez czynniki fizjograficzne, edaficzne, florystyczne i mikroklimatyczne, a nie przez klimat w dużej skali jak wielkie pasy florystyczne globu. Rola podłoża szeroko pojętego i flory jako tła życia zwierzęcego szczególnie w nich się zaznacza.

Rozdział IV

CZYNNIKI BIOTYCZNE
OGÓLNE UWAGI O CZYNNIKACH BIOTYCZNYCH

Środowisko zwierząt dzielimy ogólnie na fizyczne i biotyczne. Biotyczne tworzą organizmy roślinne i zwierzęce w ten czy w inny sposób wpływające na zwierzęta. Wpływ organizmów jednych na drugie jest szczególnie ważny, bowiem od niego zależy przede wszystkim *życie zespołowe*, zbiorowe życie organizmów, z jakim powszechnie spotykamy się w przyrodzie. Oczywiście nie wszystkie organizmy występujące razem czy obok siebie bezpośrednio na siebie wpływają. Można wyróżnić wpływy ściślejsze i luźniejsze, bezpośrednie i pośrednie. Niekiedy nawet nie da się stwierdzić żadnego związku między sąsiadującymi z sobą organizmami. Ale w analizie życia poszczególnych gatunków zawszę spotykamy się z wpływami biotycznymi tej czy innej natury, bo żaden organizm żyć nie może bez innych.

Różnorodne te zależności biotyczne sprowadzić można zasadniczo do dwóch kategoryj, albo pomiędzy rozmaitymi gatunkami (interspecyficzne), albo wewnątrz gatunkowe (intraspecyficzne) czyli między osobnikami należącymi do jednego gatunku.

Życie każdego zwierzęcia zahacza o życie innych gatunków tak roślinnych jak zwierzęcych. Jeżelibyśmy najogólniej usiłowali sklasyfikować te wzajemne zależności *między rozmaitymi gatunkami*, to przekonalibyśmy się, że wywołują je cztery główne potrzeby życiowe:

1. Zdobywanie pokarmu roślinnego względnie zwierzęcego;

2. Obrona przed wrogami naturalnymi, tak zewnętrznymi (które tworzą drapieżcy), jak wewnętrznymi w postaci pasożytów;

3. Potrzeba wytrzymywania konkurencji ze strony innych gatunków;

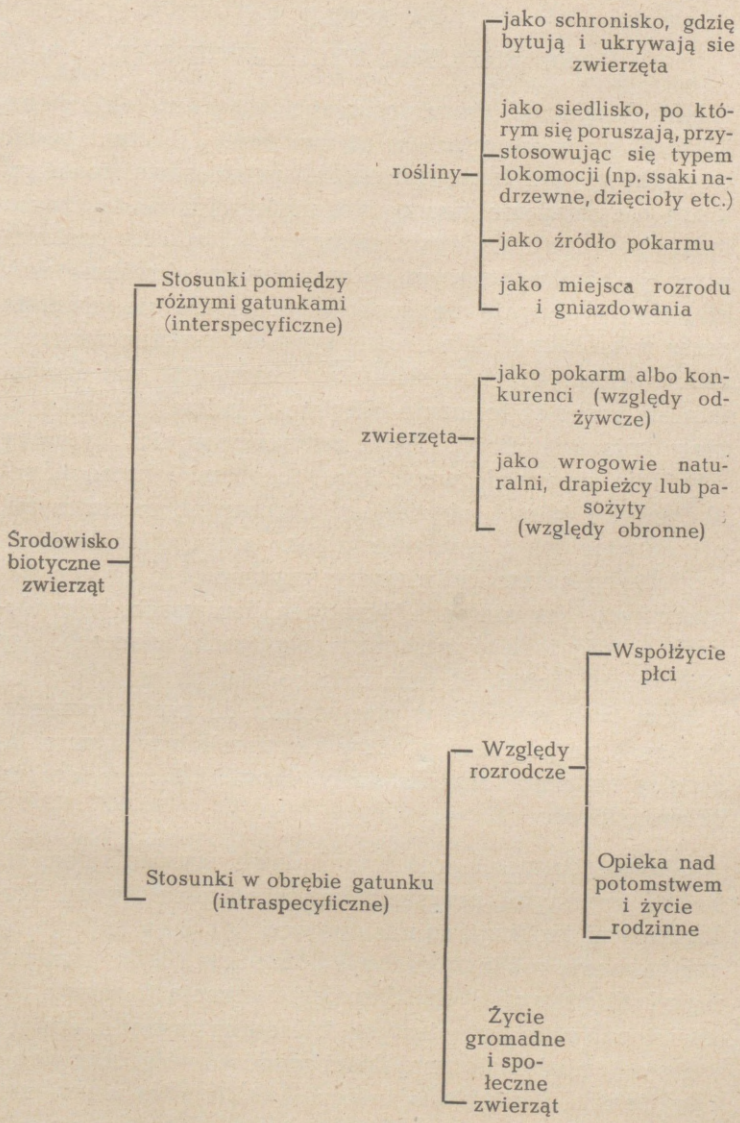
4. Potrzeba schroniska dla życia własnego oraz wyszukania miejsca dla rozrodu względnie dla założenia gniazda.

Stosunki biotyczne w *obrębie gatunku* sprowadzają się głównie do potrzeb rozrodczych, współżycia płci i opieki nad potomstwem, a także do konkurencji o pokarm i miejsce dla gniazda, jaka u osobników jednego gatunku często się zjawia zwłaszcza w okresie rozrodu.

U zwierząt gromadnie albo społecznie żyjących stosunki biotyczne wewnątrzgatunkowe polegają na samopomocy względnie zharmonizowaniu życia poszczególnych osobników z potrzebami całości, stada, gromady, społeczeństwa.

W badaniu życia zespołowego w naturze spotykamy się ze wszystkimi powyższymi kategoriami wzajemnych zależności, przy czym sprawy *odżywiania się* i *rozrodu* wysuwają się pośród innych na przodujące miejsca. Głód i miłość rządzą światem.

Dla lepszego uzmysłowienia biotycznych czynników wpływających na zwierzęta, załączamy następujący schemat, który razem z podanym już podziałem czynników abiotycznych (Rozdział I) stwarza pełny obraz różnorodnych tych zależności.


Środowisko biotyczne zwierząt
Stosunki pomiędzy różnymi gatunkami (interspecyficzne)
rośliny
jako schronisko, gdzię bytują i ukrywają sie zwierzęta
jako siedlisko, po którym się poruszają, przystosowując się typem lokomocji (np. ssaki nadrzewne, dzięcioły etc.)
jako źródło pokarmu
jako miejsca rozrodu i gniazdowania
zwierzęta
jako pokarm albo konkurenci (względy odżywcze)
jako wrogowie naturalni, drapieżcy lub pasożyty (względy obronne)
Stosunki w obrębie gatunku (intraspecyficzne)
Względy rozrodcze
Współżycie płci
Opieka nad potomstwem i życie rodzinne
Życie gromadne i społeczne zwierząt

SZATA ROŚLINNA JAKO SIEDLISKO ŻYCIA ZWIERZĄT

Niezależnie od bezpośredniego wpływu jaki gleba i klimat wywierają na świat zwierzęcy, działanie tych czynników jest także pośrednie przez szatę roślinną, która jak wiadomo tworzy *tło*, na którym zwłaszcza na lądzie rozgrywa się życie zwierzęce. Siedliska roślinne stawiają zamieszkującym je zwierzętom określone wymagania, wpływają na sposób poruszania się, działają przez mikroklimat. Stąd różne typy ekologiczne zwierząt zamieszkujących różne siedliska. Rozmaitość jest wielka. Istnieją przecież formacje odrębne składem, typami i fizjognomią roślinności. Świat zwierzęcy w nich bytujący wyróżnia się przede wszystkim sposobami lokomocji, reakcjami na klimat, obyczajami obronnymi, rozrodczymi, nie mówiąc już o pożywieniu jako szczególnie biotycznym czynniku etc. Wystarczy wspomnieć o typach nadrzewnych, jak małpach, lemurach, leniwcach, wiewiórkach, o dzięciołach, pełzaczach, papugach, tukanach, aby uświadomić sobie od razu różnice wielkie w wyglądzie i życiu tych zwierząt w porównaniu do typów zamieszkujących na przykład obszary stepowe lub pustynne, jakimi są antylopy, skoczki, susły, chomiki, strusie, dropie, skowronki etc.

Główne formacje roślinne lądowe wyróżniające się bardzo swoistymi, przystosowanymi do nich typami ekologicznymi zwierząt, są następujące. *Las* jako najbujniejszą formację roślinną cechuje dominacja roślin trwałych o pędach zdrewniałych. *Step* jest formacją trawiastą pozbawioną roślin drzewiastych, które tam rosnąć nie mogą z powodu niedostatecznej ilości opadów i wilgoci w glebie i powietrzu. *Pustynie*, o znikomej roślinności w związku z jeszcze większym niż na stepie zmniejszeniem się wil-

gotności w powietrzu i w glebie. *Tundra*, swego rodzaju step polarny, głównie arktyczny, utworzony w przeważnej części z mchów i porostów, pozbawiony w zasadzie drzew z powodu niskiej temperatury, wiatrów i stale zimnego gruntu. Zbliżoną do tundry formacją roślinną są *mokradła*, o słabym mniej lub więcej skarlałym zadrzewieniu i nadmiarze wilgoci względnie wody w glebie. Wreszcie *hale* wysokogórskie — również bezdrzewne formacje owarte, o zimnym klimacie spowodowanym wyniesieniem.

Najogólniejszy ten podział należało by uzupełnić *sawannami* podzwrotnikowymi o charakterze parkowym, tworzącymi swego rodzaju step gorący trawiasty z charakterystyczną roślinnością kserofitową krzaczastą i rozrzuconymi z rzadka drzewami (baobabami i akacjami), nadto z wyraźnie zaznaczoną sezonowością, która, w przeciwieństwie do ciepłej i mroźnej pory stepów umiarkowanych, dzieli roczny cykl życia na dwa okresy inne: bujny życiem, deszczowy i ubogi — suchy. Zarówno stepy jak i sawanny w związku z niedosytem wilgotności przechodzą w pustynię; pierwsze w pustynię umiarkowaną, drugie — w gorącą.

Lasy dzielą się na dwa główne najrozleglejsze typy: wiecznie zielony, parny i gorący *las równikowy* albo międzyzwrotnikowy oraz *lasy umiarkowane*, bądź zrzucające liście w porze mroźnej, bądź stale zielone jak lasy szpilkowe.

Z tymi najważniejszymi formacjami roślinnymi związane są, jak powiedzieliśmy, określone typy zwierzęce. Ustosunkowanie ekologiczne zwierząt do formacji jako całości, podobnie jak w stosunku do czynników środowiskowych branych oddzielnie, zaznacza się stenobiotyzmem względnie eurobiotyzmem. Istnieją formy mniej

lub więcej *stenobiotyczne*, jak np. jelenie, sarny (rys. 51), wiewiórki żyjące w środowiskach leśnych, jak leniwce w południowo-amerykańskich lasach gorących, jak bóbr — mieszkaniec lasów bagnistych, jak susły, bobaki,

Rys. 51. Szata roślinna jako siedlisko życia zwierząt: sarny w lesie

chomiki — charakterystyczne zwierzęta stepów umiarkowanych, jak większość antylop — mieszkańców sawan afrykańskich, jak wreszcie świstaki i kozice typowe dla formacyj wysokogórskich, pardwa — dla mokradeł etc. Inne przeciwnie okazują mniejszą specjalizację w stosunku do siedliska roślinnego, mniej lub więcej obojętne pod tym względem. Wilka spotyka się w lasach i stepach umiarkowanych oraz na tundrze polarnej. Zając występuje na polach, stepach i częściowo w lasach niezbyt gęstych. Dudek żyje w lasach oraz na stepach i po pastwiskach. Także orzeł przedni znany jest z tego, że w górach gnieździ się na skałach, w lasach na drzewach, a na stepach buduje gniazdo wprost na ziemi etc. Byłyby to *eurybiotyczne* formy, także często nazywane

eurytopicznymi, które w stosunku do siedliska niewątpliwie okazują się bardziej plastyczne w swym życiu i obyczajach od gatunków stenobiotycznych.

Skala biotyzmu jest jednak dosyć rozmaita, tak że można wyróżnić odcienie, świadczące o względności naszych pojęć, koniecznych jednak z racji praktycznego podejścia do przedmiotu. Wśród naszych ptaków zięba i trznadel mogą żyć w lasach najrozmaitszych, podczas gdy dzięcioł czarny, krzyżodzioby, sikorka sosnówka lub czubata są mieszkańcami tylko lasów szpilkowych.

Zwierzęta uzależnione ekologicznie od formacyj roślinnych często stają się tym samym zależne od nich geograficznie czyli zasięgiem, co ściśle splata ekologię z zoogeografią. Las stwarza w zasadzie przeszkodę w rozprzestrzenianiu się zwierząt otwartych środowisk, podobnie jak przestrzenie typu trawiastego utrudniają, względnie wprost uniemożliwiają, rozsiedlanie się form leśnych. Wielkie pasmo pustyń podzwrotnikowych Starego świata, Sahary w Afryce oraz pustyń środkowo-azjatyckich, stwarza jedną z największych przegród naturalnych, oddzielających umiarkowaną faunę Palearktyki od tropikalnej Etiopii i od fauny Indo-Malajskiej.

WALKA O POKARM ZASADNICZYM CZYNNIKIEM BIOTYCZNYM

Pierwszą potrzebą czy dążnością zwierzęcia jest znalezienie odpowiedniego pokarmu. Odżywianie się jest głównym zajęciem, podstawową funkcją zwierzęcia, zabezpieczającą życie osobnika, kształtującą gatunek, sprzyjającą ewolucji grup całych, wiążącą organizm z innymi w życie zespołowe uzależnionych od siebie odżywczo różnych stworzeń. Potrzeba pokarmu zabezpieczającego przemianę materii osobnika wypływa z dwojakich względów,

budulcowych i paliwowych. Każde zwierzę przychodzi na świat w postaci małej komórki, z której przez rozwój indywidualny wyrasta w organizm dorosły. Powiększa wagę i objętość kosztem wprowadzonych do wnętrza i przyswojonych substancji odżywczych, które tym samym odgrywają rolę budulca jego ciała. Z drugiej strony nawet w okresie pewnej równowagi biologicznej, jaka cechuje dojrzały stan, zwierzę nieustannie potrzebuje pokarmu dla restytucji strat spowodowanych aktywnością oraz w ogóle każdym przejawem życiowym. Jest to druga rola pokarmu, paliwowa, która wespół z pierwszą, niezawsze łatwą do oddzielenia, staje się jednym z zasadniczych warunków życia osobnika w różnorodnych środowiskach.

Oprócz tej bezpośredniej, fizjologicznej roli potrzeba zdobywania pokarmu okazała się wielkim czynnikiem kształtującym gatunek w biegu ewolucji. Różne sposoby, jakie zwierzę stosuje w walce życiowej celem zdobycia niezbędnego dla siebie pokarmu, niezbędnych zasobów energetycznych, były tym ważnym czynnikiem, który do życia powołał najrozmaitsze przystosowania odżywcze zwierząt, mniej lub więcej wyraźnie zaznaczone w obyczajach i urozmaiconych biologicznych typach odżywczych.

Przystosowania odżywcze zwierząt kształtowały całe grupy, co szczególnie wyraźnie zaznaczyło się u ssaków, których główne rzędy opierają się na różnicach uzębienia i organach lokomocji. Także pokarm w dużym stopniu decydował o różnicowaniu się ptaków, owadów etc. Nawet w obrębie grupy w zasadzie odżywiającej się podobnym pokarmem, różnice typów lokomocyjnych i siedliskowych pośrednio pozostają w łączności z czynnikiem pokarmowym w pojęciu ściślejszym. Zwierzęta

bowiem przystosuwują się do różnorodnych siedlisk przede wszystkim w poszukiwaniu tam pokarmu, który podtrzymuje życie osobnika. Promieniowanie przystosowawcze, charakteryzujące większość zróżnicowanych grup naturalnych, znajduje wyjaśnienie w „wędrówce przodków za pokarmem" w najróżnorodniejsze siedliska, podczas gdy inne względy, jak potrzeba obrony przed wrogami lub niekorzystnymi warunkami środowiska fizycznego, zapewne już mniej powszechną pod tym względem odgrywały rolę.

Wielką jest także rola odżywiania się w życiu zespołowym. Aby określić stanowisko zwierzęcia w gospodarce przyrody, trzeba wiedzieć, czym się ono żywi i komu służy za pokarm. W łańcuchach odżywczych, uzależnionych od siebie organizmów, stanowisko danego ogniwa określa się przez poznanie obu sąsiadujących z nim ogniw. Przez pokarm zwierzę wchodzi w kontakt z innymi organizmami, podobnie jak przez rozród z osobnikami tego samego gatunku. Głęboką myśl wyraził jeszcze w r. 1880 jeden z pionierów amerykańskiej szkoły ekologów S. A. Forbes: „Nie ulega wątpliwości, że spośród wszystkich czynników środowiska, otaczających osobnika, żaden nie wpływa jednocześnie w takim stopniu, tak rozmaicie i tak głęboko jak pożywienie. Nawet klimat, pora roku, gleba i środowisko nieorganiczne działają zazwyczaj na zwierzę pośrednio, przez pokarm co najmniej w takim stopniu jak i bezpośrednio. Na drodze pokarmu zwierzęta stykają się z sobą i z otoczeniem w największej ilości punktów; na tej drodze stykają się najściślej, na niej walka o byt zaostrza się najbardziej, przy czym prawie wszystkie zwierzęta przez pokarm wchodzą w kontakt z potrzebami materialnymi człowieka."

Przed ekologiem badającym w terenie życie zespołowe zjawia się trudne zadanie. Chodzi o to, aby nie dał się zdezorientować wielką rozmaitością przystosowań odżywczych, jaką na każdym kroku dostrzega u zwierząt. Chodzi o to, aby wśród przebogatej skali tych przystosowań umiał dostrzec rzeczy istotnie najważniejsze, nici przewodnie, orientujące go w labiryncie życia zespołowego. Powinien znać zasadnicze typy odżywcze, oparte zwłaszcza na jakości pokarmu, jego wielkości i miejscu zdobywania pokarmu. Uwagę swoją powinien koncentrować przede wszystkim na łańcuchy uzależnionych od siebie organizmów, na ich splatanie się, na ogniwa końcowe i na pierwotne źródła pożywienia, od których zależy życie i cała gospodarka zespołu.

TYPY ODŻYWCZE ZWIERZĄT

W przeciwieństwie do roślinności zielonej i samożywnych bakteryj, zdolnych wytwarzać syntetycznie materię żywą ze związków nieorganicznych, zwierzęta nie posiadają tej zdolności, co sprawia, że pod względem odżywiania i życia uzależnione są bezpośrednio, względnie pośrednio, od roślinności samożywnej, której kosztem mogą syntetyzować związki organiczne w swe własne ciało. Są więc one podobnie jak pośród roślin grzyby organizmami cudzożywnymi (heterotroficznymi). Można je także nazwać konsumentami, zaś roślinność zielona i samożywne bakterie są prawdziwymi, bo pierwotnymi producentami żywej materji. Na tym polega zasadnicza zależność zwierząt od zielonego świata roślin i niewystarczalność odżywcza zespołów zwierzęcych oddzielnie rozpatrywanych. Pełny cykl życia obejmuje jeszcze trzecią kategorię organizmów, mianowicie reducentów, w postaci większości bakteryj, rozkładających martwe

organizmy na związki nieorganiczne służące samożywnej roślinności jako ponowne źródło pokarmu.

Interesują nas tutaj przede wszystkim zwierzęta. Bezpośrednio od roślin uzależnione są formy *roślinożerne,* (Rys. 52) pośrednio — *mięsożerne* (Rys. 53), odżywiające się innymi zwierzętami. Są to dwa główne typy ekologiczne ze względu na jakość pokarmu. Przejściową grupę między tymi krańcami tworzą zwierzęta konsumujące pokarm bez różnicy zarówno roślinny jak i zwierzęcy, a więc *wszystkożerne* (omnivora). Wyróżnić także należy liczne grupy zwierząt nazywanych czyścicielami przyrody albo roztoczami, odżywiającymi się martwym pokarmem, znajdującym się w mniej lub więcej posuniętym stanie rozkładu albo butwienia. Jeżeli taki pokarm jest pochodzenia roślinnego, mówimy o czyścicielach *saprofagach,* jeżeli składa się z trupów zwierzęcych, odżywiające się nimi zwierzęta nazywamy *trupojadami* (necrophaga), do których zbliżoną grupę biologiczną tworzą formy odżywiające się wyłącznie *odchodami zwierzęcymi* (coprophaga).

Rys. 52 Przykład ptaka roślinożernego: szczygieł odżywiający się nasionami ostu, które dodatkowo rozsiewa

Z racji mniejszej lub większej specjalizacji pokarmowej dzielimy zwierzęta na *polifagi,* np. chrabąszcz lub brudnica nieparka, mało wybredne, odżywiające się rozmaitym pokarmem, choć niekoniecznie jednocześnie roślinnym i zwierzęcym jak wszystkożerne. Mogą to być poli-

Rys. 53. Przykład ptaka mięsożernego drapieżnego: sokół atakujący z lotu czaplę

fagi roślinożerne lub mięsożerne, w każdym razie wyraźnie przeciwstawiające się *monofagom* albo specjalistom uzależnionym odżywczo od pewnych tylko gatunków, jak tego licznych przykładów dostaczają nam zwłaszcza owady np. gąsiennice wielu motyli (Rys. 54), żerujące tylko na jednym lub co najwyżej na kilka gatunkach roślin.

Taka specjalizacja pokarmowa, wynik przystosowań odżywczych, zmusza do bardziej drobiazgowej kategoryzacji roślinożerców. Wśród pierwszych znamy bowiem nie tylko konsumentów określonych gatunków ale i poszczególnych części roślin a więc liści, drzewa i kory, odżywiających się korzeniami, względnie innymi podziemnymi narządami roślin, owocożernych, ziarnojadów, zbierających pyłek i nektar z kwiatów (Rys. 55), spijających jak mszyce wyłącznie soki roślinne, nie zaś miód kwiatowy jak motyle lub błonkówki etc. etc.

---

[1]) Mokrzecki wyróżnia nawet cztery kategorie specjalizacji pokarmowej u owadów, biologicznie związanych z roślinami: **monofagi,** odżywiające się jednym gatunkiem rośliny; **oligofagi,** żerujące na zbliżonych rodzajach lub gatunkach; **polifagi,** karmiące się większością gatunków niespokrewnionych, wreszcie **pantofagi,** jak np. szarańcza jedzące z małymi wyjątkami wszystkie rośliny.

Podobnie i pokarm zwierzęcy może być najrozmaitszy. Trzeba odróżnić zwierzęta mięsożerne albo drapieżne ściślej rozumiane, odżywiające się mięsem kręgowców od owadożernych, ale czyż i to wystarczy do drobiazgowej analizy ekologicznej w naturze? Istnieją przecież formy wyłącznie rybożerne, mięczakożerne, mrówkojady etc. W jednej tylko klasie ssaków Poplewski[1]) wyróżnia formy zwierzętożerne, owadożerne, planktonożerne, mięczakożerne, mięsożerne właściwe, krwiożerne, padlinożerne (Rys. 56), wszystkożerne, trawożerne, nasieniożerne, liściożerne, korzeniożerne, mchożerne, gałęziożerne. Może jeszcze większą specjalizacją pokarmową odznaczają się owady, u których Handlirsch wyróżnił 29 rozmaitych typów odżywiania się!

Rys. 54. Gąsiennica wilczomleczka jako przykład monofaga, odżywiającego się jedną tylko rośliną wilczomleczem

Nie upraszcza sprawy także i ten ważny fakt, że liczne zwierzęta, zależnie od warunków zewnętrznych i potrzeb organizmu, mogą mniej lub więcej rozszerzać względnie zwężać swój jadłospis, dając możność obserwatorowi ich życia oraz analizującemu zawartość przewodu pokarmowego, wyróżnienia pokarmu *zasadniczego*, najbardziej organizmowi odpowiadającego, *dodatkowego*, zastępującego pokarm zasadniczy jedynie częściowo, *okolicznościowego*, pobieranego tylko w pewnych raczej wyjąt-

[1]) Anatomia ssaków, t. I. Warszawa 1935.

Rys. 55. Zmierzchnica i koliber tworzą ten sam typ ekologiczny: odżywiają się z lotu nektarem kwiatów, współdziałając w ich zapylaniu

kowych okolicznościach, wreszcie *przymusowego*, w braku pokarmu zasadniczego lub dodatkowego, a umożliwiającego co najwyżej podtrzymanie przemiany materii, niewystarczającego jednak dla wzrostu organizmu, zabezpieczonego tylko przez dwie pierwsze kategorie.

Także znamy liczne przykłady *zmiany pożywienia z wiekiem*, co najczęściej wiąże się z innym życiem młodocianym względnie larwalnym niż u form dorosłych. Kijanki żab np. odżywiają się przeważnie pokarmem roślinnym, podczas gdy formy dorosłe prawie wyłącznie bezkręgowcami a więc pokarmem mięsnym. Licznych pod tym względem przykładów dostarczają nam owady pasożytne, gąsieniczniki spośród błonkówek i rączyce spośród muchówek. Ich larwy rozwijają się w ciele owadów, podczas gdy formy dorosłe spijają nektar lub zbierają pyłek.

Rys. 56. Padlinożerny ssak hiena. U góry szczęka z zakreskowanymi dwoma zębami, wyspecjalizowanymi do przecinania kości

Znamy wreszcie *sezonową* zmianę pokarmu u niektórych naszych ptaków śpiewających, np. zięby, czyżyka, wróbla etc. które z odżywiania się wiosną i latem owadami i karmienia

nimi potomstwa, pod jesień w miarę zmniejszania się owadów a przybywania nasion i owoców, przechodzą stopniowo na pokarm roślinny. Taka zmiana jest ściśle uwarunkowana przez czynniki ekologiczne i stanowi ładny przykład sezonowego dostosowania się ptaków do zmian pokarmu pośrednio wywołanego przez klimat.

KLASYFIKACJA ZALEŻNOŚCI MIĘDZYGATUNKOWYCH

Dahlowi zawdzięczamy przejrzystą klasyfikację, zestawiającą w formie tabelki główniejsze typy zależności międzygatunkowej organizmów, biorącą za podstawę przede wszystkim sprawy odżywiania, częściowo także potrzeby obrony.

Symbioza, mutualizm, komensalizm, parabioza, fitofagizm, saprofagizm, zoofagizm, nekrofagizm i koprofagizm, pasożytyzm i pasożytyzm mieszkaniowy byłyby tymi najważniejszymi typami współzależności głównie odżywczej, jaką można dostrzec pomiędzy rozmaitymi gatunkami w życiu zespołowym. Opiera się klasyfikacja w znacznym stopniu na korzyściach względnie szkodach wypływających dla organizmu z tych współzależności, charakteryzuje więc przede wszystkiem odżywcze typy ekologiczne. Obejmuje także i te przypadki spólnot cielesnych, z jakimi spotykamy się w wielu zjawiskach pasożytyzmu i ściślejszej symbiozy.

I Oba współżyjące organizmy mają korzyść ze współżycia.

A. Oba są całkowicie od siebie zależne, żyją razem i wzajemne odnoszą korzyści: *Symbioza.*

B. Nie są całkowicie i trwale od siebie zależne, przynajmniej jeden z nich może trafiać się oddzielnie względnie razem z innymi organizmami: *Mutualizm.*

II. Tylko jeden z organizmów odnosi korzyść ze współżycia.

A. Drugi ma bardzo nieznaczną szkodę albo żadnej.

a) jeden organizm odnosi korzyść ale nie z żywych lecz z martwych osobników, albo z obumarłych części innego organizmu, o ile te służą mu za pokarm.

α) martwe okazy względnie ich części są przeważnie roślinnego pochodzenia: *Saprofagizm*

β) martwe okazy względnie ich części są przeważnie zwierzęcego pochodzenia: *Nekrofagizm i koprofagizm*

b) jeden organizm ciągnie korzyść z drugiego za życia tegoż.

α) zdobywanie pokarmu ułatwia organizmowi inny: *Komensalizm*

β) jeden z organizmów znajduje przy drugim obronę, mieszkanie etc.: *Parabioza*

B. Drugiemu organizmowi zależność wyrządza szkodę.

a) organizm ciągnący zyski odżywia się kosztem drugiego.

α) organizm poszkodowany jest zwierzęciem.

αα) organizm ciągnący korzyść odżywia się ciałem innego, zabijając go względnie przejściowo atakując: *Zoofagizm*

ββ) organizm ciągnący korzyść ze współżycia odżywia się trwale kosztem innego: *Pasożytyzm*

β) organizm poszkodowany jest rośliną: *Fitofagizm*

b) organizm, ciągnący zyski ze współżycia, szkodzi innemu tylko przez swoją obecność nie zaś przez pokarm: *Pasożytyzm mieszkaniowy*.

Rozmaite stosunki międzygatunkowe organizmów w obrębie zespołu (według Dahla).

ŚWIAT PASOŻYTÓW

W rozdziale o czynnikach biotycznych z konieczności należy się parę uwag zjawisku posożytnictwa jako szczególnie ważnemu w ekologii zwierząt, choć zdajemy sobie sprawę, że temat ten jest tak obszerny. że wymagałby, jeżeli już nie oddzielnego tomu, to w każdym razie całego rozdziału w zagadnieniu zwierzę i jego środowisko.

Pasożytny sposób życia polega na czerpaniu pokarmu z ofiary, której w przeciwieństwie do drapieżnika, pasożyt nie uśmierca od razu lecz eksploatuje powoli, co najwyżej osłabiając ją. Ofiarę odżywiającą pasożyta nazywamy żywicielem albo gospodarzem, zwłaszcza kiedy pasożyt zadamawia się w jego wnętrzu. Powstaje wtedy mniej lub więcej zrównoważony zespół dwóch organizmów różnych, z których jeden żyje kosztem drugiego.

Powszechny podział pasożytów na *zewnętrzne* i *wewnętrzne* odpowiada sposobowi życia i umiejscowieniu się ich na ciele względnie wewnątrz gospodarza. Ze względu na czas korzystania z żywiciela dzielimy pasożyty na czasowe i trwałe. Większa lub mniejsza specjalizacja odżywcza pozwala dzielić je na specyficzne, wyłącznie żyjące kosztem określonych gatunków i niespecyficzne, odpowiadające do pewnego stopnia polifagicznym gatunkom u roślinożerców, napastujące różne gatunki. Specyficznych jest dużo zwłaszcza wśród pasożytów wewnętrznych, bowiem życie ich związane jest najczęściej dość ściśle z przemianą materii żywiciela, swoistą dla

określonego gatunku, a z którą powinna mieć wiele cech wspólnych przemiana materii pasożyta. Poznanie złożonego często rozwoju ujawnia u wielu pasożytów zmianę kolejną żywicieli, tak że na tej podstawie wyróżnić można jednodomowe, dwudomowe a nawet trójdomowe jak bruzdogłowiec szeroki, którego stadia rozwijają się kolejno u oczlika, później u ryb, wreszcie u człowieka lub zwierząt drapieżnych odżywiających się rybami.

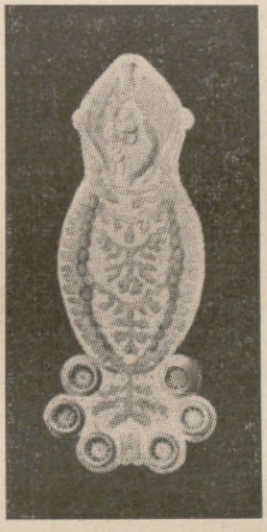
Pasożyty spotykamy u bardzo wielu grup zwierzęcych, a pewne z nich, jak zwłaszcza sporowce wśród pierwotniaków lub przywry i tasiemce wśród robaków płaskich, składają się niemal wyłącznie z form pasożytnych, co wskazuje, że ewolucja grup tych całkowicie przebiegała w związku z tym sposobem życia, wytwarzając krocie gatunków, dostarczających szczególnie ciekawych przykładów pasożytnictwa najbardziej typowego, bo wewnętrznego, trwałego, specyficznego i często wielodomowego.

Bogaty świat pasożytów jest więc jednym z najbardziej ilustracyjnych dowodów ewolucji zwierząt, bowiem w związku z uproszczonym sposobem życia, jakim niewątpliwie jest pasożytnictwo, uwstecznienia w dużym stopniu doznaje ogólna organizacja zwierzęcia, przejawiona w typie ekologicznym. Znane są grupy, jak chociażby widłonogi, które w tak rozmaitym stopniu przystosowane są do życia pasożytnego, że pozwalają śledzić wszelkie przejścia, jakie w ukształtowaniu zwierzęcia wywołuje taki sposób życia. Najbardziej zaawansowane w pasożytnictwie formy tak wielkim uległy zmianom, że dosłownie prawie nic nie pozostało im z organizacji przodków i przypominają raczej przytwierdzone do gospodarza torby, wypełnione produktami płciowymi. Jedynie rozwój i wspólne z przodkami stadia larwalne zdradzają ich właściwe stanowisko rodowe. Od takich przykładów dosłownie roi się cały, odrębny świat pasożytów.

Jeżeli skierujemy wzrok głównie na ukształtowanie i organizację typu biologicznego w związku ze sposobem życia, to uderzą nas głównie cechy *negatywne*, uwstecznienie organizacji, jej uproszczenie, wywołane uproszczonym sposobem odżywiania się. Pokarm mają gotowy i mają go poddostatkiem. Stąd głównie uproszczenie narządów, służących do zdobywania go własnymi siłami.

Rys. 57.

Rys. 57. Gyrodactylus — robak pasożytujący na skrzelach ryb z charakterystyczną zaopatrzoną w haczyki przyssawką czepną



Rys. 58.

Rys. 58. Przywra pasożytna z rodzaju Polystomum, z sześcioma przyssawkami czepnymi na końcu ciała. Żyje w pęcherzu moczowym żab

Uwstecznieniu więc ulegają najczęściej narządy ruchu, organy zmysłów oraz skomplikowane aparatury pomocnicze przy zdobywaniu pokarmu, jako w zasadzie zbędne. Prawo ekonomii znajduje tu wyraźne zastosowanie. Z drugiej strony potrzeba trzymania się na ciele, względnie w ciele żywiciela, wytworzyła względnie wzmocniła najrozmaitsze organy w postaci haczyków, czepiących się pazurków, przyssawek itp. utwory o cechach *pozytyw-*

nych, których najczęściej brak albo też które są znacznie słabiej rozwinięte u form bliskich, nie prowadzących pasożytnego sposobu życia. (Rys. 57 i 58).

Ponieważ życie pasożytów, połączone najczęściej ze skomplikowanym rozwojem, naraża gatunek na ogromne straty osobników, utrzymać się wśród nich mogą formy na ogół bardzo płodne. Wystarczy wspomnieć, że tasiemiec uzbrojony produkuje rocznie około 60 milionów jaj, a glista do 40 milionów, by uświadomić sobie ogrom „presji" życiowej pasożytów. Jest to jedna z zasadniczych ich cech ekologicznie tłumaczona trudnym na ogół, bo bardzo specjalnym sposobem życia oraz wielkimi stratami osobników w różnych okresach rozwojowych, fizjologicznie natomiast — ogromną łatwością odżywiania się i nadmiarem pokarmu przygotowanego przez żywiciela.

Z ekologicznego punktu widzenia jest szczególnie ciekawe, że pasożyt na ogół uosabia taki sposób odżywiania, który najczęściej nie wyzwala obronnych reakcyj żywiciela. Na tym też w znacznym stopniu polega jego raison d'être. Można by powiedzieć, że obrona przed pasożytami nie została przez przyrodę skutecznie rozwiązanym problemem w odniesieniu do napastowanego gatunku. To też wobec pasożytów są one często bezradne, używając środków obronnych widocznie do tego nie zawsze skutecznych. Wystarczy przypomnieć, jak nieudolnie psy iskają się zębami lub drapią się łapami przed pchłami, których nie mogą się pozbyć. Jak bezradnymi są wobec kąsających je z tyłu bolimuszek (*Stomoxys calcitrans*), które ulatują raptownie jak się tylko pies obejrzy. W nielicznych stosunkowo przypadkach spotykamy narządy oraz czynności, które do pewnego stopnia można uważać za przystosowania obronne przed natrętnymi owadami np. zaopatrzone w gęste kity ogony ssaków kopyt-

nych. Także charakterystyczny, falą po ciele przebiegający ruch skóry koni jest reakcją obronną wobec kłujących je gzów i ślepaków. Są to jednak raczej wyjątki. Drobne, otorbione zazwyczaj stadia pasożytów wewnętrznych, dostawszy się do jamy ustnej żywiciela, czy to z pokarmem, czy z wodą, czy innym sposobem najczęściej nie wywołują żadnych reakcyj obronnych, nie tylko dlatego, że są zupełnie małe, przeważnie mikroskopowych rozmiarów, ale głównie dlatego, że znajdują się w stadiach obojętnych, nieaktywnych chemicznie czy inaczej. Także i inne dalej już rozwinięte stadia, względnie dorosłe formy pasożytów, zakotwiczywszy się w organach wewnętrznych, skąd czerpią pokarm, pozostają najczęściej w zasięgu organów wegetatywnych żywiciela, podlegających jak wiadomo inerwacji autonomicznej, niezależnej od mózgu i woli osobnika, niezdolnej do czynnej samoobrony.

W ogólnej gospodarce przyrody, czyli w życiu zespołowym, pasożyty odgrywają wielką rolę jako regulatorzy ilościowego życia żywicieli, zwłaszcza wtedy kiedy te, nie znajdując hamulca ze strony innych czynników, nadmiernie się rozradzają, zaś wobec pasożytów najczęściej stają się bezradne. Pasożyty mając wtedy nadmiar pokarmu w postaci żywicieli czyli wyjątkowo ułatwione warunki odżywcze tym bardziej się mnożą, ponieważ je cechuje z natury duża rozrodczość. W tym sensie zespół żywiciel-pasożyt w normalnych warunkach zrównoważony, w odchylonych od normy ilościowo reguluje się przez pasożyta, który w takich razach może spowodować nawet zagładę całego gatunku. Istnieją dane paleontologiczne, że wymieranie pewnych grup zwierzęcych (np. koni w Ameryce Północnej), w warunkach korzystnych środowiska fizycznego, mogło być wywołane przez masowe epidemie pasożytne. Podobnie jak w innych zjawiskach odnoszących się do gospodarki przyrody, zjawisko pasożytnictwa w swej

genezie można uważać jako następstwo presji witalnej (rozrodczej) życia, które w danym przypadku wytworzyło takie jego formy, wobec których pewne inne (gatunki żywicieli) okazują się w zasadzie bezbronne.

OBRONA ŻYCIA PRZED NIEPRZYJACIÓŁMI

Obok potrzeby zdobywania pokarmu potrzeba obrony przed wrogami naturalnymi jest drugim z podstawowych czynników biotycznych zabezpieczających życie osobnika. W skomplikowanych zależnościach między różnymi gatunkami stanowisko, jakie każdy z nich zajmuje w gospodarce przyrody, określa się przede wszystkim przez poznanie czym się on żywi i komu służy za pożywienie. To ostatnie zagadnienie wiąże się ściśle ze środkami, jaki stosuje gatunek wobec wrogów i trapicieli.

Naturalni wrogowie gatunku, zarówno zewnętrzni a więc drapieżniki jak i wewnętrzni trapiciele głównie pasożyty, decydują częstokroć o obecności, względnie kontrolują liczebność gatunku zjadanego czy napastowanego. Taką na przykład rolę spełnia mucha tse-tse, przenosząca jak wiadomo trypanozomy na bydło domowe, która dlatego w wielu miejscowościach Afryki jest czynnikiem kontrolującym tam hodowlę wprowadzonego bydła, względnie wykluczającym ją całkowicie. Widliszki przenoszące zarazek malarii odgrywają w niektórych miejscowościach częściowo podobną rolę w stosunku do człowieka.

Drapieżniki regulują liczebność zwierząt na które polują. Wyniszczanie zwierząt drapieżnych przez człowieka, myszołowów, błotniaków, sokołów, orłów, i sów, a także drobnych czworonogów drapieżnych jak lisów, kun, łasic i gronostajów, zawsze odbija się nadmiernym rozrodem szkodliwych gryzoni, myszy, nornic, chomików i susłów,

które były przez te drapieżniki trzymane w normalnych ilościach. Ponadto z ekologicznego punktu widzenia rola drapieżników jest ważna z tego względu, że stanowią one niejako sanitarną policję przyrody, usuwając przede wszystkim słabe, chore, względnie zarażone pasożytami okazy. Te przede wszystkim im się dostają. W ten sposób podtrzymują one dobroć czy odporność rasy, selekcjonując gatunek, którym się żywią. Pod tym względem spełniają rolę pożyteczną, nawet w odniesieniu do łownej zwierzyny, zapobiegając szerzeniu się wśród tej ostatniej chorób zakaźnych i często masowych epidemii.

W przyrodzie nie zakłóconej interwencją człowieka panuje zupełnie naturalna równowaga między drapieżnikami a zwierzętami służącymi im jako zdobycz. Równowagę taką wywołuje nie tylko rozród i płodność, ale jest ona częściowo następstwem tego, że zwierzę narażone na niebezpieczeństwo pożarcia posiada *środki obrony*, które w pewnych razach przynajmniej, np. w odniesieniu do mniej wyspecjalizowanych względnie mniej silnych gatunków, a także przy skojarzeniu się pewnych korzystnych dla napastowanego okoliczności, jak możności ukrycia się ucieczki etc. sprawiają, że może ono uniknąć niebezpieczeństwa, uratować życie i wydać potomstwo zachowując gatunek. Oczywiście wszystkie środki obrony mają wartość względną i najczęściej tak bywa, że zwierzę prędzej czy później — zwłaszcza starsze, padnie ofiarą, bowiem śmierć naturalna ze starości jest raczej zjawiskiem rzadkim w przyrodzie. Ale to nie zmniejsza wartości i roli rzeczywistej środków obrony, rozpatrywanych pod kątem statystycznych możliwości. Niechaj środek obrony okaże się skutecznym nawet w kilku tylko procentach, spełnia już w życiu zwierzęcia swoją rolę. Absolutnym być nie może i nie potrzebuje. W każdym razie istnienie środków

Rys. 59. Poza odstraszająca przybierana przez zaatakowaną gąsienicę zmierzchnicy *Deilephila elpenor*. Według H. Coupina.

obrony komplikuje w dużym stopniu proste w zasadzie zależności odżywcze organizmów.

Najrozmaitszych kategoryj środki obrony można ogólnie podzielić na *bierne* i *czynne*. Pierwsze, najczęściej strukturalne lub dotyczące ubarwienia, nie wymagają od zwierząt jakiegoś czynnego zachowania się. Należą tu rozmaite typy ubarwienia ochronnego, mimetyzm, substancje trujące wydzielane przez niektóre zwierzęta, twarde pancerze rogowe lub chitynowe, muszle, igy, kolce etc. Czynne wymagają pewnego aktywnego zachowania się w stosunku do napastnika. Ucieczka z pola walki, używanie rozmaitych narządów do walki obronnej (kopyt, rogów, zębów etc.), przybieranie groźnych póz, oto kilka takich przykładów.

Aktywną, czynną obronę chemiczną stosuje także śmierdziel oraz tchórz, pryskające w przeciwnika cuchnącą cieczą.

Rys. 60. Modliszka w pozie obronnej wydaje się większą i groźniejszą. Według Siedleckiego

Do zjawisk obronnych przejawiających się w zachowaniu się względnie w sposobach

życia, trzeba zaliczyć i te liczne a dla ekologa szczególnie ciekawe obyczaje zwierząt, które wobec wrogów i silnych konkurentów nakazały im szukać ustronnych siedlisk, przejść do mniej lub więcej ukrytego życia jaskiniowego, głębinowego, kopać nory, prowadzić nocny tryb życia, łączyć się w stada, zwiększające czujność względnie siłę gromady, albo też zadecydowały o tak wyszukanym sposobie odżywiania się, jaki prowadzi chociażby mól odzieżowy, karmiący się keratyną i z tego względu pozbawiony zupełnie konkurentów etc.

KONKURENCJA MIĘDZY GATUNKAMI

O ile gatunki zajmują podobne stanowiska w życiu zespołowym, odżywiając się na przykład jednakowym lub zbliżonym pokarmem czyli rywalizują ze sobą w walce życiowej, wówczas ten, który posiada taką czy inną przewagę nad konkurentem (silniejszy, odporniejszy na klimat, o intesywniejszym rozrodzie etc.) spycha rywala, któremu najczęściej nie pozostaje nic innego jak usunięcie się w inne siedlisko, o ile to może uczynić. Jest to prawo życia, rozpychania się silniejszego w przyrodzie. Zaś usuwanie się gatunków pokonanych, nie wytrzymujących konkurencji, przenoszenie się w inne, zazwyczaj bardziej ustronne siedliska, jest jednym z przejawów obrony ich życia. Mobilizuje wtedy gatunek słabszy nieraz wszystkie swoje możliwości, dostosuwując się aktywnie względnie pasywnie, selekcyjnie do nowych warunków siedliskowych. Proces taki sprzyja na ogół ekologicznemu różnicowaniu się życia i w zasadzie sprowadza się do presji wywołanej nadmierną produkcją organizmów przy ograniczoności środków odżywczych w rozmaitych siedliskach.

Dwie pokrewne nasze jaszczurki zwinka *(Lacerta agilis)* i żyworodka *(L. vivipara)* nie występują nigdy razem

w jednakowych siedliskach. Pierwsza bytuje tylko w suchych, nasłonecznionych miejscach, na skrajach lasów, po łąkach, gdzie jajeczka jej złożone w piasek lub suchą ziemię znajdują dostateczną ilość ciepła dla rozwoju. Torfowiska, cieniste lasy i góry pozbawione odpowiednich miejsc dla rozwoju jaj, więc niedostatecznie ciepłe i usłonecznione są dla niej niedostępne. Te niewątpliwe pod względem warunków fizycznych i odżywczych mniej korzystne dla rodu jaszczurek siedliska zajęła żyworodka, której młode przychodzą na świat w stanie małych, rozwijających się w jajowodach matki, jaszczureczek. Wyzyskała żyworodność dla opanowania siedlisk niedostępnych dla zwinki i usunęła się. Zwinka prowadzi nadal czynną konkurencję, zjadając bezlitośnie młode żyworodki o ile trafią się na jej terenach.

Niemniej ciekawy przykład odsunięcia się bliskiego gatunku w inne siedliska dostarczają nam żaby, wodna *(Rana esculenta)* i trawna *(R. temporaria)*. Pierwsza żyje w zbiornikach śródlądowych lub w ich bezpośrednim co najwyżej sąsiedztwie, nie oddalając się przy dostatecznej wilgoci i cieple więcej niż na kilka skoków. Druga wypędzana jest stale przez żabę wodną ze zbiorników, tak że najczęściej spotkać ją można po łąkach wilgotnych i w cienistych miejscach lądu. Obie mają zbliżony zasięg geograficzny, ale nigdy razem w tym samym zbiorniku nie występują. Stwierdzono jednak, że żaba trawna może dłuższy czas przebywać w wodzie, w zbiornikach, gdzie nie ma jej śmiertelnego wroga — żaby wodnej. Na rozród i rozwój żaba trawna musi jednak powracać do wody. Jej rozwój odbywa się w zasadzie w tych samych zbiornikach co i żaby wodnej. Ale wypada jednak wczesną wiosną, w połowie marca, w zimnej jeszcze wodzie, kiedy to bardziej od niej ciepłolubna żaba wodna, której rozród przy-

pada bez mała dwa miesiące później, zagrzebana jest jeszcze w mule stawów. W ten sposób przez izolację sezonową zabezpieczone jest niemieszanie się gatunków. Właściwości fizjologiczne żaby trawnej, w szczególności jej większą odporność na zimno i zmniejszona wilgotność powietrza umożliwiły jej opanowanie pewnych siedlisk lądowych, do czego, jak się zdaje, zmusiła ją pośrednio silniejsza jej konkurentka — żaba wodna.

Z przykładami podobnymi spotykamy się powszechnie w naturze, zwłaszcza obserwując życie gatunków bliskich pokrewnych, które w związku z tym najczęściej zajmują bądź inne stanowiska w życiu podobnych zespołów, bądź też inne siedliska. Zazwyczaj słabszy, spychany przez silniejszego z tych czy innych względów, musi szukać innych miejsc albo po prostu ulega mu w walce, jak o tym świadczą przytoczone oraz liczne inne przykłady. Tak wyciesnił szczur wędrowny szczura domowego *(M. rattus)*, którego zwalczał czynnie, po prostu zagryzając go. (Rys. 61).

Rys. 61. Szczur wędrowny czynnie konkuruje z domowym, zagryzając go

Wzajemnie nie znoszą się niedźwiedź szary (grizzly) i czarny (baribal) w górach zachodnich Stanów Zjednoczonych, jaguar i puma w Ameryce etc. Taka konkurencyjna silna walka cechuje w szczególności kręgowce, które wymagając dla siebie znacznej przestrzeni i obfitego najczęściej pokarmu „spychają się" bardzo energicznie. Po tej

drodze w zasadzie szła też ich ewolucja ekologiczna. W mniejszym jak się zdaje stopniu przejawy takiej czynnej konkurencji widzimy u bezkręgowców, np. owadów, z racji olbrzymich zapasów pokarmowych, jakich dostarcza im, zwłaszcza na lądzie, szata roślinna, większej specjalizacji pokarmowej i mniejszej wymaganej dla siebie przestrzeni. Ale i tu z nią się spotykamy: czarny karaluch wschodni (*Blatta orientalis*) ma wypierać np. prusaka (*Phyllodromia germanica*), o ile razem z nim się trafia. Tak samo w wodach wschodni długoszczypcy rak *(Astacus leptodactylus)* zwycięsko konkuruje z rzecznym *(Afluviatilis),* wypierając go z wód miejscowych.

Przytoczymy jeszcze jeden ciekawy przykład konkurujących z sobą gatunków, gdzie silniejszy spycha słabszego, ale w związku z rozległością siedliska i obfitością zasobów nie wytrzebia go całkowicie, zmuszając jedynie do zajęcia nieco innego stanowiska w życiu zespołowym. Wilk zwykły i pies stepowy czyli kujot *(Canis latrans)* są bliskimi konkurującymi z sobą gatunkami. Ale wilk jest silniejszy. Oba żyją obok siebie na rozległych, stepowych obszarach Stanów Zjednoczonych. Wilk napada zimą na bizony, a latem żywi się myszami i susłami, atakując także borsuki i swych konkurentów — psy stepowe. Te znów poza myszami i susłami zmuszone są odżywiać się także owadami, np. szarańczakami, i ulegają w walce z wilkiem. Za to w stosunku do lisa pies stepowy okazuje się silniejszy, pokonywa go w walce bezpośredniej i zajmuje po nim nory. Powyższy przykład jest pouczający z tego również względu, że zbliża nas do tych łańcuchowych zależności odżywczych zwierząt walczących z sobą i konkurujących o pokarm, z jakimi powszechnie spotykamy się w przyrodzie, i co w zasadzie tworzy istotną treść gospodarki odżywczej życia zespołowego.

ROZRÓD I MIEJSCA GNIAZDOWANIA

Szata roślinna jest nie tylko spiżarnią dla zwierząt, w której znajdują pokarm, nie tylko siedliskiem, gdzie chronią się przed wrogami i terenem, gdzie poruszają się oraz mniej lub więcej stale bytują. Jest także dla wielu z nich środowiskiem rozrodczym, siedliskiem, gdzie rozmnażają się i zakładają swe gniazda. Specjaliści roślinni spośród owadów bardzo często uzależnieni są od jakiejś poszczególnej rośliny oprócz odżywiania się także i rozrodem, bowiem na niej, względnie w jej tkanki, składają jaja. U zwierząt wyższych miejsce gniazdowania wiąże zwierzęta najczęściej nie tyle z jakąś poszczególną rośliną, ile raczej z pewnym typem roślinności, z zespołem względnie formacją roślinną. Ptactwo błotne i wodne potrzebuje mokradeł jako miejsc gniazdowania; perkoz zakłada gniazdo wśród rzadkich trzcin jeziornych wprost na wodzie; skowronki na polach i równinach trawiastych; pokrzewki, muchołówki, rudziki i słowiki potrzebują zarośli krzaczastych; czaple, gawrony i wrony — drzew wysokich; sikory, szpaki, dzięcioły i liczne inne ptaki leśne — zwane dziupłakami, gnieżdżą się tylko w dziuplach etc. Wyjątkowo tylko wiążą się ptaki z jakimś poszczególnym gatunkiem roślinnym, jak pewne sowy, dzięcioły i mucho-

Rys. 62.
Pływające gniadzo perkoza pośród rzadkich trzcin jeziornych.
Według Boubiera

łówki, zakładające gniazda w wielkich kaktusach *(Cereus giganteus)* z pustyń Aryzony i razem z innymi bytującymi tam zwierzętami stwarzają charakterystyczny bardzo dla tych jałowych terenów „zespół wielkiego kaktusa", dokładnie zbadany przez amerykańskich ekologów. Naj-

Rys. 63.
Gniazdo siewki rzecznej (z czterema jajeczkami) na żwirowisku przyrzecznym

częściej jednak sam typ roślinności, a więc las, zarośla, step, łąka, mokradło, pole lub nawet poszczególne piętra pionowe w zespole wielowarstwowym odgrywają decydującą rolę u kręgowców, zwłaszcza u ptaków w wyborze miejsca gniazdowania. Te czynniki raczej należy wysunąć przed warunkami fizycznymi środowiska. Stwarzają one całość siedliskową, na jaką kręgowce są szczególnie czułe

w okresie rozrodu, przejawiając wtedy *konserwatyzm ekologiczny* na ogół znacznie większy niż w okresie życia wegetacyjnego.

Rys. 64. Gniazdo trzcinnika wśród oczeretów

Istnieją więc rozmaite typy ekologiczne zwierząt w zależności od *miejsca gniazdowania* albo rozrodu, które, uwzględniając pionowy układ siedlisk, prowizorycznie można podzielić przynajmniej na 6 kategoryj. Formy rozradzające się:

1. pod ziemią,
2. na gołej ziemi (rys. 63),
3. w warstwie traw i ziół (rys. 64),
4. wśród krzaków i zarośli,
5. na gałęziach drzew (rys. 65),
6. w szczelinach i dziuplach.

Rys. 55.
Gawrony zakładają gniazda zbiorowe na wysokich drzewach

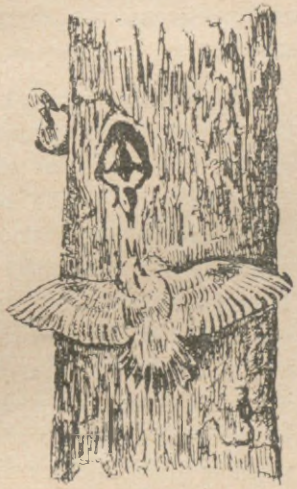
Związane w okresie rozrodu z pewną warstwą pionową gruntu lub roślinności zwierzęta poza tym okresem w poszukiwaniu żeru często rozpraszają się po innych warstwach lub siedliskach, stając się wtedy składnikami innych piątr czy nawet innych

zupełnie zespołów. Wówczas staje przed ekologiem problem zakwalifikowania gatunku do tego czy innego siedliska lub zespołu. Pod tym względem należy pamiętać, że za przynależnością zwierzęcia do zespołu przemawia wprawdzie przede wszystkim miejsce rozrodu jako szczególnie ważne dla samego gatunku, ale także znać trzeba teren żerowania, siedlisko, gdzie zdobywa pokarm w tym czy innym okresie życia, co wiąże dane zwierzę z innymi organizmami w zespołowe łańcuchy odżywcze. W analizie ekologicznej wszystkie te fazy życia powinny być uwidocznione.

WALKA O MIEJSCE I POKARM W OKRESIE ROZRODU

Niemniejszą konkurencję niż poszczególne gatunki prowadzą często ze sobą osobniki jednego gatunku. Niekiedy jest ona bierna jak u gąsienic obok siebie konsumujących liście tej samej rośliny. W innych razach, jak zwłaszcza u kręgowców, może przybierać formę bardziej aktywną. Ptaki w okresie rozrodu są ciekawym przykładem takiej właśnie walki o teren i pokarm, jaka ujawnia się wówczas miedzy poszczególnymi parami. Jest to walka przede wszystkim w obrębie gatunku. Całe zachowanie się ptaków w okresie rozrodu zmierza ku izolowaniu się, co można uważać jak gdyby za pierwsze stadium tego okresu. Zależnie od gatunku przestrzeń wymagana przez parę jest bardzo rozmaita. Czajki potrzebują dla siebie zaledwie kilkunastu metrów. Jeszcze mniej wymagają ptaki morskie, gnieżdżąc się na urwistych skałach sąsiadujących z bogatym w pokarm morzem. Natomiast wielkie ptaki drapieżne potrzebują nieraz wielu kilometrów kwadratowych. Ekologicznym uzasadnieniem takiej izolacji par ptasich w okresie lęgowym na danym obszarze jest potrzeba posiadania określonego terenu łowów dla zabezpieczenia pokarmu nowopowstającemu po-

koleniu. Nawet małe ptaszki izolują się w okresie lęgowym, bo zużywają bardzo dużo pokarmu. Obliczono, że para sikor i jej potomstwo corocznie zjadają co najmniej 1½ cetnara owadów (łącznie z jajami i gąsienicami). Na mniej lub więcej jednostajnych ale rozległych siedliskach rozmieszczenie par jest dosyć równomierne. Gdzie indziej mniej równomierne, zawsze jednak z dostosowaniem się do warunków lokalnych. Badania E. Howarda, który zagadnieniu temu poświęcił całą książkę (Territory in Bird Life, London 1920), wskazują, że walka przybiera formy nieraz bardzo ostre. Nawet śpiew ptaków w tym okresie ich życia wydaje się być jednym z pomocniczych środków walki ostrzegając inne ptaki, że teren dany jest już w ich posiadaniu.



Rys. 66. Para dzięciołów zielonych walczy z pstrym o dziuplę. Rysunek według fotografii E. Howarda

Walka o przestrzeń, ściślej mówiąc o pokarm, tak bardzo wyraźnie zaznaczona u ptaków w okresie lęgowym, jest jednym z przejawów konkurencji, jaką prowadzić musi gatunek nie tylko z innymi gatunkami o podobnych obyczajach odżywczych, ale może nawet w jeszcze silniejszym stopniu z osobnikami tego samego gatunku, o identycznych w zasadzie stanowiskach zespołowych czyli tzw. niszach ekologicznych. W zasadzie opiera się na tych samych przesłankach co konkurencja międzygatunkowa, ale w pewnych razach, jak w okresie lęgu i u niektórych gatunków, może być szczególnie silna.

WSPÓŁZALEŻNOŚCI INTRASPECYFICZNE: EKOLOGIA ROZRODU

Wiemy już, że do czynników biotycznych zaliczyć trzeba i te ciekawe zależności osobników, jakie dają się obserwować w obrębie gatunku pomiędzy przedstawicielami różnych płci, samcami i samicami, konieczne dla realizacji rozrodu. Odgrywają one dużą rolę w ekologii zwierząt.

Nowoczesna genetyka dowiodła, że płeć, podobnie jak i inne cechy, jest przekazywana dziedzicznie dzięki istnieniu chromosomów płciowych. Mechanizm ten sprawia, że najczęściej liczba samców i samic jest w przyrodzie mniej lub więcej jednakowa, oscylując stosunkowo nieznacznie, w zależności od warunków i obyczajów płci. Tymczasem z ekologicznego punktu widzenia ważnym jest stwierdzenie, że u wielu gatunków, zwłaszcza poligamicznych, do utrzymania dostatecznej liczebności gatunku, w każdym razie powyżej stanu ilościowego krytycznego, wystarcza znacznie mniejsza liczba samców niż istnieje ich w przyrodzie. Jeden bowiem samiec może zapłodnić większą liczbę samic. U królików stwierdzono np. że jeden samiec jest w stanie zapłodnić w przeciągu doby 40 samic.

Pomimo pozornej równowagi płci, jest więc w przyrodzie najczęściej nadmiar samców dla rzeczywistych potrzeb zachowania dostatecznej liczebności gatunku. To pociąga niemal powszechne zjawisko takiej czy innej *rywalizacji samców* o posiadanie samicy, zjawisko nadto zaakcentowane przez dużą na ogół rezerwę ze strony samicy, której opór płciowy wypada samcom przezwyciężać, w takiej czy innej postaci. Stąd najrozmaitsze zachowania się samców w okresie poprzedzającym bezpośrednio rozród, w okresie zabiegów o samicę. Epigamiczne takie oby-

czaje odgrywają na ogół dużą rolę w życiu zwierząt i są szczególnie ciekawym zjawiskiem dla obserwatorów życia zwierząt.

Owady społecznie żyjące, mrówki, pszczoły, termity, odbywają rójki godowe dookoła wyniosłych przedmiotów w pobliżu rejonu ich gniazd. Także ślepaki wyszukują w tym celu wyniosłych przedmiotów. Samce muchówek *Hilara maura* gromadne gody odbywają ślizgając się po powierzchni zbiorników wód stojących, podczas gdy samiczki siedzą wtedy na sitach i roślinności wodnej, przygodnie kopulując z upatrzonymi, zbliżającymi się do nich samczykami. Znane powszechnie są roje samczyków ochotek (Chironomus), krążące latem dookoła przedmiotów wyniosłych, nawet ruchomych, towarzyszące np. idącemu człowiekowi. Wczesną wiosną, podczas dżdżystej najczęściej pogody „tańczą" w powietrzu chmurki samczyków zimieni (Trichocera). Muchówki pokojowe odbywają swe gody zbiorowe najczęściej pod wiszącymi u sufitu lampami. Także u zwierząt wyższych spotykamy się często z przykładami takiego epigamicznego zachowania się. Myśliwym zwłaszcza dobrze są znane tokowania ptaków, bekowanie jeleni etc. etc.

Z ekologicznego, a w szczególności zespołowego punktu widzenia obyczaje te są ważne, bowiem nie tylko sprzyjają gromadnemu skupianiu się osobników jakiegoś gatunku, podnosząc w pewnych miejscach gęstość zasiedlenia do maksymalnej, ale niejednokrotnie wyprowadzają skupienia takie poza rejon normalnego dla gatunku siedliska odżywczego. Często bardzo dla rozrodu przenoszą się zwierzęta w inne siedliska, zahaczając, zazębiając się o inne już zespoły, gdzie padają ofiarą drapieżców, nieraz specjalnie na nie polujących w tym okresie godów. W taki sposób ujawniają się ciekawe związki zespołów

życia, które na pozór nie wiele mają z sobą wspólnego. Polują więc z lotu jaskółki brzegówki na jętki, odbywające swe rójki godowe w pobliżu rzek. Na tundrze rójki komarów, nieraz z dala od miejsc wylęgu, stają się jednym z głównych źródeł pokarmu dla drobnych ptaszków owadożernych. Z „Jawy" Siedleckiego przypominam sobie obrazek rójki termitów nad wysokim drzewem, z latającymi w pobliżu dwoma ptakami i kilkoma nietoperzami, zawzięcie chwytającymi te owady, normalnie bytujące w gniazdach, ale odbywające swe gody w powietrzu.

Badanie warunków ekologicznych, koniecznych dla urzeczywistnienia rozrodu (spotkanie się płci, zabiegi o pozyskanie samicy, rójki, wędrówki rozrodcze w inne siedliska etc.) jest ważne, ponieważ zjawiska odnośne wraz z płodnością czyli presją życiową w znacznym stopniu decydują o trwałym zadomowieniu się gatunku w danym siedlisku.

PŁODNOŚĆ I BIOTYCZNY POTENCJAŁ GATUNKU

Płodność zwierząt jest bardzo rozmaita. Są takie, które jak słoń rodzą zaledwie jedno młode na kilka lat, inne przeciwnie składają nieustannie jajeczka, tak że liczba ich w ciągu roku może sięgać wielu milionów. Szczególnie znane są z tego pasożyty wewnętrzne a pośród kręgowców liczne ryby, np. śledź, dorsz i in. Jeżeli porównamy sposób życia zwierząt oraz ich stadia rozwojowe, to się okaże, że płodność jest na ogół proporcjonalna do szans niszczenia osobników w wieku młodocianym; im bardziej jajeczka, stadia rozwojowe względnie larwalne narażone są z tych czy innych względów na zgubę, wszystko jedno czy przez fizyczne siły przyrody, czy też przez inne organizmy, tym bardziej wzrasta płodność zwierząt, kompensując w ten sposób straty, jakie następują w związku z przepadaniem osobników. Gdyby bo-

wiem płodność nie wyrównywała strat, gatunek niewątpliwie wyginąłby, co wielokrotnie w biegu rozwoju życia na ziemi miało miejsce. W tym tylko sensie rozumiana być może zasada zharmonizowania strat z płodnością, nie zaś w sensie jakiejś innej zależności przewidującej, np. potrzebę zachowania gatunku. Spośród gatunków narażonych w swym życiu przeważnie młodocianym na duże straty mogły utrzymać się jedynie te, które straty wyrównywały płodnością. Sama zaś płodność jest cechą w znacznym stopniu dziedziczną, będącą wyrazem presji życiowej, zdolności organizmu do tworzenia w danych warunkach podobnych do siebie organizmów.

Ponieważ jednak początek nowemu stworzeniu dają z reguły dwa osobniki, samica i samiec, które muszą się spotkać i zapłodnić, a także z racji tego, że składanie jaj czyli właściwy przejaw rozrodu może odbywać się rozmaicie często u różnych zwierząt, nadto czas trwania rozwoju do stadium dojrzałego, które może się dalej rozradzać, jest różny zależnie od gatunku; w praktyce miernikiem siły życiowej gatunku jego presji jest tzw. *potencjał biotyczny*, uwzględniający obok samej płodności także i powyżej przytoczone a niemniej ważne czynniki, wpływające na zdolność powiększania liczby osobników. R. N. Chapman, który pojęcie to w szczególności wysunął, określa je jako wewnętrzną siłę rozrodczą i siłę przeżywania, ujawnianą przez organizmy w ich środowisku.

Płodność ściśle biorąc jest częścią potencjału biotycznego, jedną z jego składowych i mierzy się iloczynem f. s. gdzie f odpowiada ustosunkowaniu się liczebnemu płci do siebie, s — liczbie jaj złożonych. Jeżeli na przykład pewna mucha [1]) składa naraz maksymalnie 480 jaj, a liczba jej samców i samic w przyrodzie jest mniej lub więcej jedna-

[1]) Chodzi o muchę serową (Piophila casei).

kowa czyli f = 0,5, należy więc tę cyfrę 0,5 przemnożyć przez 480, co uczyni 240. Ponieważ czas trwania pokolenia u tej muchy wynosi przeciętnie 12 dni, może dać ona przez rok około 30 pokoleń, czyli sprowadzając płodność do tej jednostki czasu w praktyce najczęściej uwzględnianej, otrzymamy teoretyczną cyfrę 240^{30} możliwą liczbę osobników wyrażających potencjał biotyczny tej muchówki. Jest to jej presja życiowa albo rozrodcza, która nadaje się w szczególności do mierzenia biologicznego (ekologicznego) *oporu środowiska* jaki dany gatunek normalnie spotyka w przyrodzie, oporu przejawiającego się w naturalnej śmiertelności wobec fizycznych czynników środowiska i niszczycielskiej — wobec osobników danego gatunku — akcji drapieżników i pasożytów. Różnica pomiędzy teoretycznym potencjałem rozrodczym (biotycznym) gatunku a ilością jego osobników spotykaną w przyrodzie jest więc ważnym miernikiem ekologicznym działania niszczących sił tak fizycznych jak i biotycznych nastawionych przeciw danemu gatunkowi. W normalnej walce życiowej gatunku, zarówno przy opanowywaniu przezeń nowych siedlisk i zainstalowywaniu się w nowych zespołach jak w zmieniających się nieustannie już istniejących, pojęcie biotycznego potencjału ma szczególną doniosłość. Decyduje ono wprawdzie nie o wyglądzie zwierzęcia, lecz o jego liczebności, a więc o prawdziwej sile, tak w warunkach normalnych jak i nowych.

WSPÓŁZALEŻNOŚCI INTRASPECYFICZNE: ŻYCIE GROMADNE

Odrębną kategorię czynników biotycznych stwarza życie gromadne w obrębie gatunku. Obserwując gęstość zasiedlenia różnych gatunków w przyrodzie spotykamy się często z większymi skupieniami ich osobników, co można

nazwać gęstością wyższą w stosunku do gęstości przeciętnej, siedliskowej albo ekologicznej. Takie zagęszczenia osobników pewnego gatunku mogą mieć rozmaite przyczyny. Mogą być oparte na instynktach społecznych, specyficznych dla pewnych zwierząt, jak w stadach antylop, jak u ptaków budujących gniazda kolonialne (gawrony, czaple), odbywających wędrówki zbiorowe lub u owadów tworzących społeczeństwa. Kiedy indziej są one następstwem przyczyn zewnętrznych i z przejawami popędu socjalnego niewiele mają wspólnego. Rozmaite czynniki ekologiczne mogą je wywoływać. Więc w wodach pelagicznych spotykamy często skupienia jednogatunkowe licznie rozrodzonych osobników, nagromadzone prądami. U zwierząt osiadłych, jak pąkle i omułki, takie masowe skupienia są powszechnym zjawiskiem, wywołanym potrzebą podłoża i podobnymi warunkami środowiska płynnego. Na lądzie miejsca wilgotne i cieniste skupiają niejednokrotnie większą ilość form hygrofilowych (stonogi, mięczaki). W innych znów razach zagęszczają zasiedlenie zasoby pokarmu, np. owady zlatujące się do kwiatów lub trupojady, ściągnięte przez rozkładający się, cuchnący trup zwierzęcia. W jeszcze innych gromadzą się osobniki w bezpiecznych miejscach wspólnych noclegów (samce błonkówek z rodzaju Sphex, nietoperze, kalongi, ptaki) lub zimowisk. Przy czym, w tych ostatnich przypadkach, nieraz trudno zdecydowanie orzec czy działają wyłącznie przyczyny ekologiczne, czy także i psychiczne popędy w postaci instynktów socjalnych.

Nowe zupełnie światło na skupianie się zwierząt, na gęstość zasiedlenia gatunkowego rzucają badania amerykańskiego ekologa Allee, który sprawom gromadnego życia zwierząt poświęca obszerny tom (Animal Agregations, Chicago 1931). Udowadnia on na podstawie całego szeregu doświadczeń nad najrozmaitszymi zwierzętami,

że niedostateczne skupienia osobników nie są korzystne fizjologicznie, mogą wpływać hamująco na funkcje i powodować nawet wyższą śmiertelność, choć w większości przypadków bezpośredniej przyczyny zjawiska nie można było uchwycić. Takie niedostateczne skupienia osobników na pewnej przestrzeni mogą być niekorzystne także i ekologicznie, chociażby przez to, że zmniejszają szanse spotkania się płci. Podobnie niekorzystnie fizjologicznie i ekologicznie może działać nadmierne zagęszczanie się osobników, zwłaszcza przy niewystarczających zasobach pokarmu. Może się wtedy zdarzać u zwierząt niższych nawet pożeranie jaj, względnie stadiów młodocianych przez okazy dorosłe, jak u ryjkowca *Tribolium confusum*, badanego pod tym względem przez Chapmana. Wywołują takie nadmierne skupiania się osobników często potrzebę wędrówek odżywczych dyspersyjnych, wyrównywających gęstość zasiedlenia, jak np. u ważek, jak u naszych i tropikalnych ptaków leśnych w ruchliwych stadkach przenoszących się z miejsca na miejsce, jak u lemingów etc. W ogóle najlepsze efekty zarówno fizjologiczne jak i ekologiczne daje gęstość optymalna dla gatunku, nie za mała i nie za wielka.

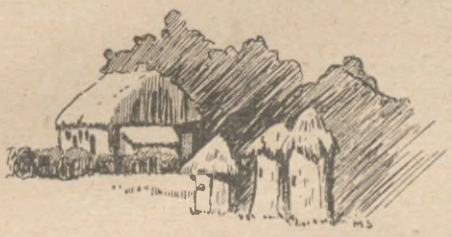
Allee wysuwa niezwykle ciekawą i ponętną hypotezę, że tylko takie fizjologicznie i ekologicznie korzystne ilościowo skupienia osobników stwarzają warunki sprzyjające ewolucji w bardziej złożone społeczne typy organizacyj, jakie widzimy np. u owadów społecznych. Dobór naturalny mógł z biegiem czasu skutecznie działać na te pierwotnie luźne skupienia, ujawniające jednak wyraźne dla gatunku korzyści.

Gromadne życie czyli zagęszczanie się osobników jednego gatunku ważne jest zwłaszcza z punktu widzenia zespołowego, stwarzając zgoła inne możliwości niż życie indywidualne albo rozproszone. Jeżeli zbliża się do opty-

malnego, daje gatunkowi przewagę nad gęstością niedostateczną, ujawniającą się w słabej presji witalnej, a także i nad gęstością nadmierną, przy której działać już mogą automatycznie czynniki samoregulujące przeciwstawne, zmierzające do zredukowania nadmiernej liczebności, najczęściej groźne dla gatunku (brak pokarmu, drapieżcy, pasożyty, epidemie etc).

SPOŁECZEŃSTWA OWADÓW

Dla zilustrowania życia społecznego zwierząt poświęcimy kilka uwag ogólnych pszczołom, osom, mrówkom i termitom — owadom społecznym, tworzącym olbrzymie nieraz skupienia rodzinne, liczące tysiące a niekiedy nawet miliony osobników, jak u termitów. Zewnętrznym, szczególnie znamiennym przejawem tych zrzeszeń socjalnych, to nie tylko wielka liczba składających je osobników, ale i polimorfizm czyli różnokształtność w związku z rozmaitymi pracami wykonywanymi w społeczeństwie. Budownictwo także w dużym stopniu wysuwa się na przodujące miejsce, choć ściśle mówiąc nie stanowi ono jakiegoś szczególnego kryterium życia społecznego; kryterium tym jest *popęd społeczny* — powinowactwo socjalne, wyróżniające owady społeczne od gatunków samotnych.



Rys. 86. Pasieka włościańska. Według Siedleckiego

Z tym socjalnym kryterium wiąże się możność wzajemnego rozpoznawania się osobników tworzących społeczeństwo. Dokonuje się ono z pomocą wrażeń węchowych,

a ściślej topo-chemicznych, które osobniki otrzymują przez dotyk czułkami, gdzie zlokalizowane są odpowiednie narządy zmysłów. Doświadczenia ustaliły, że owady społeczne nie przyjmują do siebie obcego, nie należącego do ich rodziny osobnika. Najwidoczniej dlatego, że inaczej go czują. Jeżeli jednak uprzednio obcym osobnikom udzielimy zapachu przez spryskanie ich sokami z roztartych osobników danego gniazda, wówczas przyjęte zostają jako swoje.

Choć pozornie społeczeństwa owadów przedstawiają najwyższy etap rozwoju socjalnego w państwie zwierzęcym, to jednak porównane z przejawami życia społecznego u ptaków i ssaków, a zwłaszcza z życiem społecznym ludzkim, wykazują zasadnicze różnice, które nakazują uszeregować je w inną i jak gdyby nieporównywalną skalę. Cechuje je przede wszystkim sztywność i automatyzm, wynikający z wyłącznie niemal instynktownych czynności, jakie powszechnie cechują świat owadów. Nadto istnieją zasadnicze różnice ze względu na samą genezę zjawiska społecznego u owadów.

„W państwie ludzkim jest zwykle większa ilość rodzin, które mogą się mieszać i krzyżować, nawet mimo srogich zakazów. U owadów każde państwo to jedna tylko rodzina; rozród może przez całe pokolenia odbywać się w obrębie tej samej rodziny, tak że obce cechy wcale nie mogą dostać się do tego jednolitego rodu. Jest tu więc zachowana absolutnie czysta rasa, wręcz odmiennie niż to bywa u ludzi.

„Taka obsolutna czystość rasy jest zachowana tylko w państwach owadów; już u zwierząt kręgowych, zwłaszcza zaś ssących żyjących gromadnie, tej czystości rasy stwierdzić się nie da. Nie można też sądzić, jakoby życie rodzinne było zawsze i jedynie tylko pierwszym zawiązkiem życia gromadnego, gdyż są znane gromady zwierząt,

tworzące się bez związków rodzinnych" (Siedlecki M. Państwa zwierzęce).

Szczególnie znamienną cechą społeczeństw owadzich jest zanik u znacznej części osobników czynności rozrodczych czyli wytworzenie się kasty bezpłodnych robotnic; u termitów tworzą je osobniki obu płci. Ich zewnętrzną cechą u mrówek i termitów jest zanik skrzydeł. Funkcje rozrodcze sprawują nieliczne, niekiedy jak u pszczół lub termitów wręcz pojedyncze osobniki — królowe, które zanim przemienią się nie tyle w prawdziwe, obdarzone władzą monarchinie, ile w maszyny do produkcji tysięcy i milionów jaj, uprzednio kopulują z uskrzydlonymi samcami. U pszczół kopulacja jednej królowej odbywa się w locie z jednym tylko wybranym samcem, poczem inne giną, zabite przez robotnice. U mrówek rójka i kopulacja w locie ma miejsce naraz pomiędzy mnóstwem samic i samców, zazwyczaj pod wieczór, kiedy to rodzi się u nich do-

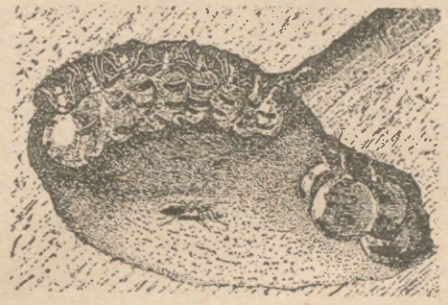
Rys. 68. Wewnątrz mrowiska: w górnych komorach jaja, w środkowej gąsienice, w dolnych poczwarki w kokonach, mylnie „mrówczymi jajami" nazywane. Według Andrégo

datni fototropizm i wszystkie lecą pod słońce. U termitów rójka ma cechy „ślubu", a kopulacja właściwej pary królewskiej następuje dopiero potem, na ziemi w gnieździe.

Polimorfizm tak bardzo znamienny dla społeczeństw owadzich pozostaje w związku z różnorodnymi pracami jakie osobniki wykonują. Jest następstwem podziału pracy i specjalizacji życiowej. Poza funkcją rozrodczą samców i samic, do prac robotnic należy budowa gniazd i plastrów, karmienie i wychowywanie larw, znoszenie pokarmu dla osobników nie opuszczających gniazda, oczyszczanie gniazda i wreszcie obrona społeczeństwa przed wrogami, co u pewnych mrówek i termitów sprawują osobniki bezpłciowe, przemienione w specjalną do tego celu przystosowaną kastę żołnierzy.

Wśród tych rozmaitych prac wykonywanych przez robotnice najważnieszymi są czynności związane z odżywianiem młodego pokolenia. Zdaniem najpoważniejszych badaczy życia społecznego owadów (Wheeler) czynności te najbardziej charakteryzują to życie jako takie. Społeczeństwo owadów to wielka rodzina odżywiana przez robotnice. Ponieważ są one tylko niekompletnie rozwiniętymi samicami, które pomimo polimorfizmu i bezpłodności najwidoczniej nie zatraciły instynktów macierzyńskich, pozornie dziwne, budzące zachwyt wychowywanie młodych w tym oświetleniu wydaje się mniej tajemnicze.

Jak dalece życie społeczne posunęło polimorfizm, dowodzi tego chociażby amerykański rodzaj mrówek Myrmecocystus (Rys. 69), u którego część robotnic przez nagryzienie im za młodu odbytu, który w następstwie takiej operacji zarasta całkowicie, przekształca się w żywe zbiorniki służące do gromadzenia pokarmu w nienormalnie rozdętych odwłokach. Osobniki takie, niby garnki z miodem, siedzą u sklepienia w specjalnych na ten cel przeznaczonych komorach-spiżarniach.



Rys. 69. Przyczepione do stropu mrówki z rodzaju Myrmecocystus, jako zbiorniki pokarmu. Według Cooka

Specjalizacja pracy poszczególnych osobników, zarówno w mrowiskach jak i w gniazdach termitów, a także w rojach pszczelich, jest w zasadzie większa niż się pozornie wydaje. Odkrywa ją dopiero drobiazgowe badanie życia tych odrębnych zupełnie światów jakimi są gniazda społecznych owadów. Tak więc przekonano się, że pszczoła-robotnica przez krótki okres swego życia spełnia kolejno różnorodne funcje zależnie od wieku i możliwości. Po wykluciu się z poczwarki w pierwszych trzech dniach czyści plastry, następnie przez osiem dni zajmuje się karmieniem larw, w dalszych pięciu magazynuje zapasy miodu i pyłku znoszonego przez wylatujące z ula pszczoły, potem dopiero wykonuje loty orientacyjne, a po dwudziestu dniach życia sama rozpoczyna zbieranie pokarmu z kwiatów. Ginie przeważnie śmiercią naturalną po 35 do 50 dniach życia. Specjalizacja pracy jak widzimy wiąże się tu nie tylko z kastami określonymi ale także i z okresami życia poszczególnych kast.

Budownictwo owadów społecznych jest ogromnym rozdziałem w historii ich życia, którymi zajmować się tutaj nie możemy. Wspomnimy jedynie, że budowle tych stworzeń , jako przejaw biotechniki społeczeństwa, są ściśle dostosowane do warunków siedliskowych zwłaszcza terenowych, podobnie jak i inne przejawy ich życia, tworząc typy ściśle sharmonizowane z warunkami ekologicznymi,

o czym już była mowa przy omawianiu wpływu podłoża. Że budownictwo jak i ewolucja całego życia społecznego musiały odbywać się w ścisłej łączności ze środowiskiem, dowodzą tego różne gatunki żyjące dziś po lasach, stepach i polach, na pustyniach, torfowiskach i mokradłach, nawet na drzewach. Krajobrazowo zwłaszcza imponujące są budowle termitów w krajach tropikalnych.

Rys. 70. Olbrzymi kopiec termita australijskiego *Eutermes pyriformis*. Według Saville-Kenta

Ustosunkowanie się do czynników klimatycznych zaznacza się w podziale społeczeństw na *jednoroczne* i *trwałe*. Osy i trzmiele u nas tworzą społeczeństwa jednoroczne. Większość członków rodziny ginie na jesień, pozostają jedynie zapłodnione samice, które zimują, by na wiosnę dać początek nowym społeczeństwom. Ciekawe, że w krajach gorących o klimacie równomiernym, osy i trzmiele tworzą też trwałe społeczeństwa, czynne przez cały okres roku. Nawet zdarza się, że te same gatunki, które i u nas występują, np. szerszenie, w europejskich krajach południowych (powiedzmy w Tyrolu) mogą, w sprzyjających klimatycznie latach tworzyć rodziny trwałe, czynne zimą. Nasuwa się tu analogia z gatunkami ptaków u nas odlatujących na zimę, ale w bardziej południowych miejscowościach, w odpowiednich warunkach termiki i odżywiania, pozostających na miejscu jako formy osiadłe.

Z zespołowego punktu widzenia jakieś poszczególne społeczeństwo owadów zharmonizowane jest oczywiście z kompleksem, który je otacza; wcielone jest niejako w jednostkę biocenotyczną obszerniejszą, w zespół życia. Np. mrowisko w lesie tworzy część składową lasu jako zespołu, ale masowe skupienie osobników, wynoszące u mrówki leśnej przeciętnie 10.000, zorganizowane społecznie, daje mrowisku ogromną przewagę nad osobnikami podobnej skali (rozmiarów) żyjącymi pojedynczo lub rozproszenie. Podobnie rzecz się ma z innymi tworami socjalnymi. Stąd wielkie znaczenie społeczeństw zwierzęcych w ogólnej gospodarce biocenotycznej zespołu, którego tworzą część składową. Ich rola często wysuwa się na dominujące miejsce w zespole.

Rozdział V

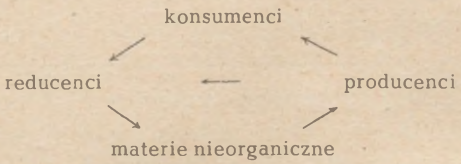
ZASADY ŻYCIA ZESPOŁOWEGO

POJĘCIE I DEFINICJA ZESPOŁU

Wzajemna zależność organizmów od siebie stwarza podstawy dla życia zespołowego. Nie znajdujemy na ziemi takiego miejsca, gdzie organizmy żyłyby niezależnie od siebie. Łańcuchy uzależnień odżywczych skuwają organizmy określonych przestrzeni w jednostki jak gdyby wyższego rzędu, w *zespoły życia* albo biocenozy, w normalnych warunkach pozostające w stanie mniej lub więcej wyraźnej *równowagi biologicznej,* oscylującej wokoło stanu średniego — wyrazu przeciętnych warunków fizycznych i biotycznych danej przestrzeni, danego środowiska. Wszelkie zakłócenia tej równowagi regulowane są automatycznie przez współzależność przeważnie odżywczą poszczególnych członków czyli ogniw zespołu. Stąd ogólna definicja zespołu życia jako takiego naturalnego skupienia organizmów roślinnych i zwierzęcych, które występuje na danej przestrzeni w pewnym określonym składzie gatunkowym i mniej lub więcej zrównoważonym ustosunkowaniu liczbowym osobników poszczególnych gatunków.

Pełny zespół życia czyli pełna biocenoza obejmuje z reguły trzy kategorie fizjologiczne organizmów: producentów (rośliny), konsumentów (zwierzęta) i reducentów (bakterie), które wspólnie zdolne są stworzyć prawdziwą *samowystarczalność,* innymi słowy niezależność odżywczą

zespołu, zgodnie z powszechnie przyjętą zasadą krążenia materii poprzez organizmy:



Brak producentów czyni zespół *niewystarczalnym*, zależnym od zespołów pełnych, gdzie podstawę odżywczą tworzą rośliny. Takimi są wszystkie zespoły w środowiskach ciemnych, a więc w głębinach oceanu, w wodach podziemnych, w jaskiniach, uzależnione pod względem odżywczym od środowisk naświetlonych. Niewystarczalnymi są oczywiście także i wszystkie zespoły zwierzęce w środowiskach naświetlanych, o ile są rozpatrywane oddzielnie, niezależnie od roślin.

Kryterium zasadniczym pojęcia *zespołu zwierzęcego* będzie uzależnienie odżywcze tworzących go członków i pewne, wynikające z pierwotnego uzależnienia od roślin, nawiązanie go do zespołu florystycznego. Jest rzeczą ze wszech miar wskazaną, aby na ogół abstrakcyjne i na początku nieraz trudne do uświadomienia czy przedstawienia sobie pojęcie zespołu zwierzęcego, jako jednostki wyższego rzędu o właściwej sobie gospodarce odżywczej i równowadze, pojęcie wyrażające się w postaci łańcuchów uzależnionych od siebie gatunków, łączących się wraz z roślinami i bakteriami w jeden cykl życia, umieć odróżnić od konkretnego pojęcia *zasiedlenia* zwierzęcego, które oznacza faunę danego środowiska, bez przesądzania wzajemnej zależności poszczególnych jej składników. Zespół zwierzęcy, w odróżnieniu od zasiedlenia zwierzęcego, byłby pojęciem ściśle i wyłącznie ekologicznym, którego

kryterium tworzyłaby zależność odżywcza gatunków, zawierająca coś więcej niż faktyczny stan zasiedlenia danego środowiska.

Przez uzależnienie odżywcze swych członków zespół zwierzęcy, podobnie jak i samowystarczalny zespół życia, obowiązuje stan równowagi biologicznej, która, podlegając oczywiście wahaniom wokoło pewnej średniej, jest jednak stanem normalnym cechującym zespół. Gdy więc na przykład w zrównoważonym zespole zwierzęcym pewne ogniwo, reprezentowane przez określony gatunek, wzrośnie ilościowo, czyli zwiększy się wydatnie liczba jego osobników, również prędzej czy później zwiększy się liczba osobników następnego z kolei ogniwa czyli jego naturalnego wroga. Zależność taka, regulująca się mniej lub więcej automatycznie przez tzw. *fale życia,* warunkuje bardzo skutecznie stan równowagi biologicznej — cechy zasadniczej zespołu. Można to uzmysłowić następującym szeregiem:

1. Warunki sprzyjające rozwojowi danego gatunku.
2. Wzrost liczebny danego gatunku.
3. Wzrost liczebny gatunku wrogiego.
4. Zmniejszenie się liczebne gatunku danego.
5. Zmniejszenie się liczebne gatunku wrogiego.
6. Stan równowagi.

Oscylacje takie mogą być kilkakrotne zanim powrócą do stanu równowagi, mniej lub więcej zbliżonej do poprzedniej, lub też innej w razie ustalenia się nowych warunków.

Zwierzęta osiadłe przytwierdzone modyfikują jednak w pewnym stopniu pojęcie powyższe zespołu zwierzęcego, o czym pouczyć nas może przykład konkretny. Na pogrążonych w wodzie rozmaitych przedmiotach podwodnych, jak pale korzenie, kamienie etc. znajdujemy często

w morzu naszym charakterystyczne skupienia trzech gatunków zwierząt osiadłych: małża omułka *(Mytilus edulis)*, skorupiaka pąkli *(Balanus improvisus)* i mszywioła *(Membranipora pilosa)*. Skupienia tych gatunków nie są czymś obowiązującym dla nich. Przeciwnie każdy z nich zdolny jest do życia samodzielnego i bardzo często tuż obok oddzielnie od innych się spotyka. Jako mikrofagi karmiące się drobniutkimi organizmami wycedzonymi z wody i detrytusem organicznym, organizmy te pod względem odżywczym są niezależne od siebie. Łączy je razem — o ile obok siebie występują — wspólność podłoża, wspólność oparcia potrzebna wszystkim trzem jako jednakowo przytwierdzonym oraz wspólne warunki fizyczne środowiska płynnego. Ściśle mówiąc tworzą luźne zupełnie skupienie gatunków niezależnych od siebie a nie zespół w pojęciu odżywczym. A jednak wspólność podłoża z decydującym tu momentem — osiadłym sposobem życia i zbliżonymi potrzebami warunków fizycznych nakazują skupienia te zaliczyć także do kategorii zespołów zwierząt; tylko nie ruchliwych, gdzie ujawnia się współzależność odżywcza, czyli pożeranie jednego przez drugiego, lecz zbliżonych raczej do zespołów roślinnych, gdzie wzajemne uzależnienie członków, skupionych na miejscu przez warunki fizyczne, wyraża się w walce a ściślej w konkurencji o przestrzeń, skąd czerpią pokarm.

Rys. 70a. Zespół trzech gatunków zwierząt osiadłych: omułka, pąkli i mszywioła

Wśród dwóch członków zespołu, omułka i pąkli, mniej więcej równej siły, o podobnej czepnej powierzchni, jest konkurencja taka bardzo widoczna: na jednych miejscach widzimy zwycięstwo małża, gdzie indziej znów skorupiak zyskuje przewagę nad swym rywalem.

Jeżeli do skupień zwierząt osiadłych, walczących z sobą o przestrzeń, przyłączą się drapieżcy, żerujący na ich ciele, lub komensale korzystający z resztek pokarmu, a także borujące czy świdrujące gatunki, żyjące w szczelinach pancerzy lub w szkieletach zwierząt osiadłych — czego piękny przykład w morzu dostarczają nam rafy koralowe — skupienia takie są już typowymi zespołami i w pojęciu odżywczym. Jako organizmy osiadłe odgrywają one nadto rolę krajobrazową, fizjognomiczną, podobnie jak zespoły roślinne na lądzie.

CZYNNIKI RÓWNOWAGI BIOLOGICZNEJ ZESPOŁU

Jednym z zasadniczych kryteriów życia zespołowego jest niewątpliwie równowaga biologiczna. Równowaga taka najwyraźniej się zaznacza w zespołach końcowych czyli dojrzałych, mniej lub więcej wysyconych życiem, gdzie regulacja następuje nie tyle przez ograniczające fizyczne warunki środowiska, ile przez uzależnienie wzajemne tworzących go żywych składników. W takich to zespołach ogólny obraz życia z roku na rok stosunkowo niewielkim ulegać może zmianom. Jeżeli jednak uwzględnimy na ogół dużą płodność większości zwierząt, a w każdym razie znacznie większą ilość składanych jaj niż osobników zostających przy życiu, wysuwa się odrazu problem głównych czynników niszczących nadmierną ilość rodzących się osobników. Otóż czynnikami tymi z jednej strony są *drapieżcy* i *pasożyty*, z drugiej zaś — *naturalna śmier-*

telność, spowodowana w znacznym stopniu fizycznymi warunkami środowiska i rozmaitą odpornością osobników.

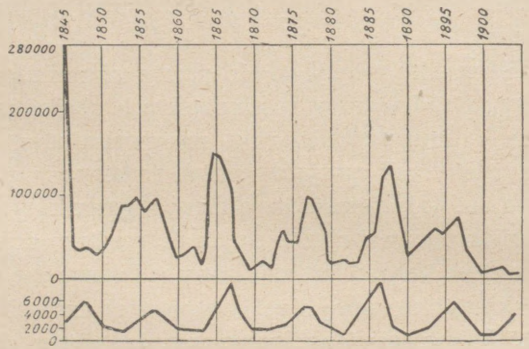
Rola drapieżców i pasożytów w niszczeniu zwierząt jest ogromna i zaznacza się w szczególności w stosunku do najbardziej mnożnych zwierząt. Gryzonie np. znajdują naturalną przeciwwagę dla ich nadmiernego rozrodu w drapieżnych ssakach i ptakach, a owady są tępione masowo przez rozmaite grupy owadożerców (ptaki, ssaki, inne owady).

Niemniej wielką rolę, jako biotyczny czynnik hamujący nadmierny rozród owadów roślinożernych, spełniają owady pasożytne z grup owadziarek, gąsieniczników, muchówek rączyc etc., odbywające rozwój w larwach, poczwarkach a nawet jajach najrozmaitszych gatunków roślinożernych, niszcząc je zanim te dojdą do stadium dojrzałego. Świat ten jest bardzo urozmaicony i liczny, świadczący o nader skomplikowanej sieci hamujących czynników biotycznych. Wystarczy choćby wspomnieć o tym, że jedna brudnica nieparka ma takich wrogów aż 133 (78 błonkówek, 55 muchówek) a sówka chojnówka 80 (70 błonkówek, 10 muchówek) etc. Wreszcie do kategorii tych czynników trzeba zaliczyć i mikroorganizmy chorobotwórcze, bakterie i grzyby, niszczące te zwłaszcza ogniwa biocenozy, które nadmiernie się rozradzają.

Zasadniczo więc regulacja zespołowa przez czynniki biotyczne, sprowadza się do tego, że liczebnie nadmiernie rozradzające się ogniwa stwarzają większe możliwosci rozwojowe także gatunkom wrogim, pasożytom i drapieżcom, które mnożąc się redukują poprzednie ilościowo, sprowadzając je do normy systemem mniej lub więcej oscylacyjnym, przez fale życia, jak to podaliśmy w paragrafie poprzednim.

Drugim ograniczającym nadmierny rozród czynnikiem jest naturalna śmiertelność, wywołana zmianami środo-

wiska fizycznego, głównie czynnikami klimatycznymi, a także i edaficznymi dla organizmów rozwijających się w glebie. Badania nad rozwojem zwierząt dowodzą, że w przyrodzie następuje duża zwłaszcza śmiertelność w okresie młodocianym, wywołana nie tylko zmianami z roku na rok czynników fizycznych, np. meteorologicznych, ale także i rozmaitym stopniem wrażliwości tych



Rys. 71. Wykres ilustrujący wahania ilościowe zajęcy (górna krzywa) i rysi (dolna krzywa) w drugiej połowie XIX wieku. Według danych statystycznych kompanii Zatoki Hudsońskiej (E. T. Seton, The Arctic Prairies, 1912), z Mikulskiego

stadiów rozwojowych na poszczególne czynniki i ich nasilenie, rozmaitą odpornością życiową. Tak więc jaja, gąsienice, poczwarki i stadium dojrzałe bielinka kapustnika inaczej reagują na różne temperatury w granicach od 13° do 26°. Podczas gdy niższe (13°) niszczą gąsienice (96% śmiertelności) na jaja stosunkowo mało działają (6% śmiertelności), wręcz przeciwnie niż wyższe. Jeżeli jednak uwzględnimy ten fakt, że w naturze nieustannie działa splot czynników (temperatury, wilgotności, usłonecznienia etc.), to obraz jasny uzyskany z doświadczenia przez wyizolowanie jednego czynnika skomplikuje się znacznie, bynajmniej zresztą nie umniejszając roli środowiska fizycznego w naturalnej śmiertelności. Z wahań czynników

fizycznych z roku na rok wynikają wahania ilościowe gatunków od nich zależnych, które jednak normalnie nie przekraczają większych rozmiarów, wobec wahania się wokoło pewnej średniej samych czynników, które je wywołują.

Oddzielną rolę spełnia człowiek jako czynnik w ogromnym stopniu zdolny zakłócić równowagę biocenotyczną, ale temat ten rozległy i skomplikowany będzie szczegółowo omówiony w rozdziale VIII.

Analizując więc czynniki równowagi biologicznej w odniesieniu do poszczególnych składników zespołu, możemy je podzielić na *wewnętrzne*, sprzyjające ilościowemu rozwojowi gatunku, uosobione przez potencjał biotyczny czyli jego siłę rozrodczą i odporność życiową, której przeciwstawiają się czynniki *zewnętrzne:* biotyczne, w postaci wrogów naturalnych (drapieżców i pasożytów) oraz naturalna śmiertelność, wywołana zmianami środowiska fizycznego, działającymi zwłaszcza na najbardziej wrażliwe stadia rozwojowe. Oczywiście przy założeniu istnienia pokarmu w dostatecznej dla danego gatunku ilości, w przeciwnym bowiem razie i ten czynnik zewnętrzny działa ograniczająco.

ZASADY KLASYFIKACJI ZESPOŁÓW

Klasyfikować można zespoły z różnych punktów widzenia. Uwzględniając jednak zależność zasadniczą, odżywczą i siedliskową zwierząt od roślin, więc nawet przy badaniach zespołów zwierzęcych jako takich, wychodzimy przeważnie od zespołów roślinnych, które przynajmniej na lądzie tworzą główne tło życia zwierzęcego[1]).

[1]) W wodzie, jak się przekonamy w rozdziale o zespołach środowisk wodnych (VI), punktem wyjściowym klasyfikacji ekologicznej zespołów są działy charakteryzujące się kompleksami mniej lub więcej podobnych warunków fizyko-chemicznych.

Można więc klasyfikować zespoły lądowe na zasadzie ich *fizjognomiki* czyli zewnętrznego wyglądu, uosabiającego w znacznym stopniu cechy ekologiczne albo typy biologiczne organizmów. W stosunku do roślin pierwszy krajobrazowy podział zastosował Humboldt, dzieląc je na 16 grup takich jak palmy, banany, wrzosy, storczyki, kaktusy, pnącza, iglaste, trawy, paprocie, wawrzyny etc. Najdawniejszy ten podział fizjognomiczno-ekologiczny roślinności oczywiście już dziś nie wystarcza, ale zasada podziału według form wegetacji (drzewa, krzewy, byliny, zioła, trawy, pnącza, narosty, tłustosze etc.) pozostała jako zasadniczo uzupełniająca podziały oparte na innych kryteriach.

Drugą podstawą klasyfikacji zespołów roślinnych, tła życia zwierząt jest *klimat*, pozwalający wyróżnić wielkie naturalne klimatyczno-florystyczne strefy życia powszechnie (nazywane formacjami) mniej lub więcej równoleżnikowo rozmieszczone na ziemi, np. parny las równikowy, lasy liściaste, mieszane, iglaste, preria kserofitowa, sawanny, pustynie, tundra etc.

W granicach tych rozległych formacyj klimatycznych powszechnie spotykamy się z bardziej lokalnymi zróżnicowaniami środowiska, wywołanymi w znacznym stopniu przez *czynniki edaficzne* lub topograficzne, stwarzające takie siedliska życia jak błota, mokradła, doliny, skaliste wzgórza, hale wysokogórskie, pobrzeża wód etc., słowem najczęściej mniej rozległe od makroklimatycznych formacyj i zazwyczaj nie strefowo rozmieszczone, ale wyraźnie uzupełniające tamte.

Można wreszcie je klasyfikować na podstawie rozwojowej czyli *sukcesji*, na zasadzie zmian zachodzących w czasie a zmierzających na danym obszarze do pewnego stadium końcowego (climax), zazwyczaj zbliżonego do klimatyczno-floryştycznej formacji rozleglejszej.

Wszystkie te punkty widzenia: krajobrazowy, klimatyczny, fizjograficzny i sukcesyjny właściwie razem uwzględniane tworzą pełną podstawę klasyfikacyjną zespołów. W odniesieniu do życia lądowego w praktyce daje najlepsze wyniki podział na rozległe *formacje* florystyczne, naturalne obszary lądów, a w obrębie tych wyróżnienie *siedlisk*, jako mniej lub więcej jednolitych zespołowo obszarów, zazwyczaj mniej rozległych i uwarunkowanych przez czynniki edaficzno-topograficzne. Dopiero w taki sposób wydzielone jednostki można badać sukcesyjnie, określając ich stadium w szeregu zmierzającym do stadium końcowego. W zasadzie większość siedlisk edaficznych z czasem podporządkowuje się formacji ostatecznej, klimaksowej, w zasięgu której się znajdują. O ile wielkie działy lądu (formacje), przez swój rozmiar, wkraczają już do pewnego stopnia w naturalny podział geograficzny ziemi, bardziej zlokalizowane pojęcie siedlisk i wypełniających je zespołów jest ściśle ekologiczne. Jest to pojęcie *domu* właściwego zwierząt, o mniej lub więcej jednorodnym typie zasiedlenia i zrównoważonej z roślinami gospodarce odżywczej.

W kierunku pionowym siedliska można i trzeba dzielić jeszcze na warstwy pionowe albo *piętra*. Najlepiej widać to w lesie, gdzie mamy warstwę gleby, ściółki, traw i ziół, krzewów i drzew. Warstwy te nie tworzą tam jakichś bardziej zrównoważonych siedlisk odrębnych, lecz zespolają się z sobą w wielopiętrowe siedlisko określonego typu. W siedliskach otwartych, np. na łące warsw pionowych mamy mniej, dwie lub trzy najwyżej. W badaniu lokalnym zespołów pojęciem wyjściowym jest więc siedlisko o jednorodnym mniej lub więcej typie zasiedlenia, zespolone w biocenozę czyli asocjację roślinną z zamieszkującymi ją zwierzętami. Nadrzędnym pojęciem jest formacja ekologiczna, łącząca zbliżone do siebie typami bio-

logicznymi siedliska lub ich stadia rozwojowe, rozmieszczone mniej lub więcej strefowo, o ile warunkują je czynniki makroklimatyczne; nie stosują się w zasadzie do takiego rozsiedlenia, kiedy w grę wchodzą głównie czynniki edaficzne (błota, łąki, osypiska skalne, środowiska wysokogórskie etc.).

W obrębie siedlisk można wyróżnić jeszcze osiedla lub *stanowiska* poszczególnych gatunków albo skupień jedno lub różnogatunkowych ale o podobnym sposobie życia i bytujących obok siebie. Oczywiście nie można tych najniższych działów ekologicznych, podobnie jak i pięter, traktować jako jednostki odrębne, tym bardziej samowystarczalne. Są to składowe części zespołów sharmonizowanych z powyżej zdefiniowanymi siedliskami, to znaczy odcinkami biosfery o mniej lub więcej jednorodnych warunkach fizycznych i typie zasiedlenia, co dowodzi pewnego zrównoważenia biologicznego.

AMERYKAŃSKA TERMINOLOGIA DLA ZWIERZĘCYCH SKŁADNIKÓW ZESPOŁU

Podstawą życia zespołowego zwierząt na lądzie, jak widzieliśmy, są zespoły roślinne, powszechnie przez botaników nazywane asocjacjami. Zgodnie z definicją ustaloną przez Międzynarodowy Kongres Botaniczny w Brukseli (1910), „Asocjacja jest zespołem roślin określonego składu florystycznego, o jednolitej fizjognomii, rosnącym w podobnych warunkach bytowania. Asocjacja tworzy podstawową jednostkę synekologii". Pojęcie to można stosować zarówno w sensie abstrakcyjnym jak i konkretnym, w odniesieniu do poszczególnych wycinków roślinności na której oparte jest pojęcie asocjacji. Ponieważ jednak botanicy ściśle określali terminem asocjacji tylko zespół roślinny, wskazaną przeto jest rzeczą dla pełnego zespołu

ekologicznego, czyli złożonego zarówno z roślin jak i żyjących pośród nich zwierząt, stosować dawniej jeszcze do nauki wprowadzone pojęcie *biocenozy* czyli zespołu życia.

W tak pojętym zespole asocjacja tworzy zgrupowanie roślinności czyli zespół roślinny, który botanicy dzięki terminologii dawniej ustalonej i bardzo szczegółowo wypracowanej, a także dzięki łatwiejszemu badaniu ekologicznemu roślin analizują bardzo dokładnie. Pod tym względem prace ich służyć mogą za wzór dla zoologów, choć wymagają korektury ze względu na ruchliwość zwierząt i inne sposoby odżywiania się. Dopiero stosunkowo niedawno, dzięki pracom głównie amerykańskich zooekologów zwłaszcza Shelforda i V. G. Smitha, wypracowana została szczegółowa terminologia odnośnie składników zwierzęcych zespołów biocenotycznych, którą przytaczamy.

I. Terminologia określająca stosunki przestrzenne oraz zmieniające się w czasie (sukcesyjne).

Szereg (sere) — jest jednostką sukcesji, obejmującą rozwój zespołu od stadium początkowego (initial) do końcowego (elimax).

Stadium końcowe zespołu (climax) — zespół jednolity, zrównoważony z warunkami środowiska, składniki którego są w stanie przeciwstawić się wkroczeniu przybyszów (invaders).

Zespół zwierzęcy (presociety) — zgrupowanie zwierząt, zamieszkujących roślinną asocjację, podporządkowanych dominującym gatunkom roślinnym. Nazwę asocjacji roślinnej nadaje się od dominujących gatunków. Podobnie gatunki dominujące nadają nazwę zespołowi zwierzęcemu (presociety). Zazwyczaj zwierzęca część zespołu jak i asocjacja roślinna pośród której żyje pokrywają większy obszar, zachowując mniej lub więcej jednolity

skład systematyczny, co odpowiada zespołowi końcowemu (climax).

Presocies — odpowiadające presociety, stadium rozwojowe zespołu zwierzęcego, najczęściej mniej rozległe niż presociety. Sukcesyjnie odpowiada subclimax.

Społeczeństwo zwierzęce (animal society) — skupienie niższego rzędu w obrębie presociety. Może być sezonowe, piętrowe, związane z miejscem (np. mrowisko w obrębie lasu).

Animal Socies — stadium rozwojowe animal society.

II. Terminologia określająca strukturę zespołu czyli wzajemne stosunki składników (constituents).

A. Podział określający strukturę, zespołu, oparty na *długości* okresu działalności.

Formy dominujące (predominants) — zwierzęta wysuwające się na czoło swą liczebnością albo wpływem w zespole, spotykane przez cały rok albo przez cały czynny sezon.

Formy sezonowe (seasonals) — liczne albo wpływowe zwierzęta, ale obecne względnie czynne tylko w części roku.

Dominujące okresowo (fluctuating predominants) — dominanty szczególnie ważne w pewnym okresie, w związku z wzrostem liczebnym albo na skutek wzmożonej aktywności.

B. Podział oparty na *wpływie* gatunku w zespole.

Formy wpływowe (influent) — zwierzęta wyraźnie ważne w równowadze zespołu dzięki swej liczebności, skupieniu lub cechom oraz intensywnej działalności.

Wpływowe drugorzędne (subiufluent) — wpływające na życie zespołu ale w mniejszym stopniu niż poprzednie.

Terminologia powyższa, może nieco za drobiazgowa dla naszych potrzeb, pozwala jednak bardzo dokładnie

wniknąć w rolę poszczególnych składników zwierzęcych zespołu, tak w różnych jego aspektach sezonowych jak i w różnych stadiach rozwojowych. Harmnonizuje w zasadzie z terminologią botaników, uwzględnia jednak odrębną naturę zwierząt. Zasadniczym jądrem zespołu zwierzęcego byłyby formy dominujące wpływowe, odpowiadające formom o największej roli zespołowej, a więc najbardziej wpływające na życie innych składników, które wokoło nich się grupują. Terminologia ta nadaje się zwłaszcza przy badaniu rozległych zespołów lądowych, związanych jaknajściślej z asocjacjami roślin, podczas gdy w wodach, zarówno śródlądowych jak i zwłaszcza w morzu, zespoły w mniejszym stopniu wiążą się z rozmieszczeniem ekologicznym roślin, niż z istniejącymi kompleksami podobnych fizycznych warunków; toteż badanie zespołowe zwierząt wodnych na nieco innych opiera się zasadach. Pod względem ilościowym jednak zarówno w odniesieniu do planktonu jak i fauny dennej jest ono bardziej zaawansowane niż na lądzie.

ANALIZA ZESPOŁU ZWIERZĘCEGO

Badanie życia zespołowego zwierząt nie jest rzeczą łatwą. Bowiem pełny, mniej lub więcej zbliżony do rzeczywistości, obraz życia zespołu zwierzęcego jakiegoś siedliska zwłaszcza rozleglejszego możemy uzyskać tylko na drodze syntetycznej, zestawiając te wyniki, jakie daje drobiazgowa analiza zespołu prowadzona pod różnymi kątami widzenia, na różnych jego odcinkach czyli w różnych miejscach, a także w różnych porach doby i roku. Analiza taka wymaga przede wszystkim poznania niejako zewnętrznej strony zespołu czyli składu jakościowego gatunków, ich ilościowego rozmieszczenia, poziomego i piętrowego oraz określenia stopnia przywiązania zespołowe-

go czyli wierności, słowem tego wszystkiego co nazywają fizjognomią, ściślej morfologią zespołu. Początkowa ta strona badania wiąże się z następnym bardziej już ekologicznym podejściem do rzeczy, mianowicie z wyróżnieniem typów ekologicznych, dających materiał do tzw. spektru biologicznego zespołu. Dalej analizujemy zasadniczej wagi ekologicznej kwestię gospodarki odżywczej zespołu, przez jak najdokładniejsze poznanie pokarmu i obyczajów odżywczych poszczególnych jego członków, co daje niezbędny materiał dla rekonstrukcji łańcuchów odżywczych, składających się na ogólny cykl odżywczy. Kwestia ta ściśle wiąże się ze strukturą ilościową zespołu i dominacją w nim pewnych form. Obraz dynamiki zespołu stwarzamy sobie na podstawie danych zbieranych w różnych porach dnia i nocy (zmiany dobowe zespołu), a także w różnych porach roku (aspekty sezonowe). Wreszcie cały materiał wykorzystujemy dla odtworzenia sukcesyjnego stadium zespołu, czyli jego stanowiska w szeregu ewolucyjnym, zmierzającym najczęściej do jakiegoś bardziej zrównoważonego stadium przy ustabilizowanych dla danego miejsca warunkach klimatycznych.

Poznanie *składu jakościowego* czyli gatunkowego jest niejako punktem wyjścia. Od niego rozpoczynamy badanie zespołu. Czynność ta jednak niezawsze jest najprostsza, gdyż wymaga gruntownej znajomości systematyki zoologicznej. W przypadku obszernego zespołu np. lasu, wrzosowiska, litoralu dużego jeziora, obejmującego przedstawicieli licznych grup zwierzęcych, wymaga nieraz współpracy wielu zoologów, specjalistów od grup rozmaitych, którzy jedynie są w stanie bezbłędnie określić gatunki bardziej rzadkie, wobec których zoolog nie wyspecjalizowany w określonej grupie zwierzęcej najczęściej stoi bezradny. Dla ilustracji takiej pożądanej, a niekiedy wprost koniecznej współpracy, można tu wspomnieć że

Shelford, jeden z pionierów badania zespołowego życia zwierząt, w swej obszernej monografii *Animal Communities in Temperate America* (Chicago 1913), dziękuje aż trzydziestu zoologom, którzy określali gatunki różnych grup zwierzęcych w badanych przez niego zespołach okolic Chicago. Zbiorową pracę przy badaniu rozleglejszych zespołów zaleca także i Elton, inny znany ekolog angielski. Zaleca on w szczególności gromadzenie materiałów trzem lub czterem uczestnikom, z których jeden — zajmuje się np. ptakami, drugi — pozostałymi kręgowcami, trzeci — owadami a czwarty — pozostałymi grupami bezkręgowców. Nadto, uwzględniając rolę szaty roślinnej przy badaniu zespołowego życia zwierząt, zawsze wskazaną jest pomoc botanika.

Ostatecznym wyrazem jakościowego badania składu zespołów zwierzęcych są spisy gatunkowe dla określonych środowisk. Spisy te jednak powinny zawierać jak najwięcej danych odnośnie stadiów rozwojowych w jakich gatunki występują i okresów, kiedy zostały stwierdzone.

Dla zespołowego badania samo stwierdzenie występowania gatunku czy jego stadium w tej czy innej porze roku jeszcze nie wystarcza. Trzeba odtworzyć sobie dokładny obraz *rozmieszczenia* poszczególnych gatunków w siedlisku badanym, tak w kierunku poziomym jak i pionowym. o ile jednocześnie w kilku piętrach się spotykają, lub okresowo je zmieniają. Wszystkie te dane muszą być ujęte w cyfry, czyli odzwierciedlać stosunki *ilościowe* rozmieszczenia poszczególnych gatunków na danym, wybranym dla obserwacji, próbnym wycinku zespołu.

Zbieramy dane ilościowe dwojakie: *absolutne, ilustrujące* to, co nazywamy *gęstością zasiedlenia,* a co stanowi ilość osobników jakiegoś gatunku występującą na danej obserwowanej próbnej przestrzeni i *względne,* wyrażające w procentach stosunek liczby osobników danego ga-

tunku do liczby osobników wszystkich gatunków występujących na tej samej przestrzeni. Tą ostatnią wielkość otrzymujemy według wzoru $x = \frac{a\ 100}{b}$ gdzie *a* stanowi liczbę osobników danego gatunku, zaś *b* — liczbę osobników wszystkich gatunków obserwowanej przestrzeni.

Dopiero po takim wstępnym i zewnętrznym niejako zapoznaniu się ze składnikami zespołu przechodzimy do skategoryzowania tego, co można by nazwać *wiernością* wobec siedliska czy zespołu. Chodzi o wyróżnienie gatunków *wyłącznych,* zdolnych do życia trwałego tylko w danym siedlisku; *charakterystycznych* choć już nie wyłącznych, w każdym razie przeważnie występujących w danym siedlisku; dalej niecharakterystycznych dla danego siedliska, gdyż tak samo licznie lub liczniej nawet występujących gdzieindziej; wreszcie obcych — niezdolnych do życia trwałego w danym siedlisku, właściwych raczej innym. Wierność można kwalifikować jako siedliskową albo zespołową, zależnie od tego czy nawiązujemy jej kategorie do czynników siedliskowych, czy też do składników żywych zespołu, czyli stopnia przywiązania gatunków do siebie. Kategorie te są ważne, gdyż pozwalają nam bliżej wniknąć w istotę danego zespołu. Oczywiście dla charakterystyki zespołu, dla akcentacji jego odrębności, mają znaczenie najważniejsze dwie pierwsze kategorie (wyłączne i charakterystyczne), przy czym im występują w większym procentowym ustosunkowaniu, tym bardziej świadczą o odrębności zespołu.

BIOLOGICZNY SPEKTR ZESPOŁU

Znany obserwator życia zwierząt kanadyjskich Ernest Seton Thompson (Life histories of northern animals, 1909) dał nam bardzo ciekawe zestawienie typów ekologicznych zwierząt z trzech wielkich zespołów-formacyj Ameryki

Północnej, mianowicie lasu iglastego, sawanny z rozproszonymi drzewami liściastymi i stepu trawiastego. Różnice najbardziej krańcowe istnieją pomiędzy lasem a stepem, podczas gdy sawanna zajmuje do pewnego stopnia przejściowe stanowisko. Praca Thompsona jako dająca niezwykle przejrzysty obraz stosunków ilościowych może służyć za wzór porównawczej analizy ekologicznej ze-

Aktywność	Piętrowość i inne cechy	gatunki *leśne* w %	gatunki *sawanny* w %	gatunki *stepowe* w %
Rozród	na drzewach	26	10	0
	na ziemi	32	20	30
	pod ziemią	42	70	70
Sposób życia	nadrzewny	26	10	0
	naziemny	68	40	53
	podziemny	6	50	47
Odżywianie się	roślinożerne	53	20	34
	wszystkożerne	21	40	32
	drapieżne	26	40	34
Życie gromadne	społeczne	16	30	47
	częściowo społeczne	26	20	12
	samotne	58	50	41

społów. Oto jej główne wyniki. Na stepie w porównaniu z lasem dominują formy rozradzające się pod ziemią, 70% w stosunku do 42%, co zrozumiałym jest z ekologicznego punktu widzenia ze względu na bezpieczeństwo i potrzebę ukrywania się. Jeszcze większą różnicę w ustosunkowaniu się typów podziemnych na stepie (47%) i w lesie (6%) widzimy w odniesieniu do sposobu życia. Stosunek typów trawożernych, wszystkożernych i drapieżnych na stepach jest mniej więcej jednakowy, podczas gdy w lesie, gdzie niewątpliwie jest mniej gryzoni, widzimy także mniej drapieżców. Wreszcie znacznie więcej gatunków spo-

łecznych czyli stadnych żyje na stepie (47%) niż w lesie (16%), który raczej sprzyja życiu samotnemu.

Praca Thompsona ilustruje to, co nazywamy w badaniu zespołowym *spektrem biologicznym*. Daje obraz liczebny ustosunkowania się rozmaitych typów ekologicznych do warunków siedliskowych w jakich żyją. Daje możność ekologicznego porównania odrębnych zespołów. I choć odnosi się tylko do ssaków może służyć jednak za wzór tego rodzaju badań.

Botanicy dla charakterystyki zespołów roślinnych oddawna posługują się spektrami form biologicznych czyli typów ekologicznych, które najlepiej wyrażają ustosunkowanie się do otoczenia. Pojęcie formy życiowej wprowadził do nauki Warming, dzieląc wszyskie rośliny na hydrofity, mesofity, kserofity i halofity, biorąc jako zasadnicze kryterium podziału ustosunkowanie się rośliny do wody w glebie, a w stosunku do ostatniej kategorii także soli. W obrębie tych wyjściowych kategoryj wyróżnia on formy wzrostowe: zioła, trawy, krzewy, drzewa. Nowsze klasyfikacje ekologiczne, jak znana nam już Raunkiaera, biorą jako podstawę sposób ochrony pączków przed klimatem. Najnowsza Braun-Blanqueta, uwzględniająca różne kryteria, dzieli roślinność na dziesięć następujących typów ekologicznych: 1. *Fitoplankton* — roślinność mikroskopowa wodna; 2. *Fitoedafon* — roślinność mikroskopowa gleby; 3. *Endofity*—porosty, glony, grzyby i pasożyty wewnętrzne; 4. *Terofity* — rośliny jednoroczne; 5. *Hydrofity* — roślinność wodna; 6. *Geofity* — o pączkach ziemnych; 7. *Hemikryptofity* — z rozetką liści i pączków przy powierzchni; 8. *Chamefity* — rośliny powierzchni; 9. *Fanerofity* — rośliny powietrzne; 10. *Epifity* — rośliny nadrzewne.

W ekologii zwierzęcej pojęcie typu biologicznego zasługuje na szczególne uwzględnienie, bowiem przystoso-

wawcza forma życiowa jest tą jednostką, która głównie charakteryzuje składniki zespołowe. Ekologa interesują nie tyle gatunki systematyki, ile właśnie typy biologiczne, wyrażające przystosowanie do warunków zewnętrznych. One przecież najwięcej mówią o zachowaniu się zwierząt, o ich sposobie życia i wyglądzie, o fizjologicznej roli w zespole. Ekologa interesuje więc nie to, czym zwierzę jest, lecz co czyni, jaką spełnia rolę w równowadze zespołowej, w środowisku gdzie żyje.

O ważniejszych typach ekologicznych zwierząt wspominaliśmy już tu i owdzie w rozdziałach poprzednich. Mówiliśmy o typach lokomocyjnych zwierząt wodnych i lądowych w rozdziale pierwszym; o typach klimatycznych w drugim; o typach ryjących pod ziemią przy omawianiu wpływu podłoża; o typach odżywczych przy omawianiu czynników biotycznych, gdzie też wspominaliśmy o różnych kategoriach zwierząt ze względu na miejsca gniazdowania w poszczególnych pionowych warstwach siedliskowych etc. Wszystkie one są ważne dla ekologa, spełniając rolę zasadniczych jednostek, niewątpliwie więcej mu mówiących od jednostek systematycznych czy genetycznych, bowiem „odbijają się w nich jak w lustrze" najważniejsze, dominujące właściwości środowiska, w którym żyją.

Z porównania podobnych pod względem ekologicznym siedlisk czy formacyj, nieraz bardzo od siebie odległych, np. stepów rosyjskich i preryj północno-amerykańskich, Sahary i pustyń australijskich, lasów tropikalnych nad Amazonką i na archipelagu Malajskim etc. przekonujemy się, że zamieszkują je zwierzęta o bardzo zbliżonych typach przystosowawczych, o podobnym ogólnym pokroju ciała, podobnym sposobie życia i obyczajach, choć należą najczęściej do zupełnie różnych grup systematycznych, do innych rodzin, rodzajów, gatunków. Podobne

warunki siedliskowe decydują w tym razie o wyborze względnie ukształtowaniu się podobnych, choć różnych genetycznie typów. Zazwyczaj podobne do siebie typy zamieszkują odpowiadające sobie piętra pionowe w siedliskach wielowarstwowych i jako takie mogą być z sobą porównywane. Spektry biologiczne, zestawiające w ilościowym ujęciu różne typy ekologiczne siedlisk, dają więc możność zarówno głębszej charakterystyki zespołów jak i porównawczego ich badania. O główniejszych typach ekologicznych zwierząt na tle ich siedlisk będzie jeszcze mowa przy charakterystyce zespołów i formacyj lądowych i wodnych (Rozdziały VI i XII).

GOSPODARKA ODŻYWCZA ZESPOŁU

Analiza gospodarki odżywczej jest niejako szczytowym punktem w programie badania zespołu. Jak pełny zespół życia winien posiadać trzy zasadnicze kategorie organizmów, mianowicie producentów, konsumentów i reducentów, tak mniej lub więcej kompletny czy urozmaicony zespół zwierzęcy tworzą rozmaite typy kosumentów, a więc roślinożercy, drapieżcy, saprofagi i pasożyty. Podstawę odżywczą zespołu zwierzęcego tworzą zawsze roślinożercy albo saprofagi. Dopiero ich kosztem żywią się drapieżcy, tymi znów drapieżcy więksi itd. aż do ogniw końcowych, które zwykle nie mają innych wrogów nad pasożyty, człowieka [1]) lub śmierć naturalną. Te ogniwa końcowe

[1]) Taki łańcuch zespołowy, złożony z ogniw zwierzęcych, oczywiście niepełny, bo brak producentów (roślin) i reducentów (bakteryj) i z ekologicznego punktu widzenia i bez zastrzeżeń, poezja ujęła w następującą formę: „Idylla maleńka taka: wróbel połyka robaka, wróbla kot dusi niecnota, pies chętnie rozdziera kota, psa wilk z lubością pożera, wilka zadławia pantera, panterę lew rwie na ćwierci, lwa — człowiek, a sam po śmierci staje się łupem robaka. Idylla maleńka taka...“ (Rodoć).

łańcucha odżywczego są najczęściej ilościowo nielicznie reprezentowane, skrępowane w płodności i wymagają dla życia zazwyczaj znacznej przestrzeni. Stąd w zespole zwierzęcym powstaje charakterystyczne ustosunkowanie się ilościowe każdego z poszczególnych łańcuchów odżywczych w postaci tzw. *piramidy liczbowej*, której podstawę tworzą liczni roślinożercy względnie saprofagi, a szczyt najmniej liczebne końcowe ogniwa drapieżców. Wynika także z tego, że każde następne ogniwo łańcucha odżywczego jest niejako kondensacją życia ogniwa poprzedzającego, złożonego w zasadzie z mniejszych gatunków ale liczniejszych. Łańcuch odżywczy w postaci piramidy liczb tłumaczy także, dlaczego nie może tworzyć go większa liczba ogniw i musi być krótki. Pasożyty o tyle dają przeciwny obraz, że „łańcuchy" przez nie tworzone są w zasadzie jeszcze krótsze niż form wolnożyjących, czyli z mniejszej liczby ogniw złożone i każde ogniwo w stosunku do poprzedzającego składa się z gatunków mniejszych lecz o większej liczbie osobników (pasożyty, hyperpasożyty). Łańcuchy odżywcze i łańcuchy pasożytów są nader znamienną cechą struktury odżywczej zespołów zwierzęcych, tłumacząc nam jednocześnie stosunkowo niewielką liczbę gatunków składających zespoły.

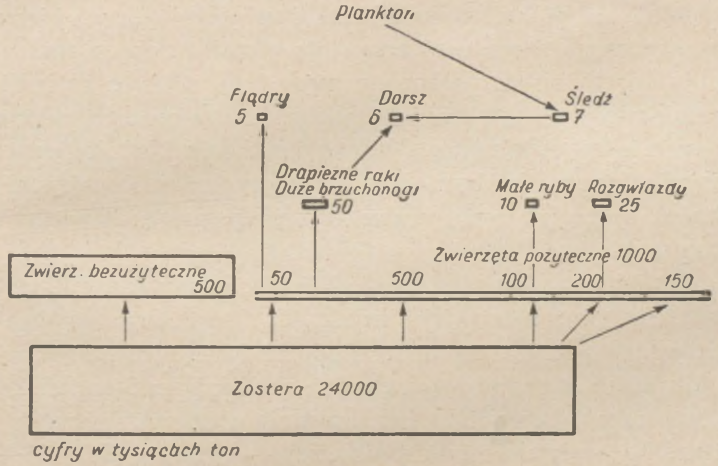
Poszczególne łańcuchy odżywcze danego zespołu, nawiązane do pierwotnych źródeł pożywienia, jakie stwarzają producenci czyli rośliny razem, dają dopiero właściwy *cykl odżywczy*. Wyraża nam cykl taki ustosunkowanie się do siebie poszczególnych typów odżywczych i obieg czyli krążenie materii żywej poprzez organizmy w obrębie zrównoważonej jednostki zespołowej. Znamy schematy takich cyklów odżywczych. Wprawdzie nie są one jeszcze zbyt liczne, ale dla pewnych zespołów zostały już drobiazgowo opracowane. Pani Haviland-

Brindley a także Sumerhayes i Elton dali nam takie cykle dla tundry, amerykańscy ekolodzy opracowali je drobiazgowo dla lasów umiarkowanych i preryj północnoamerykańskich, Kaszkarow i Kurbatow odnośnie kręgowców środkowo-azjatyckiej pustyni Kara-Kum, Hardy dla planktonu M. Północnego, uwzględniając w szczególności odżywianie się śledzia, limnolodzy europejscy szczegółowo zbadali cykle odżywcze w różnych typach zbiorników śródlądowych etc. Dwa takie cykle przytaczamy w rozdziale o formacjach lądowych, odnośnie tundry i umiarkowanego lasu liściastego.

Cykle odżywcze dają nam jednak tylko obraz jakościowy gospodarki odżywczej. Nie posiadamy jeszcze przejrzystych wykresów graficznych, ilustrujących także pod względem ilościowym gospodarkę odżywczą zespołów zwierzęcych na lądzie. A sądzimy, że dałoby się wyrazić w ilościowym czy procentowym ujęciu masę ciała poszczególnych ogniw w łańcuchach odżywczych, czyli to, co Palmgren nazywa *biologią produkcji*, która według niego dążyć powinna do oszacowania ilości materii żywej przez pierwotnych producentów, rośliny zielone, w danych warunkach bytowania; dalej masy żywej materii pochodzącej z transformacji tego pierwotnego źródła; wreszcie ilościowego oszacowania jej we wszystkich ogniwach łańcuchów zespołowych, co jedynie może dać pełny obraz roli poszczególnych organizmów w gospodarce przyrody, ich wzajemnych uzależnień i zależności od czynników abiotycznych.

Hydrobiologia pod tym względem znacznie wyprzedziła ekologię lądową, bowiem mamy tam już liczne próby takiego ilościowego szacowania produkcji życia w zespołach jezior i innych zbiorników śródlądowych. Podobnie rzecz się ma i w morzu, a jednym z najklasyczniejszych jest obraz dany przez C. G. Joh. Petersena, oparty na

bardzo rozległych i długoletnich studiach, ilustrujący roczną produkcję życia w Kategacie, z uwzględnieniem oczywiście gatunków użytkowych jako ostatnich ogniw tej produkcji.



Rys. 72. Schemat produkcji życia w Kategacie. Według C. G. Joh. Petersena.

Pojęcie gospodarki zespołowej, opartej na współzależności odżywczej poszczególnych członków, wiąże się ściśle z pojęciem stanowiska, jakie dany gatunek względnie grupa zwierzęca zajmuje w całości pewnego zrównoważonego zespołu. Elton dla określenia tego pojęcia wprowadza termin „niche", co w spolszczeniu można by nawać *niszą ekologiczną*. W rzeczywistości jest to bliższe sprecyzowanie znanych nam już typów odżywczych jak roślinożerce, saprofagi, drapieżce, polifagi etc.

Pojęcie nisz ekologicznych ogromnie nam pomaga przy badaniu życia zbiorowego i jak zobaczymy jest ważne z tego zwłaszcza względu, że ujawnia w jak znacznym stopniu gospodarka odżywcza najbardziej odległych od siebie, a często nawet zdawało by się różnych zupełnie

zespołów, spoczywa na jednakowych zasadach i prawach. I tak w arktycznych krainach lis popularny, poza inną zdobyczą, często odżywia się jajami ptaków nadmorskich, a zimą zwłaszcza resztkami fok pozostawionymi przez niedźwiedzie. W krańcowo różnej tropikalnej Afryce hiena w znacznym stopniu niszczy jaja strusi i dojada resztki antylop czy zeber porzucone przez lwy. Oba te gatunki, zamieszkujące tak różne środowiska, zajmują podobne zupełnie stanowiska zespołowe czyli nisze ekologiczne, wynikające z ich obyczajów odżywczych i zbliżonej wielkości, tylko pierwszy sezonowo, drugi przez cały okres roku.

Przykład ten zapożyczony od Eltona bynajmniej nie jest odosobniony. Stanowisko myszy, drobnych gryzoni obsadzone jest przez całe mnóstwo gatunków i rodzajów w rozmaitych okolicach i w odrębnych siedliskach. Stanowisko zespołowe większych gryzoni zajmują w Holarktyce zające i króliki, w krainie neotropikalnej — aguti, w Etiopii — rodzaj Hyrax, w Australii pewne gatunki torbaczów. Rolę ssaków owadożernych w Ameryce Południowej spełniają pancerniki i dydelfy. Ekologiczne stanowiska rozmaitych ssaków łożyskowych w zespołach australijskich zajęły konwergencyjnie z nimi rozwinięte torbacze. Stanowisko dzięciołów, nieznanych w Australii, zajmują tam dwa gatunki papug. Rolę odżywczą pająków pogońców (Lycosidae) i chrząszczy biegaczy (Carabidae), jak wiadomo polujących u nas głównie na owady przyziemne, spełniają w krajach gorących tak bardzo licznie tam rozrodzone mrówki. Osobliwą niszę ekologiczną stwarzają pasożyty skórne i wszoły żyjące na bawołach, antylopach, nosorożcach, hipopotamach etc. Na grzbietach tych ssaków stale żerują pewne ptaszki (Buphaga) czyszczące skórę swym żywicielom, w różnych miejscach reprezentowane przez zastępcze gatunki. Coś podobnego widzimy

i u krokodyli. Słynna siewka egipska (*Pluvianus aegyptus*) uwalnia ich skórę z pasożytów, spełniając jednocześnie rolę „wykałaczki", czyszcząc gadowi zęby z resztek pokarmu i z przyczepionych do wnętrza jamy ustnej pijawek. Ptaszek *Todus cineus* odgrywa taką samą rolę przy krokodylach z San Domingo.

Rys. 72a. Bliskie naszym szpakom ptaszki z rodzaju Buphaga żerują na grzbietach hipopotamów w poszukiwaniu pasożytów skórnych

Podobnych przykładów istnieje mnóstwo, a badanie ich tworzy szczególnie ponętną gałąź ekologii, którą Dahl nazywa *biocenotyką porównawczą*. Dowodzi ona wymownie, że gospodarka zespołów zwierzęcych na jednakowych spoczywa zasadach, że urozmaicone stosunki odżywcze decydują o łańcuchach uzależnionych od siebie gatunków. Wskazuje ona także na analogie ze społecznym życiem ludzkim, gdzie wakujące a niezbędne stanowiska muszą być obsadzone przez odpowiednie osoby dla sprawnego funkcjonowania całości i że stanowisk tych nie może być za wiele.

Jednak nisza czyli stanowisko zespołowe jest określone nie tylko przez rodzaj pożywienia ale i przez *wielkość* tegoż. Zwłaszcza stosuje się to do zwierząt drapieżnych,

które są na ogół mniejszymi specjalistami odżywczymi niż roślinożercze. Często wśród nich spotykamy polifagów. Wtedy to tym większą odgrywa rolę rozmiar zdobyczy. Można i trzeba tworzyć różne skale rozmiarowe polifagów, zdobywających pokarm zwierzęcy rozmaitej wielkości. Bowiem najczęściej tak bywa, że zwierzę odżywia się zdobyczą nie przekraczająca w każdym razie określonych granic rozmiarowych. Więc lis polarny pożera pardwę, atakuje także gęś dziką ale tylko celem spędzenia jej z jaj, które szczególnie mu smakują, zająca bielaka jednak nie jest już w stanie pokonać. Tak samo zdarza się, że głodna wrona atakuje zajęczycę, ale tylko by spędzić ją z gniazda i porwać młodego; dorosłemu nie sprosta. Ciernik odżywia się kiełżami ale tylko maleńkimi do drugiej, conajwyżej trzeciej wylinki etc. Każdy w zasadzie drapieżca chwyta zdobycz pewnej tylko wielkości. Stosunki miedzy rozmiarami drapieżcy i zdobyczy odgrywają więc ważną rolę w organizacji życia zespołowego, opartego na łańcuchach odżywczych, wpływając na urozmaicenie nisz ekologicznych, nawet wtedy, kiedy polifagizm odżywczy zjawiska odnośne w pewnym stopniu niweluje.

STRUKTURA ILOŚCIOWA I POJĘCIE DOMINACJI

Z gospodarką odżywczą zespołu wiąże się kwestia stosunków ilościowych i ściśle z nią związane pojęcie dominacji. Ustosunkowanie *ilościowe* członków zespołu zwierzęcego jest bardzo rozmaite. Jedne z gatunków występują w ogromnych ilościach, podczas gdy inne są mniej liczne, lub wręcz rzadkie. Powody do tego są najrozmaitsze i wymagają szczegółowej analizy w każdym poszczególnym przypadku. Ogólnie możemy tylko to powiedzieć, że stan ilościowy gatunku, współbytującego

z innymi w danym zespole, zależy od stanowiska zajmowanego przezeń w gospodarce zespołu, a więc od zasobów pokarmowych, jakie dany gatunek znajduje oraz od naturalnych wrogów (drapieżców i pasożytów), względnie konkurentów, krępujących go w nadmiernym rozwoju ilościowym, wreszcie od stanu naturalnej śmiertelności w następstwie przeważnie zmian środowiska fizycznego, działających na najbardziej wrażliwe stadia rozwojowe. Byłyby to trzy czynniki zewnętrzne, dwa zespołowe i fizyczny, w przeciwstawieniu do dziedzicznego czynnika, wewnętrznego, mianowicie siły propagacyjnej gatunku czyli znanego nam już potencjału biotycznego. Od ustosunkowania się wszystkich tych czynników do siebie zależy stan ruchomej równowagi, jaką przedstawia liczebny rozwój danego gatunku na określonej przestrzeni.

Rolę najważniejszą w gospodarce zespołu spełniają gatunki dominujące, czyli te, które występują w ilościach największych. One to tworzą główne jądro zespołu. W szerszym ujęciu, jak to Shelford rozumie, gatunkami dominującymi będą te, które nie tylko przez swą obfitość (liczebność), lecz i przez swe rozmiary, albo przez znaczne współdziałanie z innymi organizmami materialnie zmieniają środowisko do tego stopnia, że decydują o obecności w nim innych organizmów. Stają się wtedy dominantami wpływowymi (predominants influent). Drugą z kolei kategorię tworzą gatunki *subdominujące,* jeszcze liczne, (a tym samym ważne), choć już nie w tym stopniu co poprzednie, odpowiadają wpływowym drugorzędnym (subinfluent) terminologii Shelforda. Prócz nich niemal w każdym zespole naszych stref umiarkowanych spotykamy gatunki *sezonowe,* liczne albo wpływowe, ale obecne względnie czynne tylko w części roku, w pewnym okresie. Wreszcie listę składników każdego w zasadzie zespołu

powiększają gatunki poboczne, które możemy kategoryzować dowolnie, jako nieliczne, rzadkie lub wręcz wyjątkowe, wskazujące najczęściej na przeplatanie się względnie zazębianie różnych zespołów. Ich rola w gospodarce zespołu oczywiście jest mniejsza, często wprost znikoma. Kategorie powyższe nabierają dopiero prawdziwie ścisłej wartości o ile wyrażone są w świetle liczb konkretnych, dających obraz nasilenia życia poszczególnych gatunków w odniesieniu do jednostek przestrzeni i jednostek czasu. Pojęcie najdokładniejsze o tym daje *gęstość zasiedlenia* czyli ilość okazów danego gatunku, przypadająca na jednostkę powierzchni w rozmaitych okresach roku.

Nazywamy *niższą* gęstością zasiedlenia taką, która globalnie daje liczbę okazów gatunku na danej badanej jednostce przestrzeni, bez wyłączenia tych miejsc, które ściśle biorąc nie są siedliskami naturalnymi gatunku. Gęstość zasiedlenia właściwa, *ekologiczna* albo ekonomiczna wyłącza z przestrzeni, na której obliczamy osobniki danego gatunku, wszystkie te miejsca, które nie są jego siedliskiem naturalnym, dając w ten sposób obraz nasilenia życia i rozmieszczenia gatunku bardzo zbliżony do rzeczywistości, bo w jego środowisku właściwym. Wreszcie gęstość *wyższa* uwzględnia w szczególności miejsca skupienia się osobników gatunku, jego zagęszczenia spowodowane jakimiś korzystnymi warunkami lokalnymi siedliska, odżywczymi, życiem społecznym, rozrodczym, wędrówkami etc. Daje się zauważyć, że zwierzęta rozsiedlają się ilościowo po siedliskach przeważnie według dwóch skal gęstości: opanowują przede wszystkim właściwe im siedliska (gęstość ekologiczna), a także tworzą lokalne najrozmaitszego typu skupienia intraspecyficzne, podpadające pod kategorię gęstości wyższej, częściowo już omówione w rozdziale o czynnikach biotycznych (życie w gromadzie).

Próby bliższego wniknięcia w istotę ilościowego ustosunkowania się poszczególnych gatunków, żyjących obok siebie i wzajemnie uzależnionych, już istnieją i od ich dalszego rozwinięcia należy się wiele spodziewać. Odnośnie dwóch gatunków zwierząt, z których jeden żywi się drugim, a więc niejako dwóch sąsiadujących ogniw zespołu, Volterra ustalił trzy zasadnicze reguły, dotyczące ich liczbowych fluktuacyj. Zasada *cyklu okresowego* głosi, że wahania liczbowe obu takich gatunków są okresowe i okresy te zależą od warunków początkowych oraz od współczynników zdolności rozrodczych tych gatunków. Przy czym sprecyzować tu należy, że współczynnik zdolności rozrodczych gatunku wyraża nam ilościowo efekt rozrodu i śmiertelności przy normalnym zaspokojeniu jego potrzeb odżywczych. O ile wyraża przyrost liczbowy — jest pozytywny, zaś w razie zmniejszania się liczbowego — negatywny. Druga zasada, *zachowania średnich* głosi, że średnie liczb osobników dwóch gatunków od siebie odżywczo uzależnionych są stałe, bez względu na początkowe liczby tych gatunków, pod warunkiem, że ich współczynniki rozrodcze oraz środki obrony życiowej pozostają niezmienne. Zasada ta wyraża normalne ustosunkowanie się biologii gatunków do ich środowiska. Wreszcie trzecia zasada — *zakłócenia średnich* — stwierdza, że o ile jakiś czynnik niszczy osobniki obu gatunków stopniowo i proporcjonalnie do ich liczb, średnia ilości osobników gatunku zjadalnego wzrasta, podczas gdy średnia ilości osobników gatunku pożerającego zmniejsza się.

Trzy te reguły podstawowe, wyprowadzone przez matematyka z obserwacyj nad stanem rybołóstwa w Adriatyku, a potwierdzone także przez Gauzego w odniesieniu do pierwotniaków, są punktem wyjścia dla dalszych uogólnień. Pozwalają one stwierdzić, że w zrównoważo-

nym ekologicznie zespole liczba osobników każdego gatunku nie może wzrastać nieograniczenie, lecz pozostaje stale w granicach dwóch liczb określonych (druga zasada), przedstawiając najczęściej gęstość *optymalną*[1]) osobników danego gatunku, lub wielkość do takiej zbliżoną. Jeżeli tak nie jest, zespół nie będzie w stanie równowagi biologicznej. Przez dodanie do zespołu pozostającego w równowadze nowych gatunków następuje zakłócenie równowagi panującej, które, o ile nie przekracza pewnych granic, zmierza w swym efekcie ku zniszczeniu wpływów zakłócających tę równowagę, ku przywróceniu stanu mniej lub więcej zbliżonego do stanu pierwotnego[2]). Kiedy indziej znów, czy to wprowadzenie przez człowieka, czy samowolne wtargnięcie nowych gatunków, może stać się powodem zasadniczych zmian fauny, nowej zupełnie równowagi lub stanu zmierzającego do utworzenia nowej równowagi.

DOBOWE ZMIANY ZESPOŁU

Jeżeli obserwować zechcemy życie zwierzęce określonego siedliska w ciągu całego cyklu dobowego, przekonamy się, że ulega ono znacznym zmianom. Największe różnice dostrzeżemy oczywiście między dniem a nocą, wywołane różnym zachowaniem się zwierząt w różnych okresach doby. Ptaki są zwierzętami przeważnie aktywnymi w dzień, z wyjątkiem drapieżników nocnych jak sowy, puchacze i im pokrewne, polujących na zdobycz

[1]) Według Eltona jest to taka najwyższa gęstość zasiedlenia jakiegoś gatunku, która jeszcze nie wywołuje automatycznie działających przeciwstawnych sił (głód, epidemie, pasożyty etc.), redukujących liczebność do poziomu zagrażającego istnieniu gatunku.

[2]) Analogia do zasady Le Chatelier w fizyko-chemii. Por. artykuł autora: Ewolucja przeciwstawna w świecie żywym, Wszechświat 1928.

nocą. Także lelki wylatują na łowy owadów późnym wieczorem, podobnie jak i nietoperze. Nocą żerują ssaki owadożerne, jeż, ryjówki, liczne gryzonie etc. Ropuchy spośród płazów są przeważnie zwierzętami nocnymi. Powszechnie znany podział motyli na dzienne, nocne i zmierzchnice w znacznym stopniu mówi o ich aktywności, uzależnionej od okresów dobowych.

Nie zawsze jasno zdajemy sobie sprawę z tego, co decyduje o nocnym sposobie życia zwierząt. Jedno jest tylko pewne, że zewnętrzny przejaw zmian dobowych, taki czy inny stan warunków świetlnych nie koniecznie decyduje o periodycznym życiu zwierząt w cyklu dnia i nocy. Najczęściej jest inaczej, przynajmniej na lądzie. Wchodzą tu w grę zjawiska towarzyszące zmianom warunków świetlnych, jak termika, wilgotność, inne warunki odżywiania, bezpieczeństwa w różnych porach doby etc. Ropuchy np. podobnie jak ślimaki rozpoczynają życie aktywne tak samo podczas dżdżystej pogody jak i w nocy, co wskazuje, że raczej wilgoć decyduje o ich życiu nocnym. O nocnym życiu wielu owadów, zwłaszcza zlatujących się do światła, a więc dodatnio heliotropicznych, decyduje także wilgotność atmosfery, na brak której są szczególnie wrażliwe. W innych razach potrzeba obrony własnej przed drapieżnikami dziennymi zmusiła zwierzęta do życia ukrytego, nocnego. Jedynie w wodzie, gdzie w pewnym stopniu odpadają różnice termiczne a całkowicie wilgotnościowe, zmienny w ciągu doby czynnik fotyczny odgrywa decydującą rolę w wędrówkach pionowych planktonu zwierzęcego, zmieniając zasadniczo w ciągu doby skład zespołów planktonowych w warstwach płytszych wód.

Mechanizm zespołu zwierzęcego danego siedliska komplikuje się w dużym stopniu przez owe dobowe zmiany czynników wywołane periodycznością dnia i nocy, a także

rozmaitymi stanami pogody, termiki wilgotności, zmieniającymi się nieustannie na lądzie w różnych porach doby. Zmiany te dzielą jak gdyby ogólny zespół danego siedliska na szereg zespołów drobniejszych, kolejno po sobie następujących, czyli aktywnych w różnych porach dnia i nocy. Harmonizuje to z ogólną zasadą ekologiczną maksymalnego opanowania przez życie danego miejsca, umożliwiając jednocześnie bardziej zróżnicowanemu życiu zamieszkiwanie określonej przestrzeni biosfery. Umożliwia to także często współbytowanie na danej przestrzeni takich form, które bez tych zmian periodycznych, pozwalających na życie w różnych porach doby, „nawzajem się nie widząc", nie mogłyby istnieć obok siebie.

W zespołach zwierząt nocnych znajdziemy zarówno roślinożerców jak i drapieżców na nie polujących. Gospodarka odżywcza oparta jest tutaj na tych samych zasadach co w zespołach dziennych. Tylko gatunki są inne, o innych obyczajach oraz innych metodach łowu i stanowią inne typy ekologiczne. Z organów zmysłów zwierząt nocnych większą na ogół rolę odgrywają węch, dotyk i słuch niż wzrok, którym za to w znacznym stopniu posługują się zwierzęta dzienne. Niekiedy poszczególne ogniwa w łańcuchu odżywczym zespołu dziennego zastąpione są przez odpowiadające im ogniwa o życiu nocnym. W środowisku powietrznym zespołowe, odżywcze stanowisko jaskółek i jeżyków zajmują nocą nietoperze i lelek. Niszę ekologiczną dziennych ptaków drapieżnych nocą zajmują sowy. Spijające sok kwiatów dzienne motyle, o zmierzchu i nocą zastępują zmierzchnice i motyle nocne. W innych łańcuchach za to są luki. Tak na przykład stanowisko dzięciołów, jak wiadomo aktywnych tylko za dnia, w nocnym zespole lasu nie jest obsadzone.

Poprzez nieliczne zresztą gatunki, nieprzestrzegające dobowej periodyczności (np. nornice, myszy), niewrażliwe

na zmiany wilgotności i termiki oraz mniej lub więcej eufotyczne, a także poprzez gatunki aktywne bądź o zmierzchu bądź o świcie, których jest niewątpliwie więcej niż poprzednich, zespół nocny łączy się z zespołem dziennym w jedną całość tym bardziej naturalną, że zamieszkują wspólne siedlisko. Zespół danego miejsca Elton słusznie porównuje do takiego złożonego mechanizmu, w którym poszczególne części są mniej lub więcej autonomiczne i czynne w różnych porach doby, pracując jakby na zmiany.

SEZONOWY ASPEKT ZESPOŁÓW

Jeszcze większym zmianom ulegają zespoły w zależności od pór sezonowych, uwarunkowanych zmianami klimatycznymi i biotycznymi, jakie ujawniają się w cyklu rocznym. Zjawisko jest szczególnie wyraźne w strefach umiarkowanych i zimnych, o czym już była mowa w rozdziale o klimacie. W strefach gorących, przyrównikowych, tak na lądzie jak i w morzu, sezonowości życia prawie że nie ma, podobnie jak i w środowiskach o jednostajnych, niezmieniających się warunkach (głębiny oceanu, jaskinie).

Oto jaki ładny obrazek sezonowych zmian w naszym lesie kreśli nam Rostafiński: „Z początkiem września zaczyna się w lesie jesień. Owady wymierają albo chowają się między mchem, igliwiem lub w szparach kory. Dojrzewają owoce leśne; już nic nie kwitnie, ale przecież las cały jest w krasie. Nim opadną, liście żółkną, brunatnieją, czerwienieją się. Korony drzew i krzewów barwią się przez to cudownie. Nic piękniejszego nie można w naszej ojczyźnie widzieć jak lasy i ogrody jesienią...

„Zima zapada w lesie pod koniec października. Las z daleka wydaje się ciemniejszy, bo stracił listowie. Zwierzęta owadożerne, jak jaszczurki i nietoperze, nie mające

się czym żywić, układają się do zimowego snu. Ptactwo leśne wędrowne odlatuje, tylko dzięcioły i sikory nie ustają w pracy. Leśniczy zaczyna żywić sarny i jelenie, żeby mu nie objadały pączków. Dla zajęcy kładzie pęki osiczyny lub krzewów, żeby mu kory młodych drzewek nie ogryzały. Zimą ścina się drzewo na opał, porządkowe i budowlane, bo będzie najtrwalsze.

„Na wiosnę, skoro śnieg stopnieje, zaczyna się zielenić trawa; fiołki, konwalie, przylaszczki, kopytnik i wszelka leśna bylina kwitnie, nim las zacznie się zielenić, bo teraz ma najwięcej światła i chce ten czas wyzyskać. Krzewy stanowiące podszycie lasu, w którym chroni się mały i duży zwierz leśny, też zaczynają kwitnąć. Najpierw leszczyna, potem tarnina, kalina i inne; kwitną też i drzewa leśne naprzód, a potem się dopiero rozlistniają. Z chwilą kwitnienia drzew, krzewów i bylin pojawiają się owady, a niebawem nadciągają i ptaki. Zaczyna się najcudowniejszy koncert, za który nic nie trzeba płacić. Ptaszki budują gniazdka i składają tam jajka. Skoro pisklęta się wylęgną, nie będą już miały czasu na śpiew; trzeba im będzie karmić potomstwo, łowiąc owady.

„Kiedy już listowie całkiem się rozwinie, kiedy las przekwitł, z początkiem czerwca zaczyna się w nim lato. Dojrzewają owoce: żołędzie, buczyna, poziomki, maliny, ostrężyny, czernice i borówki. Po obfitych deszczach wyrastają grzyby".

To, co nasz wielki botanik i miłośnik przyrody ojczystej w prostych, wyczutych słowach mówi tutaj o lesie, z odpowiednimi zmianami można zastosować i do innych siedlisk. W krajach, jak nasz, leżących w strefie umiarkowanej, periodycznie po sobie następujące zmiany pór zmieniają w ciągu roku zasadniczo skład zespołów roślinnych i zwierzęcych w poszczególnych siedliskach. Botanicy charakteryzują te zmiany sezonowe życia zakwi-

taniem określonych roślin jako wskaźników klimatycznych. Przedwiośnie jest okresem kwitnięcia podbiału, pierwiośnie — czeremchy, wiosna — bzu tureckiego, wczesne lato — bzu lekarskiego, właściwe lato — lipy drobnolistnej etc. Fenologii roślin odpowiadają pojawy zwierząt, zwłaszcza szczególnie z roślinami związanych owadów. Opierając się na statystyce odwiedzających rośliny owadów, dał nam Adolph pierwszą próbę wiosennych aspektów pszczół z okolic Wilna. Jest to bodaj jedyna publikacja nasza z odnośnej dziedziny ekologicznej. Tematy więc czekają a jest ich wiele, gdyż sezonowe zmiany życia odbywają się nieustannie. Z nastaniem chłodów jesiennych znikają jedne gatunki, a na ich miejsce zjawiają się inne. Świat owadów z małymi wyjątkami ginie u nas na zimę. Na miejsce ptaków owadożernych, które odleciały na południe, przybywają gatunki północne, nasi goście zimowi. Zmieniają się łańcuchy odżywcze. Zmienia się pulsacja życia zwierzęcego. Powstają zasadnicze zmiany w obsadzie stanowisk zespołowych. I tak jest mniej więcej przez okres całego roku. Rola form sezonowych i tych, które jak liczne owady mają krótki okres życia ograniczony do pewnej tylko pory, wysuwa się jako szczególnie ważna przy badaniu zespołów pod tym kątem widzenia. Nie mniejsze zmiany sezonowe życia dostrzegamy w naszych wodach śródlądowych, a także i w Bałtyku jako morzu umiarkowanym (Rozdział II termika rozrodu).

W stepowych okolicach krain gorących zmiana pory suchej z deszczową czyni podobnie wielkie modyfikacje w składzie zespołów zwierzęcych i obsadzie nisz ekologicznych, o czym jeszcze będzie mowa przy formacjach lądowych.

Sezonowość życia zwierzęcego jest czynnikiem niewątpliwie w dużym stopniu utrudniającym ściśle badanie

gospodarki zespołowej, choć, należy to podkreślić, jest jednocześnie wdzięcznym bardzo polem do obserwacyj *fenologicznych*, dostępnych dla każdego, a wprowadzających bezpośrednio w pulsację życia zwierząt na tle zmian okresowych środowiska fizycznego, u nas głównie termiki i usłonecznienia a w krajach podzwrotnikowych— wilgotności.

SUKCESJA EKOLOGICZNA ZESPOŁÓW

Zespół zwierzęcy jako całość jest więc takim skomplikowanym mechanizmem, w którym najczęściej niepodobna jest uchwycić naraz wszystkich jego członków w stanie czynnym. Zmiany okresowe środowiska, jak widzimy, sprawiają, że w poszczególnych porach doby czy też w różnych sezonach różni jego członkowie odgrywają swe role życiowe, różni aktorzy wychodzą na scenę. Dopiero przez możliwie wszechstronne sumowanie tych konkretnych obrazów, odtwarzamy całość, otrzymując mniej lub więcej abstrakcyjny obraz kompletny zespołu w cyklu rocznym.

Lecz na tym jeszcze nie koniec. Zespół zwierzęcy jak wszystko w przyrodzie ulega powolnej ewolucji w następstwie tych zmian środowiska, jakie odbywają się w okresach nierównie rozleglejszych niż okres cyklu rocznego. Każdy, kto miał okazję po dłuższej nieobecności powrócić do miejsc mu znanych, mógł z łatwością przekonać się o zmianach w składzie życia zwierzęcego. Zniknęły jedne gatunki, na ich miejsce zjawiły się inne. Dawne stanowiska zostały obsadzone przez nowych członków lub świecą lukami, zwłaszcza o ile niszczycielski wpływ człowieka zaznaczył się na tych miejscach. Zespół uległ ewolucji albo *sukcesji* i nie jest już takim jakim był kiedyś. Są to naturalne zmiany fauny w czasie, w jednych miej-

scach powolne, gdzie indziej bardzo szybkie, a przyczyną ich główną są zmiany środowiska, w następstwie zmian klimatycznych, edaficznych i biotycznych.

Klimat w tych zmianach odgrywa rolę najważniejszą bo pierwotną, wpływając na glebę i szatę roślinną, którą z biegiem czasu podporządkowuje pewnej formacji końcowej (climax), będącej dla danego, zazwyczaj szerszego rejonu, wyrazem przeciętnych, ustalonych stosunków klimatycznych. Pod tym względem wszystkie formacje i siedliska, uwarunkowane przez czynniki bardziej lokalne, edaficzne, przechodzą wyraźną ewolucję, albo sukcesję ekologiczną, zmierzając do dominującej dla danego rejonu formacji klimaksowej. Jest to następstwem przewagi wpływu klimatu, rozumianego jak najszerzej (makroklimatu) na glebę i florę, wpływu o wiele większego niż w odwrotnym kierunku klimatu lokalnego (mikroklimatu). Zmieniają się więc w pewnym określonym kierunku zespoły roślinne. Jeziora przekształcają się w stawy i mokradła. Zarastają z biegiem czasu pierwotnie nagie, pozbawione roślinności wydmy nadmorskie i osypiska skalne. Odradza się flora na zalewiskach rzecznych po ustąpieniu wody. Odrodziła się także w zbliżonym do pierwotnego stanu roślinność wyspy Krakatau po strasznym wybuchu wulkanicznym, który ją doszczętnie zniszczył w r. 1883. Podobnej ewolucji ulegają zależnie od roślinności i lokalnych warunków edaficznych zespoły zwierzęce.

W drobniejszej nieco skali i szybciej zjawiska sukcesji odbywają się wszędzie dookoła. Często widzimy jak same zwierzęta, żyjąc i rozwijając się, zmieniają środowisko na tyle, że stwarzają warunki dla zjawienia się innych gatunków. Dominujące, jak wiemy, czynią to najszybciej i najskuteczniej. Samo pojęcie dominacji, jak je zwłaszcza rozumieją amerykańscy ekolodzy, opiera się na tak wy-

datnej roli pewnych członków zespołu, mniejsza o to z jakich powodów (liczebność, rozmiary, szczególna aktywność etc.), że przyznaje im zmiany w samym siedlisku względnie zespole, pociągające za sobą, zjawienie się nowych składników i nowych przybyszów.

Taką szybką sukcesję aktywną, uwidocznioną przez zmiany kolejne fauny, widzimy w warunkach laboratoryjnych na przykładzie nastoju z siana, gdzie zespoły mikroorganizmów i wymoczków jedne po drugich zjawiają się w określonej kolejności. Także rozkładający się trup w przyrodzie dobrze nam ilustruje kolejne, szybko po sobie następujące fazy sukcesyjne, złożone z charakterystycznych odrębnych seryj trupojadów, które nawet medycyna sądowa uwzględnia jako ważne wskaźniki, pozwalające określić czas trwania rozkładu, oczywiście przy uwzględnieniu także warunków fizycznych środowiska. Drzewojady spośród owadów, atakując pnie z początku prawie że zdrowe, stwarzają fazy początkowe dla dalszej sukcesji w kierunku niszczenia drzewa przez inne formy itd. aż do końcowych, rozkruszanych na próchno przez saprofagów etc.

Kilka tych przykładów ilustruje to zasadnicze pojęcie sukcesji ekologicznej, czyli kolejności zespołów w czasie, zjawiska w zasadzie nieodwracalnego. W pewnych razach przebiega ono dosyć szybko, kiedy indziej znów jest powolne, jak powolnymi są te zmiany, które je wywołują. Zmienia się jednak wszystko, klimat, gleba, flora. Sukcesji roślinnej, zmieniającej jeziora w staw i mokradło, odpowiada sukcesja zwierząt. W taki sposób przebiega w przyrodzie nieustannie proces ewolucji. W odniesieniu do życia zespołowego wyrazem tego jest sukcesja ekologiczna.

Z badaniem życia zespołowego wiąże się więc nowy i bodaj najogólniejszy problem określenia stadium ewo-

lucji zespołu w serii (sere), zmierzającej od stanu początkowego do końcowego czyli klimaksowego na danym obszarze. W praktycznym ujęciu obejmuje ten proces przynajmniej następujące etapy sukcesyjne: stadium *początkowe* albo nagości siedliska, stadium *imigracji* i *kolonizacji*, gdzie rolę główną odgrywają czynniki fizyczne siedliska, stadium *konkurencji* międzygatunkowej i śródgatunkowej, wreszcie stadium końcowe czyli *stabilizacji* zespołu. Imigracja i kolonizacja odbywają się najczęściej z najbliższych ekologicznie podobnych terenów, ponieważ zwierzęta rozsiedlają się normalnie po swych drogach środowiskowych.

Ale i na tym jeszcze nie koniec. Stadium klimaksowe jest tylko wyrazem stabilizacji formacji okresu współczesnego geologicznego, który przecież jest tylko dalszym ciągiem ubiegłego okresu geologicznego. Wiadomo bowiem, że Sahara stała się pustynią w następstwie działania czynników klimatycznych a przedtem nią nie była, przynajmniej w takim stanie jak nią jest dzisiaj. Wkraczamy jednak w nie swoją dziedzinę: tutaj ekologia już się kończy a zaczyna się geologia.

METODYKA BADAŃ ILOŚCIOWYCH: ZESPOŁY WODNE

Nowoczesne badanie życia zespołowego wymaga stosowania w jak najszerszym stopniu metody ilościowej. Aby móc wyciągać wnioski ekologiczne dotyczące nie tylko fizjognomiki fauny, strony zewnętrznej życia zespołowego, ale w szczególności roli, jaką świat zwierzęcy odgrywa w gospodarce przyrody, należy zdobyć możliwie ścisłe dane o stosunkach ilościowych poszczególnych gatunków i ich ugrupowań. Przecież równowaga zespołowa opiera się właśnie na pewnych charakterystycznych

ustosunkowaniach ilościowych do siebie poszczególnych składników zespołu. Pod hasłem badań ilościowych kroczy dziś szybko naprzód cała ekologia. Co prawda, nie zawsze jest łatwą rzeczą ściśle badanie ilościowe. Ale takie tylko jest wskazane i wartościowe. Niedokładne bowiem dane o stosunkach liczbowych mogą nieraz przynieść więcej szkody niż pożytku, stwarzając obraz z gruntu lub częściowo fałszywy. Inną trudnością metody ilościowej jest potrzeba bardzo rozmaitego jej stosowania, zależnie od wielkości i typu organizmów, które zamierzamy obliczać. Jasnym jest, że inną metodykę stosuje się do obliczania ilościowego mikroskopowego planktonu, inną przy obliczaniu ptaków występujących na określonej przestrzeni lasu, inną — w stosunku do wielorybów zamieszkujących wody Antarktydy. Także trzeba liczyć się z celem, jakiemu służy ilościowe badanie życia. Dla poznania struktury zespołu, wyróżnienia gatunków dominujących, subdominujących, drugorzędnych lub przypadkowych, często wystarczają *względne* cyfry, wyrażające liczby osobników określonego gatunku w stosunku do ogólnej liczby osobników, oczywiście przy sprowadzeniu liczb do jednostki przestrzeni. Taki jednak sposób ilościowego obliczania życia najczęściej wcale nie charakteryzuje nam dokładnie zespołu jako ogniska transformującego energię i materię, gdzie określone, żywe składniki tego zespołu są jednocześnie ogniwami tej przemiany. Nie charakteryzuje dostatecznie wyraźnie jego gospodarki odżywczej. Dla takiego celu potrzeba badań ilościowych o wartości *absolutnej*, którą uzyskujemy nie tylko przez obliczenie liczby gatunków i okazów, ale przede wszystkim ich masy albo wagi.

Hydrobiologia czyli ekologia życia wodnego jako jedna z pierwszych nauk wkroczyła na ścisłą drogę ilościową, stwarzając metody zarówno przy badaniu planktonu jak

i fauny dennej, które służyć mogą za wzór dla badań w innych dziedzinach ekologii. Potrzeba badań ilościowych nad planktonem wysunęła się głównie ze względów praktycznych, wychodząc z faktu zasadniczej roli planktonu, jako pierwotnego źródła pokarmu większości organizmów wodnych a w szczególności ryb.

Rys. 73.
Siatka planktonowa

Rys. 74.
Nannoplankton czyli najdrobniejszy plankton swobodnie przechodzi przez oczka gęstej sieci planktonowej

Połów siecią planktonową, utworzoną jak wiadomo z gęstej jedwabnej tkaniny (gazy) młynarskiej, sprowadza się do przecedzenia przez nią określonej ilości wody, przy zatrzymaniu w sieci wszystkich tych organizmów, których „oczka" nie przepuściły. Słup wody przepuszczony przez sieć mierzy się średnicą jej otworu i drogą przebytą. Schwytany plankton, który można obliczać rozmaicie, na ilość gatunków i okazów, objętościowo i wagowo, wyraża

ilość życia z danej, przeszłej przez siatkę, objętości wody. Mnożąc odpowiednio liczby, otrzymane z małych jednostek objętościowych wody przecedzonej, uzyskujemy dane z większych przestrzeni, o ile mniej lub więcej równomierne w danym miejscu rozmieszczenie planktonu do tego nas upoważnia. W przeciwnym razie należy zagęszczać sieć połowów, aby uzyskać obraz ilościowo możliwie zbliżony do rzeczywistego. Do chwytania najdrobniejszych organizmów wodnych zwykła siatka planktonowa nie wystarcza, bo mikroskopowe te formy (tzw. nannoplankton) swobodnie przechodzą przez najgęstsze sieci. Wtedy to pobiera się próbki wody z dowolnej głębokości za pomocą tzw. czerpaczów wody albo butelek specjalnych, których zawartość po wyciągnięciu centryfuguje się na odpowiednich wirówkach. Następnie oblicza się ilość osobników względnie ich objętość. Przez odpowiednie mnożenie tych minimalnych ilości życia, jakie wirówka ujawnia w badanych jednostkach objętościowych, uzyskujemy dane o ilości życia większych jednostek przestrzennych.

Dla ilościowych badań dennych stosuje się tzw. chwytacze mułu, z których najbardziej znane są: większy C. G. Joh. Petersena, stosowany powszechnie w badaniach morskich i mniejszy Sven Ekmana — w jeziornych. Zasadniczo aparaty te, przypominające okrętowe chwytacze o szczękach ruchomych do przenoszenia sypkiego materiału, wycinają określonej wielkości kwadraty dna, różnej wielkości zależnie od aparatu — a więc $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_9$, $^1/_{16}$ metra kwadratowego wraz ze wszystkimi zawartymi tam organizmami. Po wydostaniu aparatu na wierzch, na pokład statku czy łodzi, zawartość przepłukuje się na specjalnych sitach zatrzymujących wszystkie organizmy, które następnie obliczamy na liczbę gatunków i okazów,

na wagę „mokrą" względnie „suchą", tę ostatnią najściślejszą, bo dającą ilość suchej materii żywej na jednostkę powierzchni dna.

Metodyka badań ilościowych życia dennego, zwłaszcza na dnach miękkich, jest dokładna i zaawansowana, zbliżając się w znacznym stopniu do metody próbnych kwadratów, stosowanych przez botaników przy badaniu zespołów roślinnych, bowiem tu i tam mamy do czynienia z materiałem mało, względnie zupełnie, nieruchliwym. Podczas gdy połów siatką planktonową raczej zbliża się do tzw. przekroju „liniowego" zespołu. Pionierowi badania ilościowego życia morskiego C. G. Joh. Petersenowi zawdzięcza nauka oceanografii wyróżnienie zasadniczych zespołów dennych w cieśninach duńskich i oszacowanie ogólnej produkcji życia w Kategacie, o czym już wspominaliśmy przy omawianiu gospodarki odżywczej zespołów.

BADANIE ILOŚCIOWE ZESPOŁÓW LĄDOWYCH

Podobnie jak przy badaniu zespołów roślinnych na lądzie, a także planktonu i fauny dennej w wodzie, dwie główne metody są w użyciu przy szacowaniu ilościowym życia zwierzęcego w zespołach lądowych: metoda przekrojów i metoda kwadratów powierzchni. Odchylenia najważniejsze sprowadzają się w zasadzie do tego, jaki gatunek względnie grupę badamy ilościowo, bowiem od rozmiarów zwierząt, od ich obyczajów, rozmieszczenia w terenie etc. zależy różny sposób ilościowej oceny.

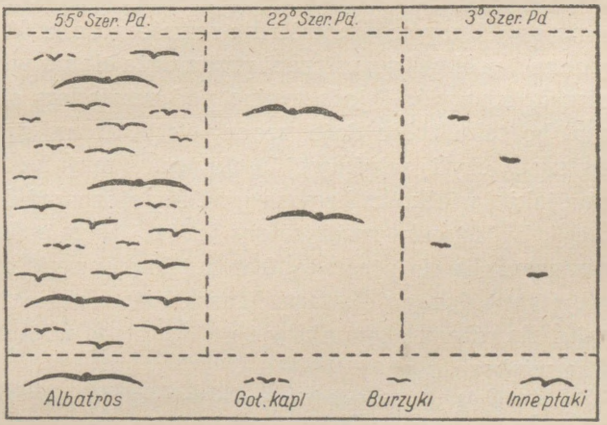
Dla określenia stanu liczebnego ptaków w danym zespole leśnym stosować można metodę *przekrojów*, jak to czynił Forbes i jego uczniowie w lasach Illinois. Metoda sprowadza się w zasadzie do obliczania wszystkich gatunków i okazów, jakie specjalnie w tym celu szkoleni ornitolodzy dostrzegają na szlaku swej wędrówki, w pewnym

wytkniętym kierunku i na określonej co do długości trasie. Zazwyczaj taki przekrój robi się we dwoje, krocząc równoległymi szlakami w odległości dobrego widzenia i rozpoznawania przelatujących i zrywających się ptaków, więc np. w odległości 25 metrów i na dystansie 50 metrów lub większym. Metoda ta jednak ma poważne braki, wynikające w szczególności z trudności zachowania określonego kierunku w pewnych zwartych zespołach, dalej z trudności powtórzenia marszruty dla korygowania wyników, a także nie zawsze daje pewność czy jakaś forma występuje na danym odcinku, czy też gdzieś w sąsiedztwie (formy przelatujące). W ogóle metoda przekroju ornitologicznego ujawnia nam raczej stosunki liczbowe względne niż absolutne, czyli dla kwestii dynamiki zespołowej, dla poznania w szczególności gospodarki odżywczej mniej się nadaje. Pożądana jest jednak jako pierwsza orientująca o ilościowym ustosunkowaniu się gatunków w dużych obszarach leśnych.

Względne zagęszczenie ptactwa oblicza się także przez obserwację okazów w jednostce *czasu*, co z powodzeniem stosować można do gatunków morskich z pokładu statku. W taki sposób uzyskano dane o ilościowym, względnym rozmieszczeniu życia ptaków w różnych szerokościach Atlantyku gorącego i umiarkowanego południowego (rys. 75). Obserwacji dokonywano kilkakrotnie w ciągu dnia, a wyniki ich sprowadzano do stanu przeciętnego. Podobne dane nad liczebnością różnych ptaków w nawiązaniu do jednostek czasu można otrzymywać i na lądzie, notując np. ptaki obserwowane w ciągu dwugodzinnej wycieczki w lesie, na stepie czy mokradle. Oczywiście trzeba znać ptaki na tyle, aby umieć je oznaczać z lotu lub według głosów, lornetka staje się wtedy nieodzownym instrumentem pomocniczym. Jednak wszystkie tego rodzaju obliczenia mają wartość względną, są ważne raczej

dla pierwszej orientacji o strukturze zewnętrznej zespołu, niż dla głębszego wniknięcia w gospodarkę odżywczą i dynamizm zespołów.

Na mniejszych obszarach zespołów leśnych, gdzie jednak zamierzamy odnośne stosunki ilościowe poznać dokładniej, stosuje się metodę *kwadratów*, polegającą na



Rys. 75. Rozmieszczenie i względne zagęszczenie ptaków morskich w różnych szerokościach Atlantyku południowego. Według E. Hentschla

obliczaniu z danej przestrzeni par gniazdujących, bo te przede wszystkim, a nie goście przygodni, odgrywają najważniejszą rolę w gospodarce odżywczej. Wybrany kwadrat określonej wielkości odwiedza się kilkakrotnie, obliczając, o ile to możliwe, liczbę gniazd poszczególnych gatunków na danej przestrzeni; gdyby zaś tego nie dało się przeprowadzić, to przynajmniej w stosunku do ptaków śpiewających notuje się liczbę samców śpiewających, jak wiadomo odpowiadającą w zasadzie liczbie par. Obserwacje najlepiej jest prowadzić w godzinach rannych i pod wieczór, jako okresach dnia, kiedy ptaki są najbardziej

aktywne. Taki sposób obliczania gęstości zasiedlenia ornitofauny na danym mniej lub więcej jednorodnym zespole jest najracjonalniejszy i najwięcej poucza o stałych składnikach danego zespołu. W stosunku do ptaków jest o tyle ułatwiony, że trzymają się one w okresie rozrodu ściśle miejsc gniazdowania i każda para, jak to już wiemy, w zasadzie eksploatuje swój rejon zadomowienia. Są one także na ogół dosyć równomiernie rozmieszczone. Wyniki otrzymane z próbnej przestrzeni przemnaża się na większą przestrzeń, oczywiście jednorodną pod względem siedliskowym, bo taka tylko daje rzeczywisty obraz gęstości ekologicznej czyli właściwej gatunku. Praktyka tylko wskaże, jakiej wielkości kwadraty należy stosować dla obserwacyj, by dawały rzeczywisty obraz rozmieszczenia i zagęszczenia życia ptasiego, bez zatraty energii na obserwację zbyt dużego obszaru. Muszą być z konieczności rozmaite dla różnych gatunków i na ogół tym większe im ptaki są większe.

Trudniejszymi niewątpliwie są obserwacje nad liczebnością ssaków, głównie z racji bardziej ukrytego życia jakie prowadzą. Większość drobniejszych gatunków żyje przecież w norach i żeruje często nocą. Nadto unikają one zbliżającego się człowieka, czując go z daleka, podczas gdy większość ptaków przynajmniej na pewną odległość podpuszcza człowieka, zwłaszcza kiedy nie zagraża on ich życiu. Badanie ilościowe ssaków przeprowadza się różnymi sposobami, licząc ich nory, obserwując ślady, odchody, zastawiając pułapki, częściowo o ile to jest możliwe, obserwując je bezpośrednio. Wyjątkowo tylko na otwartych przestrzeniach, na polach, ugorach, pastwiskach i stepach, zrytych norami nornic i myszy, chomików i susłów, badanie takie jest łatwiejsze. Także stosunkowo dokładnie można ustalić gęstość zasiedlenia kreta po chodnikach i kretowiskach jakie czyni.

W stosunku do zespołów łąkowych metodą zbliżoną do ilościowego przekroju byłby system *„koszenia"* siatką entomologiczną, o otworze wiadomej średnicy. Pewna określona liczba koszących ruchów taką siatką w pewnym miejscu łąki, jednak w coraz to innym punkcie (równomiernie idąc), dałaby nam ilość życia, głównie owadów i pająków, występujących na roślinności trawiastej i zielnej. Ilość tę można porównywać z ilością życia z innego miejsca tej samej czy też innej łąki. Jednak dokładniejsze, jakkolwiek wymagające większej zabiegliwości, wyniki daje i tutaj metoda kwadratów stosowana przy pomocy tzw. *biocenometru* (rys. 76). Pewną przestrzeń łąki nakrywa się specjalnie skonstruowaną siatką i z niej wyławia się po prostu całkowite życie, które na danym kwadracie bytowało, oczywiście w różnych piętrach siedliska, w glebie, murawie, na trawach i ziołach. Zbierający to życie sam jest częściowo otoczony siatką, by w taki sposób uniemożliwić ucieczkę choćby jakiegokolwiek latającego owada. Metoda daje wyniki najbardziej ścisłe o ilości i jakości życia niskich trawiastych zespołów, ale jest żmudna i wymaga w przypadkach mozaikowości zespołów nieraz gęstej sieci takich prób biocenometrem. Wyniki uzyskane rozszerza się na większe jednostki przestrzeni.

Rys. 76. Biocenometr, służy do badań ilościowych zespołów łąkowych. Według Konakowa i Onisimowej

Zmierzając do bardziej drobiazgowego szacowania życia przejawiającego się w naturze w najrozmaitszej skali, ekolodzy dziś już doszli do tego, że próbują obliczać ilość drobnych zwierząt na poszczególnych roślinach, ziołach, krzewach i drzewach. W tym celu Władimirski stosuje system obliczania życia z pewnego określonego punktu. Odwiedza jakąś roślinę raz względnie dwa razy tygodniowo, oglądając od góry kolejno listek po listku, gałązkę po gałązce i notując przy tym wszystkie znajdujące się tam zwierzęta, nie dotykając jednak żadnego z nich. Taka metoda daje ciekawy obraz naturalnego rozwoju fauny w aspektach sezonowych i uwzględnia czynniki wpływające na jej zmiany, które też należy jednocześnie notować. Od obserwatora wymaga dobrego orientowania się w różnorodności fauny i posługiwania się lupą w razie potrzeby. Inne metody zalecają ścinanie całej rośliny lub jej części, które umieszcza się w słoju lub pudłach specjalnych, zaś obliczanie dokładne życia przeprowadza się dopiero w pracowni. Tam też jest najlepiej obliczać drobne życie gleby, jej mikrozespoły, na podstawie próbek zbieranych na miejscu.

Jak widzimy, próby nieraz bardzo ścisłego badania zespołów już istnieją. Na ogół w ekologii lądowej sprawa jest trudniejsza niż w wodzie, gdzie życie rozsiedlone jest bardziej równomiernie niż na lądzie. Metody hydrobiologii ilościowego szacowania życia powinny też uchodzić za wzór, podobnie jak i botaniczne, operujące co prawda materiałem bez porównania łatwiejszym. Ruchliwe i zróżnicowane na całe mnóstwo wielkościowych i ekologicznych typów, zwierzęta wymagają liczenia się w ogromnym stopniu z ich sposobami życia, stosowania najczęściej bardzo rozmaitych metod ilościowych dla uzyskania obrazu gęstości zasiedleniowej gatunków.

Rozdział VI.

ZESPOŁY ŻYCIA ŚRODOWISK WODNYCH. MORZE A WODY ŚRÓDLĄDOWE

Nawiązując do paragrafu o zasadniczym podziale zwierząt wodnych, w rozdziale I, gdzie zanalizowaliśmy różnice fizjologiczne i ekologiczne, wynikające z faktu obecności soli w wodzie morskiej i z właściwości osmotycznych obu środowisk, morskiego i słodkowodnego, możemy dalej kontynuować ogólne rozważania na ten temat; pozwolą nam one lepiej wniknąć w warunki życia zespołów wodnych.

Podział hydrosfery — wodnej powłoki ziemi — wynika w pierwszym stopniu z właściwości chemicznych środowiska płynnego, a także i z jego rozmieszczenia na ziemi. Morza i wody śródlądowe tworzą dwa główne działy żywiołu wodnego, wyróżniające się od siebie odrębnym życiem i warunkami bytu. Różnią się one także rozmiarami. *Morze*, pokrywające średnio $^{7}/_{10}$ całej kuli ziemskiej na obszar i objętość jest wielokrotnie *rozleglejsze* od wód śródlądowych, których powierzchnia razem obliczona sięga zaledwie $^{1}/_{50}$ powierzchni kuli ziemskiej. Jest ono również środowiskiem *ciągłym*, połączonym ze sobą, podczas gdy wody śródlądowe — to świat jezior, stawów, rzek, potoków, źródeł, wód torfowych i in. zbiorników, najczęściej wyizolowanych, wyodrębnionych, częściowo tylko łączących się z morzem przez ujściowe tereny rzek.

Z faktu łączności hydrosfery morskiej wynika też niewątpliwie większa *jednorodność* środowiska morskiego niż wód śródlądowych, uzupełniona nadto chemicznym

składem wody morskiej, w szczególności jej zasoleniem, ulegającym poprzez niezmierzone obszary oceanów nieznacznym tylko odchyleniom. *Wody śródlądowe* natomiast to dziedzina warunków stosunkowo bardzo urozmaiconych. „W tak zwanych wodach słodkich właściwie znajdujemy daleko więcej różnic wszelkiego rodzaju niż w morzach. Wielkość zbiorników wody słodkiej bywa bardzo różna — od kropli rosy aż do rzek olbrzymich i jezior, morzami wewnętrznymi zwanych; z jednej strony widzimy stawy nieruchomo drzemiące, z drugiej spiętrzone wodospady; mamy źródła gorące i lodowate jeziora lodowcowe. Pod względem chemicznym na jednym krańcu stoi miękka, prawie destylowana woda deszczowa, na drugim twarde wody gór wapiennych i jeziora słone. Wiele jezior takiej bywa głębokości, że istnieją w nich miejsca, dokąd światło wcale nie dochodzi, czyli istnieją warunki właściwe strefie abysalnej oceanu. Jakkolwiek przeto wody słodkie mają wiele cech wspólnych z oceanem, to jednak owa rozmaitość ich własności czyni je nieco podobnymi do lądu" (Simroth — Biologia zwierząt).

Oceaniczne prądy morskie, falowanie oraz przypływy i odpływy także sprzyjają wyrównywaniu kontrastów w różnych miejscach wód morskich. Przestrzenie wód, z dala od brzegów leżące, w niewielkim tylko stopniu ulegają lokalnym wpływom klimatycznym, w przeciwieństwie do wód śródlądowych, izolowanych i zlokalizowanych często w rozmaitych zasadniczo dziedzinach klimatycznych. Na wody śródlądowe klimat więc działa w nierównie większym stopniu niż na morze, potęgując jeszcze rozmaitość ich warunków fizycznych i życia, stwarzając potrzebę adaptacyj dodatkowych, co, być może w większym stopniu niż w oceanie, zacieśnia związki tego życia z lokalnymi warunkami środowiska i co, zapewne, obok

mniejszych rozmiarów zbiorników słodkowodnych i ich zamkniętości, zadecydowało o przodującej w ekologii roli limnologii.

Dużo większą jednostajność warunków w morzu niż w wodach śródlądowych potęguje nadto okoliczność ogromnej doniosłości dla zrozumienia życia obu światów wodnych: *dzieje geologiczne*. Morza od zamierzchłych czasów nie ulegały zasadniczo jakimś większym przewrotom i katastrofom, trwały nieprzerwanie, zmieniając co najwyżej, w związku ze zmianami lądów, zarysy konturów zewnętrznych i topografię dna, przy tym głównie w miejscach przybrzeżnych i płytszych. Przeciwnie wody śródlądowe. Są to twory geologicznie młode i znikome. Jedynie nieliczne spośród wielkich jezior jak Bajkał lub Tanganika, są basenami względnie starymi, dawnymi ale i one, datując się z okresu co najwyżej trzeciorzędu, jakże pod tym względem mają mało wspólnego z odwiecznością oceanu! Większość natomiast dzisiejszych zbiorników śródlądowych i rzek w naszych szerokościach sięga zaledwie swym pochodzeniem epoki lodowej.

Przez procesy zarastania jezior i stawów, zamulania rzek, przez procesy tektoniczne, zmieniające wygląd skorupy ziemskiej, przez wpływy klimatu śródlądowego, rzeźbę terenu etc., większość zbiorników słodkowodnych skazana jest na zagładę po mniej lub więcej krótkim geologicznie okresie istnienia. A razem ze znikaniem tych zbiorników ginie także świat żywy, który je zasiedlał. Powstają nowe, podlegające z czasem podobnemu losowi. Z tym faktem należy się liczyć i to w ogromnym stopniu. Środowiska śródlądowe i zamieszkujące je zespoły organizmów podlegają więc nieustannym zmianom w czasie, zjawiają się i giną, co też stwarza niewątpliwie trudniejsze warunki bytowania, sprzyja jednak zjawianiu się szczególnych typów przystosowanych i rozsiedleniowych.

Morze natomiast ciągłe, podlegające małym zmianom w czasie, stwarza raczej korzystniejsze dla życia i jego trwania warunki, ale za to w mniejszym stopniu sprzyjające szybkiej ewolucji. Jest ono światem zachowawczym, konserwującym w sobie typy pierwotne, mało zmienione od zarania dziejów życia.

Podatność wody morskiej dla życia zwłaszcza zwierzęcego znajduje wyjaśnienie także w chemizmie środowiska, które będąc roztworem wodnym różnych soli, składem i ciśnieniem osmotycznym w znacznym stopniu zbliża się do wewnętrznych płynów organizmu. Zwierzęta morskie, zwłaszcza niższe, mają ciało częstokroć wprost przepojone wodą morską. Ich wewnętrzne środowisko niewiele różni się od środowiska zewnętrznego, z którym pozostaje w stanie równowagi osmotycznej. Oto jedna z głównych przyczyn konserwacji w morzu typów pierwotnych, a jednocześnie, jak to już wiemy, jedna z zasadniczych różnic ekologicznych między morzem a wodami śródlądowymi.

Podział hydrosfery globu ziemskiego na morza i wody śródlądowe jest więc zupełnie naturalny i usprawiedliwiony, nie tylko przez rozmieszczenie obu typów środowisk, ich rozmiary, dzieje oraz warunki fizyczne i chemiczne, ale także i przez odrębne w związku z tym życie, z którego ogólnymi cechami ekologicznymi i zespołami zapoznamy się w rozdziale niniejszym.

FIZYCZNE WARUNKI ŚRODOWISKA MORSKIEGO

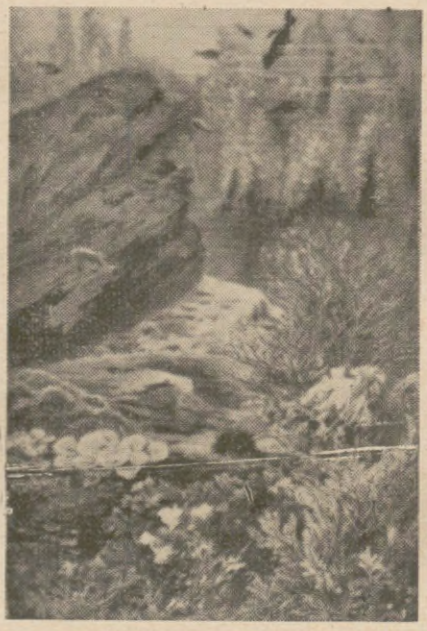
Rozległość morza jako środowiska życia, wynosząca 361 milionów kilometrów kwadratowych na 510 mil. kilom. kwadr. powierzchni globu, zwiększa się jeszcze wydatnie i przez to, że zasiedlone jest ono prawie w całej swej głębokości, choć oczywiście w największych głębinach życie jest bardzo rozrzedzone. Jeżeli uwzględnimy

przeciętną głębokość oceanów, mieszczącą się między 3500 a 4000 m, — otrzymamy środowisko na objętość, na kubaturę wielokrotnie rozleglejsze od stosunkowo cienkiej warstwy, maksymalnie kilkudziesięciometrowej, jaką życie lądowe pokrywa podłoże. W stosunku do powierzchniowej niejako otoczki życia na lądach, morze jest zasiedlone w głąb — objętościowo. *Ciśnienie* wzmagające się przeciętnie o 1 atmosferę przy pogrążaniu się o każde 10 m, w zasadzie nie stanowi znacznej przeszkody w pionowym rozsiedleniu organizmów morskich, bowiem znaleziono je na znacznych, kilka tysięcy metrów wynoszących, głębokościach.

Światło zaznacza wpływ głównie w kierunku pionowym. Fakt, że woda w ogromnym stopniu pochłania promienie świetlne i rozmaicie zależnie od długości ich fal, zaważa bardzo na jakości i rozmieszczeniu życia w różnych warstwach morza. Za prześwietlone można uważać wody najbardziej powierzchniowe, maksymalnie do 80 m, tworzące dziedzinę tzw. eufotyczną, gdzie zarówno z dala od brzegów jak i przy brzegach rozwija się życie roślinne w postaci filoplanktonu i flory dennej z przytwierdzonych glonów. Jest to twórcza warstwa morza. Poniżej, do głębokości przeciętnie 300—400 m, mamy wody dysfotyczne, mroczne, gdzie asymilacja roślinna jeszcze może się odbywać, ale już w bardzo słabym stopniu i tylko przez rośliny zaopatrzone w dodatkowy barwik czerwony względnie brunatny. Jeszcze niżej, aż do największych głębin wody morskie tworzą dziedzinę ciemną, afotyczną, nieprodukcyjną ze względu na brak roślin, zasiedloną, jedynie przez zwierzęta saprofagiczne, drapieżne i przez bakterie. Pionowy podział morza, w zależności od przenikania doń światła, dzieli więc wyraźnie zespoły morza na dwie kategorie: zespoły wód prześwietlonych, samowy-

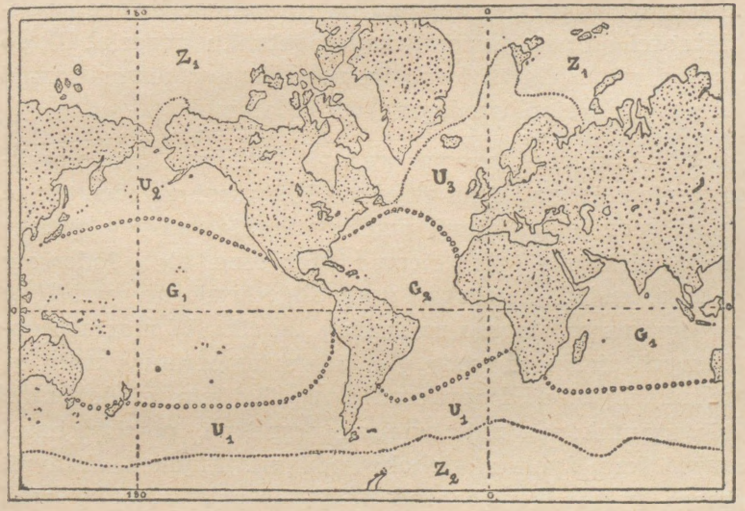
starczalne pod względem odżywczym, utworzone z roślin oraz zwierząt i od nich zależne pod względem odżywczym — głębinowe, niewystarczające sobie.

W harmonii z niejednakowym pochłanianiem przez wodę morską promieni składowych światła białego, grupuje się w kierunku pionowym roślinność do dna przytwierdzona, stwarzając wyjątkowo efektowny obraz ekologii morza. Najpłyciej mamy roślinność zieloną, złożoną z zielenic *(Chlorophyceae)* i mniej licznych traw morskich (Zostera, Podsidonia). Poniżej występują brunatnice *(Phaeophyceae)*, najgłębiej sięgają krasnorosty *(Rhodophyceae)*. Piętrowe takie ugrupowanie umożliwia najbardziej ekonomiczne wyzyskiwanie światła rozproszonego i zmodyfikowanego bardzo w wodzie morskiej. Tam, gdzie nie są już w stanie żyć zielenice, tam krasnorosty, zaopatrzone w dodany do chlorofilu barwik czerwony, budują jeszcze w świetle przeważnie niebieskim i fioletowym żywą materię z nieorganicznych, rozpuszczonych w wodzie związków.



Rys. 77. Przybrzeżne glony morskie z Adriatyku. Według Kernera

W porównaniu do światła wpływ *temperatury* dostrzegamy przeważnie w kierunku poziomym i to daje nam możność dzielić wody morskie na główne krainy: gorącą i zimną, zbliżając do ostatniej także wody przejściowe albo umiarkowane (rys. 78). Morza gorące, o minimalnych



Rys. 78. Krainy fauny morskiej oparte na stosunkach termicznych.
G — Morza gorące
U — Morza umiarkowane
Z — Morza zimne

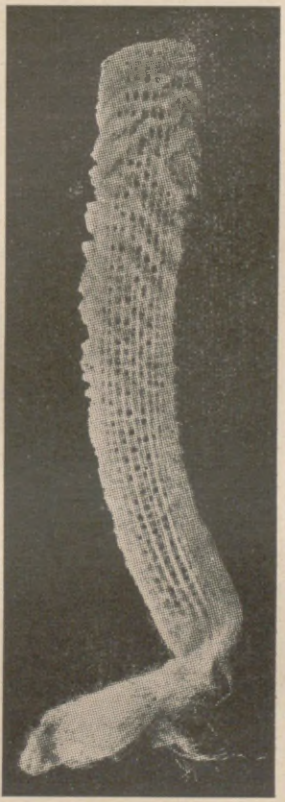
wahaniach termicznych w ciągu roku, ograniczone temperaturami oscylującymi przeciętnie między 20 i 25°, skupiają przeważnie formy stenotermiczne ciepłowodne (politermy), których klasycznym przykładem są koralowce, skrępowane w swym życiu i rozsiedleniu minimalną temperaturą 20°. Przeciwnie morza zimne, przybiegunowe, także o niewielkich wahaniach w ciągu roku, zasiedlone są w znacznym stopniu stenotermami zimnowodnymi

(oligotermami), podczas gdy morza umiarkowane, zarówno na północnej jak i na południowej półkuli, mają największy stosunkowo procent form eurytermicznych, wytrzymujących duże oscylacje temperatury. Nadto w morzach tych szczególnie wyraźnie zaznaczone jest życie sezonowe u ryb, zwłaszcza połączone z wędrówkami i rozrodem, przypadającymi na rozmaite miesiące w zależności od potrzeb termicznych gatunku (rozdział II), co umożliwia życie zarówno formom zimnowodnym (rozród zimą) jak i ciepłowodnym (rozród latem).

W kierunku pionowym wahania termiczne ustają praktycznie mówiąc już na głębokości kilkuset metrów, tak że wody poniżej twórczej, prześwietlonej warstwy tworzą środowisko nie tylko ciemne, afotyczne, ale i lodowato zimne, zasiedlone przez formy oligotermiczne, wrażliwe w ogromnym stopniu na zmiany termiki. W morzach polarnych zimne te wody głębinowe temperaturą mało co różnią się od wód powierzchniowych i tam też dokonuje się stosunkowo najłatwiejsza wymiana powierzchniowych form życia z głębokowodnymi. Prądami dolnymi mogą być one wynoszone dalej, aż pod warstwy wód strefy gorącej, a uwzględniając cyrkulację powszechną wód oceanicznych, mogą nawet wędrować w taki sposób od wód biegunowych północnych ku antarktycznym.

Falowanie jest wielkim czynnikiem selekcjonującym zespoły. Uderzający z siłą o skały przybrzeżne przybój, miotający piachem i cząstkami wody grozi zniszczeniem wszelkiemu życiu, które nie zdoła jak najmocniej przytwierdzić się i zabezpieczyć przed naporem fal. Na takich to eksponowanych skałach przybrzeżnych żyją tylko określone formy, szczególnie wyraźnie do tych surowych warunków mechanicznych przystosowane, nie tylko kształtem ociekowym twardych skorup, wytrzymujących

i osłabiających uderzanie fal, ale i niezwykle mocnymi mięśniami, którymi zwierzę przytwierdza się do podłoża, jak to czynią ślimaki, zwane uszami morza *(Haliotis)*, czaszołki *(Patella, Fisurella)* oraz prymitywne mięczarki z rodzaju Chiton. Inne, jak pąkle *(Balanus)* i liczne kolonialne mszywioły, bytujące w podobnych warunkach dynamicznych środowiska płynnego, prowadzą życie całkowicie przytwierdzone, zrosłe ze skałą w jedną jakby całość dzięki wydzielinie wapiennej.



Rys. 79.
Głębinowa gąbka szklista z rodzaju Euplectella

Biegunowym kontrastem tej fauny strefy przyboju są zespoły denne z wód głębokich, gdzie nie odczuwa się wcale falowania. Jest to fauna *ciszy wodnej*, utworzona z gatunków silnie rozkrzewionych, delikatnych, łamliwych, reprezentowana przez gąbki szkliste (rys. 79), głębokowodne koralowce, liliowce, delikatne kikutnice chodzące na wydłużonych kończynach i olbrzymie kraby o szczudłowych odnóżach z rodzaju Macrocheira. Ten rozmaity wpływ ruchów wody na ukształtowanie i skład zespołów, z jednej strony wody burzliwej, z drugiej zupełnie spokojnej, można obserwować ze szczególną wyrazistością w obrębie jednego nawet zespołu, na rafach koralowych, zwłaszcza atolach,

gdzie zewnętrzne, eksponowane części złożone są z gatunków spoistych, zwartych, przystosowanych do silnego uderzenia fal i dobrej aeracji wody, podczas gdy wewnętrzne części rafy, okalające lagunę wód zacisznych o lustrzanej powierzchni, zamieszkują koralowce często tych samych gatunków, ale bardzo delikatne i rozkrzewione.

Rola *prądów morskich* zaznacza się w szczególności na rozsiedleniu geograficznym zwierząt. Ich wpływ na kształtowanie się życia zespołowego jest niewątpliwie mniejszy niż falowania, a także przypływów i odpływów, stwarzających zupełnie swoiste środowisko życia na terenach przybrzeżnych, periodycznie wystawianych na czasowe zetknięcie z powietrzem. Jednak w miejscach spotkania się prądów o różnych temperaturach, niosących z sobą odrębne zespoły planktonowe, następuje z reguły masowa śmierć organizmów wrażliwych na zmiany termiczne. Spadają one „deszczem trupów" na dno, zaopatrując tym samym zespoły denne w obfity dopływ pokarmu, jak to ma miejsce w szczególności przy ławicy Nowofundlandzkiej, słynącej z obfitych połowów dorszy. W dużym również stopniu wpływają prądy morskie na masowe skupianie się zwierząt powierzchniowych, które często w olbrzymich ławicach przenoszone są z miejsca na miejsce, jak meduzy, rurkopławy, grzebienice, sprzągle etc. Także dla drobnego planktonu są prądy morskie ruchomym środowiskiem, z którym razem wędrują poprzez oceany, w którym się odżywiają, rozradzają i w którym giną, posłuszne losowi.

WPŁYW ZASOLENIA I GAZÓW NA SELEKCJĘ ZESPOŁÓW

Zasolerie wody oceanicznej jest jedną z najbardziej znamiennych jej cech, wyróżniającą środowisko morskie od wód śródlądowych. W wodach pełnego oceanu za-

solenie to ulega stosunkowo małym zmianom, oscylując wokoło stanu przeciętnego 35‰. Tam też zwierzęta morskie są najbardziej przystosowane do tej stałej słoności, nie wytrzymując zmian zasoleniowych nawet małej rozpiętości. Zespoły oceaniczne składają się przeważnie z form stenohalicznych.

W pewnych jednak rejonach morskich np. w Bałtyku, zasolenie ulega znacznym odchyleniom w stosunku do przeciętnego. Utrudniona łączność z wodami oceanicznymi przez zawiłe i płytkie cieśniny duńskie, znaczny dopływ wód słodkich z dużych i licznych rzek oraz nieznaczne stosunkowo parowanie wody sprawia, że w Bałtyku zasolenie jest mniejsze niż w wodach oceanicznych, wynosząc około 10‰ przy ciśninach od strony Bałtyku, zmiejszając się do 2‰ zaledwie w najbardziej północnych częściach zatoki Botnickiej. Przy Helu wynosi przeciętnie 7‰ w wodach powierzchniowych. Ten zasadniczy czynnik ekologiczny wpływa w ogromnym stopniu na skład zespołów Bałtyku. Jest czynnikiem ograniczającym i selekcjonującym je w ogromnym stopniu. Bałtyk jako *słonawe* środowisko życia umożliwia byt tylko typom morskim wyjątkowo euryhalicznym, jak chełbia, sercówka, omułek, flądry etc., które wytrzymują rozcieńczone środowisko morskie, a których jest stosunkowo niewiele. To wpływa na monotonię fauny niejako wybranej, która jednak, wobec dostatecznych naogół zasobów pokamowych i słabszej konkurencji, ilościowo rozradza się obficie. Nadto jako składniki zespołów bałtyckich wchodzą także formy słodkowodne np. szczupak, okuń, larwy owadów, wytrzymujące słabe zasolenie oraz pewne gatunki specjalnie charakterystyczne dla wód słonawych (formy mezohaliczne[1]).

[1]) Np. Cordylophora caspia, Nereis diversicolor, Membranipora pilosa, Jaera marina etc.

Zmniejszonym zasoleniem w stosunku do przeciętnego odznaczają się także wody przybrzeżne, nawet u otwartych brzegów oceanicznych, ale nie w takim stopniu jak w Bałtyku, tak że ten czynnik nie działa tam ograniczająco na różnorodność zespołów; przeciwnie, wobec wielkiego urozmaicenia innych warunków, mozaikowości siedlisk i obfitości pokarmu są one znacznie bardziej urozmaicone i ilościowo bogatsze niż na terenach dna oceanicznego z dala od brzegów.

Zubożałymi za to pod względem rozmaitości życia są tereny ujściowe rzek, środowisko słonawe o charakterze przejściowym pomiędzy wodami morskimi przybrzeżnymi a słodkimi. Zespoły życia tych siedlisk są jednak najczęściej liczebnie bardzo rozrodzone, wobec obfitych zasobów pokarmowych, jakie rzeki wnoszą do morza pod postacią żyznych namułów organicznych. Ich ważną cechą ekologiczną są także duże różnice w składzie jakościowym na bliskich od siebie odległościach w związku z różnym stopniem euryhalinizmu poszczególnych gatunków i znacznymi lokalnymi różnicami zasolenia wody.

W przeciwnym kierunku oscylacje zasoleniowe stwarzają środowiska nadmiernie skoncentrowane, które, podobnie jak i rozcieńczone, selekcjonują w ogromnym stopniu życie, zachowując tylko nieliczne typy *(Artemia salina)*, niekiedy zbliżone wytrzymałością na zmiany zasolenia do form z wód słonawych; widzimy je w licznych salinach nadmorskich lub w Karabugas — zatoce M. Kaspijskiego. Nadmierne zasolenie M. Martwego wyklucza całkowicie życie, głównie z racji obfitości zabójczych soli magnezowych.

Z rozpuszczonych w wodzie gazów szczególne znaczenie dla życia posiada *tlen,* jako warunkujący najważniejszą funkcję — oddychanie. W morzu jednak, dzięki falowaniu i prądom wyrównawczym, podobnie jak i mniej lub

więcej stałemu zasoleniu, jest pierwiastek ten przeważnie w dostatecznej dla życia ilości, rozprowadzany po wszystkich dziedzinach i środowiskach, tym samym nie wpływając w takim stopniu jak inne czynniki na ukształtowanie i skład zespołów życia. Mały stosunkowo wpływ pod tym względem wywiera i dwutlenek węgla, szkodliwy dla zwierząt, lecz z łatwością w wodzie morskiej wiązany w węglany i dwuwęglany wapniowe.

Jedynie tam, gdzie na skutek warunków topograficznych czy innych następuje niedostateczna wymiana wód, tam powstają nienadające się dla życia środowiska, ograniczające zespoły. Zjawisko takie widzimy w niektórych fiordach Norwegii, a w największym rozmiarze w głębinach M. Czarnego. W związku z nagromadzaniem się w tych wodach znacznych ilości materii organicznych, butwiejących w beztlenowym środowisku, wyzwalają się duże ilości *siarkowodoru,* który przesycając wodę zabija wszelkie życie, prądami czy inną drogą dostające się w zasięg tych wód trujących. Występują tam jedynie bakterie siarkowe. Głębiny Morza Czarnego, poczynając od 200 m pozbawione są całkowicie życia zwierzęcego, azoiczne z powodu braku tlenu i zatrucia siarkowodorem. Mamy tu w wielkiej skali przykład środowiska morskiego nienadającego się dla życia zwierząt przez czynniki chemiczne.

WARUNKI ODŻYWIANIA W MORZU

Zasadniczy odżywczy cykl w morzu przebiega według tych samych ogólnych praw co na lądzie, to znaczy że tylko zielona samożywna roślinność tworzy podstawę pierwotną pokarmu, którą z kolei odżywiają się zwierzęta, a tymi znów inne zwierzęta. Różnice jednak w porównaniu do warunków na lądzie istnieją dosyć duże. Przede wszystkim *glony osiadłe denne* otaczają linię brzegów sto-

sunkowo wąską otoczką w głąb nie przekraczającą kilkudziesięciu metrów, a więc niewspółmiernie małą do ogromnej masy życia zwierzęcego, zasiedlającego brzegi, otwarte wody i głębiny oceanów. Nie mogą więc one tworzyć jedynego źródła pokarmu. Przeciwnie, dziś wiemy, że jest to raczej źródło dodatkowe, które dostarcza pokarmu głównie po zbutwieniu, bogatej faunie saprofagów dennych i to przeważnie tylko w wodach przybrzeżnych. W niektórych rejonach morskich, jak w płytkich cieśninach duńskich, przyłączają się nadto rozległe obszary łąk podwodnych, utworzone z wyjątkowych w morzu roślin kwiatowych *(Zostera)*, które po zbutwieniu tworzą główne źródło produkcji życia w Kategacie, co tak wyraziście ilustruje nam schemat C. G. Joh. Petersena, zamieszczony przy omawianiu gospodarki odżywczej zespołów.

Podstawowym źródłem pokarmu zwierzęcego w morzach jest jednak *plankton roślinny* z powierzchniowych, prześwietlonych wód przybrzeżnych i pełnego oceanu, składający się z czterech głównie grup roślin: okrzemek, bruzdnic, kokolitoforów i sinic. Uzależnione w ogromnym stopniu od warunków termicznych grupy te tak się rozmieszczają, że krzemionkowe bruzdnice (Dinoflagellata) i okrzemki występują przeważnie w wodach zimnych i chłodnych, podczas gdy ciepłowodne sinice i wapienne kokolitofory charakteryzują raczej rejony wód o wyższych temperaturach. Zaś o produkcji fitoplanktonu decydują przede wszystkim sole pokarmowe, głównie azotany i fosfaty, które prądami pionowymi i konwekcyjnymi naprowadzone zostają do warstw naświetlonych z głębin, nagromadzone tam przez działalność redukujących bakterii, mineralizujących szczątki organiczne.

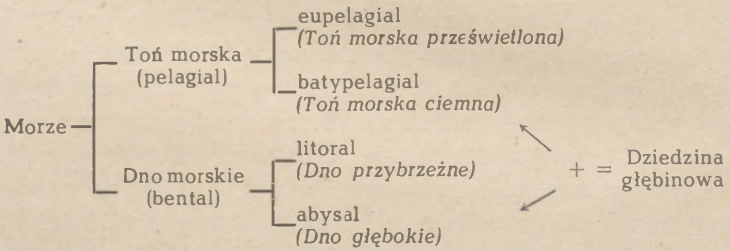
Plankton roślinny tworzy niby „łąkę" pływającą morza bezpośrednio odżywiającą plankton zwierzęcy, a ten

z kolei zwierzęta planktonożerne i dalej inne ogniwa życia zwierzęcego. Spotykamy się w wodach oceanicznych na każdym kroku z owymi łańcuchowymi zależnościami odżywczymi tak znamiennymi dla życia zespołowego. Rola planktonu w odżywianiu życia morskiego zwiększa się bardzo wydatnie i przez to, że wszystkie w ogóle ryby i mnóstwo innych zwierząt morskich w młodości przechodzą stadia odżywiające się planktonem, choć jako dorosłe konsumują już inny pokarm. Ostateczne ogniwa produkcji życia morskiego, jakimi są ryby użytkowe, ssaki morskie i in. poławiane są przez człowieka, który w taki sposób część życia morskiego wynosi poza obręb morza, wiążąc tym samym swoją gospodarkę z gospodarką naturalną środowiska morskiego. Współdziałają pod tym względem z człowiekiem ptaki morskie, w zasadzie organizmy lądowe uzależnione od morza przede wszystkim pokarmem. Te wyniesione z morza zasoby życia kompensują w znacznym stopniu rzeki, wnoszące do morza w obfitości materie organiczne. Znów widzimy przykład zazębiania się gospodarki odżywczej lądów i wód śródlądowych z morzem ku jakiemuś cyklowi odżywczemu najrozleglejszej skali — globu całego.

EKOLOGICZNY PODZIAŁ MORZA

Klasyfikacja zespołów morskich wychodzi od środowiska. Wyjściowym kryterium środowiskowego podziału morza jest wyróżnienie toni wodnej czyli tzw. *pelagialu*, o życiu niezależnym od podłoża i dna czyli *bentalu*, zasiedlonego organizmami wymagającymi do życia oparcia o podłoże. Zespoły organizmów dennych nazywamy bentosem, podczas gdy organizmy toni wodnej składają się bądź z pływaków aktywnych (nekton), bądź z mniej lub więcej pasywnie wśród wód unoszącego się planktonu.

Uwzględniając warunki oświetleniowe, zasadnicze dla kwestii produkcji życia, rozczłonkowujemy dalej w kierunku poziomym dwa działy, dno i toń wodną: na *litoral* czyli dno przybrzeżne, spoczywające na szelfie albo platformie kontynentalnej i na dno głębokie, już po za zasięgiem szelfu-*abysal*. Zaś pelagial czyli toń wodną na warstwę górną prześwietloną albo fotyczną zwaną *eupelagialem* (albo po prostu palagialem w ciaśniejszym pojęciu), sięgającą przeciętnie do głębokości 350—400 m i na *batypelagial* — wody ciemne, zalegające poniżej wód prześwietlonych aż do samego dna.



Rys. 80. Zasadniczy ekologiczny podział środowiska morskiego

Dychotomiczny, logiczny i naturalny ten podział nie zawsze jest stosowany w praktyce, wywodzącej się od pierwszych podziałów morza. Często traktuje się razem toń wodną i sąsiadujące z nią dno, pozostające w wymianie odżywczej i innej. Tak więc pod nazwą dziedziny albo strefy przybrzeżnej (litoralnej) opisuje się dno litoralu i wody tzw. nerytyczne, a więc wszystko, co spoczywa na szelfie i nad nim zalega. Pod nazwą zaś dziedziny abysalnej albo głębinowej rozumie się dno abysalu i ciemne wody batypelagialu.

DENNE ZESPOŁY LITORALU

Dno strefy przybrzeżnej sięga przeciętnie do krańca zewnętrznego szelfu (200m) lub conajwyżej nieznacznie tę granicę przekraczając, nie dalej jednak zasięgu przenikania światła w głąb, czyli maksymalnie do jakichś 350 m. Zasiedlają je zespoły złożone z glonów osiadłych i zwierząt, które różnorodnością typów i sposobami życia przewyższają wszystkie inne tereny i dziedziny morza. Wszystkie wymagają do życia oparcia o dno czyli tworzą bentos.

Jeżeli spróbujemy doszukiwać się przyczyn nader wielkiego ich urozmaicenia, wówczas przekonamy się, że tylko w urozmaiconych warunkach środowiska można je znaleźć. Na rozmieszczenie i selekcję fauny na danej przestrzeni dna wpływają przede wszystkim następujące czynniki ekologiczne: głębokość, charakter fizyczny dna i zróżnicowanie warunków środowiska płynnego w danym miejscu.

Głębokość, jako czynnik pionowy, któremu towarzyszy szereg innych warunków, pozwala podzielić dno strefy przybrzeżnej na kilka pasm pionowych, cechujących się każde określonymi zespołami roślin i zwierząt. W różnych morzach pasma te oczywiście mają skład zasiedlenia rozmaity, ale na ogół można wyróżnić następujące działy:

Pasmo *oprysku* (eulitoral górny) ponad linią najwyższego przypływu, graniczące z lądem i zasiedlone przez świat mieszany, morski i lądowy.

Pasmo *przypływu-odpływu,* obejmuje tereny, eulitoralu średniego, pokryte wodą podczas przypływu, wynurzające się z wody przy odpływie. Niekiedy nazywają to pasmo eulitoralem właściwym.

Pasmo *eulitoralu podwodnego* albo dolnego, poniżej linii odpływu po krańce dolne zasięgu flory bentosowej

czyli po sublitoral, w zasadzie nie wynurzające się nigdy z wody i zasiedlone urozmaiconymi bardzo zespołami.

Pasmo *sublitoralu,* rozpościera się od najbardziej dolnych zasięgów flory dennej po granice zewnętrzne litoralu zbliżone do tzw. linii mułu, środowiska wód spokojnych i ciemnych, nieco za krańcem zewnętrznym szelfu.

Drugim czynnikiem zasadniczo wpływającym na skład zespołów jest *fizyczny charakter dna.* Zależnie od tego czy jest ono skaliste, piaszczyste, muliste, czy utworzone z muszel lub ich okruchów znajdujemy na nim życie rozmaite, bowiem różny fizyczny charakter dna stwarza zasadniczo odrębne warunki lokomocji.

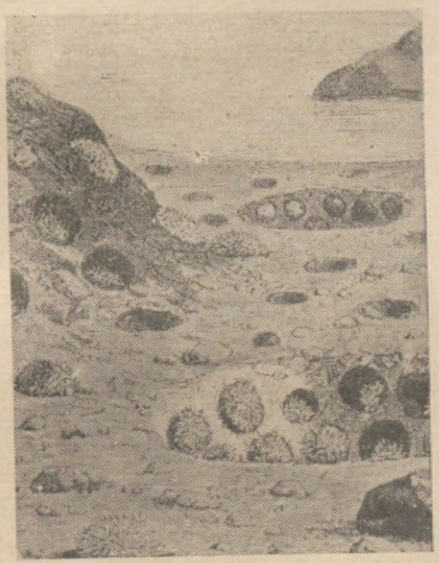
Trzeci wreszcie czynnik, wpływający na selekcję organizmów, mianowicie zróżnicowanie warunków środowiska *płynnego,* sprowadza się przede wszystkim do rozmaitego stopnia burzliwości wody, w następstwie takiej czy innej ekspozycji miejsca, wystawienia względnie ukrycia danej przestrzeni w stosunku do fal. Wszelkie szczeliny, wgłębienia i rozpęknięcia skał podwodnych mają zgoła inne ugrupowania życia, zazwyczaj bardziej urozmaicone niż miejsca tuż obok znajdujące się, miejsca eksponowane i silnie atakowane przez fale. Także dużą tu rolę odgrywają warunki świetlne. W mniejszym natomiast stopniu wpływają czynniki termiczne i słoność wody, bowiem organizmy litoralne wytrzymują na ogół dość znaczne ich zmiany bez szkody dla życia.

Trudno dać na kilku stronnicach niezwykle urozmaicony obraz zespołów przybrzeżnych morza, tak są one bogate. Można tu jedynie naszkicować najogólniejszy obraz stosunków u europejskich brzegów Atlantyku.

Przy brzegach *skalistych* pasmo oprysku obejmuje przestrzeń oblewanych falami skał nadbrzeżnych, poczynając od linii przypływu. Na jego dolnej granicy, gdzie fala najsilniej o brzeg uderza, dostrzegamy jak gdyby

obramowanie skał przez warstwę osiadłych pąkli *(Chthamalus)*, wśród których tu i owdzie widać silnie przytwierdzone do podłoża ślimaki czaszołki *(Patella)*, o stożkowej skorupce, pobrzeżki *(Litorina)* i rozmaicie najczęściej jaskrawo ubarwione ukwiały *(Actinia equina)*. Wszystkie te formy na ogół silnie bardzo potrafią się czepiać i mają kształty przeważnie ociekowe. Rozejrzawszy się nieco wyżej, po opryskiwanych skałach nadbrzeżnych, zauważymy liczne, bardzo szybko bokiem biegające kraby i skorupiaki typu dużych stonóg z rodzaju Ligia. Polują one żwawo po skałach na wszystko, co morze wyrzuca. Pod okruchami i zwałami skał uwija się drobniejsza fauna czyścicieli, złożona ze skorupiaków *(Orchestia)*, wijów i owadów, na które polują pewne pająki nadmorskie.

Jeżeli, korzystając z odpływu morza, zapuścimy się z kolei w następne pasmo przypływu—odpływu czyli w eulitoral średni, to uderzy nas przed wszystkim niezwykły rozwój brunatnic, głównie morszczynów z rodzaju Fucus, kilkumetrowej szerokości pasem okalających brzegi skaliste. Zespoły terenów wynurzających się z wody przy odpływie są niezwykle urozmaicone, reprezentowane przez



Rys. 81. Jeżowce morskie żyją u brzegów skalistych w wyżłobionych przez siebie „gniazdach"

najrozmaitsze grupy morskie, jamochłony, robaki, mszywioły, szkarłupnie, mięczaki, skorupiaki zwłaszcza kraby i pustelniki, osłonice, ryby. Wiele z nich prowadzi życie mniej lub więcej osiadłe, przytwierdzone, albo też drąży skały jak małże skałotocze *(Pholas)* lub jeżowce. Inne, bardziej ruchliwe, umieją zabezpieczać się przed falami i prądami spowodowanymi odpływem. Mnóstwo ukrywa się w muł, chowa w glony lub pod kamienie. Wszystkie są wytrzymałe na czasowe zetknięcie z powietrzem. Zwraca uwagę niezwykła jaskrawość barw w tym zespole rozmaitych organizmów zamieszkujących wody dobrze prześwietlone.

Rys. 82. Obrazek przybrzeżnego życia morkiego na dnie skalistym: krab i raki pustelniki

Tak jest u brzegów skalistych. Na dnie *piaszczystym* panują inne stosunki. Tkanina życia zmienia się tu zasadniczo w uzależnieniu od fizycznej natury podłoża. W pasmie oprysku, powyżej linii najwyższej wody, na tak zwanej suchej plaży, zalegają resztki wyrzuconych z wody glonów i martwych zwierząt, wśród których uwijają się, skacząc, całe roje zmieraczków *(Talitrus)* spełniające rolę czyścicieli plaży. Poniżej, w pasmie przypływu — odpływu dno piaszczyste jest bardziej urozmaicone. Jest to siedlisko gdzie w olbrzymich ilościach występują zwie-

rzęta „piaskojady", jak robak nalepian *(Arenicola marina)*, jeżowiec Echinocardium, małże Mya i Solen. Ryjąc w piasku pogrążają się one coraz to głębiej w miarę ustępowania morza. Za tymi piaskożercami podążają prawdziwi drapieżcy na nie polujący, jak ślimaki Natica, rozgwiazdy piaskowe z rodzaju Astropecten i pewne kraby. Drapieżne życie na dnie piaszczystym prowadzą także powszechne wszędzie garnele *(Crangon)*.

Dno piaszczyste, opuszczające się do głębokości 40 m i niżej, przechodzi stopniowo w osady utworzone z okru-

Rys. 83. Podmorskie lasy listownic (Laminaria)

chów muszel mięczaków, pancerzy raków, szkieletów mszywiołów i szkarłupni etc., na których rozwija się niemniej bujne życie utworzone z najrozmaitszych stworzeń, stanowiących świetny pokarm dla ryb dennych. Na tych to piaszczystych i piaszczysto-wapiennych terenach eulitoralu dolnego dokonywane są trawlami czyli włokami wielkie połowy ryb użytkowych z grupy płastug: flądr, fląderek, turbotów, soli etc.

Na dnie skalistym eulitoral podwodny rozpoczyna piętro laminaryj albo listownic, wielkich brunatnic dochodzących 4 m, o dłoniastej plesze, utwierdzonej w skale za pomocą palczastych chwytników, a nie przylg jak u morszczynów. Listownice w większym jeszcze stopniu niż

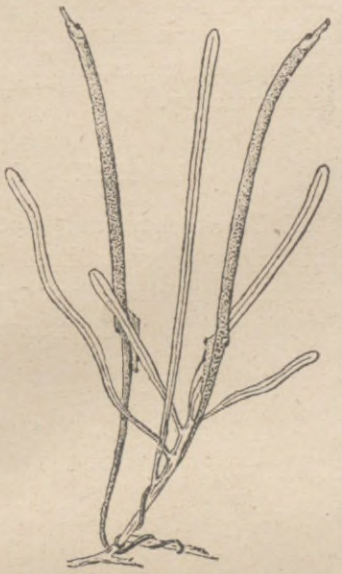
morszczyny stwarzają zespoły „lasów podmorskich", poczynając od dolnej granicy odpływu po jakieś 30—40 m głębokości. Tutaj żyją ostrygi oraz bogate zespoły zwierząt osiadłych, pełzających i pływających. Poniżej lasów laminariowych florę już tworzą tylko krasnorosty, a świat zwierzęcy charakteryzują zwłaszcza wielkie ślimaki o grubych bardzo muszlach z rodzaju Buccinium, Cassidaria i in. typowe dla głębokości przeciętnie od 40—80 m. Są to już dolne krańce eulitoralu.

Ostatnim pasmem strefy przybrzeżnej jest dysfotyczny *sublitoral,* w zasadzie pozbawiony flory dennej, o dnie przeważnie mulistym, względnie piaszczysto-mulistym, bardzo żyznym, zasobnym w detrytus organiczny. Do 200 metrów czyli do krańca platformy kontynentalnej jest on opanowany w przeważnym stopniu przez ramienionogi *(Brachiopoda)* i kolonialne koralowce z grupy piór morskich *(Pennatulidae),* tkwiące trzonami w grząskim podłożu, więc zakotwiczone w dnie. Poza dolną granicą szelfu na tzw. *linii mułu* zespoły sublitoralu mają już cechy przejściowe do życia dna głębokiego.

Odrębne zespoły strefy litoralnej zasiedlają *tereny ujściowe* rzek, gdzie środowisko jest zmienną — zależnie od miejsca — mieszaniną wody morskiej i słodkiej. Po wierzchu, jako lżejsza, płynie z rzeki woda słodka, podczas gdy morska, jako cięższa, sunie dołem w koryto przy naporze morza. To sprawia, że pewne euryhaliczne formy denne jak fląderki mogą zapuszczać się dosyć daleko w rejon ujściowy rzeki. Żyją tu także liczne gatunki przyujściowe specjalnie przystosowane np. stynka, ciosa, aloza. Na ogół jednak fauna ujściowa nie jest urozmaicona. Czynnikiem ograniczającym jest słabe zasolenie. Ale formy tutaj normalnie bytujące najczęściej są masawo rozrodzone, bo żyzne unosiny rzeczne zawierają mnóstwo substancyj

pokarmowych, odkładanych zwłaszcza pod postacią mułów. Całe przestrzenie dna w tych miejscach zryte są nieraz korytarzami w których żyją typowe dla terenów ujściowych skorupiaki z rodzaju *Corophium*. Bogate ilościowo zespoły drobnej fauny dennej przyciągają liczne ptaki błotne i wodne, najczęściej całymi stadami zasiedlające tereny ujściowe.

Zaciszne płytkie zatoki przyujściowe, o dnie mulistym lub piaszczysto mulistym, w wielu miejscach porastają jednoliścienne rośliny z grupy traw morskich *(Zostera)*, które przemieniają nieraz rozległe obszary dna morskiego w prawdziwe *łąki podwodne*. Stwarzają one swoiste siedlisko o bardzo urozmaiconych zespołach zwierzęcych, w typowej postaci występujące także i na przestrzeni naszego morza, wzdłuż mielizny podwodnej Rewa-Kuźnica od strony Małego morza, oraz w kilku innych punktach. Latem zwłaszcza, kiedy wody powierzchniowe nagrzewają się do kilkunastu stopni rozwija się na łąkach podwodnych najbujniejsze życie, jakie można obserwować na przestrzeni naszych wód przybrzeżnych. Daje nam ono w miniaturze obrazek życia w morzach gorących. Jest to siedlisko silnej konkurencji życia, gdzie przystosowania barwne do otoczenia ujawniają się szcze-



Rys. 84. Dwa okazy wężynek *(Nerophis ophidion)* ogonkami przytwierdzone do listków trawy morskiej, które naśladują kształtem i ubarwieniem

gólnie wyraźnie. Dominują kolory zielone harmonizujące z otoczeniem o roli obronnej. Znajdujemy tu zwierzęta roślinożerne obok drapieżców i saprofagów, osiadłe obok bardzo ruchliwych i ledwie pełzających. Wszystkie najważniejsze grupy fauny naszego morza mają tu swoich przedstawicieli. Osobliwe zwłaszcza są rybki iglicznie i wężyki kształtem i ubarwieniem imitujące listki trawy morskiej pośród której żyją — klasyczny przykład mimicry pośród naszej ubogiej fauny morskiej. Fizjognomiczny obraz zespołu życia łąk podwodnych jest bardzo urozmaicony.

NAMORZYNY I RAFY KORALOWE

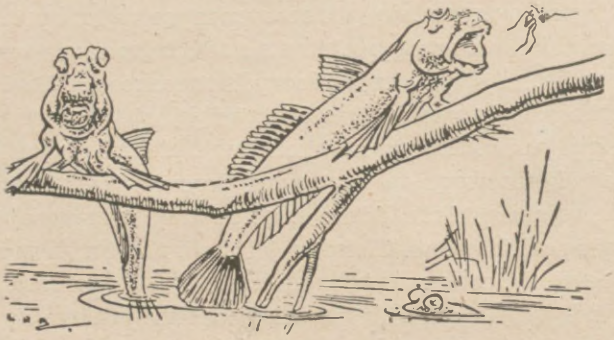
Od tych charakterystycznych dla strefy umiarkowanej zespołów przybrzeżnych morza, uzależnionych od głębokości, charakteru fizycznego dna i warunków przyujściowych, wyróżniają się zasadniczo dwie bardzo charakterystyczne formacje biologiczne morskie, wyłącznie zjawiające się w wodach przybrzeżnych mórz gorących, międzyzwrotnikowych: zarośla namorzyn i rafy koralowe.

Rys. 85. Zarośla namorzyn (mangrowe), widziane od morza

Namorzyny albo *mangrowe* występują przy nizinach błotnistych brzegach tropikalnych Atlantyku i Indo-Pacyfiku, tworząc osobliwą formację roślinną, przystosowaną do życia na gruntach słonawych. Widziane od stro-

ny morza wyrastają drzewa mangrowe niby wprost z wody. W rzeczywistości tkwią one bardzo mocno w mule i gruncie na swych szczudłowych szeroko rozstawionych korzeniach, którymi przeciwstawiają się naporowi fal i przypływów. Głównym przedstawicielem tych roślin jest rodzaj *Rhizophora,* tworzący pas drzew najbliższy morzu. Dołączają się także liczne inne rośliny zazwyczaj nieco w tyle rozlokowane. Ciekawą jest rola namorzyn w gospodarce wód przybrzeżnych: są one niejako pionierami życia lądowego na tych terenach, podobnie jak trzciny i roślinność błotna w zbiornikach śródlądowych. Odbierają one morzu bardziej zaciszne brzegi, kompensując w pewnym stopniu niszczycielską działalność fal, szczególnie wyraźnie zaznaczającą się u brzegów skalistych.

Zarośla namorzyn stwarzają zupełnie swoiste siedlisko zwierzętom. Czarny, cuchnący szlam, nagromadzony wśród korzeni i wydzielający z siebie niezdrowe, febryczne wyziewy, roi się od zwierząt. Mnóstwo w nim żyje robaków, skorupiaków i małżów. Ciemne kraby z rodzaju *Uca, Sesarma* i in. ryją w nim korytarze, znosząc w nie liście i owoce spadłe z drzew mangrowiowych. Na szczudłowych, powietrznych korzeniach, jedynych miejscach oparcia w tym grząskim, dreszczem przejmującym środowisku, osiadle żyją ostrygi i pąkle. W górę po pniach i gałęziach pną się liczne ślimaki. Istnieje także pewna mała rybka *Periophthalmus* (rys. 86), o osobliwych „peryskopowych", wystających z wody oczach, gdy pływa tuż pod powierzchnią, która stale towarzyszy formacji mangrowiowej u brzegów Indo-Pacyfiku. Podczas odpływu gramoli się z pomocą płetw, przemienionych w niezgrabne łapki, na korzenie i gałęzie ryzofory w poszukiwaniu owadów, których mnóstwo lata wśród zarośli i biega po wysychającym szlamie. Spłoszona, raptownym skokiem spada i ginie wśród szlamu. Na ten bogaty świat



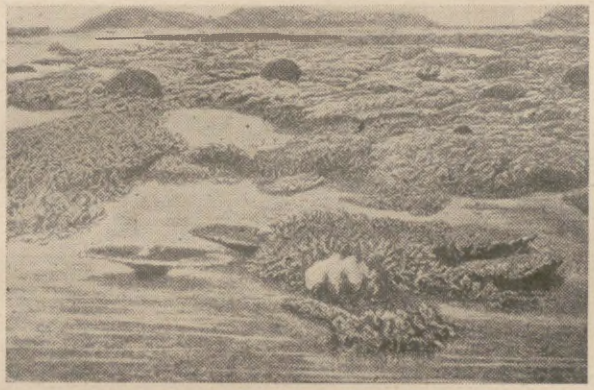
Rys. 86. Rybki Periophthalmus chodzą po korzeniach roślin mangrowych, wynurzonych z wody przy odpływie morza

czają się w zaroślach jaszczurki i ptaki. Istnieją nawet pewne małpy, chętnie trzymające się zarośli namorzyn. W osobliwym tym zespole tropikalnych brzegów bagnistych jednoczy się świat morski ze światem lądowym. Jest to jak gdyby teren „eksperymentu przyrody", teren przystosowywania się zwierząt morskich do życia lądowego, a lądowych do przybrzeżnego morskiego.

Jeszcze osobliwszą formacją życia przybrzeżnego w morzach gorących są *rafy koralowe*, zasadniczo odmienne swym charakterem i krajobrazem. Formacja namorzyn jest ponura, groźna, dreszczem jakimś przejmująca przez swój mrok, wilgoć i czarny, cuchnący szlam. Rafy koralowe, kąpiąc się w słońcu, tworzą formację bajecznie kolorystyczną, harmonijną i pogodną, uzależnioną od brzegów otwartych, omywanych czystymi, prześwietlonymi wodami, o podłożu twardym i przeważnie skalistym.

Zasięg występowania koralowców budujących rafy nie przekracza w zasadzie 30° szerokości geogr. północnej i południowej, obejmując tym samym międzywrotnikowy pas wód przybrzeżnych nie zamulonych, o temperaturze nie niżej 20° C. Stosunkowo więc wysoka temperatura, płytka woda przeciętnie do 40 m głębokości, przy

tym dostatecznie przewietrzana, naświetlona i normalnie, względnie nawet bardziej od normalnej, słona — oto ekologiczne warunki życia koralowców, konstruktorów raf. Należą one przeważnie do grupy madrepor, choć współdziałają z nimi także inne jamochłony jak organkowce (*Tubipora*), gąścioły (*Gorgonia*), *Alcyonaria* etc. Rys. 87)

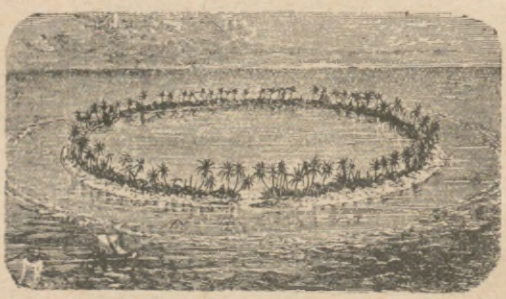


Rys. 87. Rafa koralowa przy odpływie morza

a także pewne mszywioły (*Bryozoa*), otwornice (*Foraminifera*), a zwłaszcza glony wiążące i wydzielające wapień (*Nullipora*), które poza koralowcami są głównymi współtwórcami raf. Oprócz tych organizmów zasiedlają rafy najrozmaitsze inne zwierzęta borujące, ryjące w nich korytarze i rozpuszczające wapień. Od ustosunkowania się do siebie obu tych kategoryj: *konstruktorów* i *niszczycieli* zależy stan rafy. Na ogół z biegiem czasu zamierają koralowce, rafy przemieniają się w wyspy, ponieważ narastanie zwierząt osiadłych jakimi są koralowce uskutecznia się ku górze, na szkieletach zewnętrznych przez nie wytwarzanych. Narastanie silniejsze od strony zewnętrznej bardziej przez fale atakowanej, przy jednoczesnym kruszeniu i marnieniu rafy od środka, gdzie woda jest spo-

kojna — powoduje tak znamienny pierścieniowaty kształt raf (rys. 88) wysp koralowych, powszechny zwłaszcza wśród archipelagów Polinezji.

Zespoły raf koralowych są bardzo urozmaicone, tworząc zagęszczenie i bogactwo życia jedne z największych, jakie znamy na ziemi, a także bezsprzecznie najróżnorodniejsze ze wszystkich istniejących w strefie przybrzeżnej



Rys. 88. Wyspa koralowa pierścieniowatego kształtu — atol

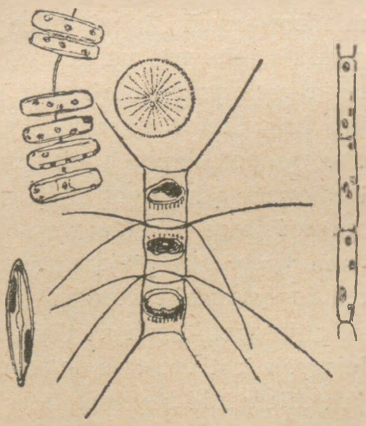
mórz gorących. Mieszkańcami stałymi raf są także jaskrwawe ukwiały i gąbki, olbrzymie małże z rodzaju *Tridacna*, o muszlach ważących kilkaset kilogramów, jeżowce o wielkich kolcach, rozgwiazdy i strzykwy, niezliczone ślimaki, robaki i glony. Wszystkie bajecznie kolorowe, wprowadzające w podziw każdego obserwatora. Ponad rafami koralowymi, ponad tymi bajecznymi ogrodami podmorskimi unoszą się, niby przepięknie ubarwione motyle, rybki właściwe rafom koralowym, o pyszczkach twardych, zaopatrzonych w twarde dziobki i zęby, przystosowane do obłamywania gałązek koralowców. W cichych wodach laguny, wypełniających wnętrze atolów, życie jest odrębne, złożone z zespołów zasiedlających w znacznym stopniu dno muliste.

Dla ekologa są rafy szczególnie ponętnym obiektem badań, przedstawiając zespoły bajecznie kolorystyczne i krajobrazowe, o wielkiej zwartości elementów składo-

wych, jako utworzone w znacznym stopniu ze zwierząt osiadłych, walczących z sobą o przestrzeń, czerpiących jednak pokarm podstawowy z morza w postaci planktonu i drobnych zawieszonych w wodzie szczątków organicznych. Dopiero na tej analogicznej w pewnym stopniu do zespołu roślinnego podstawie z koralowców i innych form tworzących rafy, dostrzegamy niejako „nadbudowę" zespołową złożoną z całego mnóstwa innych organizmów, powiązanych z koralowcami i między sobą najrozmaitszymi zależnościami, łańcuchami odżywczymi i potrzebą obrony. Całość zespołu ulega bardzo wyraźnym wpływom środowiska fizycznego, głębokości, ekspozycji wobec fal etc.

ZESPOŁY EUPELAGIALU

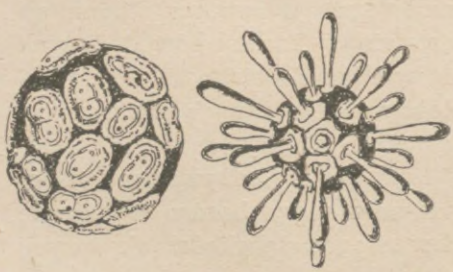
Tylko co poznane zespoły denne strefy przybrzeżnej składały się przeważnie z organizmów bentosu czyli prowadziły życie związane z podłożem. Pelagial natomiast jest strefą toni morskiej, wód niezależnych od dna, ograniczony od góry powietrzem, od dołu ciemnymi wodami więc dla zamieszkujących go organizmów batypelagialu stwarza warunki zasadniczo inne. Brak podłoża wyklucza istnienie bentosu. Zasiedlają te wody jedynie pływacy aktywni (nekton) i drobny zazwyczaj, mniej lub więcej biernie w wodzie unoszący się plankton.



Rys. 88a. Okrzemki planktonowe

Niezależność i samowystarczalność odżywczą tej dziedziny eupelagicznej

gwarantuje jej prześwietlenie, co umożliwia życie planktonowi roślinnemu, *nannoplanktonowi,* składającemu sie w znacznym stopniu z okrzemek, bruzdnic, kokolitoforów, wiciowców nagich i sinic, które zasiedlają wody



Rys. 88b. Morskie wiciowce wapienne kokolitofory, powiększone

przeważnie eufotyczne. O ilościowym ustosunkowaniu się różnych tych typów roślinnych poucza obliczenie przeciętne z wielu próbek, dokonanych w ciepłych wodach Atlantyku. W jednym litrze wody stwierdzono tam 600 kokolitoforów, 500 bruzdnic, 75 sinic, 60 okrzemek, 55 nagich wiciowców. Oczywiście podobny skład uzmysławia stosunki dla ciepłych rejonów. W wodach umiarkowanych i zimnych stosunki zmieniają się wydatnie, głównie na korzyść zimnowodnych okrzemek, przy wyraźnym zmniejszaniu się ciepłowodnych, wapiennych kokolitofor. Bruzdnice natomiast występują zarówno w wodach ciepłych jak i chłodnych. Termiczne warunki odgrywają na ogół duży wpływ na skład jakościowy i na ilościowe występowanie tego planktonu. Na ogół zimne wody sprzyjają masowemu rozwojowi okrzemek oraz zagęszczaniu fitoplanktonu w większym stopniu niż wody gorące. Różne są tego przyczyny; jedną z najważniejszych jest częstsze w wodach umiarkowanych i zimnych mieszanie się wód, a w związku z tym prądy pionowe i konwekcyjne, wyciągające do wierzchu wody za-

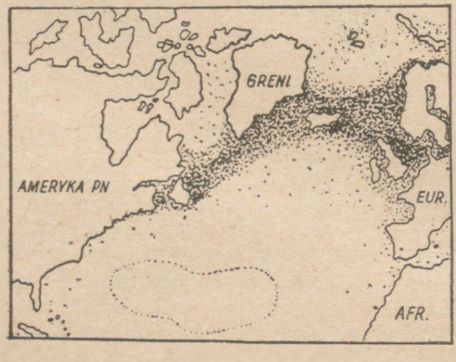
sobne w solę odżywcze, azotany i fosfaty, niezbędny warunek rozwoju planktonu roślinnego. Także współdziała w zjawisku denitryfikacja, czynna (rys. 89) zwłaszcza w morzach gorących a polegająca na rozkładzie przez pewne bakterie azotanów na azotyny, amoniak i wolny, nieprzydatny dla planktonu roślinnego azot. W morzach chłodnych, w związku z niższymi tam temperaturami, denitryfikacja jest znikoma i cały zapas azotanów i fosfatów, prądami z dolnych warstw wyciągany do wód naświetlonych pozostaje do dyspozycji fitoplanktonu, który masowo się rozwija.

Rys. 98 W morzach gorących fitoplankton jest ubogi: rysunek ilustruje jego ilość w 10 cm^3 wody Atlantyku pod 3^0 szerok. geogr. południowej z 50 m głębokości. Według Hentschla

Fitoplankton tworzy podstawę od której zależy życie *planktonu zwierzęcego*. Łańcuchy odżywcze układają się w zależności od rejonów geograficznych i warunków termicznych, utworzone z różnych gatunków i grup zwierzęcych. Gros planktonu zwierzęcego tworzą pierwotniaki otwornice i promieniowce skorupiaki zwłaszcza widłonogi, pewne robaki szczecioszczękie *(Chaetognatha)*, ślimaki skrzydłonogi, dalej urozmaicone formy nieco większych rozmiarów jak rurkopławy, meduzy (rys. 90), ślimaki *Heteropoda*, sprzągle z pośród osłonic i in., znane zwłaszcza pod nazwą

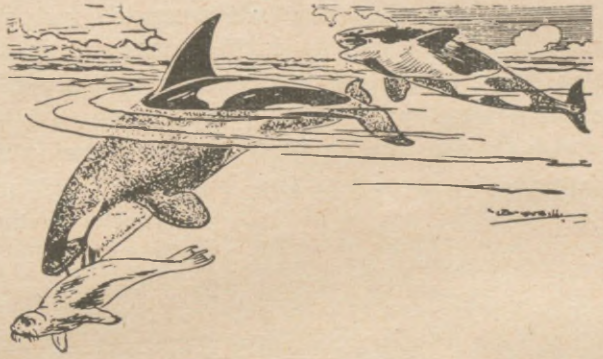
Rys. 90. Meduza Rhizostoma

drobnej fauny pelagicznej *(megaloplankton)*, zajmującej jak gdyby przejściowe stanowisko między właściwym zooplanktonem i nektonem. W wodach przybrzeżnych, ponad platformą kontynentalną, plankton zwierzęcy w znacznym stopniu zmienia charakter, bowiem duży odsetek tworzą tam larwy zwierząt bentonicznych *(plankton nerytyczny)* w zasadzie niewystępujące w planktonie ocenanicznym.



Rys. 91. Maksymalne zagęszczenie planktonu w Atlantyku północnym widzimy w rejonie mieszania się wód umiarkowanych z zimnymi na tzw. froncie polarnym

Ilościowy rozwój planktonu zwierzęcego jest zjawiskiem skomplikowanym, zależnym od wielu zmiennych czynników. Wpływają tu nie tylko stosunki bezpośrednie — odżywcze, czyli rozwój planktonu roślinnego, od którego zależy zooplankton i rozwój którego zazwyczaj opóźnia się 1-2 miesięcy w stosunku do rozwoju fitoplanktonu. Wpływają także i stosunki lokalne środowiska fizycznego. Plankton tworzy w wielu miejscach jakby obłoczki i chmurki, będące niczym innym jak jego zagęszczeniem w następstwie spotkania się prądów o różnych warunkach termicznych, zasolenionych, odżywczych etc., które w każdym takim punkcie wymagają drobiazgowej analizy lokalnej i odrębnego tłumaczenia. Istnieją jednak rozległe

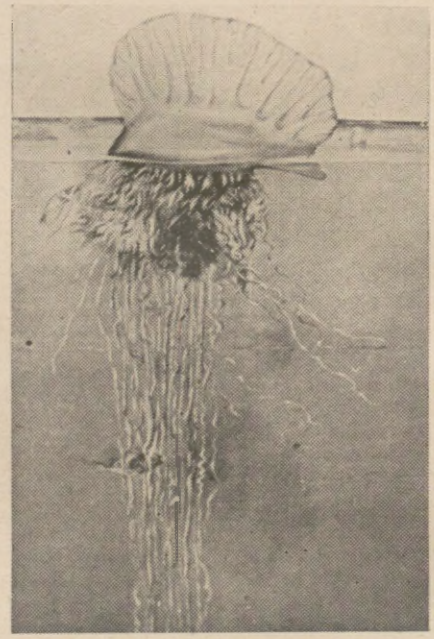


Rys. 91a. Delfiny ścigające fokę. Według Boulengera

przestrzenie z masowym wprost rozwojem planktonu jak w północnym Atlantyku wody tzw. frontu polarnego, rejon mieszania się wód ciepłych z zimnymi, sprzyjający w ogromnym stopniu wyrównawczym prądom, wyciągającym z dołu masy odżywczych soli azotowych i fosforowych, a tym samym sprzyjającym rozwojowi fitoplanktonu — głównego pokarmu zooplanktonu. Wobec naturalnej łańcuchowej zależności odżywczej organizmów pelagicznych te rozległe obszary zagęszczania planktonu są jednocześnie rejonami największych połowów ryb użytkowych.

Rys. 92. Rybki latające ścigane przez złote makrele

Końcowe ogniwa łańcuchów odżywczych eupelagialu, także ostatecznie uzależnione od fitoplanktonu, składają się przeważnie z przedstawicieli *nektonu* czyli pływaków aktywnych a więc ssaków, ryb, głowonogów. Na ogół rozproszony i niezbyt liczny jest ten nekton pelagiczny, co ekologicznie uzasadnione jest większymi rozmiarami zwierząt (piramida liczbowa). Wieloryby fiszbinowce, dziś już w dużym stopniu przetrzebione, trzymają się jeszcze głównie na wodach Antarktydy częściowo pod kontrolą człowieka. Inne, jak foki i otarie, są mieszkańcami raczej wód przybrzeżnych. Jedynie delfiny i im pokrewne są stosunkowo liczne w wodach pelagicznych, gdzie prowadzą życie drapieżne (rys. 91 a). Spośród ryb znamy wiele gatunków eupelagicznych a najpowszechniejszymi są żarłacze. W morzach gorących są bardzo znane rybki latające, w nieduży ch stadkach wyskakujące z wody i planujące na swych wydłużonych płetwach kilkanaście metrów ponad powierzchnią — chroniąc się w taki sposób przed ścigają-



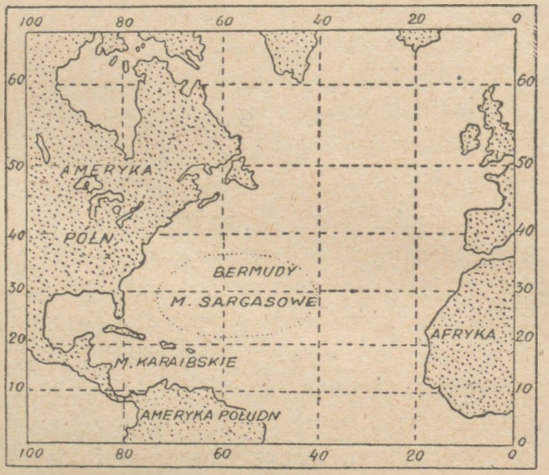
Rys. 93. Physalia - rurkopław pelagiczny, o wielkim pęcherzu pławnym wynurzającym się ponad powierzchnię morza

cymi je złotymi makrelami *(Coryphaena)*. Częste są w wodach powierzchniowych także makrele, tuńczyki, miecznik, posługujące się wielką płetwą grzbietową niby żaglem, — żaglowce *(Histiophorus)*, osobliwy samogłów *(Orthagoriscus)* etc. Oto kilka najbardziej znanych przedstawicieli tych ogniw końcowych nektonicznego życia pelagicznego.

Pelagiczny *pleuston* tworzą rozmaite drobne i większe zwierzęta, trzymające się przy samej powierzchni. Łatwo wpadają nam one w oczy przy obserwacji powierzchni z pokładu prującego fale okrętu. Charakterystyczne są zwłaszcza rurkopławy *(Physalia*, Rys. 93, *Velella, Porpita)*, ślimaki fioletowe względnie niebieskie *Janthina* i *Glaucus*, kolonialne promieniowce z rodzaju *Sphaerozoum* etc. Do tego najbardziej powierzchniowego zespołu można także włączyć i jedyne owady pelagiczne — pluskwiaki z rodzaju *Halobates*, które w pewnych rejonach mórz gorących ślizgają się po powierzchni, niby nasze nartniki, w poszukiwaniu meduz, których sokami się żywią. Wszystkie te formy, w zasadzie lżejsze od wody, odznaczają się wyraźnymi przystosowaniami do życia powierzchniowego, wymagając najczęściej bezpośredniego zetknięcia z powietrzem. Niektóre wyzyskują wiatr jako czynnik lokomocji. Velella z racji kształtu i ułożenia jej wystającego nad wodą „żagla" nazywana jest przez anglików „by the wind sailor". Odżywczo uzależniony jest pleuston od planktonu warstw górnych.

W zachodnich rejonach Atlantyku gorącego ciekawy i odrębny pelagiczny zespół życia tworzy tzw. *morze Sargasowe*, obejmujący rozległy owalny teren, otoczony wielkim kolistym prądem Atlantyku, gdzie w związku ze spokojem wód nagromadzają się znaczne ilości pływających brunatnic z rodzaju *Sargassum* (gronorosty).

Ogólnie przyjmuje się litoralne pochodzenie tych glonów, oderwanych z brzegów amerykańskich i tutaj prądami nagromadzonych. Sprawa jednak nie jest taka prosta, ponieważ glony te zróżnicowały się na szereg gatunków i doskonale prosperują w warunkach życia pelagicznego, tymczasem świeżo oderwane z brzegu i niesione

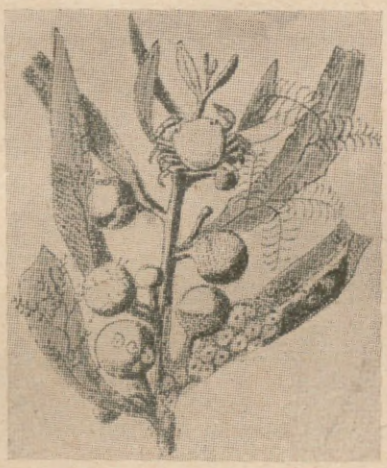


Rys. 94. Mapa zasięgu morza Sargasowego

prądami po pewnym okresie czasu giną niechybnie. Jest więc możliwe przypuszczenie pewnych badaczy, że genezę morza Sargasowego trzeba nawiązać do odległych czasów geologicznych, kiedy w rejonie tym była strefa przybrzeżna. Dzisiejsze morze Sargasowe byłoby pozostałością tej strefy po opuszczeniu się lądu.

Dla jadącego okrętem obserwatora morze Sargasowe przedstawia czarujący obraz bajecznie szafirowej, spokojnej powierzchni, którą, jak okiem sięgnąć, przecinają

w różnych kierunkach złote pasy pływających glonów. Kolorystyka krajobrazu jest wprost niezwykła. Wyjęta z wody „gałązka" Sargassum (rys. 95) przedstawia niby roślinę wyższą z listkami gałązkami i jagódkami. W rzeczywistości jednak są to tylko zróżnicowania plechy, nie mające nic wspólnego z organami roślin wyższych. Kuliste pęcherzyki, przypominające jagody, są organami hydrostatycznymi, wypełnionymi gazem, służącymi do utrzymywania rośliny na powierzchni.



Rys. 95.
Rozgałęziona plecha Sargassum z osiadłymi na niej zwierzątkami i maleńkim krabem Planes

Skupienia tych pływających brunatnic są podłożem na którym bytuje niezwykle ciekawa i urozmaicona fauna. Gałązkę każdą pokrywają liczne, przeważnie osiadłe, robaki, mszywioły i jamochłony. Pośród tych przytwierdzonych form pełzają tu i owdzie mięczaki specjalne, skorupiaki równonogi i maleńkie, mocno trzymające się glonów kraby *(Planes)*. Poznano także kilka gatunków rybek w tym zespole. Jedna z nich, maleńki *Antennarius*, blisko spokrewniona z diabłem morskim (Lophius), jest szczególnie ciekawa z racji dziwacznego wyglądu, a mianowicie mimetyzmu naśladującego barwą i kształtem glony sargrasowe (rys. 96) i budowy gniazdka. Zespół morza sargasowego składa się z rozmaitych uzależnionych od

siebie ogniw odżywczych, złożonych, z roślinożerców, czyścicieli i drapieżców, a także z form odżywiających się planktonem jak większość bytujących tu zwierząt osiadłych. Podstawę odżywczą tworzy plankton wód okolicznych i brunatnice jako takie. Pod względem ekologicznym morze Sargasowe jest szczególnie ciekawym przykładem zespołu w znacznym stopniu litoralnego, bytującego jednak w warunkach pelagicznych.

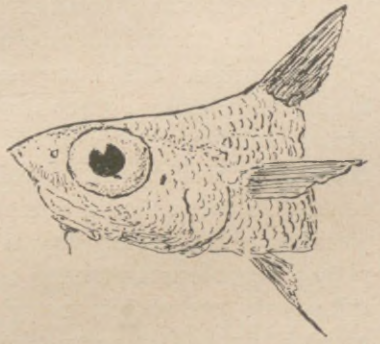
Rys. 96.
Mała rybka Antennarius żyje wyłącznie na pływających glonach sargasowych

BATYPELAGIAL

Środowisko to obejmuje oceaniczną toń wody, zalegającą poniżej eupelagialu czyli naświetlonej warstwy powierzchniowej, aż po dno oceanu. Batypelagial jest dziedziną wód ciemnych, nieprodukcyjnych, uzależnionych odżywczo od zasiedlonych planktonem roślinnym górnych warstw wody. Co do rozmiaru jest bezsprzecznie najrozleglejszym ze wszystkich środowisk jakie znamy na ziemi, przeciętnie dziesięciokrotnie większym od olbrzymiej dziedziny eupelagicznej.

Poznano liczne formy batypelagiczne, należące zarówno do bezkręgowców jak zwłaszcza do ryb. Najciekawsze przystosowania do życia głębinowego spotykamy właśnie

u gatunków batypelagicznych, powstałe głównie w związku z życiem w mrokach i ciemności. Nadmierny rozwój organów wzroku jest tu zjawiskiem częstym i pod względem ekologicznym porównać go można z hypertrofią oczów u ptaków nocnych. Rysunek załączony ilustruje głowę takiej typowej batypelagicznej ryby z rodzaju *Macrurus* (rys. 97). U innych znów form spotykamy się



Rys. 97. Głowa batypelagicznej ryby z rodzaju Macrurus, o nadmiernie rozwiniętych oczach

z częściową, rzadziej całkowitą redukcją organów wzrokowych. Także osobliwe oczy teleskopowe, o wydłużonych cylindrycznych kształtach gałki ocznej, jakby w kształcie lornetki osadzone na ciele pewnych ryb, głowonogów i skorupiaków, niemal wyłącznie zjawiają się w dziedzinie batypelagicznej. Te urozmaicone i ciekawe modyfikacje organów wzrokowych najwidoczniej znajdują się w łączności ze światłami produkowanymi przez same zwierzęta w najrozmaitszy sposób i z różnym przeznaczeniem biologicznym: jako latarnie oświetlające drogę, jako cechy specyficzne pozwalające rozpoznawanie się osobników płci przeciwnej, jako światła wabiące zdobycz, jako obronne snopy świetlne, odstraszające względnie oślepiające napastnika etc.

Skąpość zasobów pokarmowych w tym olbrzymim lecz stosunkowo jałowym środowisku życia zadecydowała

o okropnej wprost drapieżności niewielkich, najczęściej kilku lub kilkunastucentymetrowych rybek batypelagicznych, pożerających się wzajemnie, uzależnionych odżywczo ostatecznie od deszczu trupów, spadającego z powierzchni. Poznano gatunki, które potrafią zjadać większą od siebie zdobycz, układając ją w rozszerzającym się niepomiernie, rozpychającym całe ciało żołądku. Pyszczki tych rybek nieraz zajmują im znaczną część głowy, usiane ostrymi, do środka skierowanymi zębami.

Znamiennym dla batypelagialu, jako wielkiego, do kilku kilometrów głębokiego środowiska, jest *warstwowe rozmieszczenie życia*. Zasadniczo gatunki trzymają się określonych głębokości, przy czym często się zdarza, że różne stadia jednego nawet gatunku zmieniają warstwy z wiekiem. Np. u typowej dla batypelagialu ryby *Cyclothone microdon* młode okazy 20—30 mm spotykają się przeważnie na głębokości 500 m, większe — głębiej, dorosłe 50 mm w 1500 m. Na ogół większość młodocianych stadiów ryb żyje w warstwach górnych wód niekiedy nawet fotycznych i opuszcza się w głąb w miarę podrastania. Dotyczy to zwłaszcza gatunków o nadmiernie rozwiniętych oczach.

Z uwarstwieniem pionowym życia pelagicznego wiąże się także rozmieszczenie dominującego ubarwienia. Podczas gdy w wodach prześwietlonych, do 150 m, żyją liczne przezroczyste formy planktonowe, a także liczne błękitnie ubarwione gatunki, poniżej, w dolnych warstwach wód dysfotycznych częste są ryby o grzbietach brunatnych i bokach srebrzystych; w głębokościach poczynając od 500 m spotykamy szczególnie dużo ryb czarnych względnie ciemno-fioletowych i skorupiaków oraz innych bezkręgowców — czerwonawych albo purpurowych. Trudno przypuszczać, aby takie ubarwienie spełniało rolę obronną jak w środowiskach prześwietlonych.

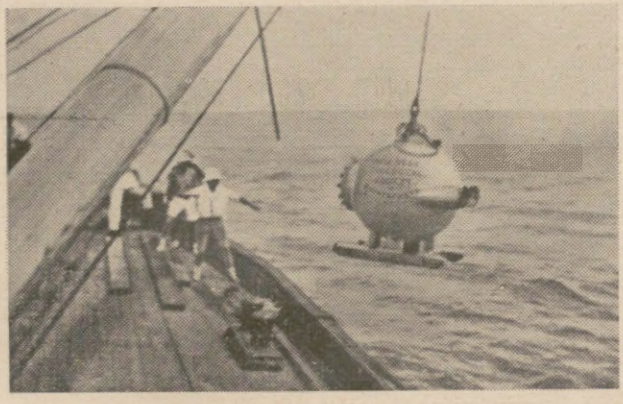
Tutaj w mrokach batypelagialu barwy zapewne odgrywają rolę fizjologiczną korzystną dla samego organizmu, zresztą niezupełnie dobrze poznaną.

Życie batypelagialu jest wciąż jeszcze dziedziną tajemniczą, bowiem sieci tam zapuszczane dostarczają nam materiału raczej wyjątkowo, uwzględniając przestwór środowiska i ruchliwość zwierząt. Wielkie wyprawy oceanograficzne niewątpliwie znacznie posunęły poznanie tego życia. Samych ryb głębinowych opisano dziś ponad tysiąc gatunków. Ale ileż jeszcze odkryć czeka naukę w tej dziedzinie! Nie tak dawno wyciągnięto z głębin osobliwe maleńkie rybki: samiczki pływające z jednym albo kilkoma miniaturowymi samczykami przyrosłymi

Rys. 98.
Głębinowa rybka Edriolichnus: samiczka z przyrosłym do niej maleńkim samczykiem

i odżywiającymi się na ich ciele jak typowe pasożyty zewnętrzne (rys. 98). Rola takich samczyków „soutenus par leur femme" sprowadza się jedynie do funkcji rozrodczej. Ekologicznie tłumaczą genezę takiego ciekawego zjawiska u ryb trudnością spotkania się płci w olbrzymiej dziedzinie batypelagialu. Znaczny postęp w poznaniu tajemniczego, osobliwego życia głębinowego wprowadziła metoda bezpośredniej obserwacji, zainicjowana przez głośnego zoologa amerykańskiego Beebe'a, który w swej znanej całemu światu batysferze wielokrotnie opuszczał się na głębokość bez mała jednego kilometra[1]).

[1]) Beebe W., 923 metry w głąb oceanu, Biblioteka Wiedzy, Trzaski-Everta-Michalskiego, Warszawa.



Rys. 99. Batysfera dr Beebe'a

DENNA FAUNA ABYSALU

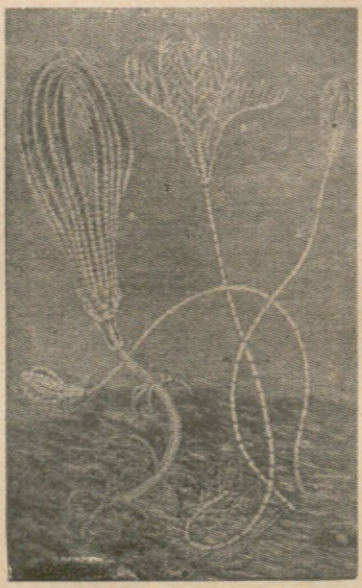
Jeżeli z batypelagialu opuścimy się myślą do samego dna oceanicznego, wówczas zetkniemy się z nowym, odrębnym siedliskiem życia morskiego. Denna fauna abysalu istotnie bytuje w warunkach zupełnie swoistych. Przede wszystkim zalegają tu grubymi warstwami muły najrozmaitszych typów, pelagicznego przeważnie pochodzenia, będące pozostałościami organizmów żyjących na powierzchni. Zależnie od miejsca i przewagi określonych typów rozróżniamy muły wapienne: otwornicowy i pteropodowy oraz krzemionkowe: promieniowcowy i okrzemkowy. W najgłębszych zaś miejscach zwłaszcza na olbrzymich obszarach Pacyfiku, dno pokrywa tzw. glinka czerwona, będąca w znacznym stopniu ostatecznym stadium rozkładu wspomnianych mułów pelagicznych wraz z domieszką ciężkich pyłów kosmicznych i wulkanicznych, spadłych z powierzchni morza. Istnienie podłoża zasadniczo wyróżnia abysal od batypelagialu. Życie składa się z bentosu.

Badanie zespołów zwierzęcych głębokiego dna oceanicznego, które prowadzimy przy pomocy specjalnych drag albo włoków, wypuszczanych w tym celu z większych statków badawczych, ujawnia jednak, że życie na większych głębokościach, przekraczających kilka tysięcy metrów jest na ogół ubogie i bardzo *rozproszone*. Kilkugodzinne zaciągi dużymi sieciami przynoszą zazwyczaj nieliczne okazy specjalnych form zwierzęcych, przystosowanych do tych osobliwych warunków bytu. Reprezentują je gąbki szkliste, ukwiały, pióra morskie *(Pannatulidae)*, liliowce, strzykwy bardzo liczne i urozmaicone, jeżowce, rozgwiazdy i wężowidła, robaki, mszywioły, ślimaki, osłonice, skorupiaki i nieliczne stosunkowo ryby. Zagęszczenie ilościowe typów tych ustępuje jednak zagęszczeniu i urozmaiceniu przybrzeżnego życia dennego, głównie z racji skąpych zasobów pokarmu i monotonii warunków.

Z zespołowego punktu widzenia na uwagę zasługuje przede wszystkim odżywianie się tej fauny. Oczywiście podobnie jak wody batypelagiczne tak i dno abysalu stanowi dziedzinę życia odżywczo uzależnioną od warstw naświetlonych. Nie są to więc zespoły samowystarczalne. W jaki sposób się odżywiają? Przede wszystkim znajdujemy tu dużo form *mułożernych*, które, podobnie jak nasze dżdżownice przez swój przewód pokarmowy przepuszczają podłoże w którym żyją; tak odżywiają się liczne strzykwy głębinowe o dziwacznych kształtach, pewne gatunki spłaszczonych jeżowców i rozmaite robaki. Drugą ważną grupą odżywczą abysalu są formy odżywiające się sposobem *filtracyjnym*, czyli wycedzające z wody drobne organizmy i szczątki życia, spadające z warstw górnych. Są to mikrofagi, jak gąbki, mszywioły, raki wąsonogi, osłonice i in. Trzeci wreszcie typ odżywczy tworzą zwierzęta *drapieżne*, większe i bardziej

ruchliwe skorupiaki, gwiazdy morskie, głowonogi z warstw przydennych i nieliczne ryby — wszystkie polujące na „czyścicieli" dna.

W grząskim, miękkim środowisku abysalu szczególnie trudnym problemem życia jest sprawa utrzymania się na powierzchni mułu dla takich zwierząt jak filtrujące pokarm typy, prowadzące życie mniej lub więcej osiadłe, a także łażące po dnie w poszukiwaniu zdobyczy. Na skalistym, twardym podłożu w bezpośrednim sąsiedztwie brzegu nie mają one trudności z utrwaleniem się w miejscu. Ale tutaj jest całkiem inaczej. W obronie przed zagrzebaniem zjawiły się u form osiadłych ciekawe przystosowania w postaci najrozmaitszych korzonków, szypułek, słupków, powstających bądź przez narastanie odpowiednich części ciała, bądź przez wytwarzanie najrozmaitszych utworów szkieletowych typu igieł, szczecinek etc., wynoszących zwierzę nad powierzchnię mułu. Stąd osobliwe kształty przystosowawcze wielu dennych zwierząt głębinowych, przypominające niby rośliny zakorzenione, jak liliowce (rys. 100), lub do wierzchu zwrócone kielichy, pęczkami szczecinek krzemionkowch utrwalone w mule, co uderza u gąbek głębinowych. Pewne kraby i kikutnice *(Panto-*



Rys. 100.
Głębinowe liliowce zakorzenione w mulistym dnie morskim

poda), dosięgające tutaj pokaźnych rozmiarów, poruszają się po tych mułach abysalu sposobem „szczudłowym", lekko stąpając na znacznie wydłużonym odnóżach, analogicznie do sposobu poruszania się ptaków brodzących po bagniskach i mokradłach.

Każdy punkt stały w tym grząskim środowisku zostaje wyzyskany. Czy to więc będzie żużel spadły z okrętu, czy nierozpuszczona przez wodę morską muszla, czy ząb żarłacza pokryty emalią, czy szczególnie odporną na wodę morską kostka słuchowa wieloryba, czy konkrecje mineralne manganowe i żelaziste, powstające samodzielnie w chemicznym laboratorium mułu dennego — wszystko to zostaje zużyte jako punkty oporu, na których czepiają się różne głębinowe formy typu mszywiołów, wąsonogów etc., chroniących się w taki sposób przed zagrzebaniem przez nieustannie nagromadzające się od góry muły. Nawet krzemionkowe pęczki szczecinek, utrwalające w mule kielichy gąbek, są prawie zawsze pokryte drobnymi skorupiakami osiadłymi — pąklami.

Jeżeli z największych głębin dna oceanicznego, gdzie jak powiedzieliśmy życie, głównie z racji skąpych zasobów pokarmu, jest bardzo rozrzedzone, zaczniemy przybliżać się do brzegów, rekonstruując w myśli obraz na podstawie tych licznych połowów, których dokonano w biegu badań oceanograficznych, to się przekonamy, że zarówno ilościowo jak i pod względem różnorodności typów, życie się wzmaga, osiągając maksimum w strefie przybrzeżnej, gdzie w związku z naświetleniem wód, z obramowianiem ich przez florę przybrzeżną, warunki odżywcze stają się bardzo korzystne, a środowisko fizyczne stwarza siedliska życia niezwykle urozmaicone; ich najogólniejszy obraz naszkicowaliśmy już poprzednio.

WODY SŁODKIE I ICH PODZIAŁ EKOLOGICZNY

W przeciwieństwie do morza wody słodkie, które swe lądowe pochodzenie zawdzięczają kondensacji pary wodnej w następstwie obiegu wody na globie ziemskim pod wpływem słońca, wyróżniają się minimalną ilością rozpuszczonych w nich soli, a także innym ich składem. Zawartość ta nie sięga przeciętnie nawet 0,1% i składa się przeważnie z węglanów i siarczanów wapnia. W razie znacznej ilości wapnia nazywamy ją twardą, w przeciwnym razie jest miękka. W odniesieniu do zwierząt ma to swoje znaczenie, bo niektóre, np. skorupowe ślimaki, wymagają tego pierwiastka do budowy skorup.

Zawartość *gazów* ulega dużym wahaniom w zależności od typu zbiorników, a także w różnych częściach tych samych. Spotykamy wody silnie zarosłe, gdzie w korzystnych warunkach usłonecznienia ilość tlenu przekracza normalne nasycenie 7 cm^3 na litr, tak że w postaci pęcherzyków wydziela się na zewnątrz. Również potoki górskie a niekiedy i źródła odznaczają się dużym natlenieniem wody. Z drugiej strony, posuwając się w głąb wielu zbiorników spotykamy miejsca przydenne, gdzie wskutek słabej wymiany wodnej następuje butwienie materii organicznej i tak znaczne ubożenie tlenowe, że niesie z sobą śmierć organizmów potrzebujących normalnie przewietrzonej wody. W większym bez porównania stopniu niż w morzu zmianom ulega reakcja jonowa środowisk słodkowodnych, wykazując rozpiętość od 3 w kwaśnych wodach torfowych do 12 w twardych, alkalicznych. Wskaźnikami biologicznymi tych różnic są określone organizmy, stenojoniczne, przystosowane do pewnego stopnia reakcji wody.

Z innych ciał chemicznych dużą rolę w życiu zbiorników słodkowodnych i składzie zespołów odgrywają roz-

puszczone *materie organiczne* sposobem chemicznym określane przez utlenianie ich węgla za pomocą nadmanganianu potasu w środowisku kwaśnym, zaś biologicznie przez organizmy *wskaźniki*. Na podstawie ustosunkowania się do tego czynnika środowiskowego podzielono organizmy na trzy kategorie. *Oligosaproby*, np. larwy *Tanytarsus* a z ryb pstrąg, wymagają czystej, dobrze utlenionej wody, pozbawnionej substancyj organicznych, podczas gdy *polisabroby*, do których należy bogaty mikrobios, larwy *Corethra*, robak rurecznik i in., żyją w wodach brudnych, słabo lub wcale nie utlenionych, obfitujących w materie organiczne. Pośrednią grupę tworzą *mezosaproby*, które można jeszcze kategoryzować na grupy drobniejsze — reprezentowane przez większość organizmów słodkowodnych. Zespoły odnośnych *saprobiontów* oraz poszczególne gatunki są ważnymi wskaźnikami ekologicznymi chemicznych warunków różnych wód.

Wśród czynników fizycznych, *światło* — warunek produkcji roślinnej — przeciwnie niż w morzu przesyca znaczną część środowiska słodkowodnego. Bowiem większość zbiorników — to wody stosunkowo płytkie i jedynie w prawdziwych jeziorach można mówić o strefie głębokowodnej, ciemnej, pozbawionej roślinności, uzależnionej produkcyjnie od strefy przybrzeżnej i naświetlonej warstwy śródjezierza.

Szczególne znaczenie ma *termika*. Większość bowiem zbiorników znajdujących się poza strefą międzywrotnikową ulega w ogromnym stopniu wpływom sezonowości klimatycznej, co odbija się bardzo na aspektach życia. Różnice duże zależą więc nie tylko od położenia zbiorników w takiej czy innej szerokości geograficznej, ale i od pory roku, co ściśle łączy się z régimem termicznym wód. W zbiornikach naszych latem stratyfikacja termiczna jest prosta: najwyższą temperaturę mamy na powierzchni,

najniższą na dnie, nie niższą jednak od 4^0, wobec największej gęstości wody przy tej temperaturze. Zimą uwarstwienie termiczne wody jest odwrócone, gdyż ponad wodą przydenną o temperaturze 4^0 układają się warstwy o temperaturach niższych. Przejściowymi okresami są wiosna i jesień, kiedy to wody słodkie przechodzą okres wyrównanej temperatury 4^0 w całości zbiornika. Oczywiście zbiorniki wód śródlądowych w krainach gorących, gdzie temperatura na powierzchni nie spada nigdy poniżej 4^0, nie mają okresu odwrócenia termicznego, lecz stratyfikację zawsze prostą (jeziora tropikalne — klasyfikacji Forela). Przeciwnie wody krain polarnych, o ciepłocie poniżej 4^0, cechuje stale odwrócona stratyfikacja termiczna.

Z warunkami termicznymi wód słodkich łączą się ściśle i te charakterystyczne bardzo *przystosowania* organizacyjne i obyczajowe, jakie w biegu ewolucji wytworzyła fauna słodkowodna, a wynikające ze zmian stanu fizycznego środowiska płynnego w związku z *zamarzaniem* względnie *wysychaniem* zbiorników. Są to wszelkiego rodzaju odporne stadia znane pod postacią cyst, trwałych jaj, otarbiających się organizmów, zimujących pączków, statoblastów etc., wytrzymujących zarówno wysychanie jak i zamarzanie. Należą one do szczególnie charakterystycznych cech słodkowodnej fauny i w znacznym stopniu wpływają na jej uniwersalność, wobec łatwości ich roznoszenia. Toteż jeżeli chodzi o mikrofaunę, jest ona istotnie kosmopolityczna. Oto co pisze Jakubski o wrotkach — organizmach typowych dla wód słodkich. „Wrotki są kosmopolitami. Podobną faunę w jeziorach spotykamy na Szpicbergu, jak i w naszych jeziorach pomorskich, stawach tatrzańskich, czy też na Ceylonie,

Rys. 101. Ameba w stanie otorbionym (cysta)

w podobnym zespole w kałużach periodycznych po ulewach na łąkach naszych, jak i na rozlewiskach stepowych środkowej Afryki w czasie pory deszczowej; te same formy w Bugu, Yantsekiangu lub w Nilu".

Ekologiczny podział fauny słodkowodnej opiera się w znacznym stopniu na jakości zbiorników, przy czym wszystkie one grupują się wokoło dwóch zasadniczych typów: *wód stojących* i *bieżących*. Czynnik mechaniczny jest tym zasadniczym i pierwotnym, który decyduje o jakości fauny i składzie zespołów przynajmniej w krańcowych przypadkach. Dynamizm wody a także i inne warunki życia są przecież zupełnie różne w rwącym górskim potoku i w spokojnym jeziorku czy stawie. Wpływają na funkcję oddychania, na bezpieczeństwo i odżywianie się organizmów, są czynnikiem kształtotwórczym etc.

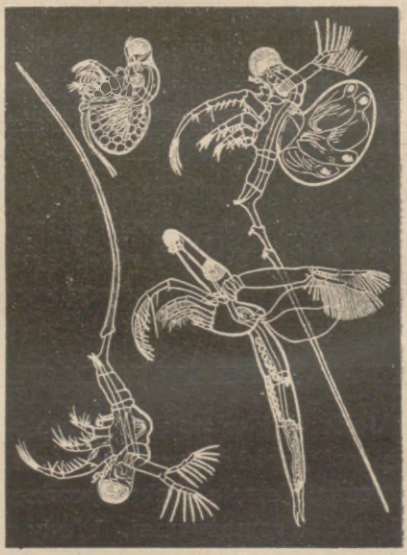
Do zbiorników stojących zaliczamy najrozmaitszego typu jeziora, które, jako zbiorniki większe, o trzech zasadniczych strefach, przybrzeżnej, śródjeziornej i pozbawionej roślinności — głębokowodnej, przeciwstawiamy drobnym zbiornikom typu stawów, kałuż periodycznych i częściowo bagniskom. Wody bieżące tworzą rzeki, potoki, źródła i wody podziemne, wydostające się na powierzchnię najczęściej pod postacią źródeł.

ZESPOŁY ŻYCIA W WODACH STOJĄCYCH — JEZIORA

Jeziorami w pojęciu limnologicznym nazywamy tylko zbiorniki wód stojących, na tyle głębokie, że można w nich wyróżnić strefę głębokowodną, ciemną, pozbawioną roślinności samożywnej. Wody ponad nią tworzą toń jeziorną albo strefę limnetyczną, także nazywaną śródjezierzem. Od brzegów toń jeziorną i dno głębokie otacza strefa przybrzeżna.

Rys. 102. Jezioro Świteź.
Według fot. Grochmalickiego

Strefę *śródjeziorną* zasiedlają urozmaicone zespoły planktonu, które w małej skali odpowiadają ekologicznie planktonowi oceanicznemu, jako mniej lub więcej niezależne od dna i od strefy przybrzeżnej. Składają się przeważnie z urozmaiconych i bardzo wyraźnie do życia w śródjeziorzu przystosowanych wioślarek należących przeważnie do rodzajów *Bosmina, Diaphanosoma, Leptodora, Bythotrephes,* dalej z widłonogów *(Diaptomus, Eurytemora, Heterocope)*, a także z licznych wrotków, najczęściej zjawiających się w innej porze niż masowe występowanie skorupiaków. Sezonowy aspekt życia w naszych jeziorach jest w ogóle bardzo silnie zaznaczony i plankton mu ulega w niemniejszym stopniu niż strefa przybrzeżna. Szczególnie charakterystyczne



Rys. 103.
Typowe wioślarki wielkojeziorne: Polyphemus, Bythotrephes ♂ i ♀, Leptodora. Według Lilljeborga

są liczne formy, które w ciągu roku, w związku z różnymi warunkami termicznymi i odżywczymi, przybierają inny wygląd, odgrywając rolę wskaźników sezonowych zmian środowiska. Odżywczą niezależność planktonu limnetycznego gwarantuje fitoplankton, złożony z wiciowców *(Ceratium, Dinobryon)*, licznych okrzemek *(Aserionella, Fragillaria, Syndera, Rhizosolenia, Melosira)*, a także ciepłowodnych sinic *Aphanizomenon, Anabaena)*, które zwłaszcza w okresie lata, w optymalnych dla siebie warunkach rozwijają się niejednokrotnie w takich ilościach, że wywołują charakterystyczne „zakwity wody".

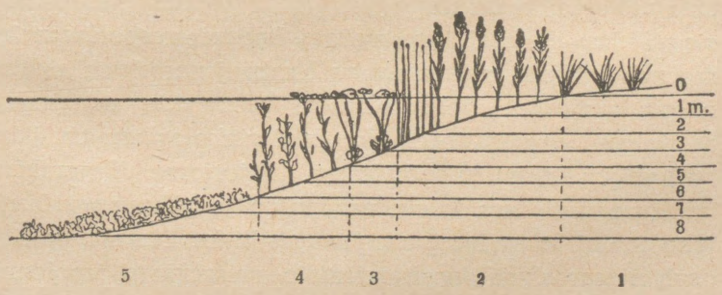
Drugą typową dla prawdziwych jezior strefą jest *głębokie dno*, pozbawione roślinności a więc nieprodukcyjne, zasłane koprogenicznymi osadami w znacznym stopniu pochodzącymi z odchodów i szczątków organizmów śródjezierza, częściowo także przyniesionymi ze strefy przybrzeżnej. Przeciwnie niż w morzu, zespoły dna głębokiego jezior nie wyróżniają się jakimiś szczególnymi cechami fizjognomicznymi w porównaniu do zespołów płytkowodnych. Nie tworzą takiego kontrastu jak fauna abysalu i litoralu w morzu. Są jedynie ich zubożeniem jakościowym. Znajdujemy tu liczne wymoczki, nicienie, rureczniki *(Tubifex)*, skorupiaki *Harpacticoida* i małżoraczki kleszcze, larwy owadów i małże *(Pisidium)*. W niektórych głębokich zachodnio-europejskich jeziorach np. Genewskim fauna jest nieco bardziej urozmaicona, między innymi spotykamy tam błotniarki (*Limnaea ovata* i in.), pochodzące ze strefy przybrzeżnej, które w szczególny sposób przystosowały się do życia głębokowodnego: płuco organ oddychania powietrzem sprężystym wypełniają wodą, z której bezpośrednio czerpią niezbędny im do życia tlen. Dołączają się tam także jako bardzo charakterystyczne składniki dwa ślepe, zimnowodne gatunki skorupiaków *(Asellus cavaticus* i *Niphargus puteanus)*, znane

również z wód podziemnych, źródeł i studzien. Mało urozmaicona ta fauna w sprzyjających warunkach odżywczych miejscami może się bardzo zagęszczać spełniając wtedy dużą rolę w gospodarce jeziora, w przerabianiu osadów dennych, co zwłaszcza czynią larwy ochotek *(Chironomidae)* i rureczniki, których liczba miejscami dochodzić może do kilku tysięcy okazów na 1 m^2 dna. Wynosząc na powierzchnię głębsze warstwy mułu, podobnie jak dżdżownice na lądzie przyspieszają one ostateczną ich mineralizację przez bakterie. Ekologiczna grupa odżywcza tych „przenosicieli osadów dennych" tworzy więc zasadnicze ogniwo życia w ogólnej gospodarce jeziora.

Chironomidae wiąże także i bezpośrednio dno z innymi działami jeziora. Jako larwy owadów dwuskrzydłych w pewnym okresie życia przepoczwarzają się i w takim stanie, przed przemianą ostateczną w owada dojrzałego, wypływają z głębin jeziora ku powierzchni. Wtedy w tej niebezpiecznej dla nich wędrówce pionowej masowo giną chwytane przez ryby śródjezierza. Stają się jednym z ogniw w łańcuchach odżywczych organizmów śródjezierza. Po opuszczeniu ostatecznym wody, jako latające w powietrzu owady, znowu wchodzą w skład ogniw odżywczych zespołów lądowych. Na przykładzie tym spotykamy się ze zjawiskiem powszechnym w ekologii zwierząt: splataniem się przez pokarm różnorodnych zespołów. W danym więc razie dna, wód śródjeziornych i lądu.

Trzecią główną dziedziną jeziora jest strefa *przybrzeżna,* jego obramowanie płytkimi, prześwietlonymi, najczęściej zarosłymi roślinnością wodami. Zespoły życia są tutaj bardzo urozmaicone, zmieniając się mniej lub więcej znacznie, w miarę oddalania się od linii brzegu; tworzą one charakterystyczne koncentryczne otoczki jeziora, zmieniające się wraz z głębokością. Podstawę życia zwierzęcego tworzy tu roślinność, złożona przeważnie z kwia-

towych roślin w bardzo rozmaity sposób przystosowanych do życia wodnego. Uwzględniając fakt zasadniczej sukcesji ekologicznej jeziora, że każde z biegiem czasu dąży do zaniku, poprzez pośednie stadia stawu i mokradła można uważać roślinność przybrzeżną, która w zjawisku tym odgrywa rolę zasadniczą, za wywalczającą środowisko wodne dla dziedziny lądowej. Wyróżniono cztery główne



Rys. 104. Główne typy ekologiczne roślinności przybrzeżnej jezior: 1—2 roślinność błotna albo oczerety; 3 roślinność o liściach pływających; 4 rośliny kwiatowe całkowicie podwodne; 5 bezkwiatowe podwodne (ramienica). Według Kirchnera i Schrötera z Bowkiewicza

typy ekologiczne roślinności przybrzeżnej: oczerety albo roślinność *błotna*, jak trzciny i sity, pogrążona korzeniami w mule, o pędach i kwiatach powietrznych; roślinność o *liściach pływających* na powierzchni, więc grzybienie i grążele, utwierdzone korzeniami w dnie; rośliny *pływające*, które zerwały łączność z dnem i pływają swobodne w wodzie (osoka aloesowata) lub na powierzchni (żabiściek, rzęsy); wreszcie roślinność *podwodna*, pogrążona całkowicie, złożona bądź z kwiatowych (rdestnice, moczarka), bądź z bezkwiatowych (ramienica, mech wodny). Kraniec zewnętrzny ławicy przybrzeżnej, o głębokości przeciętnie trzech metrów, był tym krytycznym punktem, progiem na którym roślinność przybrzeżna w biegu

przystosowywania się do życia wodnego musiała się zdecydować na życie albo pływające albo podwodne.

Flora przybrzeżna dostarcza pokarmu, siedlisk i tlenu faunie przybrzeżnej, utworzonej z najrozmaitszych grup systematycznych i typów ekologicznych. Żyją tu gąbki, stułbie, robaki skorupiaki, owady, wodopójki, ryby, płazy a także ptactwo błotne i wodne, chętnie żerujące na wodzie otwartej, a niekiedy jak łyski i perkozy gnieżdżące się wśód roślinności przybrzeżnej. Badanie zespołów zwierzęcych litoralu, zwłaszcza w bardziej zarosłych roślinnością jeziorach, jest tematem niezwykle ponętnym, w związku z rozmaitością warunków ekologicznych, jaką na każdym kroku tu spotykamy. W jeziorze Wigierskim, pod tym względem dobrze poznanym, mogliśmy wyróżnić jako mniej lub więcej odrębne siedliska litoralu, w wodach niezarosłych dno kamieniste, piaszczyste, wapienne i torfowe, dalej gęsto zarosłe oczeretami zatoki, mielizny z rzadka porosłe, pasmo łąk podwodnych z zaroślami ramienic, wreszcie sublitoral w głębokości 8—12 m. Wszystkie te siedliska zamieszkują charakterystyczne zespoły zwierzęce z urozmaiconych gatunków, o ciekawych przystosowaniach i obyczajach odżywczych, obronnych, rozrodczych etc. Do dna piaszczystego, ale już ponad linią wody należą także omówione już w rozdziale o wpływach podłoża mikrozespoły psammonu.

Przybrzeżne zespoły życia w jeziorach są szczególnie ciekawe z punktu widzenia *sukcesji ekologicznej,* możności odtworzenia stadium ewolucji jeziora jego flory i fauny. Znany badacz flory jezior jury francuskiej Mangin jeden z pierwszych tak tą myśl wyraził: „w jeziorze każda strefa roślinności odpowiada stadium jej ewolucji; w taki sposób historia jeziora jest jakby zapisana u jego brzegów przez stan współczesnej roślinności, a powierzchnia jeszcze nie zarosła oraz miejsca pokryte roś-

linnością wskazują czym było i czym się stanie, wskazują na jego przeszłość i przyszłość". Podobną możliwość dają także zespoły zwierzęce. Fauna wód przybrzeżnych niezarosłych, przystosowana do silnego falowania, złożona przeważnie z form typowych dla wód bieżących, wyraża wcześniejsze stadium sukcesyjne, które w miarę starzenia się jeziora i jego zarastania od brzegów, zostaje stopniowo wypierane, zastępowane przez faunę oczeretów i roślinności przybrzeżnej, złożoną z gatunków właściwych drobnym zbiornikiem wód stojących.

EKOLOGICZNA KLASYFIKACJA JEZIOR

Sukcesja ekologiczna zespołów strefy przybrzeżnej jest jednak tylko fragmentem, częścią sukcesji nieodwracalnej ewolucyjnej, której ulega każde jezioro jako całość.

Na tej podstawie stworzono naturalną klasyfikację jezior, zbiorników wód śródlądowych szczególnie dobrze poznanych zarówno w Europie jak i w Ameryce Północnej. Sukcesja ekologiczna jezior polega w znacznym stopniu na ich eutrofizacji, na użyźnianiu się coraz to większym w miarę wieku i starzenia się. Proces taki w znacznym stopniu prowadzi do nagromadzenia na dnie zbiornika materii organicznej niecałkowicie rozłożonej, pochodzącej z trupów organizmów roślinnych i zwierzęcych z wód śródjeziornych a także naniesionych ze strefy przybrzeżnej. Powolne butnienie tej materii wpływa w znacznym stopniu na ubożenie tlenowe wód, zwłaszcza głębszych i na inne procesy chemiczne, pociągając za sobą korelacyjnie związane z tymi zmianami sukcesje flory i fauny . Ewolucja taka przebiega z rozmaitą szybkością, zależnie od głębokości zbiornika i jego położenia w tej czy innej strefie klimatycznej oraz lokalizacji fizjograficznej. Ale kierunek jej jest wytknięty i nieodwracalny,

od początkowego stadium jeziora do stadium końcowego, mokradła względnie torfowiska, przechodząc przez stadia pośrednie wód coraz to bardziej zarastających, zbliżonych do typu stawów.

Nowoczesna limnologia rozróżnia w naszych umiarkowanych strefach trzy główne typy ekologiczne jezior, oparte na ich sukcesyjnych stadiach rozwojowych. *Oligotroficzne* (podalpejskie), zbliżone najczęściej do początkowego stadium jeziora polodowcowego; są to jeziora głębokie o wodzie czystej, dobrze utlenionej, ubogiej w plankton z przewagą zielenic nad sinicami, o słabym zarośnięciu brzegów, z larwą owada *Tanytarsus*, jako ekologicznym wzkaźnikiem fauny. *Eutroficzne* (bałtyckie) na ogół płytkie, w związku z procesami mineralizacji obfitującego na dnie mułu, słabo utlenione, o bogatym obramowaniu roślinnością przybrzeżną, obfitującą w urozmaicony plankton z przewagą sinic, z larwami *Chironomus* jako wskaźnikami ekologicznymi fauny. Wreszcie jeziora *humusowe* albo dystroficzne tworzące odrębny typ jezior oligotroficznych, o wodzie obfitującej w związki humusowe; częste są zwłaszcza w Skandynawii, a u nas reprenzentują je tzw. suchary z grupy jezior Suwalskich; plankton roślinny mają ubogi, z przewagą zielenic i wiciowców; wskaźnikami fauny są larwy Chironomus i Corethra.

Z typami tych jezior wiążą się nie tylko poszczególne gatunki jako wskaźniki ekologiczne siedliska, ale charakteryzują je urozmaicone zespoły roślinne i zwierzęce, będące odbiciem sukcesyjnych stadiów, w rozmaitym składzie reprezentowane w rozmaitych jeziorach.

Wokoło tych głównych typów grupuje się częściowo i *rybacka klasyfikacja jezior*. Na podstawie dominujących gatunków rybacy wyróżniają jeziora pstrągowe, siejowo-sieławowe, leszczowo-stynkowe, uklejowo-leszczowe,

okoniowo-płotkowe, i karasiowe. Z nich dwie pierwsze kategorie jezior głębokich, o zimnej i czystej wodzie zbliżają się do typu oligotroficznego; trzy następne, płytsze i zarosłe od brzegów, mają cechy jezior eutroficznych; wreszcie karasiowe są mniej lub więcej zamulanymi i zarosłymi zbiornikami wody o cechach raczej stawów niż jezior.

DROBNE ZBIORNIKI WÓD STOJĄCYCH

Spośród wielu typów tych zbiorników omówimy tu staw, mokradła i kałuże periodycznie wysychające.

Środowisko *stawu* różni się od jeziora nie tyle rozmiarami ile przede wszystkim mniejszą głębokością, tak że dno ma w zasadzie pokryte roślinnością. W pojęciu ekologicznym jest to więc jak gdyby strefa litoralna jeziora, z którą tym bardziej można staw porównać, że wszystkie prawie jeziora, w związku z wkraczaniem w nie roślinności brzeżnej i zamulaniem, mają wytkniętą, nieodwracalną ewolucję w kierunku likwidacji, z etapami pośrednimi stawu i mokradła.

Z niewielkiej głębokości stawów, nie przekraczającej kilku metrów wypływają i dalsze warunki ich życia. Światło przenika do dna, sprzyjając rozwojowi flory bentosowej. Temperatura ulega większym wahaniom niż w jeziorach tych samych szerokości i to zarówno w ciągu doby jak i w biegu sezonów. Zawartość tlenu jest na ogół duża, wywołana bogactwem roślin, które także dostarczają urozmaiconych siedlisk i obfitego pokarmu faunie stawowej.

Florę tworzą wszystkie typy ekologiczne poznane już z omawiania strefy przybrzeżnej jeziora: a więc trzciny i oczerety, rośliny o liściach pływających, swobodnie

unoszące się w wodzie lub na powierzchni, wreszcie całkowicie podwodne, zanurzone, utrwalone w najdalszych zazwyczaj od brzegu partiach dna. Niekiedy są one tak masowo rozrodzone, że tworzą zwarte gąszcza przez które ani przepłynąć łodzią ani przejść nie można. Są to już późniejsze stadia sukcesyjne stawu. Oczywiście i fauna przybrzeżna znajduje wśród roślinności optymalne warunki. Zespoły zwierząt stawowych składają się z podobnych typów co w strefie przybrzeżnej jezior. Roi się tu od najrozmaitszych larw owadów wodnych, mieczaków, wypławków, miejscami krzewią się gąbki i mszywioły. Z ryb przeważają karpiowate, karp, lin, karaś, na które czatują drapieżne szczupaki i okonie. Także bardzo znamiennymi dla tych wód zarosłych są cierniki. Z płazów żaby i traszki.

Plankton w związku z obfitością soli pokarmowych i prześwietleniem wody jest bardzo bogaty, tworząc często prawdziwe zagęszczenia, widoczne gołym okiem. Przeważają z roślinek zielenice, desmidie i wiciowce, podczas gdy w jeziorach na pierwszy plan wysuwają się okrzemki. Wśród zooplanktonu dominują wioślarki, przybrzeżne typy widłonogów i wrotki. Brak wielkojeziornych form jak Diaptomus, Bythotrephes, Bosmina etc. Szczególne warunki stawów, poza płytkością i obfitością roślinności, sprowadzają się w znacznym stopniu do większego spokoju wody niż u otwartych brzegów jeziornych, a także do większego uzależnienia zbiorników od lądu oraz do uzależnienia w odwrotnym kierunku czyli okolicznych zespołów lądowych od zespołów stawowych, głównie przez obfitość owadów rozwijających się w wodach zarosłych. Po opuszczeniu wody w stadiach imago wchodzą one jako ogniwa łańcuchów odżywczych w skład zespołów lądowych (ważki, jętki, chrościki, dwuskrzydłe etc). Za-

ciszne stawy w ustronnych miejscach skupiają także w obfitości ptactwo błotne i wodne, które tam chętnie żeruje i zakłada gniazda.

Od stawów naturalnych trzeba odróżniać *stawy sztuczne*, utworzone przez człowieka w celach hodowlanych. Z początku nie mają one najczęściej roślinności i fauny stawowej, jako przeznaczone dla hodowli określonych gatunków (karpi, linów, karasi, pstrągów tęczowych). Z czasem jednak, w razie mniejszej zabiegliwości ze strony człowieka, wkracza w nie roślinność i wtedy to takie stawy mogą upodobnić się w dużym stopniu do stawów naturalnych i zasiedlić bogatym życiem zwierzęcym, nie zawsze ku pożytkowi właściciela.

Stopniowe wypłycanie się stawu naturalnego przez zamulanie i zarastanie prowadzi do powstania *mokradła*, błota, młaki, torfowiska i tym podobnych siedlisk, stojących na granicy wody i lądu. Otwarte lustro wody redukuje się do minimum, albo wręcz zanika, a dno na całej powierzchni porastają szuwary, oczerety lub mech torfowy, na kwaśnym humusowym podłożu. Głębokość mokradeł jest niewielka. Także małymi stają się i te przestrzenie czystej stojącej wody, które zachowują się jeszcze między gęstą, zwartą roślinnością. Ściśle wodna fauna tych siedlisk ubożeje stopniowo, wypierana przez typy przystosowane do wód najbardziej zarosłych. Zmiana siedliska decyduje i o zmianie fauny, o jej sukcesji ekoligicznej. Dużo tu zwłaszcza larw owadów wodnych, ślimaków, pijawek, wypławków. Dla ptaków wodnych i błotnych, zwłaszcza prowadzących bardziej ukryty sposób życia jak kaczki, bąki, chruściele, kurki wodne, mokradła stwarzają wyjątkowo korzystne warunki odżywcze i lęgowe, o czym bliżej będzie jeszcze mowa przy omawianiu siedlisk lądowych, z którymi mokradła jak najściślej się już splatają (rys. 128).

Odrębną kategorię wód stojących tworzą *periodycznie wysychające kałuże* i w ogóle zbiorniki różnego pochodzenia, powstałe z deszczu, stopniałych śniegów wiosennych, wylewów rzek itd., o trwaniu najczęściej znikomym, a w każdym razie krótkim. Przeciwstawiają się one jeziorom, stawom i mokradłom, jako siedliskom mniej lub więcej stałym, choć także nie wiecznym. Najważniejszymi ich warunkami życia, obok krótkotrwałości, jest duża zmienność czynników fizycznych, głównie termicznych i świetlnych. Tlenu najczęściej mają pod dostatkiem.

Zespoły życia tutaj spotykane składają się z form specjalnych w wielkim stopniu wytrzymujących zmiany środowiska fizycznego. Cechuje je ogromna odporność na wysychanie względnie zamarzanie. Larwy owadów, ślimaki, robaki, w razie wysychania siedliska zagrzebują się po prostu w muł, przy czym wiele z nich składa wtedy trwałe jaja spoczynkowe, wytrzymałe na wyschnięcie, często w takim stanie roznoszone wiatrami lub inną drogą. Niektóre z nich wymagają nawet wyschnięcia lub przemarznięcia dla normalnego rozwoju. Znamienną grupą dla tego rodzaju siedlisk są większe liścionogi *(Euphyllopoda)* reprezentowane przez przekopnice *(Apus, Lepidurus)* i rodzaje *Branchipus, Limnadia* etc., uosabiające archaiczne typy znane z najdawniejszych okresów geologicznych, w przeciwieństwie do młodszych i bardziej wyspecjalizowanych form z większości innych wód śródlądowych.

WODY BIEŻĄCE

Wody bieżące różnią się od stojących przede wszystkim prądem, a także szeregiem innych właściwości, jak rozmiarami, wydłużeniem koryta, głębokością, stosunkami tlenowymi, termiką etc., słowem całym szeregiem czynników ekologicznych, wpływających na różnice życia,

na dobór gatunków oraz typów i pozwalających w krańcowych razach dzielić zasadniczo zespoły wód słodkich na dwie kategorie: wód bieżących *(reofilne)* i wód stojących *(stagnofilne)*. Z drugiej strony, poprzez takie wody o cechach pośrednich jak u brzegów rzek, w ich zalewiskach lub zastoiskach, jak w źródłach limnokrenowych, jak w niezarosłej, burzliwej strefie większych jezior etc., — dwa te typy wód, tak bardzo różne w krańcowych przypadkach, jak to widać z porównania potoku górskiego ze spokojnym, drzemiącym w dolinie jeziorkiem, mogą niepostrzeżenie przechodzić w siebie, zespalając w pewien ogólny obraz całość wód śródlądowych, które przeciwstawiamy środowisku morskiemu.

Początkiem strumienia, potoku czy rzeki jest najczęściej *źródło* czyli to miejsce, skąd woda z ziemi wydostaje się na powierzchnię. Miejsce to jest jednocześnie środowiskiem, które cechują specjalne warunki fizyczne; zasiedla je ciekawe, z warunkami tymi związane życie. W naszych szerokościach źródła mają najczęściej zimną wodę o temperaturze zbliżonej do przeciętnej dla danego miejsca, ulegającej minimalnym wahaniom, czystej, w zetknięciu z powietrzem łatwo się natleniającej, jałowej pod względem odżywczym.

Rozróżniamy kilka typów źródeł. *Limnokreny* są zwykle w postaci małego zbiornika, dokąd woda napływa od spodu, a odchodzący jej nadmiar tworzy początek potoczku. Dno najczęściej mają muliste, niekiedy piaszczyste i porosłe roślinnością. W *reokrenach* woda wypływa bezpośrednio z płaszczyzny poziomej i nie tworząc zbiornika spływa dalej w potoczek. Dno najczęściej piaszczyste, żwirowe lub nawet skaliste, pozbawione jest roślinności. Wreszcie *helokreny* zasilane są przez przesączającą się z warstw ziemi wodę i tworzą mniej lub więcej rozległe mokradło.

Wyłącznych dla źródeł form zwierzęcych znamy stosunkowo niewiele, bowiem większość może żyć także w inych środowiskach, o ile znajdą tam konieczne warunki: zimną i czystą dostatecznie natlenioną wodę o minimalnych wahaniach termicznych. Są to więc formy stenotermiczne zimnowodne. W wigierskich źródełkach reokrenowych, wypływających przy wsi Płocicznie spod moreny lodowcowej i oddających swe wody tuż obok zaczynającemu się jezioru, znaleźliśmy dosyć ciekawą i urozmaiconą faunę, utworzoną z typów wodnych (wypławek *Planaria alpina*, widłonóg *Cyclops vernalis*, chrząszcz *Agabus guttatus*, wodopójka *Hygrobates norvegicus*), hygropetrycznych czyli prowadzących życie w płytkiej sączącej się po kamieniach wodzie (larwy muchówek *Dixa maculata, Orphnephila testacea, Metriocnemus hygropetricus)* i ziemnowodnych, żyjących w przesiąkłej wodą ziemi źródeł (larwy *Pedicia rivosa, Tipula gigantea, Limnophila nemoralis, Crunoecia irrorata).* Wszystkie te formy są oligotermiczne, o rozprzestrzeniu przeważnie północnym, spotykane niekiedy, poza źródłami także w potokach górskich, wodach torfowych etc.

Rys. 105. Potok górski

W okolicach górskich i podgórskich dalszym ciągiem źródeł są *potoki* (rys. 105), które jako siedlisko cechuje przede wszystkim wartki prąd wody czystej, zimnej i dobrze natlenionej, sunący przez wąskie,

z początku kamieniste, miejscami żwirowe i dalej paszczyste łożysko. Wybitnym rysem drobnej fauny potoków są różnorodne przystosowania czepne, bardzo wyraźnie zaznaczające się w fizjonomii organizmów. Larwy jętek i widelec, szczególnie liczne w potokach górskich, wszystkie odznaczają się spłaszczeniem ciała w porównaniu do form pokrewnych z wód stojących. Żyją przeważnie na dolnej stronie kamieni, bo taki sposób życia zabezpiecza je łatwiej przed porwaniem przez prąd. Nadto trzymają się mocno z pomocą silnych, szeroko rozstawionych i czepnych odnóży.

Rys. 103. Larwa jętki z wód bieżących o spłaszczonym ciele i silnych odnóżach, widziana od strony brzusznej

Znane są także larwy dwuskrzydłych *(Simulium, Liponeura)* o czepnych narządach (rys. 107). Ślimaki tutaj żyjące, jak *Ancylus fluviatilis*, mają stożkowe o kształtach ociekowych skorupki i silną bardzo muskulaturę nogi. Larwy chrościków *(Goera, Silo)*, *budują* domki z grubych ziarenek piasku, obciążone kamyczkami bocznymi albo rozpłaszczone w boczne występy ulepione z ziarnek piasku *(Molanna)*. Wszystkie poruszają się w zasa-

Rys. 107. Larwy i poczwarki muchuwek z rodzaju Simulium żyją przytwierdzone w wodach bieżących. Z Bowkiewicza

dzie pod prąd i taki reotropizm pozytywny jest korzystną reakcją ekologiczną, pozwalając im wracać do pierwotnego środowiska w razie porwania przez prąd. Z ryb potoki górskie charakteryzują ryby łososiowe: pstrąg i lipień oraz przybywające tutaj z morza na tarło łosoś i troć.

Dalszym ciągiem potoku jest *rzeka*. Ściśle mówiąc potok jest częścią rzeki, mianowicie jej górnym biegiem. W miarę przechodzenia z górnego do środkowego biegu łożysko staje się szersze, szybkość biegu maleje i stopniowo woda traci na przezroczystości w związku z większą mulistością dna. Na ogół zawartość tlenu jest znaczna, ale już mniejsza niż w górnym biegu. Temperatura wody zależy w dużym stopniu od otoczenia i szerokości poprzez które rzeka przepływa; jest ona na ogół cieplejsza w dolnym niż w górnym biegu. Cechuje rzekę dosyć duża zmienność warunków zależnie od miejsca, co zrozumiałym jest wobec jej wydłużenia i przechodzenia przez okolice bardzo różne pod względem fizjograficznym.

Na ogół zespoły rzeczne mają charakter bardzo rozmaity zależnie od miejsca, siły prądu, oddalenia od brzegu, głębokości, charakteru dna, stopnia zarośnięcia wód etc. Silniejszy nurt z dala od brzegu wpływa na ubożenie zwłaszcza drobnej fauny. Są jednak gatunki charakterystyczne dla rzek jak denne skójki spośród małżów, larwy chrościków *Hydropsyche* i in. Główne zespoły skupiają się na dnie i u zarosłych mniej lub więcej zacisznych brzegów, gdzie częściowo przypominają zespoły wód stojących. Jest to efektowny przykład „nawarstwiania" się ekologicznie rozmaitych zespołów. Sama toń rzeczna jest nader uboga. Dla planktonu stwarza rzeka warunki środowiskowe na ogół niekorzystne, bowiem stały prąd w jednym kierunku znosi go nieustannie. Plankton rzeczny jest też bardzo biedny, zmienny zależnie od przy-

noszonego materiału i nie odznacza się sobie właściwymi gatunkami ani typami. Stratyfikacja pionowa słabo zaznaczona. Spotykamy tu zieleńce, wrotki i skorupiaki, skupiające się raczej u zacisznych brzegów i wśród roślinności niż po środku rzeki, gdzie nurt jest najsilniejszy.

Bardziej typową jest fauna ryb. Istnieją dane filogenetyczne, że typ ryby jako taki, wyróżniający się dynamizmem i wrzecionowatym kształtem wytworzył się pierwotnie w rzekach. Tu są więc ryby bardziej w swoim siedlisku. Średni i dolny bieg naszych rzek jest krainą ryb *karpiowatych,* podczas gdy potoki górskie charakteryzują *łososiowate.* Dla biegu średniego znamienną jest *brzana,* której towarzyszą inne gatunki, ukleje, kiełbie, jazgarze, miętusy, certy i in. Dolny jest krainą *leszcza,* a także sandacza, karpia, suma, jazia, wzdręgi, szczupaka, okonia. W krainie leszcza rzeki tworzą często zalewiska i łachy, o wodzie spokojnej, mającej w wielu miejscach cechy zarosłych wód stojących z charakterystyczną ichtiofauną karpiowatych (karp, karaś, lin). Ujściowe tereny zamieszkują gatunki specjalne, a więc stynka, aloza, ciosa, tworzące grupę ryb przyujściowych.

Z ekologicznego punktu widzenia ważnymi składnikami zespołów ryb rzecznych, pojawiającymi się w różnych okresach roku, są ryby *wędrowne,* bądź anadromiczne, jak łososie, jesiotry, minogi, z morza ciągnące w górę rzek na tarło *(potamotoca),* bądź katadromiczne, jak węgorz, które z rozmaitych zbiorników słodkowodnych ciągną rzekami pod jesień na tarło do morza *(thalassotoca);* odbywają je one w głębokich ciepłych wodach Atlantyku zachodniego, skąd jako dorosłe już nie powracają. Mniej rozległe wędrówki odbywają gatunki przyujściowe. Okresowo zjawiające się te gatunki wpływają na sezonowe aspekty zespołów rzecznych.

Rozdział VII

GŁÓWNE FORMACJE LĄDOWE
EKOLOGICZNY PODZIAŁ LĄDÓW

Uwzględniając szczególną rolę szaty roślinnej jako tła życia zwierząt, zasadniczy ekologiczny podział siedlisk fauny lądowej opieramy na wyróżnieniu wielkich formacyj florystycznych, rozmieszczonych mniej lub więcej strefowo, jako uwarunkowanych w znacznym stopniu przez czynniki makroklimatu. Takimi formacjami są *lasy*, jako siedliska typu zwartego; *przestrzenie otwarte* typu sawan i stepów; *pustynie* jako krańcowe środowiska suche, wyróżniające się ubóstwem życia zarówno roślinnego jak i zwierzęcego; *tundra polarna* — bezdrzewna formacja złożona przeważnie z mchów i porostów, o klimacie mroźnym i stosunkowo małej ilości opadów.

Oprócz tych klimaksowych formacyj ekologicznych wyróżnimy jeszcze *mokradła* i *pobrzeża wód*, jako formacje wywołane przez czynniki edaficzne oraz *góry*, jako syntetyczne środowisko z rozmaitego typu siedliskami rozmieszczonymi pionowo, o którego powstaniu zadecydowały pierwotnie czynniki topograficzne, wyniesienie.

Dalej omówimy swoiste środowisko *wyspowe*, dziedzinę izolacji, ważne niewątpliwie z punktu widzenia zoogeograficznego, ale także stwarzające wiele szczególnych warunków ekologicznych.

Wreszcie jako odrębny świat, przeciwstawiający się całemu życiu lądowemu naziemnemu, omówimy środowisko *podziemne*, zasiedlone z jednej strony przez czę-

ściowo już poznane (rozdział III) organizmy ziemi i gleby, z drugiej przez swoistą pod względem ekologicznym — faunę jaskinową.

Oczywiście formacje i dziedziny lądowe, podobnie jak i wodne, nie są ściśle oddzielone jedne od drugich. Na obszarach sąsiadujących przechodzą w siebie, stwarzając pośrednie *„ekotony"* według terminologii amerykańskiej, przeplatają się na krańcach, ale na swych obszarach typowych wyraźnie cechują się odrębnymi zespołami i formami biologicznymi. Ustosunkowanie się poszczególnych gatunków zwierzęcych do powyższych formacyj opiera się na ich rozmaitej ekologicznej wartości (eurybiotyzm i stenobiotyzm), o czym już była mowa w rozdziale o czynnikach biotycznych przy omawianiu szaty roślinnej jako siedliska życia zwierzęcego.

W rozdziale niniejszym damy ogólny przegląd najważniejszych formacyj lądowych, zwracając główną uwagę na cechy fizjognomiczno-krajobrazowe, które stwarza przede wszystkm roślinność, na fizyczne warunki środowiska (klimat i podłoże), na ciekawsze typy ekologiczne zwierząt, wreszcie na wynikające z gospodarki odżywczej zasady życia zespołowego w omawianych formacjach.

DZIEDZINA LEŚNA: GORĄCE LASY RÓWNIKOWE

Jakkolwiek poszczególne siedliska i formacje leśne są bardzo urozmaicone, to jednak można stwierdzić szereg właściwości wspólnych wszystkim lasom. Jako formacje drzewiaste zwarte stwarzają lasy pewien właściwy im klimat (ekoklimat leśny), który cechuje na ogół niwelowanie kontrastów termicznych i wilgotnościowych przez hamowanie zwłaszcza dynamizmu powietrza czyli wiatru. To czyni z lasów w przeciwieństwie do otwartych przestrzeni, na ogół ostoję dla form stenotermicznych i hygrofiliwych.

Jako *zwarta* formacja lasy stwarzają szczególnie warunki dla lokomocji: utrudniają swobodne poruszanie się zwierząt. Większość adaptacyj lokomocyjnych u mieszkańców lasu, to najrozmaitsze przystosowania do poruszania się po drzewach i gałęziach lub przesuwania się między drzewami i w gąszczu. Zwartością swą lasy utrudniają także zasięg widzenia. Nie sprzyjają nadmiernemu rozwojowi narządów wzrokowych jak formacje otwarte i kształcą raczej słuch. Nie sprzyjają szybkim i gwałtownym przemieszczeniom i wędrówkom. Są raczej ustronnym, pełnym kryjówek środowiskiem, dokąd chętnie przenikały z miejsc otwartych, narażonych na silniejszą konkurencję, liczne formy życia, dla których las stawał się raczej rezerwatem i ośrodkiem drugorzędnych adaptacyj, niż terenem szybkiej ewolucji. Nie sprzyjają także życiu stadnemu tak powszechnemu na stepach. Większość ssaków leśnych poluje z okradka i samotnie jak niedźwiedź, borsuk, lis lub żbik.

Rys. 108.
Typy lokomocyjne zwierząt leśnych: ssaki o błonach lotnych. 1 — Galeopithecus, 2 — lotopałanka (Petaurus) i polatucha. Według Haackego

Niezwykle ważną właściwością lasów jako siedlisk życia zwierzęcego jest ich *piętrowość*, powszechnie wy-

stępująca a pozwalająca wyróżnić w zespołach drzewnych cały szereg warstw pionowych: glebę, trawy i zioła czyli runo leśne, krzewy i mniejsze drzewa, tak zwany podszyt, wreszcie drzewa i korony drzewne, niekiedy jak w lesie tropikalnym jeszcze z kilku pięter utworzone („las nad lasem" — Humboldta). Tak na ogół skomplikowana struktura siedliska roślinnego stwarza dla zwierząt warunki szczególne, pozwalając na jednoczesne występowanie bardzo różnorodnych typów ekologicznych mniej lub więcej wyraźnie pionowo rozmieszczonych, przystosowanych do warunków klimatycznych terenowych i odżywczych poszczególnych warstw, choć przez formy mogące zmieniać piętra, względnie związane życiem z kilkoma, np. rozradzające się nie tam gdzie żerują, zespoły zwierzęce różnych pięter łączą się z całością asocjacji roślinnej w jeden kompleks życia.

Warunki klimatyczne decydują o dwóch najważniejszych pasach leśnych globu, rozciągających się mniej lub więcej równoleżnikowo, jeden w gorących strefach międzyzwrotnikowych, drugi, zaznaczony głównie na rozległych kontynentach półkuli północnej, w strefach umiarkowanych.

Gęsty las równikowy jest formacją szczególnie charakterystyczną dla strefy gorącej, gdzie tworzy trzy największe skupienia w dorzeczu Amazonki w Ameryce Południowej, rzeki Kongo w Afryce i na Archipelagu Malajskim. Bujność swą zawdzięcza idealnym dla świata roślinnego cieplarnianym warunkom klimatycznym: wysokiej, prawie bez wahań, temperaturze przeciętnie około 25^0 oraz częstym, obfitym i równomiernym w ciągu roku opadom. Bogactwo gatunków jest zdumiewające; grupują się one w szereg pięter, zespolonych pnączami i udekorowanych garnącymi się do światła epifitami. Odnawianie

liści, kwitnięcie i owocowanie wobec braku sezonowości, trwa bez przerwy, cały rok. W lesie takim panuje półmrok i przesycona wilgocią parna atmosfera.

Rys. 109. Środowisko gorącego i parnego lasu równikowego nad Amazonką

Takie warunki stwarzają dla zwierząt osobliwe środowisko. Wszystkie w zasadzie są stenotermicznymi i ciepłolubnymi (politermami) formami, wrażliwymi na oscylacje termiczne, szybko ginącymi w warunkach innych stref klimatycznych. Wszystkie mają pod dostatkiem wilgoci. Na przykład dla zimnokrwistych płazów jest to środowisko wprost idealne, przypominające im dawne warunki epoki węglowej, kiedy ta grupa panowała na ziemi. Parna cieplarniana atmosfera lasu równikowego pozwala także prowadzić życie lądowe formom niższym, pijawkom (rys. 110), wirkom i wstężniakom, przedstawicielom grup normalnie żyjących w wodzie.

Rys. 110. Pijawki lądowe z rodzaju Haemadipsa. Według Siedleckiego

Zwartość szaty roślinnej uwidacznia się w adaptacjach lokomocyjnych i typach ekologicznych zwierząt. Bardzo wiele tu form prowadzących życie nadrzewne, łażących, pełzających lub czepiających się gałęzi. Wśród ssaków istnieją formy przystosowane w najrozmaitszy sposób do takiego poruszania się. Zmienione mają w tym celu nie

Rys. 111. Południowo-amerykańskie ssaki nadrzewne o chwytnym ogonie: 1 — drapieżny; 2 — torbacz; 3 — naczelny (wyjec); 4 — szczerbak; 5 — gryzoń

tylko odnóża, ale jak u licznych form południowo-amerykańskich nawet ogon doznał przekształceń i stał się organem chwytnym (rys. 111). Gdzie indziej po lasach gorących częste są zwierzęta zaopatrzone w błony lotne, umożliwiające im mniej lub więcej dalekie skoki ślizgowe z górnej gałęzi na dolną (ssaki Rys. 108, smok latający, żabka Polypedates rys. 112 etc.) lub owady rozpłaszczone,

Rys. 112. Żabka „latająca" Polypedates, ślizga się po powietrzu z pomocą szeroko rozstawionych spiętych błonami lotnymi palców

imitujące deseniem i kształtem liście, także ślizgające się po powietrzu przy spadku.

Przystosowane do życia nadrzewnego, zwłaszcza *pięcie się* życia zwierzęcego coraz bardziej wzwyż, umożliwione przez zwartość i wielopiętrowość zespołu roślinnego jest tak charakterystyczne dla lasu tropikalnego, że obserwując to życie z dołu niewątpliwie go nie doceniamy tak pod względem ilościowym jak i jakościowym. Oto co pisze Siedlecki o lesie jawajskim: „W lesie dziewiczym znaczna część życia zwierzęcego przenosi się na drzewa; stąd to pochodzi, że nie łatwo nowicjuszowi zapoznać się z fauną. Na drzewach wysoko rosnących ku światłu, dopiero na szczycie rozwijają się bujnie kwiaty, a często i owoce; za nimi dążą roślinożercy, a za tymi mięsożercy. Stąd to nieraz wysoko na drzewach można spotkać zwierzęta, których obecności tam by się nie przypuszczało; tak np. węże nawet jadowite, małe i większe drapieżne dążą nieraz wysoko w korony ulistnionych olbrzymów. Roślinożercze i słabsze zwierzęta na drzewach żyjące, bronią się tym przed ścigającymi ich drapieżcami, że mają możność nagłych skoków, ubarwienie ochronne, błony lotne, słowem wiele cech, które można by z wielkim prawdopodobieństwem uważać za skutek życia nadrzewnego" (Jawa).

Rys. 113. Wąż nadrzewny z rodzaju Oxybelis

Po dokładniejszym zapoznaniu się z życiem można więc stwierdzić, że jest ono bogate i urozmaicone bardziej niż w lasach stref umiarkowanych, gdzie selekcjonującym czynnikiem jest surowa, niekorzystna dla życia pora roku oraz niewątpliwie mniejsza rozmaitość pokarmu i siedlisk. Na Kubie, pokrytej w znacznym stopniu lasem równikowym, samych mięczaków poznano ponad 600 gatunków, podczas gdy na sześciokrotnie większej Tasmanii leżącej w zasięgu umiarkowanej strefy południowej, tylko 80. Cyfry te, odnoszące się wprawdzie do grupy wymagającej wilgoci i ciepła, z mniejszymi lub większymi poprawkami odnieść można także i do innych grup. Jeżeli las tropikalny sprawia istotnie pierwsze wrażenie ubóstwa świata zwierzęcego, to przede wszystkim dlatego, że fauna jest „przytłoczona" ogromem i różnorodnością świata roślinnego, formacji flory niewątpliwie najbujniejszej jaką ziemia wytworzyła. Zwierzęta natomiast, prowadząc życie mniej lub więcej ukryte, dostosowując się barwą, kształtem i obyczajami do otoczenia, nie narzucają się tak bardzo naszemu wzrokowi przy pierwszej obserwacji. Po bliższym jednak zapoznaniu się widzimy, że i życie zwierzęce w lesie równikowym jest także obfite zwłaszcza po brzegach i w sąsiedztwie wód. Dysproporcja jednak między masą życia roślinnego a zwierzęcego w lesie równikowym niewątpliwie istnieje i tłumaczyć ją trzeba tym faktem, że w związku z ciepłą i wilgotną, parną atmosferą procesy butwienia roślin, przez działalność bakteryj, śluzowców i grzybów dokonują się bardzo energicznie i szybko, wyzwalając w ten sposób ponownie dla roślin, ogromne masy pokarmu w postaci soli odżywczych.

Gospodarka odżywcza zespołów oparta jest tutaj na ogólnych zasadach. Roślinność tworzy podstawowy pokarm zarówno w stanie żywym jak i po zbutwieniu. Ro-

ślinożercami żywią się drapieżcy a tymi więksi drapieżcy. Inne łańcuchy odżywcze konsumentów zwierzęcych rozpoczynają czyściciele czyli saprofagi. Zespoły układają się mniej lub więcej piętrowo, choć nie brak połączeń między ogniwami poszczególnych pięter, tak że życie całe wiąże się w jeden cykl odżywczy lasu dziewiczego.

Ciekawą bardzo obserwację, ilustrującą drobny wycinek życia zespołowego puszczy tropikalnej, mianowicie *piętrowe żerowanie* przesuwającej się a uzgodnionej w sposobie życia różnogatunkowej gromadki ptaków, przytacza Chrostowski w swej książce o Paranie (Poznań 1922). „W dziewiczych lasach ptactwo, chcąc ułatwić sobie łowy, łączy się w wielkie gromady, celem wspólnego przeszukiwania zarośli. W gromadach takich, dążących z równą szybkością w pewnym obranym kierunku zazwyczaj wzdłuż brzegów rzeki, skraju lasu lub obok drogi czy ścieżyny, dostrzegamy przedstawicieli rozmaitych rodzajów a nawet rodzin. Owady, wypłoszone niżej, chwytane są przez sąsiadów z „wyższego piętra" i odwrotnie, — jest więc wspólna korzyść i poparcie wzajemne. Taka gromada wędrowna — to prawdziwa kopalnia dla ornitologa... W gromadzie, którą spotkaliśmy w São Lourenco górą przez wierzchołki drzew ciągnęły muchołówki (Tyrannidae) i tangary (Tanagridae); „średnie piętra" zajmowały tęgostery (Dendrocolaptidae), dołem zaś w krzakach pracowały wróblowate (Fringillidae) i mrówkołowy (Formicariidae). Przede wszystkim uwagę naszą zwrócił wielki tęgoster — *Xiphocolaptes albicollis*, największy przedstawiciel rodziny: podskakując zabawnie, opisywał spiralnie koła dookoła drzew, doszedłszy zaś do korony przelatywał na dolną część drzewa sąsiedniego i znowu rozpoczynał oryginalną wędrówkę. Od czasu do czasu zatrzymywał się i przykładając ucho do drzewa, nasłuchiwał uważnie... Nisko wierzchołkami krzewów

ciągnęły wielkie mrówkołowy *Thamnophilus gilvigaster:* pochwyciwszy dużego owada siadały na gałązce i tłukły swą zdobycz o pień drzewny, co czyniło wrażenie jakby kuły korę na wzór dzięciołów. Z wierzchołków drzew raz po raz wylatywały muchołówki *(Phylloscartes ventralis);* te znowu, pochwyciwszy owada w powietrzu, powracały na swe miejsca, by go spożyć w spokoju, poczem ciągnęły dalej za gromadą".

Badanie życia zespołowego lasu dziewiczego jest tematem niezwykle atrakcyjnym. Już z górą wiek temu Humboldt, zastanawiając się nad przyczyną tak częstych wrzaw nocnych w lesie pierwotnym nad Orynoko, tak je sobie tłumaczy: „Jaguar ściga tapiry i świnie; te uciekając tłumem przełamują drzewne lasu zarośla, które im w drodze stoją. Przestraszone tym ruchem na dole, małpy wrzeszczą przeraźliwie na wierzchołkach drzew. Naraz budzi się także ptactwo, spoczywające towarzysko w swoich gniazdach i tym sposobem cały świat zwierzęcy przechodzi stopniowo w poruszenie". (Szkic o nocnym życiu zwierząt w lesie pierwotnym w Obrazach Natury). Jest to bodaj pierwsza w literaturze naukowej wzmianka o łańcuchowej, zespołowej zależności zwierząt, zamieszkujących wspólne siedlisko. Jedna z pierwszych prób ekologicznego patrzenia na zjawiska.

LASY STREF UMIARKOWANYCH

Ponieważ formacje drzewne zjawiają się tylko w miejscach, gdzie roczne opady przekraczają przynajmniej 300 mm, więc w suchszych i bardziej południowych rejonach stref umiarkowanych spotykamy je tylko w okolicach nadmorskich, gdzie przynajmniej w pewnych porach roku wieją od morza wiatry wilgotne. Spotykamy je więc po brzegach M. Śródziemnego, w Kalifornii i Kap-

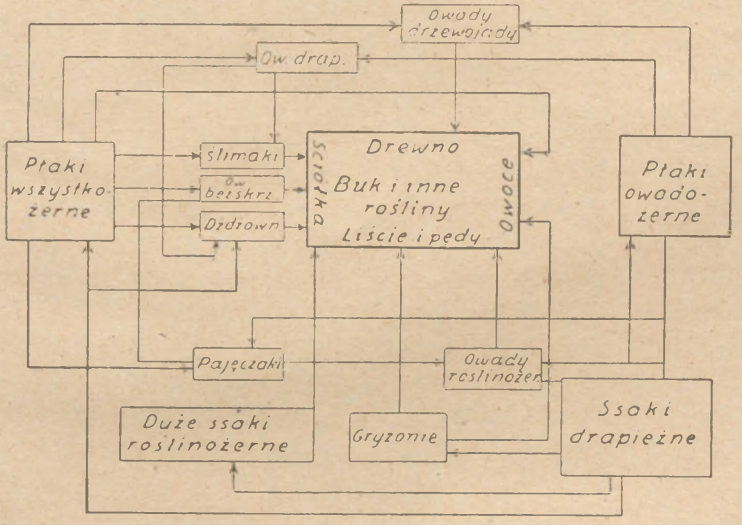
landzie, w Chinach i Japonii w postaci wiecznozielonych lasów podzwrotnikowych, które w różnych miejscach rozmaity mają wygląd i charakter, oscylując pomiędzy wilgotnym a suchym nieraz krzaczastym lasem. Dla zwierząt stwarzają na ogół korzystne warunki życia, bowiem najczęściej nie wywołują potrzeby zapadania ani w sen zimowy, ani letni. Życie zwierzęce jest tam aktywne cały rok.

Dla stref umiarkowanych najbardziej jednak typowymi są nie te formacje leśne przymorskie, graniczące już z krainami gorącymi, lecz rozległe pasmo lasów rozciągające się w rejonach wyraźnych pór: zimnej i ciepłej. Od południa pasmo to tworzą *lasy liściaste*, o urozmaiconym składzie gatunkowym drzew, o bogatym podszyciu z krzewów i ziół najrozmaitszych. Dużo w nich także dzikich drzew owocowych, leszczyny i najrozmaitszych jagód, tak że pokarmu latem jest pod dostatkiem. Warunki klimatyczne nie są zbyt surowe, ale kilkumiesięczna zima z dużymi na ogół opadami śniegu zawiesza zarówno życie roślin (opadanie liści) jak i zwierząt, zmuszając ptaki owadożerne i wodne do wędrówek, a ssaki i zimnokrwiste do zapadania w sen zimowy względnie odrętwienie. Życie zwierząt w tych lasach liściastych jest bardzo urozmaicone i zmienne, zależnie od charakteru lasu, który tworzy podstawę odżywczą i siedliskową. Stosunkowo niewiele kręgowców nadrzewnych, bez porównania mniej niż w lesie równikowym. Skomplikowane zależności odżywcze w lesie bukowym ilustruje załączony schemat przytoczony z broszury Mikulskie-

Rys. 113a. Typowy dla lasów umiarkowanych ssak nadrzewny: wiewiórka

go, który z małymi zmianami można zastosować do większości lasów liściastych umiarkowanych.

Ku północy, poprzez formacje mieszane przechodzi stopniowo las liściasty, w *iglasty* albo *tajgę* — zrzeszenie gatunków szpilkowych sosny, świerka, jodły, modrzewia etc., pokrywające szerokim pasem północne rejony



Schemat zależności odżywczych w lesie bukowym. Według Mikulskiego

Europy, Azji i Ameryki Północnej ograniczone średnimi izotermami rocznymi od + 5° do 0°. Klimat panuje tu surowszy niż w lasach liściastych, o stosunkowo znacznych wahaniach w ciągu roku. Lato na ogół krótkie ale ciepłe. Temperatura wtedy może dochodzić 30°, spadając zimą do —30° i niżej. Stosunkowo ubogie są opady, od 200 do 500 mm w ciągu roku, z minimum na okres zimy. Surowe te warunki klimatyczne decydują o ekologicznych cechach fauny. Na ogół jednak są zwierzęta tutaj mniej eurytermiczne niż formy ze stepów umiarkowanych, las bo-

Rys. 114. Środowisko lasu sosnowego o bogatym runie leśnym. Według fot. Motyki, wyd. Książnicy-Atlasu

wiem chroni je zwłaszcza latem przed nadmiarem upału. Za to większość wytrzymuje znaczne zimno; ciepłokrwiste otrzymują na zimę gęstsze upierzenie lub uwłosienie i często bieleją. Wiele ssaków zapada w sen zimowy, a owadożerne i wodne ptaki odlatują na południe. Mało jest bardzo gadów i płazów, jak wiadomo grup przeważnie ciepłolubnych. Podmokłe bagniska leśne tych obszarów, na przykład Polesie, są naturalnymi wylęgarniami komarów, utrudniającymi życie zarówno zwierzętom jak i człowiekowi. Łoś jest typem ekologicznym ssaka przystosowanego do takich podmokłych, zarosłych środowisk.

PRZESTRZENIE OTWARTE: SAWANNY KRAIN GORĄCYCH

Gdy posuwamy się zarówno ku północy jak i ku południowi od ściśle rozumianego pasa lasów równikowych, w miarę zbliżania się do zwrotników klimat stopniowo zmienia się; zaznacza się coraz wyraźniej wpływ sezonowości, a to w związku z nierównomiernym w biegu roku rozkładem głównie opadów, przy jednostajnej na ogół i znacznej ciepłocie. Zaznaczają się dwie pory: wilgotna i sucha, które kolejno zmieniają się, tak jak u nas ciepła z zimną. W związku z niedostateczną ilością opadów w porze suchej, roślinność nie jest w stanie pokryć zwartą leśną formacją tych obszarów, które za to porasta formacja trawiasta i krzaczasta z pojedynczo rozstawionymi drzewami lub niewielkimi gajami kserofitowymi względnie tzw. lasami galeriowymi, towarzyszącymi dolinom rzek. Jest to formacja tropikalna typu parkowego czyli stepowo-drzewiasta zwana *sawanną* (rys. 115), która w miarę posuwania się ku zwrotnikom, w związku z co-

Rys. 115. Sawanna afrykańska z akacjami i buszem kolczastym, udekorowanym licznymi gniazdami wikłaczy. Według Jakubskiego.

raz to mniejszą ilością opadów, przechodzi w prawdziwe stepy podzwrotnikowe, oddzielone od stepów stref umiarkowanych szerokim pasem nieprzyjaznych dla życia pustyń. W porze wilgotnej sawanna zakwita bujnym życiem roślinnym, wytwarzając bogaty kobierzec traw i ziół przemieszany z rozproszonymi w nim drzewami samotnymi i trudnym najczęściej do przebycia buszem krzaczastym. W porze suchej cała ta roślinność drzewiasta i trawiasta przechodzi w stan życia utajonego względnie całkowicie zamiera, stwarzając dla zwierząt najtrudniejsze wtedy warunki.

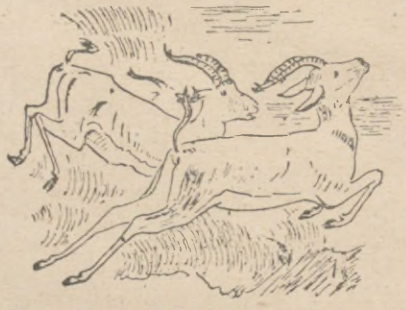
Fauna sawanny składa się z urozmaiconych typów leśnych i stepowych, na ogół ciepłolubnych, choć już nie w takim wąskim stopniu jak formy lasów równikowych. Większe oscylacje termiczne, w związku z otwartością terenu i niedosytem wilgotności, obniżające nieraz temperaturę do kilku tylko stopni ponad 0^0, wymagają od zwierząt sawanny większej odporności. Głównych jednak przystosowań wymaga pora sucha. Wtedy bowiem brak nie tylko niezbędnej wilgoci ale i pokarmu. Życie sawanny zwłaszcza w porze suchej obrazowo przedstawia Jakubski: „Florę stepów Afryki nazwaliśmy skoszlawionym tworem przyrody, bo tam każda roślinka, która w okolicach żyźniejszych buja i rozrasta się okazale, na stepie wygląda jakby chorobą wyniszczona, pogięta i przyduszona do ziemi. Podobnie i świat drobnych zwierzątek w suchej porze roku na stepie jest odmienny od pokrewnych sobie istot: zwyrodniał, zniekształcając się na wzór tych roślin, na których żyje. Różne owady, należące do najrozmaitszych rzędów, upodabniają się swym wyglądem do zeschłych traw, zwiędłych liści, kamieni, połamanych gałązek lub grudek ziemi. Słowem, istny świat zwyrodnienia! Różne gatunki z rodzaju Phasma i Bacteria, naśladują do złudzenia wygląd roślin trawiastych, nawet

w najdrobnieszych szczegółach: barwą, kształtem, proporcjonalną wielkością. A owad taki zadziwiająco podobny do kawałka źdźbła rośliny, na której siedzi, potęguje jeszcze to wrażenie niesymetrycznym ustawieniem swego ciała, a przede wszystkim nóg i czułków. Dodajmy nadto, że takie zwierzątko potrafi długie chwile bez najmniejszego ruchu przepędzić, tak że najbystrzejsze oko nie potrafiłoby odróżnić żywej istoty od martwy "trawy" (W krainach słońca). Oczywiście to „zwyrodnienie" należy rozumieć jako bardzo wyraźne przystosowanie do niekorzystnych warunków, jakie sawanna stwarza w porze suchej. Zjawiska mimetyzmu są tam, jak widzimy, także bardzo powszechne.

Większe i typowe dla sawan ssaki, zebry, antylopy, gazelle, bawoły, a także i towarzyszące im strusie, na okres suchej pory, w poszukiwaniu pożywienia i wody,

Rys. 116.
Ssaki sawanny w południowo-afrykańskim rezerwacie Krügera

zmuszone są nieraz wędrować daleko, aż po granice pasma lasów gorących. Inne, jak ziemne prosięta *(Orycteropus)* i łuskowce *(Manis)* oraz liczne gady zagrzebują się zapadając w sen letni, analogiczny do snu zimowego, tylko wyrażający przystosowanie obronne przed brakiem pożywienia a wywołane bezpośrednio suszą. Jeszcze inne, niemniej dla sawanny typowe żyrafy, nosorożce i słonie nawet w najbardziej suchej porze znajdują dostateczną ilość pokarmu, zadowalając się suchymi liśćmi i gałęziami drzew kserofitowych, nie wędrują daleko, lecz pozostają w rejonach swego bytowania.

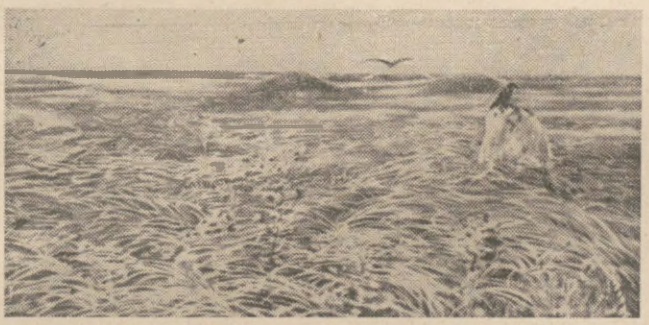


Rys. 117. Gazele, typ ekologiczny ssaków, przystosowanych do życia na sawannie.

Zespoły sawanny w porze wilgotnej są bardzo bogate i urozmaicone, głównie dzięki harmonijnemu zmieszaniu się warunków leśnych i stepowych, choć przeważają typy otwartych przestrzeni, więc warstwy ziół, traw i krzewów kolczastych. Zasoby pożywienia w postaci soczystych roślin trawiastych umożliwiają bytowanie nieraz ogromnych stad zwierząt kopytnych, antylop, gazeli, zebr, bawołów, na które polują wielkie koty, lew, lampart i in. Życie stadne przemieszczenia gromadne są zjawiskiem powszechnym w sawannach. Sezonowość — czynnikiem w ogromnym stopniu selekcjonującym, wpływającym na ewolucję i kształtowanie się typów klimatycznych zwierząt. Stwarza ona także wybitne różnice w aspektach sawanny, zależnie od pory suchej względnie deszczowej.

STEPY UMIARKOWANE

Jeszcze większe obszary niż sawanny Afryki, Ameryki Północnej i Australii zajmują trawiaste przestrzenie stref umiarkowanych zwane stepami w Eurazji, preriami w Ameryce Północnej a pampasami w Ameryce Południowej. Tworzą one formacje roślinne złożone przeważnie z traw, roślin cebulkowych i ziół różnorodnych, nieraz



Rys. 118. Step południowo-rosyjski.

głęboko zakorzenionych w ziemi. Pod względem klimatycznym cechuje je zmiana pory ciepłej z zimną. Podobnie jak w lasach umiarkowanych zima wywołuje opadanie liści u drzew, tak tutaj, na stepach, surowa pora roku niesie uwiąd roślinności trawiastej. Opadów mało, poniżej 300 mm w roku, co też należy uważać jako główną przyczynę klimatyczną powstania tej formacji. Okres redukcji życia do minimum przypada na surową, najczęściej mroźną zimę, choć w niektórych miejscach, np. w środkowej Azji, można zauważyć dwukrotne w ciągu roku zamieranie stepu: zimą i latem, kolejno zmieniające się z ponownym krótkim jego ożywieniem, wiosną i jesienią.

Dla zwierząt stepy są środowiskiem *otwartym*. I to decyduje przede wszystkiem o ich adaptacjach. Bardzo tu

dużo ryjących nory gryzoni, chomików, susłów, bobaków, skoczków, norników, które żerują zarówno na powierzchni jak i pod ziemią oraz gromadzą w norach zapasy na surowe okresy. W norach zakładają także swe gniazda. Wielkie kopytne bizony, antylopy suchaki (rys. 119) i dzikie konie są także mniej lub więcej liczne zależnie od miejscowości, ale już mniej urozmaicone od kopytnych z gorących sawan afrykańskich. Brak roślinności drzewiastej wyklucza życie ptaków leśnych. Za to dużo gatunków biegających, przystosowanych do otwartych przestrzeni, jak dropie, bażanty, kuropatwy, skowronki, szpaki różowe, pustynniki etc., gnieżdżących się oczywiście na ziemi. Liczne są gady, węże, jaszczurki i żółwie stepowe, wszystkie wytrzymałe na suszę.

Rys. 119
Suchaki, antylopy charakterystyczne dla stepów umiarkowanych

Sezonowość klimatu i szaty roślinnej odbija się bardzo wyraźnie na życiu zwierzęcym, które w okresach zamierania stepu bądź wędruje w miejsca żyźniejsze, jak to czynią liczne ssaki, bądź odlatuje jak ptaki, bądź wreszcie zapada w odrętwienie względnie sen letni lub zimowy. Aktywnymi pozostają jedynie te formy, które potrafią znaleźć pożywienie. Znaczne wahania klimatyczne czynią z mieszkańców stepu zespoły na ogół eurytermiczne, jednak prawie zawsze z dużą przewagą form wytrzymujących suchość powietrza (kserotermy).

Przestwór środowiska i wielkie zasoby pożywienia w postaci roślin trawiastych i ziół cebulkowych umożli-

wiają zwierzętom, zwłaszcza bardzo płodnym gryzoniom, rozradzać się w tak olbrzymich ilościach, że przez rycie nor i sypanie kopców zmieniają one nieraz na tysiące kilometrów krajobraz stepu, minując chodnikami glebę do tego stopnia, że bez obawy zapadnięcia się niesposób po nim się posuwać. Jeżeli w lasach dziewiczych i umiarkowanych świat roślinny wyraźnie dominuje swą masą nad zwierzęcym, a na sawannach oba te światy wydają się być zrównoważone, to na stepach, przynajmniej w tych uprzywilejowanych dla życia ssaków miejscach, jak w niektórych okolicach Azji Środkowej, świat zwierzęcy dominuje krajobrazowo nad życiem roślinnym. Od czego to zależy? Wyjaśnienia tego zjawiska szukać należało by w przyczynach klimatycznych jako pierwotnych. W związku z suchością okresową powietrza — warunkiem niekorzystnym dla życia roślin — znikają trawy i zioła na powierzchni; jednym z głównych źródeł pokarmu zwierzęcego stają się wtedy te niewidoczne dla oka, ale bardzo obfite podziemne części roślin (korzenie, kłącza, cebulki etc.) oraz nagromadzone w okresie korzystnym zapasy ziarn w norach. Pokarmu więc zwierzęta mają dużo, choć go nie widać. Nadto sprzyjają temu wędrówki i stadne życie zwierząt, tak bardzo typowe dla otwartych stepowych przestrzeni, a zagęszczające niejako świat zwierzęcy w pewnych uprzywilejowanych miejscach.

W Polsce środowiska stepowe zredukowane są do minimum, występując jedynie na południowo-wschodnich krańcach Rzeczypospolitej. Zresztą w swej typowej i czystej postaci, jako formacja płaska, bezdrzewna, o suchym podłożu glebowym i gęstym zwarciu kobierca trawiastego, a więc taka, jaką widzimy na ogromnych obszarach Rosji południowej lub na puszcie węgierskiej, u nas, już ściśle mówiąc nie występuje. Bowiem wszędzie tam, gdzie kiedyś step pokrywał nasze ziemie, zastąpiły go pola upra-

wne czyli tzw. „step kulturalny". Najdalej na wzgórzach Podola zachowała się formacja zbliżona do stepu mniej lub więcej pierwotna, którą botanicy nazywają *halawą* (rys. 120). Są to zbiorowiska roślinne zielne, o dużym zwarciu i bogatym składzie gatunkowym, użytkowane przez koszenie już po przekwitnięciu i rozsianiu się roślin, co zapewnia im stałość składu florystycznego.

Rys. 120. Halawa na zboczu w Łuczyńcach pod Rohatynem. Według Kuntzego

Mają one swą odrębną, zbliżoną do stepowej, faunę, którą reprezentują spośród ssaków gryzoń podziemny ślepiec *(Spalax polonicus)* oraz suseł perełkowy, pospolity także wśród pól. Nasi fauniści, zasłużeni badacze Podola, Kuntze i Noskiewicz, notują tu szereg charakterystycznych owadów, mianowicie chrząszczy, błonkówek, szarańczaków oraz ślimaków, które z racji zasięgu należą bądź do elementów pontyjskich, ograniczonych do zlewiska Morza Czarnego, bądź pontyjsko-medyterrańskich, o ile zasięgiem wkraczają także w obszary Europy południowej, po Francję względnie Hiszpanię.

Z ekologicznego punktu widzenia te zespoły stepowe, ściślej halawowe obszarów południowo-wschodnich, podobnie jak i inne zespoły stepowe, cechuje przede wszystkim charakter kserotermiczny czyli przystosowanie do klimatu ciepłego i suchego jednocześnie, jakim w ogóle odznaczają się formacje stepowe.

ŻYCIE ZWIERZĘCE PUSTYŃ

Krańcem środowiska stepowego, nieprzyjaznym ogromnie dla życia roślin i zwierząt, są pustynie. Ekolog rosyjski, badacz życia zwierzęcego Turkiestanu, Kaszkarow w następujących słowach charakteryzuje tę srogość warunków środowiska: „Gorącym oddechem wita pustynia wkraczającego doń wędrowca. Skwarem bucha z piaszczystych pagórków. Znikła radosna zieleń łąk Tałasu (w południowym Kazachstanie); daleko pozostały moczary i błota, ożywione nieustającym krzykiem błotnego ptactwa. Niebo przybrało kolor niebieski, a dookoła piasek, piasek i piasek... Żółty, z lekka czerwonawy. Piaszczyste wzgórza... Koń stąpa ociężale. Nogi grzęzną i szybko opanowuje cię zmęczenie. W skroniach kołacze. Serce bije tak mocno, że można je słyszeć. Schnie w ustach. Pękają wargi. Pić, pić!... Przykre uczucie zakrada się w duszę: pustynia wydaje się okropną paszczęką śmierci

Rys. 121. Zarośla saksaułu w pustyni środkowo-azjatyckiej

z rozżarzonym złowrogo chrapliwym oddechem. A gdy wśród ciszy dmuchnie po pagórkach wiaterek, słychać wokoło syczenie jakby jakiejś żmii, — to szelest saksaułu. Cały ten „las", a więc krzaki saksaułu, pokręcone zarośla *Caligonum Caput medusae* i krzewy *Aristida* wydają się jakimiś schorzałymi utworami roślinnymi. W umierających skurczach czepia się tutaj życie ostatecznych środków, by tylko wytrwać" (Żyżń pustyni).

Ta srogość i nieprzyjazność warunków środowiska, tak bardzo obrazowo przedstawiona dla pustyń Turkiestanu, właściwa jest z pewnymi różnicami wszystkim prawdziwym pustyniom, a więc Saharze i Arabii, pustyniom australijskim, północno-amerykańskim, południowo-amerykańskiej Atakamie i południowo-afrykańskiej Kalahari. Nieprzyjazne w najwyższym stopniu dla życia środowisko pustyń, roztaczające się głównie na granicach tropikalnych i umiarkowanych stref, jest bardzo rozległe, zajmując na obszar bez mała piątą część wszystkich lądów razem wziętych.

Warunki życia w pustyni to głównie walka z krańcami termicznymi, posuchą i brakiem pożywienia. W związku z minimalną ilością opadów atmosferycznych (100—200 mm w roku) i kontynentalizmem większości pustyń, wahania termiczne są ogromne; sięgają one w azjatyckiej Gobi 80—90° (latem + 50° zimą — 30°), co wyklucza istnienie zwartego kobierca roślinnego, redukując florę do izolowanych kęp traw kserofitowych, względnie do rzadko rozsianych oaz, występujących w sąsiedztwie źródeł czy małych strumyków.

Na ogół flora pustyni składa się z dwóch typów ekologicznych: roślinności uzależnionej od wody gruntowej i roślinności zależnej od deszczów. Pierwszą tworzą cha-

rakterystyczne krzewy i krzewinki kserofitowe, o zdrewniałych pędach nasiennych oraz tzw. sukulenty czyli tłustosze, spęczniałe rośliny od nagromadzonej w tkankach wody, jak kaktusy i wilczomlecze pustynne. Typ drugi, uzależniony od deszczów mniej lub więcej przygodnych, tworzą drobne zioła o szybkim wzroście, rozrodzie i zabezpieczonych od posuchy trwałych nasionach. Uboga flora pustyni jest oczywiście podstawowym warunkiem istnienia zwierząt.

Krańcowe warunki życia udzielają mieszkańcom pustyni bardzo wyraźnych cech zbieżnych (rys. 122), przejawiających się tak w wyglądzie jak i obyczajach, które w zasadzie dają się sprowadzić do egzageracji ekologicznego typu stepowego czyli z otwartych przestrzeni.

Rys. 122. Zbieżne typy ekologiczne skaczących ssaków pustynnych. 1. *Pedetes caffer* południowo-afrykański; 2. *Macroscelides rozeti* (Afryka); 3. *Alactaga saliens* ze stepów Eurazji; 4. *Dipus aegipticus*, Afryka, Arabia, Palestyna

Wielka amplituda temperatury wymaga wybitnej eurytermiczności, która oczywiście ma swoje granice. Jakkolwiek wydawać się to może rzeczą dziwną, w większości przypadków zwierzęta pustynne nie są przystosowane do najwyższych temperatur, jakie panują na pustyniach. Giną od nich i jeżeli żyją w tym środowisku, to jedynie dlatego, że potrafią usuwać się od działania tych szko-

dzących im temperatur. Życie zwierząt pustynnych to głównie życie nocne lub ziemne. W najgorętszych godzinach dnia zredukowane naprawdę do minimum, co jeszcze bardziej potęguje przykre wrażenie martwoty, jaką pustynia sprawia za dnia na podróżniku. Czyniono liczne doświadczenia ze zwierzętami dla przekonania się o ich wytrzymałości na wysokie temperatury i usłonecznienie. Wynik był zawsze podobny: krańcowe wysokie temperatury szybko je zabijały. Suseł zamknięty w klatce, wystawiony na słońce pustyni, ginął po 20 minutach. Jaszczurka uwiązana za nóżkę w temperaturze 55^0, natychmiast zaczynała szybko bardzo oddychać, zwiększając tempo oddechów z 32 do 90 i nawet powyżej, otwierała pyszczek, podnosiła na przemian łapki, wreszcie w drgawkach ginęła. Cała jej walka ze śmiercią z nadmiaru ciepła i słońca trwała zaledwie od $1^1/_2$ do 4 minut...

Posucha powietrza i ubóstwo źródeł wymagają od zwierząt wielkiej wytrzymałości na brak wody. Większość mieszkańców pustyni to formy kserofilowe, zadowalające się minimalnymi ilościami wilgoci, czerpiące niezbędną dla życia wodę głównie z konsumowanej roślinności, względnie z pokarmu zwierzęcego. Krążenie wody w pustyniach odbywa się z reguły na drodze pokarmowej. Spotykają się także i formy hygrofilowe, jak pewne ślimaki, ale występowanie ich uzależnione jest od rosy porannej i nocnego sposobu życia.

Ciekawe są adaptacje lokomocyjne. W związku z sypkością podłoża na piaszczystych zwłaszcza pustyniach wytwarzają się specjalne przystosowania w odnóżach. Noga skoczków pustynnych zaopatrzona jest w rodzaj Szczególną cechą ubogich życiem zespołów pustynnych lekich, odbijanych skokach tych ssaków. Specjalne „po-

deszwy" do chodzenia po piasku mają wielbłądy i osobliwe ptaki pustynniki. Także do tego typu przystosowań należą grzebykowate o wydłużonych palcach łapki gadów i uwłosione stopy chrząszczów pustynnych, o czym już wspominaliśmy przy omawianiu wpływu fizycznych właściwości podłoża na zwierzęta, w rozdziale III.

Ubarwienie większości mieszkańców jest płowe, bardzo zharmonizowane z kolorytem środowiska. Jednak jego rola ochronna nie zawsze jest wyraźna, bowiem często jest niepotrzebna, np. w stosunku do gatunków prowadzących nocny tryb życia. Raczej jest następstwem bezpośredniego działania klimatu pustynnego, zwłaszcza suchości powietrza i silnego promieniowania.

Zasady życia zespołowego na pustyniach są podobne jak gdzie indziej, ujawniając się może tylko wyraźniej niż w innych siedliskach. Podstawę tworzy skąpa roślinność, od której uzależniony jest przede wszystkim świat owadów, na który czyhają liczne jaszczurki i mniej liczne ptaki. W drugim łańcuchu odżywczym, także rozpoczynającym się od roślin, widzimy jako pierwsze ogniwo zwierzęce drobne ssaki, skoczki i inne gryzonie, na które polują ssaki drapieżne np. lis fenek. Wielkie koty, jak lew odżywiają się głównie kopytnymi na krańcach pustyni. Hieny i szakale niszczą w znacznym stopniu jaja strusie, dojadając resztki antylop czy zebr, porzucone przez lwy, analogicznie zresztą jak w arktycznych śnieżnych pustyniach lis polarny, poza inną zdobyczą, z chęcią odżywia się jajami ptaków nadmorskich i resztkami fok, pozostawionymi przez białe niedźwiedzie. Ilustruje to ogólne podobieństwo zasad odżywczych, na których opiera się gospodarka zespołowa.

Szczególną cechą ubogich życiem zespołów pustynnych jest ich rozmieszczenie w pobliżu źródeł pokarmu, jaki

Rys. 123. Kaktus olbrzymi z pustyni Aryzony jest siedliskiem dla kilku ptaków, licznych owadów, tworzących z rośliną samowystarczalny zespół życia.

tworzą rośliny. Tkanina życia pustynnego przypomina raczej sieć utworzoną z węzełków życia, niż gęstą, jednostajną materię. Węzełki życia pustyni, to zespoły mniej lub więcej samowystarczalne, koncentrujące się w oazach, przy kępach traw, lub nawet przy poszczególnej jakiejś roślinie. Ekolodzy amerykańscy szczególnie badali zespoły życia olbrzymich kaktusów *Cereus giganteus* (rys. 123) z pustyń Aryzony i Meksyku i znaleźli w nich całe rojowiska zwierząt najrozmaitszych, głównie owadów i ptaków, które żyły w poszczególnych okazach kaktusów, uzależnione jedne od drugich i tam się gnieździły. Porównać by je można z „hotelami" pustynnymi, tylko nie dla wszystkich „lokatorów" jednakowo bezpiecznymi.

FAUNA TUNDRY POLARNEJ.

Tundra (rys. 124) tworzy wielką klimatyczno-florystyczną formację, pozbawioną w zasadzie drzew, pokrytą mchami i porostami, tu i owdzie urozmaiconą drobnymi skarlałymi krzewami (wierzba, brzoza, jałowiec) i udekorowaną ziołami kwiatowymi. Jest to środowisko otwarte, o charakterze stepu mchowo-porostowego, rozstaczające się w ubogim w opady, surowym klimacie przybiegunowym. Ku południowi przechodzi stopniowo w karłowaty las, oddzielający je od tajgi, a ku północy w coraz bardziej i dłużej w ciągu roku pokryte śniegiem i lodem przestrzenie ziem przybiegunowych.

Rys. 124. Krajobraz tundry polarnej.

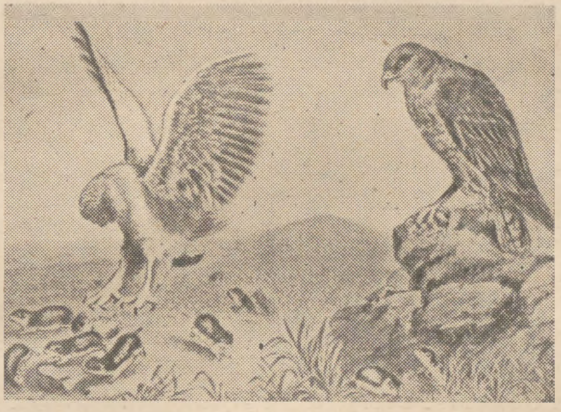
Słońce nie wznosi się wysoko nad horyzont, stwarzając z tundry środowisko życia wyjątkowo surowe pod względem termicznym. Walka rozgrywa się tu głównie z zimnem a nie z brakiem wody jak w pustyni. W ciągu krótkiego stosunkowo lata temperatura za dnia podnosić się może dosyć wysoko, dochodząc miejscami do 30^0 i spadać poniżej 0^0, choć na ogół w tej krótkiej „ciepłej" porze tundry przeciętne oscylacje wynoszą od 5 do 15^0. Zimą za to spada temperatura ogromnie, wahając się zależnie od miejsca od -60^0, jak na tundrach syberyjskich, do odwilży. Wskutek takich warunków grunt w zasadzie jest stale przemarzły, redukując do minimum życie ziemnej fauny i wykluczając sen zimowy ssaków, przeciwnie niż na stepach.

Stali mieszkańcy tundry to zwierzęta szczególnie odporne na chłód, wytrzymujące złe warunki odżywcze, więc z roślinożerców renifer, wół piżmowy, zając bielak i lemingi, z drapieżców lis polarny, rosomak, wilk, niedźwiedź biały, ostatni trzymający się przeważnie pobrzeży morskich

i wiecznym śniegiem i lodami pokrytych obszarów. Świat ptaków miejscowych charakteryzuje pardwa (rys. 125) i sowa polarna. Latem dołączają się bardzo liczne gatunki sezonowe, przeważnie błotnych ptaków, które na okres krótkiego lata przybywają dla zakładania gniazd i wyprowadzania młodych. Wtedy to tundra robi wrażenie siedliska bardzo ożywionego. Zakwitają szybko rośliny. Zjawiają się owady, motyle i trzmiele, latają roje całe komarów i muszek gryzących. Zewsząd rozlegają się głosy ptactwa. Jest to ten nieustający północny dzień letni, stwarzający zwierzętom bardzo dogodne warunki żerowania przez okres całej doby. Nie trwa jednak długo, przeciętnie do dwóch miesięcy. Z końcem tego północnego lata tundry życie aktywne w znacznym stopniu ustaje, przekwitają rośliny, giną owady, odlatują ptaki. Pozostają jedynie najodporniejsi stali mieszkańcy, którzy na najbardziej mroźny okres przesuwają się ku południowi w graniczące z tajgą rejony (renifer, lemingi, sowa polarna). (Rys. 126).

Rys. 125. Pardwa w upierzeniu zimowym, charakterystyczny ptak tundry

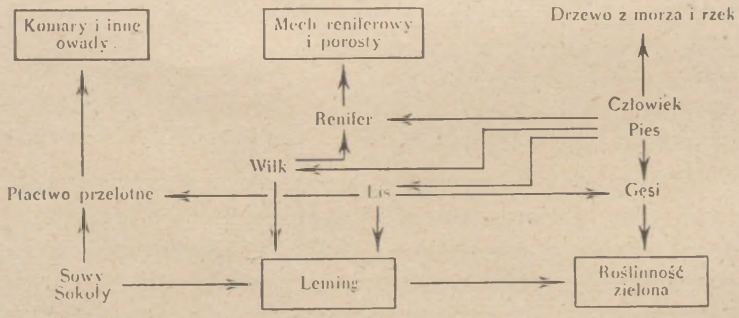
W przeciwieństwie do tej przynajmiej latem tętniącej życiem tundry północnej, tundra południowa jest wyjątkowo uboga, pozbawiona ssaków, a z bezkręgowców goszcząca nieliczne zagubione skoczogonki, bezskrzydłe muchy, kleszcze i pająki. Wyjątek czynią ogromne stada pingwinów (rys. 26a), koncentrujce się na wyspach i pobrzegach wielkiego lądu Antarktydy, liczne bo odżywczo uzależnione od zasobnego w pokarm morza. Stosunki ta-



Rys. 126. Ogniwa łańcuchów odżywczych tundry: ptaki drapieżne polujące na lemingi

kie tłumaczą się brakiem większych przestrzeni lądowych w szerokościach południowych, odpowiadających klimatyczno-florystycznej formacji tundry północnej.

Gospodarka odżywcza tundry arktycznej opiera się na czterech podstawowych źródłach pokarmu: mchu reniferowym i porostach, roślinności zielonej, na uzależnionych od niej bezpośrednio lemingach, wreszcie komarach i in-



Rys. 127. Cykl odżywczy tundry

nych owadach, masowo lęgnących się na bagniskach tundry. Załączony schemat, na miejscu badany przez panią Haviland-Brindley, ilustruje dobrze te stosunki.

W porównaniu do ubogiej stosunkowo formacji roślinnej, jaką jest tundra, życie zwierzęce latem jest stosunkowo bogate. Także i zimą zwracają uwagę podróżników ogromne nieraz stada typowych mieszkańców tundry, reniferów, wołów piżmowych, zajęcy bielaków, lemingów, kontrastujące najwidoczniej ze skąpymi zasobami pożywienia roślinnego. Pozorną tę sprzeczność duński badacz Jensen tłumaczy w ten sposób, że w krainach podbiegunowych całkowita masa roślin jest niejako do dyspozycji zwierząt, gdyż po krótkim lecie raptownie nadchodząca mroźna i sucha w zasadzie zima wyłącza niemal kompletnie bakteryjne butwienie roślin i ich rozkład na związki nieorganiczne, — wręcz przeciwnie niż w krajach gorących, gdzie w wilgotnym i ciepłym klimacie ogromne masy substancji roślinnej redukowane są przez bakterie i grzyby na związki nieorganiczne, w końcowych swych produktach bezpośrednio stracone dla zwierząt. Zespół życiowy tundry, podobnie jak i na torfowych mokradłach, jest w pewnym stopniu niekompletny, składa się przeważnie tylko z producentów (roślin) i konsumentów (zwierząt) podczas gdy w krajach gorących i gdzie indziej ogromną rolę w cyklu przemiany materii żywej odgrywają także reducenci (bakterie).

BŁOTA I POBRZEŻA WÓD ŚRÓDLĄDOWYCH

Jako wytwór w znacznym stopniu czynników edaficznych, błota i pobrzeża wód śródlądowych nie są rozmieszczone strefowo jak wielkie formacje klimatyczno-florystyczno-faunistyczne. Ich rozmieszczenie jest śródstrefowe intrazonalne. Warunki ekologiczne mają urozmaicone, zależnie od natury zbiorników i ich lokalizacji geogra-

ficznej. Świat zwierzęcy jest ciekawy zwłaszcza pod względem typów biologicznych, uosabiających najrozmaitsze etapy przystosowania form lądowych do życia wodnego względnie półwodnego, przejawione zarówno w organizacji jak i w obyczajach.

Rys. 128. Mokradła, według obrazu artysty

Szczególnie urozmaicony jest świat ptaków, reprezentowany przez najrozmaitsze typy lokomocyjne: latające nad wodami (rys. 129), pływające, brodzące, biegające po brzegu, chodzące po liściach wodnych, wśród trzcin i oczeretów, często o ciekawych bardzo

Rys. 129. Typy ekologiczne ptaków wodnych: rybitwy w locie

Rys. 130. Dzika kaczka.
Szkic ołówkowy Rolanda Greena

i wyspecjalizowanych obyczajach odżywczych. Przypatrzmy się dla przykładu chociażby pluszczowi wodnemu, blisko spokrewnionemu z kosem. Chodzi on po dnie w poszukiwaniu pokarmu, zazwyczaj w szybko bieżących potokach i zimnych strumieniach. Pod wodą z lekka rozwiera skrzydła, zwiększając tym samym powierzchnię ciała (rys. 131), tak że prąd, pod który idzie, przywiera go do dna, nie pozwalając wydostać się na powierzchnię lżejszemu od wody ciału. Jednocześnie silnie chwyta się palcami kamieni. W związku z takim sposobem życia ma muskulaturę biodrową silniejszą niż kos. Innych bardziej widocznych zmian w ukształtowaniu ciała i w typie ekologicznym nie wywołał ten prymitywny etap przystosowania się do życia wodnego u ptaka, którego najbliżsi krewniacy prowadzą życie całkowicie lądowe.

Obfitość wielka ptactwa nad brzegami wód znajduje wyjaśnienie nie tylko w wyjątkowo bogatych zasobach pożywienia w wodnych siedliskach śródlądowych, ale także w łatwości przelotów. Zbiorniki takie są izolowane i często od siebie odległe. Ptaki, przystosowawszy się do

życia wodnego czy półwodnego, nie zatraciły przecież funkcji lotu i to im ułatwia w ogromnym stopniu pojawianie się mniej lub więcej okresowe nad wodami.

Rys. 131. Pluszcz żerujący pod wodą Według Hessego

Bardziej związane z określonymi zbiornikami są ssaki, których urozmaicone typy, podobnie jak u ptaków, uosabiają najrozmaitsze przystosowania zarówno kształtu jak i obyczajów do życia wodnego. Znamy stekowce torbacze *(Chironectes)*, owadożerne *(Potamogale, Myogale)*, liczne gryzonie *(Arvicola, Hydrochoerus, Ondatra, Castor)*, drapieżne jak wydra *(Lutra)* etc., nie mówiąc już o ssakach morskich, częściowo omówionych w rozdziale pierwszym z racji odychania. Prawie wszystkie rzędy wysłały swych reprezentantów w środowisko wodne, wiążąc się z nim mniej lub więcej skutecznie, głównie pożywieniem.

Zbiorniki wodne i pobrzeża wód są ważnym czynnikiem ekologicznym także w życiu mnóstwa bezkręgowców, głównie owadów i pająków, które, nie będąc ściśle wodnymi, pływającymi formami, żerują jednak i żyją w bezpośrednim sąsiedztwie zbiorników, na roślinach lub po brzegach. Nie sama wilgotność gleby (hygrofile) lub powietrza (atmofile) wiąże je z tymi siedliskami, lecz całość warunków życia, które znajdują w sąsiedztwie wody, głównie zaś pożywienie. Ekologiczną tę grupę nazywamy *hydrofilami*. Nad Wigrami żyje kilkanaście gatunków samych pająków, mniej lub więcej ściśle związanych z bezpośrednim sąsiedztwem jeziora, bytujących i żerujących każdy w innych warunkach. Na przykład na krzakach

Rys. 132. Wydra

wierzby, rosnących wśród łąk nadjeziornych i na trzcinach przybrzeżnych (rys. 133) przędą swe sieci cztery gatunki tylko w podobnych miejscach spotykane. W pobliżu wody polują na owady przyziemne nie przędzące pajęczyny biegające pająki pogońce z rodzajów Lycosa i Pirata, jeszcze liczniejsze są owady. Tak samo maleńkie ślimaczki hygrofilowe *(Zonitoides, Cochlicopa, Vallonia* i *Carychium),* typowe dla łąk bardzo wilgotnych, są powszechnymi mieszkańcami w pobliżu zbiorników wodnych; zaś bursztynki *(Succinea)* trzymają się nawet na samej wyrastającej z wody roślinności przybrzeżnej. Wszystkie są składnikami zespołów hydrofilowych. Woda jest niezbędnym warunkiem ich występowania, choć ściśle mówiąc są formami lądowymi. Najczęściej z wodą lub z jej sąsiedztwem związane są pokarmem.

Skupienia przybrzeżne, nadwodne czy półwodne są bardzo urozmaicone, zależnie od natury zbiorników i ich położenia geograficznego. *Błota* mają życie bardzo urozmaicone na północy, tworząc formację w wielu razach zbliżoną do tundry podmokłej. W strefach umiarkowanych błota są już nieco mniej liczne i najczęściej zimniejsze od terenów suchych, co na ogół sprzyja skupianiu się na nich

Rys. 133. Pająk *Atea cornuta,* żyje na trzcinach przybrzeżnych nad wodami

form bardziej północnych, ptaków północnych a także znanego reliktu arktycznego — motyla *Colias palaeno*, bardzo znamiennego dla torfowisk. Gęsto zarosłe *jeziora* i mniejsze *stawy*, zarówno w strefach umiarkowanych jak i gorących odznaczają się bardzo urozmaiconym życiem pobrzeżnym, gromadzącym najrozmaitsze ptaki ciągnące nieraz z odległych stron. *Ujścia wielkich*

Rys. 134. Olbrzymie gniazdowe kolonie czerworaków w delcie Nilu. Z Boubiera

rzek Amazonki, Nilu, Dunaju, Wołgi, Uralu, Amu-Darii i Syr-Darii przypominają na ogół warunki nad wielkimi jeziorami, ale w związku z obfitością pożywienia cechuje je większe jeszcze zagęszczenie życia ptasiego. Ujście Amazonki zadziwia wprost rozmaitością i bogactwem wszelkiego rodzaju brodźców oraz innych ptaków wodnych typu czapli, żurawi, bocianów, czerwonaków, pelikanów etc. Klasycznymi stały się całe obszary gęsto opanowane przez czerwonaki w ujściowych rejonach Nilu (rys. 134). Wielokrotnie opisywano rozlewiska Dunaju i Wołgi, jako prawdziwe raje życia zwierzęcego. Zagęszczenie tego życia daje się obserwować w terenach ujścio-

wych nawet małych rzeczek, jak Redy czy Płutnicy na naszym wybrzeżu, gdzie podczas przelotów widzimy prawdziwe rojowisko ptactwa.

BRZEG MORSKI.

Ciekawe siedliska stwarza brzeg morski, słynący z bogactwa życia głównie na północy. Na wyspach Pribyłowa, Kommandorskich i po brzegach morza Berynga w pew-

Rys. 135. Kolonie otaryj u brzegów Morza Berynga

nych okresach roku gromadzą się stada otaryj *(Callorhinus ursinus)*, które wychodzą na ląd dla rozrodu i wychowywania młodych (rys. 135). Skupienia takie, złożone z rodzin poligamicznych, prawdziwych haremów (na 1 samca przypada około 30 samic), w uprzywilejowanych przez ssaki miejscach mogą pokrywać znaczne nieraz przestrzenie brzegów morskich, nadając swoisty fizjonomiczny wygląd tym niegościnnym, zagubionym stronom, gdzie pod względem krajobrazowym miejsce szaty roślinnej zajął świat zwierzęcy. Zagęszczenia takie stają się terenem wielkiego przemysłu futrzanego skupiającego Amerykanów i Rosjan, polujących na te cenne ssaki morskie.

Jeszcze bardziej znanymi i powszechnymi są tzw. *góry ptasie* (rys. 136), olbrzymie zgrupowania przeważnie rozrodcze najrozmaitszych ptaków, budujących gniazda na stromych skałach nadmorskich. Żyją one wszystkie z morza, ale pod względem sposobu zdobywania pokarmu można je podzielić na dwie grupy. Jedne, gnieżdżące się na skałach urwistych, są typami wodnymi, dobrze nurkują względnie z lotu łowią zdobycz. Inną grupę tworzą formy odżywiające się z brzegu, jak np. siewki, nie tworzące kolonii gniazdowych na skałach nadmorskich. Ten rozmaity sposób życia decyduje o rozsiedleniu geograficznym: wodne mają rozsiedlenie przeważnie strefowe, przybiegunowe, podczas gdy drugie posuwają się wzdłuż brzegów morskich. Bardziej urozmaicone w związku z obfitością lądów brzegi mórz arktycznych o wiele są bogatsze życiem od antarktycznych, choć i tam pingwiny występują miejscami w wielkich skupieniach.

Rys. 136. Góry ptasie na Faroerach

W strefach gorących życie ptaków nadmorskich jest znacznie uboższe niż u brzegów mórz zimnych, przybiegunowych. Główna ilość gatunków koncentruje się prze-

ważnie, jak to już wiemy, przy ujściach wielkich rzek. Spotykają się jednak i tam siedliska uprzywilejowane pod tym względem, jak pewne wyspy leżące z dala od lądu np. koralowa wyspa Laysan na Pacyfiku, w pobliżu Hawajów, gdzie masowo gnieździ się 16 gatunków różnych ptaków w kolejno następujących po sobie okresach. Także

Rys. 137. Olbrzymie kolonie kormoranów na guanowych wyspach u brzegów Peru. Według Murphy'ego

słyną z bogactwa życia ptasiego pewne guanowe wyspy u brzegów peruwiańskich, obrazowo opisane przez Murphy'ego[1]), opanowane przez miliony kormoranów i pelikanów, czerpiących pokarm z morza szczególnie bogatego w tych miejscach w ryby i plankton niesiony zimnym prądem Humboldta.

Niemniej urozmaicone są złożone przeważnie z bezkręgowców drobne zespoły lądowe w bezpośrednim sąsiedztwie morza. Morze wyrzuca całe masy szczątków organicznych, zarówno roślinnego jak i zwierzęcego pocho-

[1]) Bird Islands of Peru, New Jork 1925

dzenia, które butwiejąc na lądzie w pobliżu linii brzegowej, stwarzają niezwykle korzystne warunki odżywcze dla tej drobnej fauny. Wszędzie jest ona urozmaicona, złożona przeważnie z czyścicieli czyli saprofagów i najrozmaitszych trupojadów, na które polują drapieżcy. Dużo tu rozmaitych skorupiaków np. skaczących zmieraczków *(Talitrus)*, pokrywających nieraz całe przestrzenie plaż, a którym u brzegów skalistych odpowiadają ekologiczne zastępcze formy — orchestie. Wszędzie u brzegów Atlantyku żwawo po skałach opryskiwanych przez fale uwija się stonoga nadmorska *(Ligia oceanica)*, a wśród okruchów i rumowisk skalnych spotykamy krocie najrozmaitszych skoczogonków, pluskwiaków *(Salda)*, chrząszczyków, wijów, kleszczy i pająków. Liczne są także muchówki bądź o skrzydłach zmarniałych, niezdolne do lotu, bądź o skrzydłach normalnych jak u *Fucelia fucorum*, ale tak bardzo przyziemnie przelatujące z miejsca na miejsce, że wiatr do morza nie jest w stanie ich porwać i unieść. Zespoły te są urozmaicone, liczne i jak najściślej zharmonizowane ze szczególnymi warunkami w bezpośrednim sąsiedztwie brzegu morskiego. Większość form tworzą halofile, życiem związane ze słonym podłożem.

SYNTETYCZNE ŚRODOWISKO GÓRSKIE

Góry proponujemy nazywać syntetycznym środowiskiem dlatego, że jednoczą one w sobie siedliska najrozmaitszego typu, a więc lasy, krzewy i zarośla, łąki trawiaste odpowiadające stepom, tundrę utworzoną z mchów i porostów, wreszcie wysokie górskie szczyty pokryte wiecznym śniegiem; tylko rozmieszczone są te siedliska nie poziomo, lecz w układzie pionowym, piętrowo. Pierwotną tego przyczyną są warunki termiczne w następstwie wyniesienia. Temperatura, jak wiadomo, zależy nie tylko od

odległości od równika, ale i od położenia miejsca nad poziomem morza. W średnim ujęciu jej spadek zaznacza się o jakieś 0,6° przy wzniesieniu na 100 metrów, czyli przeciętnie tysiąc razy szybciej następują zmiany niż przy posuwaniu się w kierunku południkowym. Powstają w związku z tym surowe na ogół warunki klimatyczne, zaakcentowane ponadto rozrzedzaniem się atmosfery. Na

Rys. 138. Strefy roślinne w Tatrach. Według Atlasu Romera

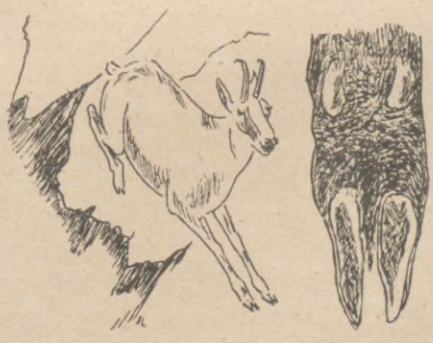
pewnej dosyć znacznej wysokości śnieg już nie topnieje nawet latem, tworząc przy dolnej granicy ważną linię śniegową, leżącą na różnej wysokości, jako zależną od szerokości geograficznej oraz ilości opadów. W Tatrach płaty wiecznego śniegu trafiają się na szczytach przeciętnie od 2250 m; w górach tropikalnych rozpoczynają się dopiero na wysokości 4000—5000 m; na ziemi Franciszka Józefa już na wysokości 200 m. W strefach umiarkowanych klimat wysokogórski przypomina na ogół polarny surowością warunków termicznych, różniąc się jednak odeń brakiem długiego nieprzerwanego dnia latem i długiej nocy zimą, a także szczególnie silną insolacją. Warunki życia roślinnego są na ogół niekorzystne. Lasy

wznoszą się tylko do pewnej wysokości, w Tatrach przeciętnie do 1550 m; powyżej nieco mamy pasmo karłowatych krzewów z dominującą wśród nich kosówką (rys. 138a), odpowiadające krainie *podalpejskiej*, a jeszcze wy-

Rys. 138a. Kosówka

żej, aż po granicę wiecznych śniegów, ciągnie się pasmo łąk i roślin wysokogórskich kwiatowych, tulących się przy ziemi, które wraz z turniami odpowiada krainie *alpejskiej*.

Typowe zwierzęta górskie są bardzo wyraźnie przystosowane do warunków środowiska, na które składają się przede wszystkim: urzeźbienie terenu, podłoże, klimat i szata roślinna. Charakterystyczne górskie ssaki jak kozice (rys. 139), koziorożce, liczne gatunki baranów, tybetański jak (rys. 140) — wszystkie doskonale poruszają się po najbardziej stro-



Rys. 139. Kozica alpejska i jej kończyna od dołu

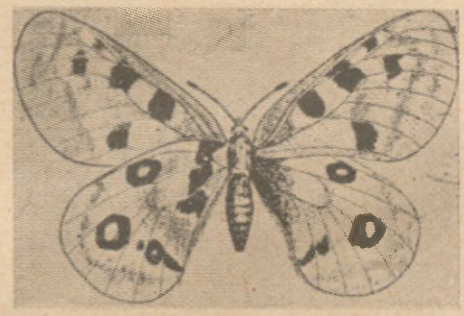
Rys. 140. Jak tybetański

mych szczytach. Tę właściwość nabyły także nasze owce i bydło domowe, pasące się po halach i połoninach. Wszystkie są bardzo odporne na surowe warunki klimatyczne.

Zimnokrwiste, owady, pająki i mięczaki często mają ciemniejsze ubarwienie (melanizm) w porównaniu do form nizinnych, przystosowanie fizjologiczne, pozwalające absorbować większe ilości ciepła w surowszych zimnych okresach, a jednocześnie chroniące wnętrze ciała przed nadmiarem zabójczych dla życia ultrafioletowych promieni, tak obfitych w środowisku górskim. Płazy i gady stosunkowo są rzadkie, choć nie brak wśród nich form specjalnie górskich jak salamandry. Trudne warunki rozwojowe tłumaczą częste występowianie form żyworodzących (salamandra czarna, jaszczurka żyworodna, pewne żmije), uprzywilejowanych w surowym środowisku górskim.

Posuwając się za roślinnością życie zwierzęce sięga aż po linię wiecznego śniegu, przekraczając ją nawet tu i owdzie, czego dowodzi ciemno ubarwiony skoczogonek *Isotoma saltans*, w ogromnych ilościach pokrywający miejscami płaty wiecznego śniegu, żywiący się pyłkiem drzew iglastych, który wiatr przynosi na te wysokości. Także pająki i pewne muchówki można spotkać na wysokich śnieżnych szczytach. Na ogół jednak życie zwierzęce rzednie ilościowo i jakościowo w miarę podnoszenia się. W lasach Tyrolu stwierdzono 96 gatunków motyli i 240 mięczaków, na łąkach alpejskich już tylko 27 gatunków motyli i 80 gatunków mięczaków, a na granicy

wiecznych śniegów tylko 8 gatunków motyli i mięczaków. Stosunki powyższe ilustrują stopniowe *ubożenie życia* przy posuwaniu się ku szczytom, co jest powszechną cechą wszystkich zespołów górskich, wywołaną przez klimat i coraz gorsze stosunki odżywcze i siedliskowe. Ustosunkowanie gatunków zmienia się w rozmaitych piętrach, zmieniają się zespoły zwierzęce, zharmonizowane bezpośrednio względnie pośrednio z charakterem roślinności. Ze zmianą typu kwiatów w różnych poziomach górskich zmienia się bardzo wyraźnie jakościowy skład odwiedzających je owadów, wyspecjalizowanych do zapylania określonych gatunków roślin.



Rys. 141. Typowy dla wysokich gór motyl niepylak apollo

Sezonowość życia tak samo silnie się zaznacza jak w umiarkowanych i zimnych strefach równoleżnikowych. Zimnokrwiste giną, względnie zapadają w odrętwienie na zimę. Wśród ciepłokrwistych spotykamy formy zapadające w sen (świstak) albo jak kozica, koziorożce i inne kopytne, zniżające się na najsurowszy okres w piętra dolne, dochodząc aż do lasów.

Wysokogórski świat zwierzęcy tworzą elementy mieszane, często identyczne z formami dalekiej północy (np. zając bielak, pardwa alpejska, skorupiak *Branchinecta paludosa*), co należy tłumaczyć czynnikami historycznymi wspólnym pochodzeniem tych form, które kiedyś zajmowały rozleglejszy i mniej lub więcej ciągły zasięg. W miarę zmian środowiska klimatycznego i flory na terenach po-

średnich wyginęły one względnie usunęły się, chroniąc się na wysokich górach jako ostojach klimatu zbliżonego do klimatu polarnego i jako siedliskach na ogół nie znających tak intensywnej walki z wrogami i konkurentami, jaka panuje na obszarach nizinnych gęściej zasiedlonych. W związku z urozmaiconymi mozaikowymi, mniej lub więcej izolowanymi siedliskami, duży stosunkowo procent tworzą formy endemiczne.

WYSPY — DZIEDZINA IZOLACJI

Swoistą cechą środowiska wyspowego jako takiego nie jest charakter fizjograficzny, który może być bardzo rozmaity, leśny, stepowy, pustynny, górski, bagnisty lub mieszany w zależności od edaficznych i klimatycznych warunków panujących, pod tym względem nie wyróżniając wysp od innych ekologicznych dziedzin lądowych. Zasadniczym czynnikiem środowiska wyspowego, decydującym o swoistości fauny, tak pod względem zoogeograficznym jak i częściowo ekologicznym jest *izolacja.* Działa ona zarówno na wyspach *kontynentalnych,* oddzielonych mniej lub więcej dawno od lądów, jak i na *oceanicznych,* które nigdy nie były w łączności z lądami. Zrozumiałym jest, że oddzielona od kontynentu, harmonijna z początku fauna wyspowa, ulegać musi z biegiem czasu ubożeniu, ponieważ na wyspie takiej każda strata jakiegoś gatunku w związku z izolacją terenu wydaje się być niepowetowana. Na Islandii były niegdyś żaby, które w następstwie surowej zimy 1830 tam wyginęły, podobnie jak wilki i niedźwiedzie, wytrzebione przez człowieka na wyspach Brytyjskich, nie pojawiły się już odtąd. Jesti więc zasadą wysp kontynentalnych, że ich fauna z biegiem czasu ubożeje w stosunku do lądów macierzystych, głównie wskutek niemożności odrodzenia się, czy przybycia form, które

na ograniczonej przestrzeni wyspowej z takich czy innych powodów wyginęły. Zasadzie tej nie przeczą te fakty, że na wyspach mogą pozostawać w związku z izolacją, zacisznością środowiska i brakiem wrogów takie formy, które gdzie indziej dawno już wyginęły, jak np. Hatteria nowozelandzka. Przewaga jednak pozostaje po stronie ubożenia fauny.

Przeciwnie rzecz się ma na wyspach oceanicznych. Te zasiedlają się od początku swego istnienia, tak że fauna na skutek napływów urozmaica się, ale w zasadzie tylko do pewnego stanu przeciętnego, będącego wyrazem zrównoważenia się życia i zespołów. W ten sposób obie kategorie wysp zmierzają do pewnego upodobnienia się pod względem życia, które może niekiedy sięgać tak daleko, że bez danych geologicznych nie można by zadecydować o oceanicznym, względnie kontynentalnym charakterze wyspy. Obie te kategorie charakteryzuje więc ubóstwo lub brak pewnych typów życia w porównaniu do obszarów kontynentów, odpowiadających strefom klimatycznym, w jakich położone są wyspy. Innymi słowami środowisko wyspowe pod względem biologicznym często nie jest w dostatecznym stopniu „nasycone" życiem, o czym świadczyć mogą te importowane, świadomie lub nieświadomie przez człowieka zawleczone organizmy, które po przedostaniu się w izolowane środowisko, w razie pomyślnych dla siebie warunków niejednokrotnie tak masowo się rozradzają, że wstrząsają ustaloną dotąd równowagą (importowana fauna Nowej Zelandii, króliki w Australii, kozy na wyspie św. Heleny etc). Pewna swoistość zespołów, w zasadzie niekompletnych, niecałkowicie nasyconych, a więc niezbyt odpornych na nowe napływy — oto ogólna cecha fauny wyspowej.

Odrębne i ograniczone przestrzennie, często uboższe warunki życia jakie panują na wyspach, sprzyjają nie-

jednokrotnie karleniu gatunków zwłaszcza ssaków, co potwierdzają króliki z Porto-Santo, małe słonie wysp śródziemnomorskich, znane w stanie kopalnym, np. z wyspy Malty, które nie przekraczały rozmiarów dzika i małe pony z wysp Szkockich oraz Islandii etc. Reguła ta nie dotyczy jednak ptaków i gadów, większych częstokroć na wyspach niż na okolicznych kontynentach. Z całą pewnością można dziś twierdzić, że gigantyzm Moa nowozelandzkiego, Aepiornis madagaskarskiego, dronta z wyspy św. Maurycego, pozostawał w łączności z utratą lotu, funkcją, jak wiadomo, stawiającą kres nadmiernej wielkości ciała. Sama zaś zatrata lotu była zapewne w pośrednim związku z życiem wyspowym, np. z brakiem wrogów. Wielkie gady często spotykane na pewnych wyspach, np. wielkie, rozmiarów krokodyla, jaszczury z wyspy Komodo (jednej z w. Malajskich) lub *Amblyrhynchus cristatus* są także niewątpliwie reliktami grup ongiś szeroko rozsiedlonych, które na tych wyspach po dziś dzień przetrwały, jak i wspomniana już Hatteria na Nowej Zelandii. Najprawdopodobniej brak wrogów lub konkurentów i ustronność środowiska o tym zadecydowały.

W ogóle częsty, zwłaszcza na wyspach oceanicznych, brak ssaków drapieżnych wpływa w ogromnym stopniu na skład i charakter zespołów. Umożliwia bytowanie licznym ptakom bezskrzydłowym (nielot, papuga sowia, Notornis na Nowej Zelandii) lub pozwala masowo rozwijać się takim formom jak gołębie, od których po prostu roi się na wyspach Polinezji, pozbawionych ssaków nadrzewnych, gdzie indziej plądrujących gniazda tych bezbronnych ptaków.

Oprócz lokalnych warunków na charakter zespołów wyspowych wpływają także czynniki sprzyjające rozsiedlaniu gatunków. Składnikami najliczniejszymi są często te, które w taki czy inny sposób mają możność przedo-

stania się. Jeżeli spośród 60 gatunków chrząszczy na wyspie św. Heleny ponad trzydzieści tworzą ryjkowce, których larwy rozwijają się w drzewie, to fakt ten znajduje wyjaśnienie w łatwej stosunkowo możności przedostania się drogą pasywną na wyspę.

Częstszymi jeszcze niż ptaki niezdolne do lotu są owady bezskrzydłe, oczywiście mowa tylko o tych formach, których najbliższe krewniaki gdzie indziej są uskrzydlone. Z wysp Kerguelen znamy liczne takie gatunki należące do muchówek, chrząszczy i motyli (rys. 142). Spośród 550 chrząszczy Madery, 200 pozbawionych jest skrzydeł. Z ekologicznego punktu widzenia jest to cecha pożyteczna, chroni je bowiem przed porwaniem przez wiatr i śmiercią w morzu; powstać więc mogła drogą selekcji ras. Z drugiej jednak strony nie ulega wątpliwości, że na wyspach leżących w zasięgu zimnego klimatu obok selekcji, powinien działać także bezpośredni czynnik ekologiczny — niska temperatura, hamująca rozwój zawiązków skrzydeł w rozwoju ontogenetycznym. Redukcja skrzydeł i uwstecznienie lotu trafiają na wyspach raczej w słabych latawców i nie dotyczą tych świetnych latawców, jak zmierzchnice spośród motyli (znane np. św. Heleny) lub albatrosy i fregaty, które w swym losie szybowcowym przesadzają wodne i powietrzne przestworza, wędrując od wyspy do wyspy. Te są mieszkańcami rozleglejszych przestrzeni, nie tylko izolowanych wysp.

Rys. 142. Bezskrzydła muchówka i motyl o zmarniałych skrzydłach z wysp Kerguelen

Życie wyspowe jest więc bardzo ciekawe, wyróżniając się od kontynentalnego nie odrębnymi typami ekologicznymi w związku z jakimiś swoistymi warunkami siedliskowymi, gdyż wyspy pod tym względem stwarzają najczęściej mniejsze możliwości niż siedliska rozlegających lądów, ale raczej doborem gatunków, niekiedy jak gdyby niezdolnych do życia gdzie indzej (relikty) a także charakterystczynym brakiem pewnych typów, bądź wymarłych, bądź nie mogących przedostać się w związku z izolacją. Zrównoważone na wyspach zespoły lokalne często okazują się niedostatecznie odporne na przybycie, względnie świadome wprowadzenie przez człowieka, nowych elementów, które w razie dostatecznej siły ekologicznej mogą łatwo zakłócić dotychczasową równowagę, jak to uczyniły kozy wprowadzone przez człowieka na wyspę św. Heleny lub króliki w Australii.

DZIEDZINA PODZIEMIA: FAUNA JASKINIOWA

Faunę ziemi i gleby już ogólnie poznaliśmy przy omawianiu wpływów podłoża w rozdziale III. Pozostaje tutaj zapoznać się z fauną jaskiniową, tworzącą odrębny świat ekologiczny, nie tylko w przeciwieństwie do życia powierzchniowego ziemi, ale także różniącą się bardzo od sąsiadującego z nim świata organizmów gleby i podłoża.

Jaskinie tworzą siedliska, które jak góry i mokradła nie są rozmieszczone strefowo, ponieważ nie są uwarunkowane przez czynniki klimatyczne jak wielkie pasy roślinności kuli ziemskiej. Czynnikami ich powstania są w pierwszym rzędzie czynniki lokalne, edaficzne. „Skały wapienne, mianowicie niepokryte bujną roślinnością, woda zwłaszcza z domieszką kwasu węglowego, rzeźbić może działaniem długotrwałym w kształty najdziwaczniejsze. Na obszarach spadzisto pochylonych woda odpływa szybko, czy stoki ich są nagie, czy nawet pokryte

roślinnością. Lecz w okolicach bardziej płaskich znaczna część wody ginie w rozpadlinach i szuka dróg podziemnych, gdzie przez długotrwałe rozpuszczanie i przepłukiwanie szczelin napotkanych rozprzestrzenia je, rozgałęzia i rozszerza, przeobrażając stopniowo w szereg mniejszych i większych pieczar i jaskiń olbrzymich" (S. J. Czarnowski, Jaskinie Ojcowa i ich zabytki przeddziejowe, Warszawa-Kraków 1911).

Rys. 143. Otwór wejściowy do jaskini Łokietka w Ojcowie

W taki sposób powstaje środowisko odrębne o osobliwych warunkach życia, analogiczne w pewnym stopniu do głębin oceanicznych czy jeziornych, tylko że lądowe. Podobieństwo zaznacza się brakiem mniej lub więcej całkowitym światła, spokojem i jednostajną temperaturą, zbliżoną do przeciętnej dla danego miejsca; różnicę stanowi za to czynnik zasadniczy, odpadający w środowisku wodnym — mianowicie znaczna i jednostajna, zbliżona do stanu nasycenia wilgotność powietrza. Ten ostatni czynnik dla fauny jaskiniowej okazuje się decydujący, bowiem suche zupełnie jaskinie znane z południowej Europy i wysp Balearskich są całkowicie azoiczne.

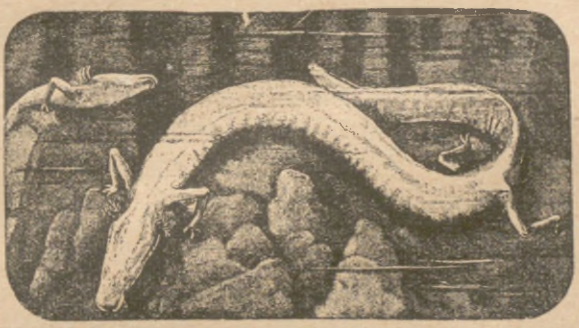
Podobnie jak głębiny oceanu, tak i siedliska jaskiniowe nie są samowystarczalne pod względem odżywczym. Z powodu braku światła pozbawione roślinności zielonej, samożywnej, nie są środowiskiem produkcyjnym. Jedynymi reprezentantami świata roślinnego są w nich grzyby i pleśnie, podobnie jak zwierzęta uzależnione od dopływu materii organicznej, która dochodzi z zewnątrz w skąpych najczęściej ilościach z przesączającymi się poprzez warstwy wapienne wodami. Ta właśnie materia organiczna, a także i grzyby pleśniaki tworzą podstawowy pokarm dla fauny jaskiniowej. W grotach komunikujących się ze światem zewnętrznym poprzez otwór wejściowy i odwiedzanych przez nietoperze, dodatkowym źródłem pożywienia są nadto obfite niekiedy złoża kału tych ssaków, jak u nas w jaskini Nietoperzowej albo Jerzmanowskiej, jednej z grupy jaskiń Ojcowa. Na ogół jednak środowisko jaskiniowe, poza szczególnymi jakimiś wyjątkami, jest ubogie pod względem pokarmu.

W związku z brakiem światła wiele mieszkańców jaskiń okazuje mniej lub więcej daleko posuniętą redukcję organów wzrokowych, nie funcjonujących w tym środowisku, a skompensowanych najczęściej przez znaczny rozwój organów dotykowych w postaci czułków wydłużonych, włosków i szczecinek silnie unerwionych, potrzebnych do orientowania się w ciemności. Stała i niska na ogół temperatura, w jakiej żyją, czyni z nich formy stenotermiczne mniej lub więcej oligotermiczne, nie znoszące wyższej temperatury, bowiem ich delikatne i cienkie najczęściej pokrycie ciała zbyt łatwo paruje, powodując szybką śmierć. Natomiast w wil-

Rys. 144. Bezoki chrząszczyk jaskiniowy z rodzaju Anophthalmus. Powiększony

gotnym, przesyconym parami środowisku jaskiniowym, czują się dobrze.

Warunki życia w takim środowisku są na ogół niekorzyste i dlatego fauna jest tutaj uboga i mało urozmaicona. Reprezentują ją robaki, mięczaki, stonogi, kleszcze, pająki, skoczogonki, dosyć liczne chrząszcze zwłaszcza z rodziny omarlic, ciekawie zmienione, wyjątkowo pasikoniki,



Rys. 145.
Słynny odmieniec z groty Adalsbergskiej w Jugosławii

a w wodach podziemnych, mniej lub więcej ściśle łączących się ze środowiskiem lądowym jaskiń, także szereg gatunków skorupiaków, ryb i płazów, spośród których najbardziej znanym jest odmieniec (rys. 145) z podziemnych wód groty Adalsbergskiej w Jugosławii.

Ze względu na stopień wierności siedliskowej rozróżniamy wśród fauny jaskiniowej typowych mieszkańców *(troglobia)*, nie spotykanych w innych siedliskach, często endemicznych dla poszczególnych jaskiń czy ich grup, których należy odróżniać od *troglofilów*, bądź zalatujących tylko okresowo, bądź stale bytujących w jaskiniach, ale spotykanych również i w innych siedliskach o zbliżonych warunkach: w piwnicach, pod korą drzew, pod ka-

mieniami, wśród opadłych liści, w glebie etc. Obie te kategorie tworzą mniej lub więcej urozmaicone zespoły odpowiednio rozmieszczone w jaskiniach w zależności od fizycznych i odżywczych warunków tam panujących.

W jaskiniach ojcowskich wyróżniliśmy zespoły przedniej części jaskiń, skupiające się w sąsiedztwie otworów komunikujących ze światem zewnętrznym, faunę głębszych części, zespół zwierzęcy kału nietoperzowego, wreszcie zrzeszenia zawieszonych u stropu nietoperzy z ich pasożytami (kleszcze *Pteroptus* i mucha *Nycteribia*). Formy zbliżone do troglobiów znajdujemy przeważnie w najgłębszych częściach, tam bowiem warunki typowe dla jaskiń są najsilniej zaznaczone. W jaskiniach ojcowskich ta fauna jest biedna, składając się z kilku gatunków skoczogonków na które polują małe pajączki *Porhoma egeria*, tworzące zapewne końcowe ogniwa krótkich i mało urozmaiconych łańcuchów odżywczych. Wśród kału nietoperzowego żyje jeden tylko troglobiont, opisany następnie przez Stacha jako *Mesachorutes ojcoviensis*, wyłączny, endemiczny dla naszych jaskiń; nadto liczne są kleszcze Uropoda i larwy owada dwuskrzydłowego zimienia *(Trichocera)*, napastowane przez błonkówkę Proctotrypes, która aż tutaj przeniknęła za swoim żywicielem. W przednich częściach jaskiń na ścianach siedzą motyle *Triphosa dubitata* i *Scoliopteryx libarix*, chrościki *(Stenophylax permistus)*, liczne muchówki i komary, chwytane w sieci przez pająki z rodzaju Meta. Z ekologicznego punktu widzenia te zalatujące na dzień formy szczególnie są ciekawe, jako wiążące zespoły jaskiniowe z nocnymi zespołami okolicznymi, pozajaskiniowymi.

Jaskinie można zaliczyć do jednych z najciekawszych siedlisk z tego także względu, że ujawniają bardzo wyraźnie wielki wpływ środowiska na zwierzęta. Są niejako

naturalnym „eksperymentem", dokonywanym przez przyrodę na organizmach, które z tych czy innych względów zmuszone są żyć w środowisku na ogół niekorzystnym, choć nie wykluczającym życia. Świat zwierząt jaskiniowych, wyspecjalizowany raczej w kierunku negatywnym z powodu braku światła, podobnie jak świat zwierząt głębinowych oraz pasożytów, dostarcza jednego z najbardziej obrazowych przykładów ewolucji ściśle zharmonizowanej z warunkami środowiska. Ekologia splata się tutaj z ewolucją szczególnie wyraźnie.

Rozdział VIII.

ZWIERZĘ I CZŁOWIEK.

CZŁOWIEK JAKO CZYNNIK ZMIAN ŚWIATA ZWIERZĘCEGO

W dawnych okresach swego rozwoju rodowego, kiedy nie był jeszcze tym czym jest dziś, człowiek sam, znajdując się w ściślej zależności od przyrody, tworzył jeden z członów jej zespołów i na świat zwierzęcy nie wywierał większego wpływu, niż jego zwierzęcy krewniacy zbliżonych rozmiarów. Poczynając jednak od końca okresu lodowcowego, osiągnął już taki stan kultury materialnej, że zaczął prowadzić systematyczne polowania na jednocześnie z nim żyjące zwierzęta, jak mamuty, nosorożce, żubry, renifery i szereg innych form, o czym wymownie świadczą dowody prehistorii i archeologii. Od tych to mniej więcej czasów datuje się prawie że nowa era ziemi, którą amerykańscy badacze nazywają *psychozoicum,* następna po cenozoicum, a znamionującą się coraz to większą rolą, jaką obdarzony myślą człowiek zaczyna wywierać na całą przyrodę organiczną i nieorganiczną. Nas interesuje tutaj w szczególności jego rola w stosunku do przyrody żywej.

Nie ulega wątpliwości, że jednym z największych jest wpływ człowieka na świat zwierzęcy. Człowiek jest wielkim czynnikiem zoogeograficznym. Etapy, jakie przechodziła technika broni, są jednocześnie etapami coraz to większego niszczenia świata zwierzęcego. Od łuku poprzez zwykłą broń palną do broni gwintowanej, przechodziła ta technika całą historię, która biegnie równolegle z historą coraz to skuteczniejszego, okropnego po prostu trzebienia najrozmaitszych zwierząt, w pierwszym rzędzie wielkich, osobliwych i dla człowieka z tych czy innych

względów pożytecznych lub groźnych. Także okres wielkich, zamorskich podróży geograficznych, organizowanych przez odkrywców i pionierów z europejskich państw kolonialnych, doprowadził stopniowo do stanu dzisiejszego, cechującego się niezwykłym zubożeniem flory i fauny kontynentów Afryki, Ameryki i Australii. Zoogeograficzna rola człowieka zaznacza się bardzo rozmaicie, głównie jednak efektem niszczycielskim, trzebieniem gatunków, redukowaniem względnie rozrywaniem ich zasięgu pierwotnego, roznoszeniem form, świadomym a także nieświadomym, wreszcie odbieraniem względnie modyfikowaniem zwierzętom naturalnych siedlisk przez karczowanie lasów, uprawę stepów, osuszanie bagien etc. Ten ostatni wpływ z naszego punktu widzenia jest szczególnie ważny, jako mający ściśle ekologiczny charakter, trafiający nie bezpośrednio w zwierzę, jako w osobnika względnie gatunek, lecz w jego środowisko.

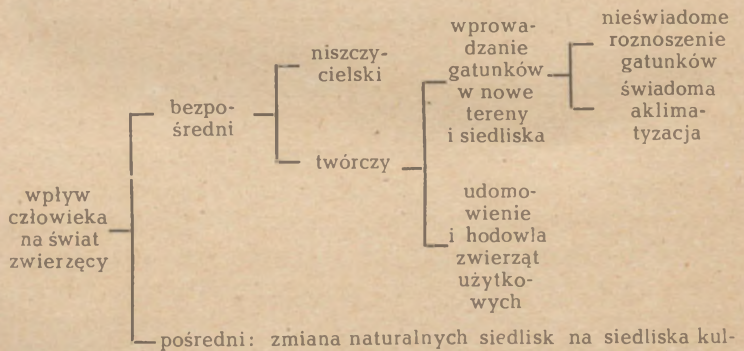
PRÓBA KLASYFIKACJI WPŁYWÓW CZŁOWIEKA NA ŚWIAT ZWIERZĄT

Jeżeli zechcielibyśmy uklasyfikować w jakiś najogólniejszy system całość tych nader urozmaiconych wpływów zoogeograficznych i ekologicznych, jakie człowiek wywiera na świat zwierzęcy, to podział taki w przybliżeniu powinien być następujący.

Przede wszystkim wysuwa się w stosunku do dzikiej pierwotnej fauny wpływ *niszczący*, trzebiący, ubożący tę faunę bezpośrednio przez tępienie określonych gatunków. Nie tylko jednak człowiek jest niszczycielem. W stosunku do zwierząt, które z tych czy owych względów są mu potrzebne, które chce hodować czy też mieć przy sobie, człowiek okazuje się czynnikiem pozytywnym, sprzyjającym ich życiu i rozwojowi: na tym polega jego wpływ *twórczy* na ten świat zwierzęcy, który mniej lub więcej wyraźnie

dostosowuje się do potrzeb i wymagań ludzkich. Przykładami takiego wpływu twórczego byłaby aklimatyzacja gatunków w miejscach, gdzie bez udziału człowieka nie mogłyby istnieć, a w jeszcze większym stopniu hodowla i rozpowszechnianie zwierząt domowych, użytkowych. Jeżeli jednak ogarnąć całość wpływów tych obu przeciwnych kategorii, to jak się zdaje wpływy niszczycielskie wielokrotnie przewyższają wpływy twórcze w odniesieniu do świata zwierzęcego.

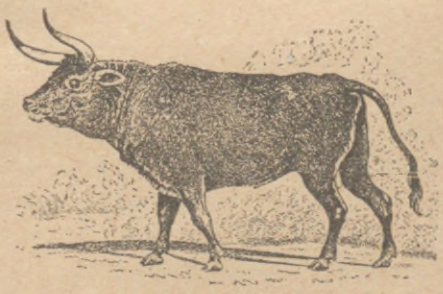
Zarówno niszczycielski jak i twórczy wpływ człowieka na świat zwierzęcy może być *bezpośredni*, tj. dotyczący samych zwierząt, osobników lub gatunków jako takich oraz *pośredni*, przez zmianę względnie niszczenie naturalnych siedlisk życia zwierzęcego, przez wyrąbywanie lasów, osuszanie mokradeł, uprawę stepów etc., słowem przez stwarzanie warunków kultury, do których tylko pewne zwierzęta mogą czy muszą się przystosować. Ten wpływ, o szczególnym jak powiedzieliśmy znaczeniu ekologicznym, w wielu razach jest nawet ważniejszy od bezpośredniego, niszczącego czy twórczego, choć nie zawsze łatwo narzuca się naszym oczom.



NISZCZYCIELSKI WPŁYW CZŁOWIEKA NA ZWIERZĘTA

Bezpośredni negatywny wpływ na faunę zaznacza się niszczeniem rozmaitych gatunków, które człowiek bądź wytępił całkowicie, bądź ograniczył znacznie w zasięgu rozsiedleniowym. Trudno jest dokładnie ustalić w jakim stopniu wpływ człowieka zaważył na wymarciu wielkich ssaków dyluwialnych i z końca trzeciorzędu, ale warto tu wspomnieć o opinii licznych paleontologów, że nie tylko zmiany klimatyczne spowodowały ich wymarcie. Bezpośrednie polowanie na nie przez człowieka owych czasów mogło także zadecydować o zniknięciu tych ssaków. Wiadomo bowiem na podstawie pośrednich rekonstrukcji, że zwierzęta takie jak mamut, nosorożec włochaty, jeleń olbrzymi i szereg innych, potrafiły dobrze przystosować się do zmian klimatycznych, zaznaczając częstokroć swą zdolność pod tym względem w cechach zewnętrznych, jak np. długim owłosieniu.

O tym jednak, że człowiek w czasach historycznych wytępił wiele zwierząt, mamy niewątpliwe dowody. Obfita a smutna lista wielkich tworów przyrody wyniszczonych przez niego pozostanie na zawsze dokumentem groźnej, zwierzęcej natury ludzkiej, a jednocześnie ostrzeżeniem, z którego przynajmniej na przyszłość we własnym dobrze zrozumiałym interesie człowiek powinien wyciągnąć naukę.



Rys. 145a. Ostatni tur *(Bos primigenius)* wyginął w Polsce w XVII wieku. Według dawnego sztychu polskiego

Oto kilka przykładów. Ostatni tur (rys. 145a) wyginął na ziemiach naszych w XVII wieku. Żubr (rys. 146) w zasadzie przestał istnieć po wielkiej wojnie. W Europie środkowej wyginęły wilki, niedźwiedzie, rysie, bobry. Łosie zostały ograniczone do kilku bagnisto-leśnych obszarów Europy. Lew w czwartym wieku przed Chrystusem

Rys. 146. Ostatnie żubry ze Spały. Według fot. Milczewskiego, wyd. Książnicy - Atlasu

trafiał się jeszcze na południu Europy, mianowicie na półwyspie Bałkańskim. Krokodyl, hipopotam i ibis, czczony bardzo liczne w starożytnym Egipcie, dziś już tam się nie spotykają, rozsiedlone w Afryce jedynie na południe od Sudanu. Wyginęła doszczętnie kwaga południowo-afrykańska. Wytępiona została osobliwa krowa morska *(Rhytina Stelleri)*, zamieszkująca ongiś morze Berynga etc.

Spośród ptaków znamy przykłady niemniej liczne. Gigantycznych rozmiarów nowozelandzki bezskrzydły ptak moa *(Pachyornis)* wybity został przez maorysów w XVIII

wieku, prawie jednocześnie z opanowaniem tej wyspy przez Europejczyków. Ostatni dront dodo *(Didus ineptus)*. ogromny, ociężały, niezdolny do lotu gołąb (rys. 147), zamieszkujący wyspę św. Maurycego na Oceanie Indyjskim, zniknął jeszcze w XVII wieku. W czterdziestych latach ubiegłego stulecia uległa, wytępiona przez człowieka, wspaniała alka olbrzymia *(Plautus impennis)*, za-

Rys. 147. Olbrzymi gołąb nielatający — dront z wyspy św. Maurycego, wytępiony przez człowieka w czasach historycznych

mieszkująca w licznych stadach Islandię i południowe brzegi Grenlandii, a która przedtem, sądząc ze znalezionych kości, zamieszkiwała także Danię i Islandię. Jeszcze później, bo na początku dwudziestego wieku, wybito ostatecznie północno-amerykańskiego gołębia wędrownego, którego stada w 1813 r., sądząc z dokumentów, sięgały milionów okazów, bowiem w wędrówkach swych za żerem miały „zaciemniać" słońce.

Inne zwierzęta, choć jeszcze całkowicie nie wyginęły, zostały tak zagrożone w swym bycie, że wymagają dziś

środków obronnych i opieki ze strony człowieka, czy to przez odpowiednie ustawy zabraniające na nie polowań, czy przez tworzenie rezerwatów, gdzie żyć mogą w spokoju. Z ptaków takimi są koroniaste gołębie Nowej Gwinei, nielot — nowozelandzki, ze ssaków kolczatka i dziobak — australijskie, północno-amerykański bizon i nasz żubr, a także tak charakterystyczne dla sawan Afryki antylopy, żyrafy, zebry, słonie, strusie i wiele innych — wszystkie potrzebujące dziś wyraźnej protekcji człowieka, który, wyciągając naukę z losu jaki spotkał gatunki wytrzebione, przynajmniej w taki sposób stara się ratować te bezcenne zabytki przyrody — formy życia dawnych nieraz epok geologicznych, przetrwałe do naszych dni.

NIEŚWIADOME ROZNOSZENIE ZWIERZĄT PRZEZ CZŁOWIEKA

Pozytywnym efektem wpływu człowieka na świat zwierzęcy jest rozsiedlanie licznych gatunków poza normalny ich zasięg geograficzny. Może być ono świadome jako tzw. aklimatyzacja, albo nieświadome zawleczenie, pomimo woli, ułatwione w szczególności przez handel, środki komunikacyjne, technikę etc.

Przykładów nieświadomego roznoszenia przez człowieka zwierząt po świecie znamy całe mnóstwo. Może najbardziej przyczynia się do tego komunikacja morska okrętami. Fauny portów, oprócz gatunków właściwych rejonowi pobliskiemu, z reguły posiadają pewną ilość przybyszów, zawleczonych z innych wód, które, o ile na to pozwalają warunki miejscowe, wegetują, a często zadomawiają się na stałe, wchodząc w skład miejscowych zespołów. Zadowolimy się tu przytoczeniem tylko jednego ale znamiennego przykładu — zawleczenia

chińskiego kraba wełnistoszczypcego *(Eriocheir sinensis)*, (rys. 148), ciekawego, bo dokonywującego się niejako na oczach. Duży ten skorupiak, 7,5—8,5 cm szeroki, pochodzący z wód słonawych chińskich po raz pierwszy w Europie zauważony został w r. 1912 w rzece Aller, dopływie Wezery. Podczas wielkiej wojny łowiono go w porcie hamburskim. Później zaczęto go coraz częściej i liczniej poławiać w rozmaitych innych miejscowościach; w roku

Rys. 148. Krab wełnistoszczypcy *(Eriocheir sinensis)*, zawleczony przez człowieka z wód chińskich do Europy

1927 zauważono jego pojaw masowy w dolnym biegu Łaby. Dziś opanował prawie wszystkie rzeki niemieckie. Także zjawił się u nas w Wiśle w okolicach Włocławka oraz w Noteci. Równocześnie posuwając się brzegami Bałtyku zdołał opanować ujściowe rejony rzek wschodnio-pruskich, Niemna, wody łotewskie i inne jeszcze bardziej północne. Jako gatunek wód słonawych, wytrzymujący całkowicie środowisko słodkowodne, przy tym nadzwyczaj żywotny, krab ten naturalizuje się całkowicie na terenach przezeń opanowanych, wypierając i niszcząc faunę miejscową, a jednocześnie przez rycie jam, szkodzi technicznym urządzeniom regulacyjnym brzegów.

Odnośnie fauny morskiej należy wspomnieć, że budowa kanałów w znacznym stopniu przyczynia się do jej wędrówek, bezpośrednio niezależnych od woli człowieka. Zwłaszcza kiedy łączą kanały dwa różne rejony jak Sueski, zbudowany w r. 1870, łączący Morze Śródziemne z Czerwonym. Jakkolwiek droga przezeń jest w znacznym stopniu utrudniona dla zwierząt z racji istnienia na szlaku kanału gorzkich i bardzo słonych jezior, to jednak stwierdzono, że do M. Czerwonego przenikała już śródziemnomorska sardela *(Engraulis encrasicholus)*, sola *(Solea vulgaris)* i *Umbrina cirrosa* — zaś w przeciwnym kierunku przedostały się do M. Śródziemnego ssak dogoń *(Halicore dugon)*, ryba *Mugil oëur*, perłopław *Meleagrina margaritifera* i szereg innych, rozsiedlonych dziś u najbardziej wschodnich brzegów M. Śródziemnego.

Niemniej częste przykłady nieświadomego roznoszenia gatunków znamy i wśród fauny lądowej. Rozniesiono poprzez świat cały, głównie okrętami — myszy i szczury, karaluchy, pasożyty jak pluskwy i pchły etc., przy czym co do niektórych z tych organizmów udało się z całą pewnością ustalić daty pojawu w nowych miejscowościach. Pchła piaskowa *(Sarcopsila penetrans)*, groźny pasożyt ludzki, której samica przenika w skórę człowieka pod paznokcie, z Ameryki Południowej zawleczona została w r. 1872 na zachodnie brzegi Afryki, skąd, opanowawszy w poprzek cały czarny kontynent, zjawiła się w r. 1878 na jego wschodnim brzegu. Filoksera na Krymie pokazała się w osiemdziesiątych latach ubiegłego wieku, gdzie zniszczyła część winnic. Amerykańskiego pochodzenia ma być także znany szkodnik grochu — chrząszczyk *Bruchus pisi*.

Zawleczenie gatunku w nowe dla niego krainy i siedliska oczywiście nie przesądza jego losu przyszłego. Zdarza się, że gatunek się zadomawia, naturalizuje

w nowej ojczyźnie. Kiedy indziej jednak, i to zdaje się częściej nawet bywa, warunki biotyczne względnie klimatyczne nowej miejscowości nie pozwalają na trwałą naturalizację. Słynna stonka kartoflana *(Leptinotarsa decemlineata)*, pochodząca z Ameryki Północnej, groźny szkodnik ziemniaka, zawleczona w r. 1877 do Niemiec, z początku pojawiła się w kilku miejscach, szerząc prawdziwy popłoch wśród rolników, wreszcie wymarła bez śladu, zapewne w związku z kapryśnością klimatu środkowo-europejskiego. W ostatnich czasach zjawiła się wprawdzie ponownie, ale już nie jako groźny szkodnik.

Na ogół można powiedzieć, że wiele do Europy zawleczonych zwierząt, zwłaszcza z krajów egzotycznych, utrzymuje się u nas po domach lub piekarniach, np. karaczany i świerszcze, jak wiadomo nie miejscowego pochodzenia; po składach — jak wołek zbożowy i ryżowy; na kwiatach pokojowych — jak rozmaite gatunki czerwców; w cieplarniach i oranżeriach — jak rozmaite zwierzęta przybyłe z roślinami egzotycznymi etc. Często nawet niesposób ustalić ojczyzny przybysza np. małego szarańczaka *Tachycines asynammorus*, stwierdzonego przez Simma także w Polsce.

Ciekawe zestawienie o znaczeniu komunikacji morskiej dla rozsiedlenia zwierząt mamy dla Hamburga i okolicy. Zauważono tam około 500 gatunków obcych, wśród nich 4 gatunki jaszczurek, 1 żmiję, 222 gat. lądowych ślimaków, pozostałe — stawonogi. Z całej tej liczby zaledwie 5% niewątpliwie naturalizowały się, ale przeważnie w miejscach ciepłych. Z zestawienia tego widać jak wielką rolę jako czynnik ograniczający rozsiedlenie spełniają warunki klimatyczne. Zresztą nawet gdy zwierzę zawleczone jest w stanie przystosować się do klimatu, musi ono jeszcze przezwyciężyć opór biotyczny nowego środowiska, czyli ostać się w walce z wrogami i ew. konkurentami, a także

znaleźć odpowiednie i wystarczające źródła pokarmu. Musi zająć odpowiednią *niszę ekologiczną* w zespołach miejscowych. Zdaje się, że najpewniejsze wyniki naturalizacji zwierząt dają przypadki ich zawleczenia na wyspy, leżące w tych samych albo zbliżonych strefach klimatycznych. Tam bowiem środowisko biotyczne, jak to już wiemy, może nie być całkowicie „nasycone"; trwałe zadomowienie, wobec słabszej konkurencji, staje się łatwiejsze. W taki zapewne sposób należy tłumaczyć rozsiedlenie po wszystkich wyspach Polinezji tych licznych jaszczurek-gekonów, które tam bytują, zawleczone najprawdopodobniej łodziami krajowców i okrętami.

ŚWIADOMA AKLIMATYZACJA

„Wprowadza człowiek celowo pewne gatunki zwierzęce w celach utylitarnych, więc zwierzęta łowne, ryby, zwierzęta dostarczające futer itp. Przeważnie polegają te innowacje na zupełnej nieznajomości fauny krajowej i budzą odrazę i wstręt każdego przyrodnika i miłośnika swojszczyzny. Zamiast starać się o zachowanie i podniesienie ilościowe resztek wyniszczonej fauny Europy: jelenia, łosia, głuszca, cietrzewia i jarząbka, o uregulowanie połowów łososia, pstrąga, jesiotra wprowadza się w Niemczech i innych krajach Europy południowego daniela, azjatyckie bażanty, szereg ryb amerykańskich! Na szczęście w Polsce ta chorobliwa „mania" aklimatyzacyjna nie przybrała większych rozmiarów, poza rybactwem, gdzie ciągle ponawia się próby wprowadzenia ryb amerykańskch, choć do dzisiaj nie znamy dobrze fauny ryb krajowych, i dalecy jesteśmy od racjonalnego jej wykorzystania" (Kuntze — Wpływ człowieka na skład fauny, 1926).

Królik, pochodzący z zachodnich rejonów śródziemnomorskich, bądź umyślnie rozpuszczany w celach myśliw-

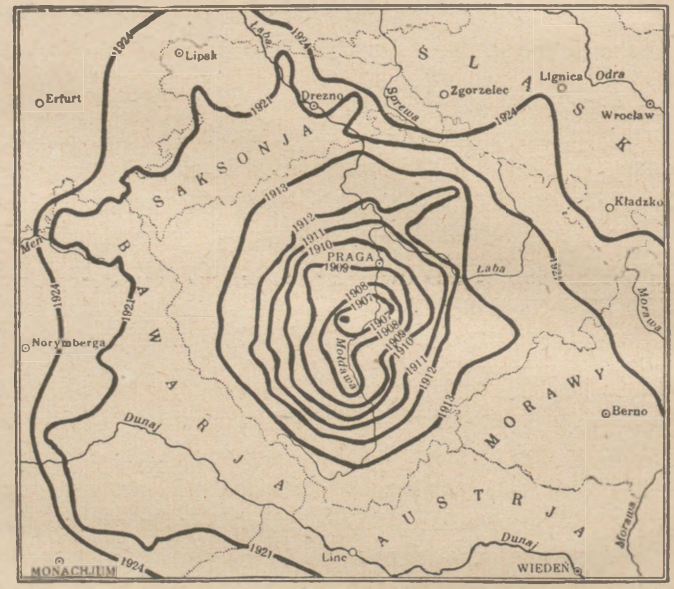
skich, bądź też uchodząc z miejsc hodowlanych, rozpowszechnił się dziś w znacznej części Europy zachodniej i środkowej. U nas, po przekroczeniu najprzód Śląska, wtargnął w granicę dawnej Kongresówki około 1880 r., zajmując dziś obszar w zasadzie na zachód od Wisły, przekraczając nawet z lekka rzekę w rejonach północnych, przytykających do Prus Wschodnich. Wszędzie jednak staje się niepożądanym intruzem, niszczącym zasiewy, podkopującym drzewa, spychającym faunę miejscową.

Jeszcze groźniejszym stał się w Australii. Wprowadzony tam umyślnie przez człowieka w r. 1859, nie znalazłszy wrogów, tak się rozmnożył, że stał się po prostu klęską dla tego kontynentu, dewastując zasiewy i odbierając pokarm faunie miejscowej. Najrozmaitsze środki obronne ze strony człowieka nie dawały długi czas żadnych pozytywnych wyników. Dopiero wzmożony popyt na jego skórki i zwiększone nań polowania i łowy ograniczyły nadmierny jego rozród.

Liczne bardzo próby aklimatyzacji zwierząt, jakie poczyniono w różnych okresach czasu w stosunku zwłaszcza do wyspy Nowej Zelandii, doprowadziły w znacznym stopniu do *„europeizacji"* jej fauny, jak to podaje Geo Thomson w swej monografii, poświęconej temu zagadnieniu. Dość powiedzieć, że zaklimatyzowało się tam 42 gatunki wprowadzonych ssaków, więc jeleń, maral, łoś amerykański, sarna, gronostaj, zając, królik i in. Niektóre wprowadzone zostały z pobudek estetycznych, względnie uczuciowych przez europejskich kolonistów, pragnących widzieć dookoła domostw swych dobrych znajomych: wróbla, skowronka, ziębę, trznadla, szczygła, kosa, szpaka... Wszystkie one dziś tak się tam rozmnożyły, że tworzą nieodzowne składniki siedlisk Nowej Zelandii, usuwając na drugi plan miejscową, zresztą ubogą, faunę.

Tak samo wróbel, wprowadzony do Stanów Zjednoczonych A. P. naturalizował się i masowo rozrodził, stając się poważnym szkodnikiem zasiewów i plantacji.

Ciekawym przykładem szybkiej aklimatyzacji i powiększania zasięgu jest historia gryzonia piżmaka *(Fiber zibethicus)*, wprowadzonego z Ameryki Północnej do Czech



Rys. 149. Mapka rozsiedlania się piżmaka w Europie. Według Kuntzego

w ilości 10 par, jako zwierzęcia futerkowego. Wkrótce jednak mnożny ten ssak wkroczył do Bawarii, później na Śląsk, a dziś go nawet mamy w Polsce. Jest on przybyszem nader żywotnym, o dużej sile adaptacyjnej, doskonale prosperującym w naszym klimacie. Zadamawia się głównie nad wodami. Załączona mapka (rys. 149) ilustruje jego szybkie zwiększanie zasięgu do roku 1924.

Niemniej prób czyniono z rybami. Łososie i pstrąga zawieziono do Ameryki i na Nową Zelandię. W Europie aklimatyzowano miejscami pstrąga tęczowego *(Salmo irideus)*. Puszczano do jezior rozmaite gatunki siei, sielawy, stynki etc. Znamy także przykłady aklimatyzacji bezkręgowców. Jedwabnika przecież w wiekach średnich wywieziono w ukryciu z Chin; do Australii zawieziono trzmiele dla umożliwienia zapylana wprowadzonej tam również koniczyny. Amerykanie sprowadzili do siebie małą błonkówkę z rodzaju *Blastophaga,* jako niezbędnego pośrednika w zapylaniu figi. U nas po licznych parkach i ogrodach zwłaszcza przyklasztornych hodowano wprowadzonego jako przyprawę postną — winniczka *(Helix pomatia)* etc.

Oddzielną kategorię zwierząt aklimatyzowanych świadomie przez człowieka w rozmaite kraje tworzą te gatunki drapieżne względnie pasożytne, które hamują albo regulują rozwój szkodników, najczęściej uprzednio zawleczonych. Taka biologiczna metoda walki ze szkodnikami, przeniesiona na inne rejony, praktykuje się szczególnie często w rolnictwie, ogrodnictwie, leśnictwie, a także przy zwalczaniu gatunków przenoszących zarazki chorobotwórcze. Tak więc Amerykanie wprowadzili z Australii biedronkę *Novius cardinalis* jako naturalnego wroga czerwca *(Icerya purchasi),* wielkiego szkodnika drzew pomarańczowych, wprowadzonych do Ameryki z Australii. Do Ameryki wprowadzono także pewne gatunki gąsieniczników dla zwalczania zawleczonej tam i masowo rozrodzonej brudnicy nieparki. Na wyspy śródziemnomorskie i do Włoch, gdzie powszechnie panuje malaria, wprowadzono maleńką północno-amerykańską rybkę żyworodzącą *Gambusia affinis,* wielkiego niszczyciela larw widliszków *(Anopheles),* jak wiadomo w stanie dorosłym głównych roznosicieli zarazków tej choroby.

Że jednak z podobnymi aklimatyzacjami trzeba być bardzo ostrożnym, dowodzi tego pouczający przykład z ichneumonem *(Herpestes mungo)* — małym drapieżnym ssakiem wprowadzonym na Jamajkę pierwotnie w celu ograniczenia nadmiernie tam rozrodzonych wężów jadowitych, utrudniających pracę na plantacjach trzciny cukrowej. Ssak ten, znalazłszy się w nowych, korzystnych dla siebie warunkach, wkrótce wyniszczył nie tylko żmije i gryzonie szkodliwe, ale, rozmnożywszy się nadmiernie, zwrócił się przeciwko innym pożytecznym zwierzętom wyspy, ptakom i ssakom, które niemal doszczętnie wytępił. W związku z tym rozmnożyły się bardzo szkodliwe owady, powodując straty wielokrotnie przewyższające korzyści bezpośrednio względnie pośrednio wywołane wprowadzeniem ichneumona. Mały ssak, aklimatyzowany przez człowieka, po prostu wstrząsnął panującą, ustaloną równowagą biologiczną wyspy, podobnie jak wprowadzenie do Australii królików zakłóciło równowagą biologiczną tej części świata. W tych przypadkach jak widzimy nie liczono się z naturą ekologiczną gatunku, nie analizowano warunków jego bytu w nowej ojczyźnie. Wyniki okazały się raczej wręcz przeciwne do planowanych, karząc niepatrzącego dalej człowieka.

Rys. 150. Ichneumon *(Herpestes mungo)*. Według Th. Stowell

Z ekologicznego punktu widzenia wszystkie te próby świadomej aklimatyzacji są bardzo pouczające. Dowodzą

one bowiem, że w przypadku różnic klimatyczych wytrzymują tylko zwierzęta obdarzone na ogół dużą odpornością, wytrzymałością na zmiany i różnice klimatyczne. W przeciwnym razie zwierzę nie wytrzymuje klimatu a często także i konkurencji z bardziej przystosowanymi do miejscowych warunków autochtonami. Jedynie wtedy, gdy wartość ekologiczna wprowadzonych gatunków nie ustępuje takiej wartości autochtonów, można liczyć na powodzenie, na zadomowienie się trwałe gatunku, na jego wcielenie do zespołów miejscowych. Jeżeli natomiast zwierzę wprowadzone okazuje się ekologicznie, z tych czy innych względów mocniejsze od gatunków miejscowych, zarówno w odniesieniu do czynników fizycznych jak i biotycznych nowego środowiska, rozradza się nadmiernie, wypierając faunę miejscową i zazwyczaj wstrząsając ustaloną dotąd biologiczną równowagą. Tak właśnie było z ichneumonem na Jamaice, królikami w Australii, wróblem w Stanach Zjednoczonych i z większością importowanej fauny Nowej Zelandii.

POŚREDNI, EKOLOGICZNY WPŁYW CZŁOWIEKA NA FAUNĘ

Oprócz bezpośredniego wpływu na zwierzęta, zaznaczonego w trzebieniu gatunków, nieświadomym, pomimo woli roznoszeniu zwierząt, w świadomej aklimatyzacji innych, działa człowiek pośrednio, niszcząc względnie zmieniając naturalne siedliska, a także stwarzając inne, kulturalne, do których tylko pewne formy zwierzęce mogą się przystosować. W miarę ewolucji materialnej kultury ten wpływ nawet coraz więcej się zaznacza, tak że dziś z całą pewnością można twierdzić, że przewyższa wielokrotnie bezpośredni wpływ człowieka na poszczególne gatunki.

Z ekologicznego punktu widzenia jest najważniejszy, bo działa na *warunki bytu organizmów*, jeden z podstawowych rozdziałów ekologii.

Zrozumiałą jest rzeczą, że wyrąbywanie lasów i zaorywanie stepów, zmiana tych bardzo swoistych pod względem ekologicznym obszarów na uprawne pola podcina zasadniczo warunki bytu zwierząt leśnych i stepowych, nawet i wtedy, kiedy człowiek nie wypowiedział im bezpośredniej walki. Tak samo osuszanie bagien i mokradeł godzi w najbardziej żywotne potrzeby ptactwa wodnego i błotnego, które tam żerowało i miało swe lęgowiska. Nawet nie całkowita likwidacja, a tylko zmiany siedlisk pierwotnych odbijają się z reguły bardzo silnie na składzie fauny. Kultywowana łąka zasiana koniczyną, podobnie jak i jednogatunkowy las sosnowy czy bukowy, już nie dadzą nigdy zwierzętom tych samych warunków, jakie miały w siedliskach pierwotnych, mieszanych. Ingerencja człowieka, mającego przede wszystkim swój interes na względzie, stwarza dla zwierząt warunki zasadniczo inne, dla większości z nich mniej korzystne, dla innych wprost zabójcze.

Jak reagują na to rozmaite zwierzęta? Pod tym względem możemy wyróżnić dwie krańcowe kategorie, które, podobnie jak w stosunku do innych czynników środowiska są wyrazem ustosunkowania się zwierząt do tego zasadniczego czynnika biotycznego, jakim jest człowiek oraz przejawy jego kultury i działalności. Jedne zwierzęta, np. łosie, niedźwiedzie, bobry, rysie, żbiki, orły, głuszce, czarny bocian i mnóstwo innych, nie wytrzymują współżycia z ludzką kulturą i stronią od niej z tych czy innych względów. Tworzą one grupę ekologiczną, którą można by nazwać *mizantropiczną*, w przeciwieństwie do gatunków *synantropicznych*, nie tylko nie stroniących od człowieka, lecz przeciwnie, w związku najczęściej z pożyt-

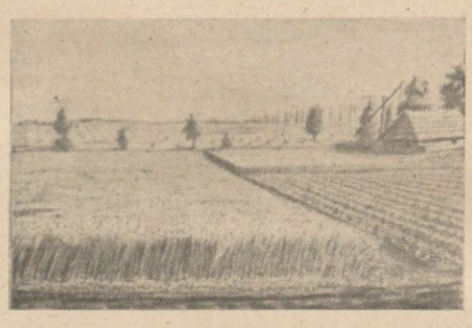
kiem jaki to im przynosi, zbliżających się do człowieka i za nim podążających. Wchodzą one niejako w kompromis z człowiekiem i przystosowują się do nowych warunków. Znamy je wszyscy dobrze; są to bociany, jaskółki, jerzyki, wróble, szpaki, kosy, po polach skowronki, przepiórki, kuropatwy i zające, wszędzie po domostwach i zabudowaniach bytujące myszy i szczury, miejscami kuny i tchórze, dalej karaluchy, świerszcze, stonogi, nie mówiąc już o pasożytach ludzkich. Do tej ogólnej kategorii można by włączyć także i powszechne szkodniki pól, lasów i ogrodów, które w warunkach stworzonych przez człowieka znajdują i dla siebie niezbędne warunki bytu, niekiedy nawet tak korzystne, że przez masowy rozród stawać się mogą prawdziwą plagą.

Zwierzęta takie, którym człowiek chcąc nie chcąc stwarza korzystne środowisko, albo też które są na tyle plastyczne czyli ekologicznie silne, że mogą nagiąć swe obyczaje do życia w nowych warunkach, tworzą w pewnym stopniu *„faunę przyszłości"*. Bowiem w zwycięskim pochodzie człowieka poprzez przyrodę pierwotną, w niszczycielskim jego działaniu na świat zwierzęcy, te tylko ekologicznie plastyczne formy mają szanse na przetrwanie, na wolny byt w warunkach wysokiej kultury, podczas gdy innym bardziej nieugiętym czy wyspecjalizowanym „obywatelom natury" grozi albo zagłada całkowita, albo życie w rezerwatach dla nich specjalnie zakładanych przez człowieka.

Przypatrzmy się teraz kilku siedliskom, wytworzonym przez człowieka i ich ogólnym cechom zespołowym. Przypatrzmy się naszym polom, łąkom, lasom kultywowanym, parkom i ogrodom, wsiom i miastom, jako siedliskom życia zwierzęcego, wreszcie domostwom ludzkim. Uzupełnią one obraz naturalnych formacyj lądowych, nakreślony w rozdziale poprzednim.

PRZEGLĄD ŚRODOWISK STWORZONYCH PRZEZ CZŁOWIEKA: POLA UPRAWNE

Najpowszechniejszym typem siedlisk stworzonych przez człowieka są pola uprawne, urozmaiconymi szachownicami pokrywające ziemie nasze, podobnie jak i inne części Europy. Są to siedliska typu otwartego, charakterem zbliżone do łąk względnie stepów i dlatego też niekiedy nazywane *stepem kulturalnym.* Choć w Europie środkowej powstały w większości przypadków na obszarach dawniej



Rys. 151. Krajobraz pól uprawnych

zalesionych, a tym samym mających klimat bardziej wilgotny, to jednak przez wykarczowanie lasu i stworzenie otwartego terenu oraz zasadzenie niską roślinnością uprawianą, typu ziół jednoletnich lub bylin, w znacznym stopniu nabyły cechy siedlisk bardziej suchych i zmiennych klimatycznie niż był las pierwotny, tak że nazwa stepu kulturalnego i pod względem ekologicznym wydaje się być całkiem uzasadniona. W związku z tym faktem fauna pól ma charakter właściwy otwartym przestrzeniom. Na ogół jest przystosowaną do suchego klimatu. W szczegółach jest jednak dosyć różna, zależnie od miejsca i uprawianej roślinności, podobnie jak i krajobraz pól uprawnych. (Rys. 151).

Ogólną cechą tej fauny to wielka obfitość roślinożernych zwierząt typu stepowego. Spotykamy więc tu dużo gryzoni, jak norniki i myszy, chomiki i susły, które pokarmu znajdują pod dostatkiem. Także zające, choć może nie specjalnie stepowe, bo również bytujące w rzadkich lasach oraz górzystych okolicach, przystosowały się tak dobrze do warunków naszych pól, że należą do ich stałych i bardzo charakterystycznych mieszkańców. Z ptaków grzebiących kuropatwy i przepiórki także należą do zwykłych składników zespołowych pól uprawnych. Stepowego pochodzenia drop miejscami przystosował się do środowiska stworzonego przez człowieka. Z drobnych śpiewaków najbardziej typowymi są skowronki, dzierlatki, miejscami trznadle i potrzeszcze, w porze jesiennej wróble i szpaki przed odlotem. Nadto faunę pól naszych charakteryzują najrozmaitsze owady, przeważnie groźne szkodniki roślin uprawianych: sówki, rolnica i jarzynówka, liczne bielinki, kilka gatunków drobnych chrząszczy jak kłosiec *(Anisoplia)*, sprężyki, których larwy drutowce są groźnymi szkodnikami korzeni, szereg muchówek jak pryszczarki, niezmiarka paskowana — szkodnik zwłaszcza pszenicy i in.

Rys. 152. Kuropatwy

Z form drapieżnych, polujących na roślinożerców w warstwie przyziemnej, najliczniej reprezentowane są najrozmaitsze biegacze *(Carabidae)*, wespół z ruchliwymi pogońcami spośród pająków niszczące krocie owadów szkodliwych. W innych łańcuchach odżywczych znajdujemy

drapieżców większych jak myszłowy, pustułka, błotnik zbożowy, polujących z powietrza głównie na gryzonie polne. Nocą na łowy wylatują na pola także sowy.

Jak widzimy, zespoły zwierzęce pól uprawnych, podobnie jak i w innych siedliskach, składają się z roślinożerców rozmaitej skali i organizacji, a więc z ptaków ziarnojadów i gryzoni częściowo ziarnojadów, częściowo polifagów roślinnych, wreszcie z najrozmaitszych specjalistów roślinojadów spośród owadów, najczęściej uzależnionych od poszczególnych gatunków i części roślinnych. Grupy te tworzą podstawę odżywczą dla zwierząt drapieżnych, tak samo kilku skal i grup biologicznych, a więc drapieżnych ptaków, ograniczających głównie gryzoni, drapieżnych owadów, niszczących szkodzące roślinom owady. Znajdujemy tu także liczne pasożyty, składające jaja w ciała larw owadów, lub znoszące gąsienice do swych gniazd, gdzie służą za pokarm rozwijającemu się młodemu pokoleniu. Odrębną kategorię tworzą mikrozespoły gleby. Obfitość na polach pożywienia roślinnego, jako podstawy życia zespołowego stwarza warunki nader korzystne dla masowego nieraz pojawu szkodników, przy skojarzeniu się korzystnych dla nich warunków klimatycznych i przy niedostatecznym regulowaniu ich liczby przez formy drapieżne i pasożytów.

Środowisko pól uprawnych, regulowane akcją człowieka, w ogromnym stopniu zmienia aspekt zależnie od sezonu. Wiosna, okres orki, skupia na polach liczne ptaki żywiące się owadami, których najczęściej w innej porze tam nie spotykamy. Wtedy to z łatwością można obserwować stada wron i gawronów, chętnie towarzyszące pługom i z odwróconych skib gleby wyszukujące dżdżownice i larwy owadów. Lato jest okresem maksymalnego rozwoju wegetacji i świata owadziego, a jednocześnie okresem rozrodu gryzoni i ptaków. Jesień po żniwach

obniża w ogromnym stopniu nasilenie życia zwłaszcza owadziego, zmieniając także radykalnie warunki życia gryzoni polnych. Ich nory i gniazda zostają odkryte, a także i one same stają się widoczne na ścierniskach. Wtedy to najliczniej polują na nie ptaki drapieżne: myszołowy, jastrzębie i in. Także do bardzo znamiennych obrazków naszych pól pod koniec lata i w jesieni zaliczyć można gromadne życie ptaków: wtedy też odwiedzają pola stada wróbli domowych, mazurków, szpaków przed odlotem oraz krukowatych, wron, gawronów, kawek, które najczęściej razem żerując posilają się ziarnem i innym pokarmem obficie rozrzuconym po polach.

ZESPOŁY ŁĄKOWE I PASTWISKA

Osobliwymi formacjami roślinnymi, które powstały w krajach umiarkowanych głównie pod wpływem człowieka, są łąki i pastwiska. Na ogół zjawiły się one w tych miejscach, gdzie lasy zostały wycięte i miejsca te nie użyte pod uprawę rolną. Niska na ogół temperatura, krótki okres wegetacji i niedostateczne, choć dosyć równomierne w ciągu roku warunki wilgotnościowe, przeszkadzają zadrzewieniu tych obszarów, które zresztą człowiek eksploatuje w innym celu. *Łąki* — to zbiorowiska mniej lub więcej nizkich trwałych roślin zielnych, głównie trawiastych, rosnących zwarcie i korzeniami oraz kłączami splecionych w jednolitą masą darniową. Powierzchnia gruntu najczęściej jest tak gęsto pokryta roślinnością łąkową, że nie widać w niej gleby. Koszenie i wypasanie jeszcze bardziej sprzyja zwartości kobierca roślinnego, bowiem, uniemożliwiając dojrzewanie nasion, sprzyja rozkrzewianiu się roślin, a także zmienia florystyczny skład łąk. Mają one swój specjalny krajobrazowy charakter.

„Trudno o piękniejszą formację roślinną, jak nasze łąki, od wiosny do zimy zielone i kwitnące, w przeciwstawieniu

do stepów, co latem leżą zeschłe i martwe". „Widok łąki u nas na wiosnę jest cudowny. Na tle jasnozielonej trawy widać gromadnie kwitnące różowe firletki, białe rzeżuszki, żółte kaczyńce i jaskry, niebieskie niezapominajki. Tworzy się przepiękny kobierzec. Po kwiatach tych uwijają się pszczoły i barwne motyle trzepoczą skrzydełkami. Niebawem słychać ostrzenie kos i wonne siano zostanie zwiezione w stogi. Posieczona łąka rychło odrasta. Teraz zaczynają kwitnąć zwłaszcza baldaszkowate rośliny. Po ich baladach uwijają się chrząszczyki, muchy, motyle; czyhają na nie pająki. Po baldaszkowatych pójdzie kolej na złożone z koszyczkami różnobarwnych kwiatów. Ale i tą jesienną krasę łąki powali znów kosa na potraw" (Rostafiński).

Jako siedlisko życia zwierzęcego łąki wyróżniają się w szczególności od lasów otwartością. Jest to siedlisko złożone tylko z ziół, murawy i gleby, nie wyższe w zasadzie nad metr, podczas gdy las nasz może sięgać 20 m, tworząc szereg pięter zasiedlonych rozmaitymi typami zwierząt. W związku z otwartością terenu zwierzęce życie łąkowe jest w znacznym stopniu przyziemne i ziemne, odpowiadając tylko dwom dolnym warstwom lasu. Warunki klimatyczne są na ogół zmienne, nie stwarzając tak stałego ekoklimatu, jaki stwarza las. W lecie, w dni słoneczne łąka roi się od zwierząt ciepłolubnych, błonkówek, szarańczaków, pluskwiaków, motyli i chrząszczy, pajęczaków, gadów i ssaków, ryjących nory lub jak krety żyjących całkowicie pod ziemią. Z ptaków pokląskwa gnieździ się na łąkach. W nocy lub w porze dżdżystej aktywne życie prowadzą hygrofilowe ślimaki łąkowe. Bardzo wyraźnie zaznaczone są aspekty sezonowe. Pojawy owadów łąkowych odpowiadają fenologicznym okresom roślinności kwiatowej. W zimie gleba jest zmarzła

a roślinność pokrywa warstwa śniegu. Wiele zwierząt łąkowych przepędza ten okres w ziemi, w różnych stadiach zależnie od gatunku.

Krańcowo innym typem są łąki *kwaśne*, torfowe, porosłe turzycami i znajdujące się najczęściej w bezpośrednim sąsiedztwie wód śródlądowych, rzek, jezior, mokradeł. Genezę swą zawdzięczają w pierwszym stopniu czynnikom edaficznym. Łąki kwaśne mają faunę swoistą, złożoną z pewnych gatunków dżdżownic, drobnych ślimaczków *(Zonitoides Cochlicopa, Vallonia, Carychium)* i licznych polujących na owady hydrofilowych pająków pogońców *(Lycosa saccata, amentata, Pirata hygrophilus, piscatorius)*.

W wielu miejscach łąki przechodzą niepostrzeżenie w *pastwiska*, różniące się głównie stopniem wilgotności gruntu. Mianowicie pastwiska są najczęściej wyższe, a jedynym niemal ich źródłem wilgoci są opady atmosferyczne. Roślinność mają niższą i bardzo gęstą. Nie nadają się do koszenia a jedynie do wypasania, które odbija się w znacznym stopniu na ich składzie florystycznym, stosunkach zespołowych i ogólnej fizjognomii. Bowiem na wydeptywanie przez bydło różne rośliny rozmaicie reagują. Jednym, o silniejszym systemie korzeniowym, to nie szkodzi, inne delikatniejsze giną przygłuszone, zdeptane lub po prostu wyrwane przez bydło.

Zespoły zwierzęce pastwisk są na ogół podobne do łąkowych z racji otwartości siedliska, tylko bardziej zubożałe, jak i zespół roślinny. W zasadzie mamy tu tylko dwa piętra, murawę i glebę. Przy ustalaniu się czynnika pastwiskowego, łąki mogą dawać przytułek względnie przewagę tylko pewnym formom zwierzęcym. Według Paczoskiego na stepach Rosji południowej, a także i na Podolu, susły zadamawiają się najchętniej na aspektach pastwiskowych. Kszyki *(Capella galinago)* na błocie

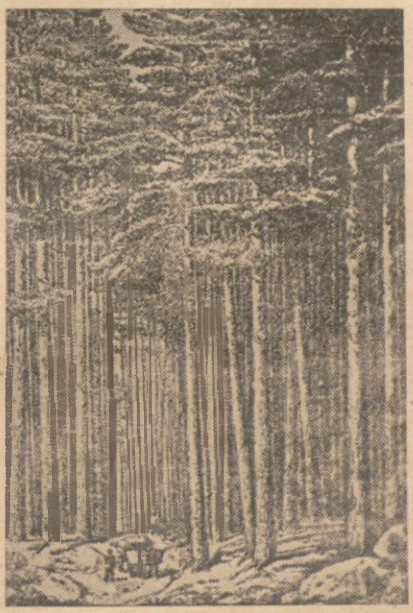
siadają często tam, gdzie trawa jest wykoszona, albo w znacznym stopniu wydeptana przez bydło. Żółta pliszka, szpaki a często i dudek, zjawiają się u nas jako towarzysze bydła po pastwiskach. Pliszka, wzorem pewnych ptaków tropikalnych *(Buphaga)*, odważa się nawet siadać krowom na grzbiety i wydziobywać wszoły. Tak samo liczne owady są charakterystyczne dla aspeków pastwiskowych, zwłaszcza rożne gnojowce, żerujące w nawozie przeżuwaczy. O kopcach ziemnych mrówek po pastwiskach już była mowa w rozdziale III. Zmieniona przez nawóz gleba zasiedlona jest także mikrozespołami odrębnymi.

LAS SZTUCZNY

Zależnie od miejsca i przeznaczenia las kultywowany bywa bardzo różny. Jednak uwzględniając w znacznym stopniu opłacalność hodowli, w większości przypadków jest to zespół mniej lub więcej jednorodny, utworzony wyłącznie lub prawie wyłącznie z określonego, dominującego gatunku: sosny, świerka, dębu, buku, grabu, olchy etc. Taki jednogatunkowy las znacznie się różni od lasu czy boru pierwotnego, z reguły wielogatunkowego, gdzie w zrównoważeniu zespołowym występuje duża rozmaitość składających go drzew i są one różnego wieku. Kultywowany las jest także najczęściej przejrzystszy od pierwotnego; pozbawiony jest bujnego runa, utworzonego w lasach naturalnych z drobnych ziół, bylin i traw oraz podszytu, na który składają się najrozmaitsze krzewy i krzewinki, tworzące dobrze każdemu znany gąszcz leśny. Rysunek załączony ilustruje nam taki kultywowany, gonny las sosnowy (rys. 153). Myśl i ręka człowieka w lesie sztucznym zaznacza się jak gdyby w jego uproszczeniu jako zespołu, który w warunkach naturalnych, bez

interwencji ludzkiej, niewątpliwie byłby bardziej skomplikowany, urozmaicony i zapewne więcej zrównoważony pod względem biologicznym.

W jaki sposób to uproszczenie lasu jako zespołu roślinnego odbija się na świecie zwierzęcym? Przede wszystkim w jakościowym jego zubożeniu. Podszyt zredukowany do minimum ogranicza w dużym stopniu drobne ptactwo leśne, zwłaszcza gatunki owadożerne, które tam głównie żerowały i zakładały gniazda jak np. pokrzewki. Także usuwanie starych pni spróchniałych, stale praktykowane w lesie kultywowanym, odbiera ptakom dziupłakom (sikory, dzięcioły, sowy...) możność gniazdowania. Wreszcie redukcja runa leśnego utrudnia warunki bytu pożytecznym owadom, np. pasożytom z grupy owadziarek, które, choć rozwój odbywają w larwach i poczwarkach owadów szkodliwych, jednak w stanie dorosłym żywią się pyłkiem i nektarem kwiatów runa leśnego. Równowaga pierwotnego zespołu, pełnego i urozmaiconego, jest w znacznym stopniu zakłócona przez uproszczenie lasu w związku z jego kulturą. Lasy takie najczęściej nie roz-



Rys. 153. Jednogatunkowy sztuczny las sosnowy. Według Rostafińskiego

brzmiewają bogatym koncertem ptaków leśnych. Sójka, drozd śpiewak lub zięba co najwyżej w nich się odezwą. Rzadko kiedy wiewiórka, zresztą tępiona przez człowieka, przesunie się w skokach po koronach drzewnych. Przeważnie cisza tajemnicza przyrody zalega dookoła. Jakimś bardzo smutnym wydaje się ten zespół drzew niemo pracujący na człowieka, który go ostatecznie zrąbie.

Rys. 154. Poprocha cetyniak, samica, samiec i gąsienica

Z drugiej strony pozbawione naturalnych czynników ograniczających, jakimi są ptaki owadożerne i owady pasożytne, nadmiernie rozradzają się te nieliczne stosunkowo szkodniki spośród owadów, które są specjalistami od konsumowania najrozmaitszych części kultywowanego w danym lesie gatunku. Człowiek chcąc nie chcąc stwarza im środowisko. Pokarmu mają pod dostatkiem, a wrogowie naturalni zredukowani do minimum nie krępują masowego rozrodu, zwłaszcza przy sprzyjających warunkach klimatycznych. Czyż można się dziwić, że plagi szkodliwych owadów leśnych są częstym zjawiskiem w lasach

kultywowanych, że dewastują nieraz tysiące i dziesiątki tysięcy hektarów, jak to uczynił był u nas przed kilkunastu laty poproch cetyniak (rys. 154) w lasach sandomierskich a sówka chojnówka na Pomorzu. Do innych groźnych bardzo szkodników naszych czystych lasów należą barczatka sosnówka, zawisak borowiec, brudnica mniszka, nieparka, ryjkowce szeliniak sosnowiec *(Hylobius abietis)* i smoliki *(Pissodes)*, liczne korniki, wreszcie najrozmaitsze podgryzające korzenie larwy, głównie chrząszczów. Stosunkowo monotonna ta fauna szkodników jest groźnym ostrzeżeniem dla człowieka, który lekceważąc, względnie ignorując zasady ekologii, nauki o związkach organizmów z ich otoczeniem, naraża częstokroć własne, jednostronne kultury na poważne straty. Przyroda w takich razach „mści się".

Rys. 155. Brudnica mniszka — wielki szkodnik lasów

PARKI I OGRODY

Od lasów kultywowanych należy odróżnić środowisko *parków*, zadrzewionych siedlisk, przeplecionych krzewami i łączkami, które człowiek zakłada najczęściej w bezpośrednim sąsiedztwie swych domostw i osiedli, z różnym przeznaczeniem, głównie jednak w celach estetycznych, zdrowotnych i odpoczynkowych. Parki różnią się od zwartych lasów nie tylko swą większą przejrzystością, ale

przede wszystkim dużym urozmaiceniem florystycznym. Dla zwierząt ma to zasadnicze znaczenie, stwarza im bowiem środowisko, gdzie różnorodne pod względem obyczajów i wymagań życiowych typy ekologiczne mogą jednocześnie prosperować. W parkach też spotykamy formy zarówno charakterystyczne dla lasu jak i zaroślowe, a także i z otwartych przestrzeni, więc łąkowe, polne, niekiedy nawet typowe dla stepów. O ile las stwarza ogólny obraz pewnej monotonii życia, parki najczęściej uderzają już na pierwszy rzut oka dużą rozmaitością, zwłaszcza starsze, bardziej zadrzewione i w mniejszym stopniu niepokojone przez człowieka. Stwarzają one nieraz prawdziwy raj dla drobnej rzeszy skrzydlatej, dla gatunków śpiewających i zaroślowych. Najnowsze obserwacje nad ptakami parków dowodzą, że głównie przez ułatwione i urozmaicone warunki gnieżdżenia się stwarzają parki takie korzystne dla ptaków siedliska.

Pewne gatunki, jak świadczą o tym dokumenty z ostatnich dziesiątków lat, najwyraźniej zmieniły swe obyczaje, przystosowując się do tego typu siedlisk, stworzonych przez człowieka. Tak więc kos osiedlił się w parkach na Śląsku dopiero od sześćdziesiątych lat ubiegłego wieku, drozd śpiewak nawet po nim, bo na początku bieżącego wieku, a dawniej jeszcze przed obu tymi gatunkami — gołąb grzywacz. Zwłaszcza kos nagiął swe obyczaje do tego stopnia, że zaczął żywić się odpadkami z domostw, zwiększając przy tym ilość lęgów w roku z 2 nieraz do 4 i w rejonach zachodnich Europy przeważnie zaniechał odlotów na zimę: z ptaka przelotnego stał się osiadłym. Także szpak (rys. 156) dzięki szczególnej sympatii i opiece jaką otacza go człowiek, zakładając mu skrzynki dla gniazd, po prostu na oczach wszystkich wchodzi jako stały składnik zespołów naszych parków i ogrodów. Żerują

i gnieżdżą się chętnie po parkach także sikorki, zięby, pokrzewki, muchołówki, rudziki, słowiki i in. drobna rzesza śpiewaków, tak bardzo uprzyjemniająca i dekorująca florystyczne ramy osiedli ludzkich. Doznając opieki względnie tolerancji ze strony człowieka, nie zraża się nawet gęstym zaludnieniem, tak że bytuje częstokroć w miejskich parkach publicznych.

Rys. 156. Szpak i jego gniazdko - skrzyneczka

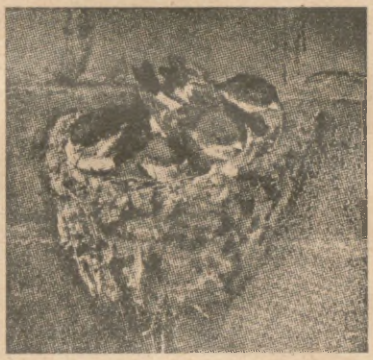
Zimą zmienia się obraz. Większość ptaków owadożernych opuszcza parki a na ich miejsce przylatują, względnie dorywczo zbliżają się do ludzkich osiedli, bądź typowe leśne formy jak dzięcioły, pełzacze, mysikróliki, bądź mniej lub więcej tułaczy żywot prowadzące wtedy sikorki, makolągwy, gile, czeczotki, jemiołuszki i in., znani i sympatią obdarzani nasi goście zimowi, niejednokrotnie pochodzący z bardziej północnych rejonów, najczęściej spychani bezpośrednio nasuwającą się falą mrozów.

Ogrody różnią się od parków. Może jeszcze sady owocowe stwarzają zwierzętom najbardziej zbliżone do parków warunki siedliskowe, choć różne pokarmem. Niektóre gatunki przekładają je nad parki, jak wilga. Warzywniki nawiązują raczej do pól uprawnych i w wielu razach stwarzają warunki korzystne dla masowego rozwoju szkodników specjalnych, głównie spośród owadów, bielinków (kapustnik i rzepakowiec), mszyc (kapuścianej, burakowej, grochowiane) itp.

WSIE I MIASTA

Większe i mniejsze osiedla ludzkie są jednocześnie siedliskami dla wielu zwierząt, nie stroniących od człowieka, lecz przeciwnie w budowlach przez niego wznoszonych znajdujących dla siebie schronienia, miejsca dla gniazd a niekiedy i pokarm. Tak w domach kamiennych, w wieżach, murach i ruinach miast, w środowisku niekiedy nazywanym skałami kulturalnymi zagnieżdżają się liczne formy, co do których jest rzeczą wiadomą, że pochodzą od przodków normalnie bytujących wśród skał i gór. Do takich zaliczamy jerzyki, tak bardzo liczne po miastach, gdzie całymi dniami w niewielkich stadkach uganiają się w powietrzu za owadami. Świetni ci latawcy, o długich sierpowatych skrzydłach, z dala przypominający jaskółki, tylko cokolwiek od nich więksi, są prawdziwymi mieszkańcami przestworzy, gniazdującymi jednak w murach miejskich. Także kopciuszek *(Phoenicurus ochrurus)* często osiedla się wśród kamiennych budowli. Zdziczałe gołębie domowe gnieżdżą się chętnie po starych wieżach kościelnych i zamkowych, nawiązując tym samym do obyczajów przodka dzikiego, jak wiadomo mieszkańca skał naturalnych śródziemnomorskiego rejonu. Z krukowatych kawka jest największą przyjaciółką miast i gnieździ się w ustronnych budowlach kamiennych. Odnośnie jaskółki dymówki *(Hirundo rustica)* nie można twierdzić, że ją specjalnie wiążą budowle. Podąża raczej za hodowlą bydła, co jej gwarantuje maksimum pokarmu owadziego. Najchętniej też gnieździ się po oborach i stajniach lub w bezpośrednim ich sąsiedztwie. Przy tym ważnym warunkiem jej osiedlania się jest możność zdobycia koniecznego dla budowy gniazda błota, wymaga więc grząskich, nieuregulowanych ulic, pobrzeży wód, prymitywnych studni itp., w przeciwnym razie jej ilość wy-

datnie się zmniejsza, jak to stwierdzono w Europie zachodniej, albo nawet ustępuje całkowicie. Drugi gatunek, jaskółka oknówka (rys. 157), więcej od poprzedniego związany jest z budowlami kamiennymi i wiadomo, że np. w Hiszpanii po dziś dzień żeruje i gniazduje wśród dzikich ruin.



Rys. 157. Gniazdo jaskółki oknówki z młodymi. Z Boubiera

Po strychach domów zagnieżdżają się, albo dzień tam tylko przepędzają, pożyteczni drapieżcy, tępiący myszy i szczury jak sowy, płomykówka (rys. 158) i podźka oraz pożyteczne owadożerne nietoperze, wylatujący w sąsiedztwie zabudowań na nocne łowy, np. gacek wielkouch *(Plecotus auritus)*.

Rys. 158. Sowa płomykówka

Z drapieżnych ssaków trzymają się osiedli ludzkich łasica, kuna domowa albo kamionka i tchórz, oprócz szkodliwych gryzoni, tępiące często masowo drób po kurnikach.

Do stałych mieszkańców osiedli wiejskich należy bocian biały, chroniony przez lud, ułatwiający mu zakładanie gniazd przez umieszczanie starych bron na strzechach stodół, chat wiejskich i na pobliskich starych drzewach. Wymaga jednak sąsiedztwa błot

i łąk. Po drogach i obejściach żerują stadka wróbli, niekiedy zimą zwłaszcza przemieszane z trznadlami, śmieciuszki, a także natrętne i krzykliwe a jednak tolerowane krukowate: gawrony, wrony, kawki, sroki.

Rys. 159. Tchórz duszący kurę. Według Th. Stowell

Świat zwierzęcy osiedli ludzkich, jak widzimy, jest dosyć urozmaicony, zespolony z człowiekiem i zabudowaniami więzami najrozmaitszymi najczęściej miejscem gniazdowania, schroniskiem oraz pokarmem. Część jest niewątpliwie szkodliwa. Inne, żerując na odpadkach po śmietnikach i obejściach, są mniej lub więcej obojętne. Jeszcze inne, przez tępienie szkodliwych gryzoni i owadów, obfitujących w sąsiedztwie zabudowań, są wyraźnie pożyteczne jak nietoperze, jaskółki. Ogólnie jednak zespoły te cechuje niestronienie od ludzi, pozytywne, synantropiczne nastawienie ekologiczne, ułatwione bądź przez tolerancję, bądź przez wyraźną protekcję ze strony człowieka, jak to widać w stosunku do jaskółki lub bociana.

FAUNA DOMOSTW LUDZKICH

Zacieśniając w kierunku dośrodkowym coraz bardziej środowisko wpływów ludzkich, zwrócimy teraz uwagę na domy i mieszkania jako siedlisko zwierząt. Znajdziemy tam formy urozmaicone, które bytują w najściślejszej już zależności od gospodarki, względnie życia samego człowieka. Są tu nie tylko współlokatorzy, korzystający z mieszkania i warunków fizycznych, jakie domostwa

ludzkie stwarzają, czyli zwierzęta żyjące z człowiekiem w parabiozie, ale po większej części i komensale człowieka, korzystający bądź z resztek pożywienia, bądź z wyników jego pracy. W szczegółowej analizie życia tych współlokatorów i domowników człowieka dochodzimy do ustalenia wszelkich możliwych przejść od mniej lub więcej obojętnych do takich, które wyraźnie mu szkodzą.

Rys. 160. Szczur domowy i wędrowny

Na tę faunę domową polują pewne formy drapieżne i trapią ją pasożyty, stwarzające końcowe ogniwa urozmaiconych łańcuchów odżywczych, pośrednio najczęściej korzystne dla człowieka. Odrębną wreszcie kategorię tworzą właściwe pasożyty człowieka, odżywiające się krwią ludzką i za nim podążające, względnie z nim rozsiedlane po całym świecie.

Do tych najbliższych a niepożądanych towarzyszy człowieka, lokatorów jego mieszkań, kuchen, spiżarni i piwnic należą myszy i szczury (rys. 160), ciepłolubne karaluchy, tolerowane po piekarniach świerszcze, rybiki cukrowe, kilkadziesiąt gatunków drobnych chrząszczyków, niszczących różne zapasy pokarmowe a także zbiory muzealne, jak to czyni *Anthrenus myseorum,* kilka gatunków

kleszczy-roztoczy, drobniutkie, unikające światła i przewiewu powietrza „kurzojady" psotniki *(Troctes* i *Atropes),* mole ubraniowe, niszczące materie wełniane, najrozmaitsze muchówki mieszkaniowe etc.

Fauna ta jak widzimy jest dosyć obfita i z mieszkaniami związana w sposób bardzo ciekawy. Samych tylko muchówek znamy kilkanaście gatunków. Tarwid kategoryzuje je na *stałe* mieszkanki, do których zalicza komara zwykłego, widliszka *(Anopheles)* i lęgnącą się w zasadzie, podobnie zresztą jak i komary, poza obrębem mieszkań—zwykłą muchę *(Musca domestica).* Mucha jest przenosicielką wielu zarazków chorobotwórczych, między innymi dura brzusznego i dyzenterii. Do mieszkanek *przygodnych* naszych domów należą — śmieciarki *(Muscina stabulans)* i zgniłówka *(Fannia).* Wreszcie do muchówek pospolitych *gości* naszych mieszkań zaliczyć należy ścierwnicę, bolimuszkę *(Stomoxys calcitrans),* plujkę *(Calliphora)* i złocisto zieloną Lucilia.

Z ekologicznego punktu widzenia jest rzeczą szczególnie ponętną i ciekawą śledzenie życia zespołowego, jakie się organizuje w środowisku sztucznym, stworzonym przez człowieka, dającym jednocześnie podstawę odżywczą dla tego zespołu. Za roślinożercami, względnie czyścicielami-saprofagami, wkraczają do mieszkań formy drapieżne i tu się zadomawiają. Znamy więc kilka gatunków pająków domowych polujących na owady; drapieżnego pluskwiaka *Reduvius personatus,* prześladującego pluskwy, a którego bezskrzydła, oblepiona kurzem larwa chwyta drobne owady w ciemnych zakątkach mieszkań; małe zaleszczotki *(Chelifer),* atakujące drobne kurzojady, szczególnie częste wśród starych zakurzonych książek; do mieszkań zalatują także pewne drobne owadziarki i gąsieniczniki, składające jajeczka w larwy niektórych szkodników domowych; pod jesień giną liczne muchy mieszkaniowe od

grzybka posożytnego *Empusa muscae* (rys. 161) etc. Słowem powstają typowe łańcuchy odżywcze i pasożytne, częściowo niezależne, częściowo uzależnione od środowisk zewnętrznych, które dostarczają obfitego materiału dla odtworzenia zespołowego cyklu odżywczego tego szczególnego środowiska domów i mieszkań, niestety wciąż jeszcze niedostatecznie poznanego.

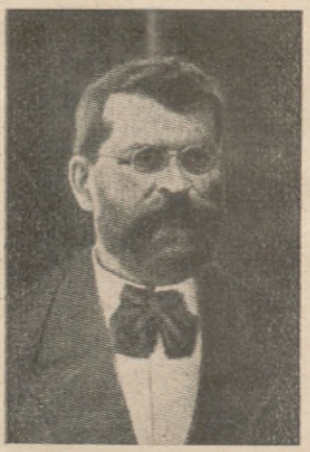
Większość tych form, do których trzeba dołączyć i pasożyty człowieka, cechuje jak wspomnieliśmy, szerokie rozsiedlenie, nieraz prawdziwy kosmopolityzm, tak jak kosmopolitą jest człowiek od którego są zależne i który, stwarzając im środowisko życia najczęściej pomimo woli, sprzyja ich rozsiedlaniu.

Rys. 161. Mucha napadnięta jesienią przez pasożytny grzybek *Empusa muscae*

IDEA OCHRONY PRZYRODY JAKO PRZECIWWAGA NISZCZYCIELSKIM I MODYFIKUJĄCYM WPŁYWOM CZŁOWIEKA

Jako naturalna reakcja przeciwko zakłócającemu równowagę przyrody niszczycielskiemu i modyfikującemu działaniu człowieka, zaczyna zjawiać się w XIX wieku i to naraz w różnych krajach idea ochrony przyrody, która zrazu ze skromnych, nieśmiałych początków, odnoszących się do pewnych tylko gatunków, rozwinęła się w bieżącym stuleciu w potężny, międzynarodowy ruch, krzewiący się dzisiaj szczególnie w Polsce, Stanach Zjednoczonych, Anglii, Szwajcarii, Rosji, krajach Skandynawii, Niemczech i in. Rola Polski w tym ruchu jest zaszczytna, nie tylko przez to, że dziś potworzono u nas wiele rezerwatów i parków przyrody pierwotnej, co w znacznym stopniu można uważać za ostateczny cel ochrony przyrody, ale i przez to, że Polska była jednym z pionierskich

krajów w tym kierunku. Bowiem na wniosek przyrodników naszych Nowickiego, Janoty, Zejsznera, jeszcze w r. 1868 uchwalił Sejm Krajowy we Lwowie ustawę względem zakazu łapania, wytępiania i sprzedawania zwierząt wysokogórskich, właściwych Tatrom a więc świstaka i dzikich kóz. Była to jedna z pierwszych ustaw, chroniąca z motywów naukowych i idealnych dwa ściśle określone gatunki zwierząt, zamieszkujące nasze Tatry.



Rys. 162.
Prof. Maksymilian Nowicki

Motywy ochrony przyrody są liczne, wywołane pobudkami zarówno uczuciowo-idealnymi jak i utylitarnymi. Ochraniamy więc przyrodę z motywów *estetycznych*, chcąc zachować jej piękno w niezmienionym stanie, bowiem obok sztuki — dzieła człowieka kulturalnego, piękno przyrody jest najważniejszym źródłem uczuć i przeżyć estetycznych. Motywem *etycznym* jest poszanowanie życia innego i nie niszczenie go bez uzasadnionej naprawdę potrzeby. Wypływa motyw ten z wyczucia faktu, że zniszczyć życie jest łatwo, lecz raz zniszczonego odtworzyć już nie można w tym samym stanie. Prawdziwie miłujący i rozumiejący przyrodę człowiek uznaje prawo do życia każdej istoty, o ile ta w sposób wyraźny nie przeciwstawia się jego życiu. Motyw ten sprowadzić można do głębokich myśli św. Franciszka, jak żyć należy: cały świat jest dla każdego. Odpowiada to mniej więcej pojęciu prawdziwej wolności: tam się kończy moja

wolność, gdzie zaczyna się wolność drugiego. Pojęcie to rozciągamy także i na Przyrodę.

Dla nas szczególnie ważnym jest motyw *naukowy*. Przyroda w swej całości i pierwotnej, niezmienionej postaci jest jakby wielkim laboratorium, gdzie na każdym kroku dokonują się „eksperymenty", a przyrodnicy, biologowie, geologowie i geografowie badają prawa tych eksperymentów natury. Pomiędzy organizmami i otoczeniem istnieją jak to wiemy tysiączne związki, więzie łączące je w pewną całość zespołową, w biocenozę, jako zewnętrzny, globalny przejaw życia w danym miejscu. Cały glob ziemski pokrywa życie wielkim, różnorodnym kobiercem, utworzonym z najrozmaitszych biocenoz, czyli zespołów roślin i zwierząt, powiązanych ze sobą i uzależnionych od fizycznych warunków siedliska. Normalnie zespoły życia pozostają w równowadze biologicznej. Żaden z członów łańcuchów odżywczych nie może nadmiernie się rozradzać bez wywołania działania sił przeciwstawnych, tak że najczęściej nie bywa doszczętnie wytępiony. Są to prawa równowagi biologicznej, w pewnym stopniu analogiczne do równowag przyrody nieożywionej, znanych ze zjawisk fizycznych i chemicznych. Badanie tych równowag ułatwione jest szczególnie w przyrodzie najmniej zakłóconej interwencją człowieka. Idea Ochrony Przyrody, kierowana motywem naukowym, ma za zadanie możliwe zachowanie tej naturalnej tkaniny życia, którą najściślej i najłatwiej można badać w warunkach niezmienionych. Szczytowym tego zadaniem jest tworzenie rezerwatów i parków natury.

Z motywów naukowych wypływa także motyw utylitarny, *gospodarczy*, który zresztą w dobrze zrozumianym własnym interesie powinien zbliżać się do naukowego,

choć nie ma na oku względów idealnych lecz dobra materialne. Chodzi więc o dostosowywanie gospodarki ludzkiej, rolnej, leśnej, rybackiej, budowlanej i in. do praw równowagi biologicznej, panującej w przyrodzie. W taki tylko sposób uzyskujemy całkowitą względnie częściową gwarancję, zabezpieczającą od najrozmaitszych plag w postaci szkodników itp. klęsk żywiołowych, zazwyczaj zjawiających się w razie gwałtownych zaburzeń równowag biologicznych. Nadto dalej patrząca gospodarka człowieka w stosunku do przyrody tak powinna regulować czerpanie z niej bogactw, by eksploatacja w zasadzie nie przekraczała przyrostu naturalnego, wzorując się tym samym na kardynalnej zasadzie gospodarki w ogóle, zużytkowywania procentu bez naruszania kapitału zakładowego. Jest to punkt widzenia nastawiony na najdalszą metę, nie podcinający sobie samemu warunków egzystencji.

OCHRONA PRZYRODY A EKOLOGIA ZWIERZĄT

Dla ekologii zwierząt realizacja haseł ochrony przyrody ma szczególne znaczenie. Badanie zwierząt w ich naturalnym środowisku, najracjonalniejsze badanie, szczególnie jest ułatwione przez zachowanie naturalnych środowisk. Człowiek jak wiemy zmienia i to w bardzo szybkim tempie oblicze natury: karczuje lasy, osusza bagna, uprawia stepy, zatruwa wody, stwarza nowe, kulturalne tereny i zbiorniki wodne, niszcząc tym samym naturalne środowiska, zasiedlone przez zrównoważone zespoły. Giną więc one w różnych miejscach bezpowrotnie, dotknięte nie tylko bezpośrednio, ale przede wszystkim przez zmianę względnie odbieranie organizmom niezbędnych warunków bytu, przez wpływ pośredni, ekologiczny.

Z punktu widzenia ekologicznego spełniają też najdonioślejszą rolę postulaty i hasła nie tylko ochrony indywidualnej czy gatunkowej, stosowane w odniesieniu do najbardziej zagrożonych w swym bycie zwierząt, ile przede wszystkim szczytowe cele i zadania ochrony przyrody, tworzenie mniej lub więcej rozległych *rezerwatów*, naturalnych środowisk życia, o zrównoważonych zespołach organizmów, niezakłóconych niszczącymi wpływami człowieka.

Rezerwaty takie, uosabiające wycinki przyrody pierwotnej, gdzie indziej całkowicie lub częściowo zniszczonej, słusznie porównano do naturalnych laboratoriów przyrody — terenu pracy ekologów. W nich będą mogli poznawać biologiczne więzi łączące ze sobą organizmy, zależne także od otaczających fizycznych warunków środowiska. Badając organizmy w ich naturalnym środowisku uczymy się w taki sposób poprawnego, moralnego stosunku do przyrody, polegającego na niezakłócaniu naturalnego biegu jej procesów, na niezakłócaniu biologicznej równowagi i gospodarki przyrody, którą właśnie poznaje ekologia.

Tak jak tworzenie rezerwatów przyrody jest najwyższym niejako stadium rozwoju idei Ochrony Przyrody, tak ekologia jest najwyższym, najbardziej naturalnym i syntetycznym stadium badania biologicznego.

EKOLOGIA ZWIERZĄT A ŻYCIE PRAKTYCZNE

Nie tylko jednak z teoretyczno naukowych względów ekologia wysuwa się dzisiaj na jedno z przodujących miejsc wśród nauk biologicznych. Ma ona także wielkie znaczenie praktyczne. Jej rola pod tym względem rośnie z dnia na dzień, głównie dlatego, że przedmiotem jej jest

nowoczesna, na najszerszej podstawie oparta historia naturalna organizmów. Jej znaczenie wypływa z badania organizmów w naturalnym kompleksie przyrody, z badania zespołowego, z szacowania roli każdego organizmu w gospodarce przyrody. Zrozumiałym więc staje się jej szczególne znaczenie odnośnie organizmów, którymi z tych czy innych względów zainteresowany jest człowiek.

Problemy życia praktycznego, bezpośrednio zatrącające o ekologię zwierząt, która też bardziej niż jakakolwiek inna nauka jest w stanie problemy te wyjaśniać, według Eltona grupują się wokoło czterech głównych dziedzin: chorób człowieka i zwierząt domowych; szkodników w rolnictwie, leśnictwie, sadownictwie i w zapasach ludzkich; rybactwa śródlądowego i morskiego, włączając w ostatnie i wielorybnictwo; ochrony ssaków, ptaków, przemysłu futrzanego i w ogóle łownej zwierzyny. Jakkolwiek dziedziny te nie obejmują jeszcze wszystkich spraw życia praktycznego z którymi ekologia pośrednio się styka (np. zanieczyszczanie i samooczyszczanie się wód, problemy aklimatyzacji i udomowienia etc.), to jednak są one niewątpliwie najrozleglejsze i najważniejsze.

We wszystkich odnośnych badaniach praktycznych trzeba wyraźnie odróżniać same zagadnienia ekologiczne wiążące się ściśle z historią naturalną badanych organizmów, od metod walki względnie ochrony, jakie należy zastosować w następstwie tego badania. Przy czym ostatnie mogą być ekologicznej natury albo nie.

Pierwszym więc punktem programu praktycznych badań ekologicznych będzie zawsze zbieranie jak najdokładniejszych danych o *historii naturalnej* odnośnych organizmów czyli danych ekologicznych. Jest to praca podstawowa. Żadnej skutecznej walki ze szkodnikami ani

chorobotwórczymi zwierzętami nie da się przeprowadzić, podobnie jak i ochrony gatunków użytkowych czy hodowlanych bez dokładnego poznania ich życia, bez jak najściślejszych danych o ich obyczajach, warunkach bytu, siedliskach, rozsiedleniu, liczebności etc.

Dopiero z poznania szeroko pojętej ekologii tych organizmów wypływa drugi punkt programu skutecznych metod walki ze szkodnikami i chorobotwórczymi organizmami, a ochrony racjonalnej, protekcji względnie regulacji ilościowej w stosunku do gatunków przemysłowych i użytkowych. W odniesieniu do szkodników na przykład badanie ekologiczne ujawnia zawsze w ich życiu „słabe punkty", na które wysiłki człowieka, zmierzające ku opanowaniu szkodnika, winny być specjalnie skierowane. Niekoniecznie ta walka stosowana jest środkami natury ekologicznej, można zwalczać szkodnika środkami mechanicznymi, chemicznymi, ogólnogospodarczymi przez wzmożenie siły i odporności roślin atakowanych etc., ale ekologia, poznając życie organizmu w *warunkach naturalnych,* wskazuje najczęściej i na środki zaradcze, jakie stosować należy.

W innych razach akcja człowieka przybiera cechy walki swoiście ekologicznej, np. przez niszczenie siedlisk w tym czy innym okresie życia niezbędnych dla rozwoju szkodnika czy przenosiciela zarazków chorobotwórczych, jak w przypadku muchy tse-tse, z którą walka okazała się najskuteczniejszą przez palenie krzaków, stanowiących jej wybrane siedliska.

Najbardziej jednak znaną z ekologicznych metod walki ze szkodnikami, względnie przenosicielami zarazków chorobotwórczych, jest tzw. *metoda biologiczna* stosowana zwłaszcza z powodzeniem w wielu krajach pozaeuropejskich w Ameryce Północnej, Australii etc. W taki

np. sposób opanowano plagę brudnicy nieparki w Stanach Zjednoczonych i cały szereg innych szkodników, o których już tu i owdzie wspominaliśmy przy omawianiu świadomej aklimatyzacji przez człowieka gatunków zwierzęcych. Głęboki sens ekologiczny tej metody polega na wyzyskaniu naturalnych pasożytów względnie drapieżców dla walki ze szkodnikami, które są ich naturalnym pokarmem, albo też spełniają rolę żywicieli dla rozwijających się w ich ciele larw pasożytnych. Metoda biologiczna walki opiera się więc na dokładnym poznaniu ekologicznych łańcuchów odżywczych — treści życia zespołowego.

Stosowanie metod ekologicznych ku ochronie zwierząt łownych, podobnie jak i w rybołówstwie, w znacznym stopniu sprowadza się do regulacji stosunków ilościowych, do utrzymywania stada na ilościowym pozomie *optymalnym*, który nie groziłby jego zniszczeniem. Zadaniem ekologicznej metody jest stosowanie rozmaitych środków uchylających nadmierne oscylacje liczbowe i utrzymywanie gęstości stada na takim poziomie, który nie byłby ani zbyt niski (np. przez nadmierny odstrzał czy odłów), na dalszą metę nieekonomiczny, ani też zbyt wysoki, co mogłoby automatycznie pociągać groźne w zasadzie dla stada działanie środków niszczących, przeciwstawnych, w postaci drapieżców, pasożytów, epidemij, lub osłabienia wzrostu, zdrobnienia form w następstwie niedostatecznego pokarmu, jak to obserwowano na terenach morskich przez dłuższy czas nieodławianych (rejony Drogerbanku podczas wielkiej wojny).

Widzimy więc, że ekologia jest nauką tryskającą życiem. Nie tylko przez swój czarujący przedmiot, badanie zjawisk życia w naturalnym otoczeniu, w krajobrazie, w zespole, na tle siedliska, nie tylko przez najbardziej

moralne podejście do przyrody, polegające na jak najmniejszym zakłócaniu jej zharmonizowanych stosunków, ale i przez wysokie nastawienie życiowe, praktyczne. Ogarnia ona i przenika sobą coraz większy zakres nauk biologicznych, zazębia się i przeplata z innymi dziedzinami wiedzy, wkracza wszechwładnie w stosowane działy nauk przyrodniczych. Dzięki naturalnemu, syntetycznemu ujmowaniu zjawisk i badaniu jak najszerzej pojętej historii naturalnej organizmów i życia zbiorowego, szybkimi bardzo krokami zmierza do zajęcia przodującego miejsca zarówno wśród teoretycznych jak i praktycznych gałęzi biologii.

OGÓLNA LITERATURA PRZEDMIOTU

POLSKA

Adolph W. — Zespoły wiosenne pszczół w Ponarach pod Wilnem Prace Tow. Przyj. Nauk w Wilnie, 1937.

Błędowski R. — Uwagi nad sówką sosnówką (Panolis flamea) w Polsce, a w szczególności na Pomorzu, Las Polski, Warszawa, 1924.

Bowkiewicz I. — Życie wód słodkich, Bibl. Biologiczna, nr 3, Gebethner i Wolf, Warszawa, 1927.

Chrostowski T. — Parana, wspomnienia z podróży w roku 1914, Poznań, 1922.

Demel K. — Zwierzę i środowisko, Wszechświat, 1913.

— Fauna jaskiń ojcowskich, Spr. T. N. W., Warszawa, 1918.

— Fauna zimowa w źródłach wigierskich, Prace St. Hydrob. na Wigrach, 1922.

— Ugrupowanie etologiczne makrofauny litoralnej jez. Wigierskiego, Prace Inst. im. Nenckiego, Warszawa, 1923.

— Nad Wigrami — szkice naturalisty, Cieszyn, 1924.

— Zbiorowiska zwierzęce na dnie morza polskiego, Spr. Kom. Fizj P. A. U. 1926.

— Biologia morza, Bibl. Biolog., nr. 4, Gebethner i Wolf, Warszawa, 1927.

— Kilka uwag o badaniu zespołowego życia zwierząt, Czasopismo Przyrodnicze, Łódź 1931.

— Studia nad fauną denną i jej rozsiedleniem w polskich wodach Bałtyku, Arch. Hydrob. i Ryb., 1935.

— Roczny cykl życia Bałtyku przy Helu, Kosmos A, Lwów, 1939.

— Życie Morza. Zarys Oceanografii Biologicznej. Wyd. Instytutu Bałtyckiego, 1947.

Dobrowolski A. B. — Wyprawy polarne, II. wyd., Warszawa 1925.

Dunajewski A. — Ptaki wodne i ich znaczenie w rybactwie, Warszawa, 1943.

Dyakowska I. — Przymierze z przyrodą, Biblioteczka Biologiczna, nr 9, Książnica-Atlas.

Dyakowski B. — Wędrówki zwierząt i roślin, Gebethner i Wolf, Warszawa, 1920.

— Historia naturalna, kurs niższy ułożony podług zbiorowisk cz. I. i II., Arct. Warszawa.
Frydrychiewicz I. — Z ekologii zwierząt leśnych, Las Polski, 1937.
Gieysztor M. — Warunki życia w drobnych zbiornikach wodnych, Wszechświat, 1934.
Gumplowicz W. — Stepy i pustynie jako środowisko zoogeograficzne, Przegląd Geograficzny, 1920.
Humboldt A. — Obrazy natury, tłum. Urbańskiego, Petersburg, 1860.
Jakubski A. — W krainach słońca, Lwów, 1914.
— Rola zoologii w zadaniach ochrony przyrody, Ochrona Przyrody, 1924.
— Naczelne problematy zoogeografii, Czasopismo Geograficzne, 1924
Koźmiński Z. — O termice jeziornej, Wszechświat, 1933.
— O gospodarce tlenowej jezior, Wszechświat, 1936.
Kuntze R. — Wpływ człowieka na skład fauny, Przyroda i Technika, 1926.
— Z rozważań nad podstawowymi zasadami ekologii zwierząt, Przyroda i Technika, 1934.
— Charakterystyka entomofaunistyczna ścianki Wołczynieckiej pod Stanisławowem, Pol. Pismo Entomologiczne, 1937—1938.
— Problemy fauny stepowej w połud.-wschodn. Polsce, Przyroda i Technika, 1938.
— Zarys zoologii ogólnej (rozdział: Ekologia), Warszawa, 1943.
Kuntze R. i Noskiewicz I. —Zarys zoogeografii polskiego Podola, Prace Nauk. Wydz. T. N. we Lwowie, Lwów, 1938.
Lityński A. — Jezioro Wigry jako zbiorowisko fauny planktonowej, Prace St. Hydrob. na Wigrach, 1922.
— Studia limnologiczne na Wigrach, cz. I., Arch. Hydrob.
— Biocenoza i biosocjacja, Arch. Hydrob. i Ryb., 1938.
Marchlewski J. — Zwierzęta ginące i ich ochrona, Biblioteczka Biologiczna, Książnica-Atlas.
Mikulski J. St. — Z ekologii wyspy Niedźwiedziej, Wszechświat, 1935.
— Z zagadnień ekologii zwierząt, Biblioteczka Biolog., Książnica-Atlas.
— Metoda badań i potrzeba ochrony biocenoz naturalnych w przyrodzie. Pam. XX Zjazdu P. R. O. P., Kraków 1947.
Mokrzecki Z. — Monofagizm i polifagizm u owadów biologicznie związanych z roślinami, Choroby Roślin, Warszawa 1931.
Moszyński A. — Badania faunistyczne i zagadnienia biocenologii, Czasopismo Przyrodnicze, 1933.

Niezabitowski E. L. — Kopce ziemne sypane przez mrówki po pastwiskach Galicji Wschodniej, Kosmos, Lwów, 1911.
— Stosunek człowieka do zwierząt, Wyd. Tow. Przyr. im. Staszica, Łódź, 1930.
Nowicki Sw. — Nowe prądy w ekologii szkodliwych owadów, Las Polski, 1937.
— Wrogowie i sprzymierzeńcy naszych lasów, sadów i pól, Biblioteczka Biologiczna, Książnica-Atlas.
Paczoski J. — Podstawowe zagadnienia geografii roślin, Poznań, 1933.
— Zagadnienia biocenotyki, Poznań, 1938.
Petrusewicz K. — Podstawowe pojęcie biocenologii, Bibl. Koła Przyr. Sł. U. S. B. , Wilno, 1936.
— Woda jako czynnik ekologiczny w życiu zwierząt lądowych, Wszechświat, 1937.
— Próba sprecyzowania niektórych pojęć biocenologicznych, Kosmos B, Lwów, 1937.
Poliński W. — Z najnowszych zagadnień zoogeografii ekologicznej, Wszechświat, 1911.
Rostafiński J. — Nauka o przyrodzie, Ossolineum, Lwów—Warszawa—Kraków.
— Botanika na klasy wyższe, Ossolineum, Lwów—Warszawa—Kraków
Roszkowski W. — Fauna głębinowa Lemanu, Wszechświat 1911.
Sarasin P. — Światowa ochrona dzikiej fauny, Wyd. P. R. O. P., Kraków 1929.
Siedlecki M. — Państwa zwierzęce, Kraków 1916.
— Jawa, przyroda, sztuka, kartki z podróży, Warszawa.
Simroth H. — Biologia zwierząt, tłum. J. Sosnowski, Warszawa 1905.
Sokołowski J. — Wędrówki ptaków, Warszawa 1929.
Szafer W. — Skarby przyrody (praca zbiorowa), Warszawa 1932.
— O fenologicznych porach roku w Polsce, Kosmos, Lwów 1922.
Szymkiewicz W. — Ekologia roślin, Lwów 1932.
Tarwid K. — Muchówki mieszkaniowe, M. Arct, Warszawa 1935.
— O ilościowym występowaniu zwierząt w przyrodzie i czynnikach je regulujących, Wszechświat 1936.
Warming E. — Zbiorowiska roślinne, zarys ekologicznej geografii roślin, Warszawa 1900.
Wiszniewski J. — O życiu w wilgotnych piaskach, Wszechświat 1933.
— Badania ekologiczne nad psammonem, Arch. Hydr. i Ryb., 1934.

OBCA

Adams Ch. — Guide to the study of animal ecology, New York 1913.
Allee W. C. — Animal agregations, Chicago 1931.
Beklemiszew W. N. — Osnownyje poniatia biocenołogji w priłożenji k żiwotnym komponientam naziemnych soobszczestw Trudy po Zaszczitie Rastienij, 1931.
Borradaile L. A. — The animal and its environment, London, 1923.
Boubier M. — L'oiseau et sou milieu, Flammarion, Paris 1922.
Buxton P. A. — Animal life in deserts, Cambridge 1924.
Chapman R. N. — Animal ecology, with especjal reference to insects, New York and London 1931.
Clements and Shelford V. — Bioecology, N. Y. II Ed. 1946.
Cuénot L. — L'influence du milieu sur les animaux, Masson, Paris 1894
— La genèse des espèces animales, 2 éd. Alcan, Paris 1921.
Dahl Fr. — Grundlagen einer ökologischen Tiergeographie, I. u. II., Jena 1921—1923.
— Anleitung zu zoologischen Beobachtungen, Leipzig 1929.
Dogiel W. A. — Kaliczestwiennyj analiz ługow w Pietiergofie, R. Zool. Żurn. 1924.
Elton Ch. — Animal ecology, London 1927.
— The ecology of animals, London 1931.
— Exploring the Animal World, London 1933.
Forbes. S. A. — On the food relations of fresh water fishes, Ill. St. Lab. Nat. Hist. 1888.
— Ornithological cross-section of Illinois in autumn, Bull. Ill. St. Lab. Nat. Hist., 1917.
Friderichs K. — Die Grundlagen u. Gesetzmässigkeiten der Land- und Forstwissenschaftlichen Zoologie I u. II, Berlin, 1930
— Ökologie als Wissenschaft von der Natur, Bios, Leipzig 1937.
Gams H. — Prinzipienfragen d. Vegetationsforschung, Vierteljahrschrift natur. Ges., Zürich, 1918.
Gauze. G. F. — O niektórych osnownych problemach biocenologji R. Zool. Żurn., Moskwa 1936.
Germain L. — La vie des animaux à la surface des continents Paris 1924.
Haviland M. V. — Forest, steppe and tundra, Cambridge 1926.
Hentschel E. — Grundzüge der Hydrobiologie, Jena 1923.
Hesse R. — Tiergeographie auf ökologischer Grundlage, Jena 1924 przekład angielski: Ecological animal geography, Chicago 1937.
Howard H. E. — Territory in bird life, London 1920.

Kaszkarow V. N. — Osnowy ekołogii żiwotnych, Moskwa—Leningrad 1938. II wyd. 1945.

Klugh A. — A common system of classification in plant and animal ecology, Ecology 1923.

Martonne E. de — Traité de géographie physique, tome III Biogéographie, 4 wyd., Paris 1927.

Matthew W. D. — Climat and evolution, New York 1915.

Möbius K. — Die Auster u. die Austernwirtschaft, 1877.

Palmgren P. — Zur Synthese pflanzen- und tierökologischen Untersuchungen, Acta Zool. Fennica 1930.

— Quantitative Untersuchungen über die Vogelfauna in den Wäldern Südfinlands, Acta Zool. Fennica 1930.

Pearse A. S. Animal ecology, New York and London 1926. (II wyd. 1939).

Picard F. — Les phénomènes sociaux chez les animaux, Paris 1933

Prenant M. — Géographie des animaux, Paris 1933.

— Adaptation, écologie et biocénotique, Hermann, Paris.

Puzanow J. J. — Zoogeografia, Moskwa 1938.

Ratzel F. — Lebensraum, Tübingen 1901.

Semper K. Die natürlichen Existenzbedingungen der Tiere, Leipzig 1880.

Shelford V. S. — Animal communities in Temperate America, Chicago 1913.

— Principles and problems of Ecology as illustrated by animals, Journal of Ecology 1915.

— Laboratory and field ecology, Baltimore 1929.

Shelford V. S. and Clements — Bioecology N. Y. 1939, II wyd. 1946.

Stowell Th. — The book of animal life, London 1935.

Thienemann A. — Die Binnengewässer Mitteleuropas, Stuttgart 1925.

— Leben und Umwelt, Bios, 1941.

Thomson G. — The naturalisation of animals and plants in New Zealand, 1922.

Vernadsky W. — La biosphère, Alcan, Paris 1929.

Volterra V. — Leçons sur la theorie mathématique de la lutte pour la vie, Gauthier-Villars, Paris 1931.

Władimirskij A. P. — Riezultaty kaliczestwiennawo uczota fauny otdzielnych rastienij, Leningrad 1923.

SPIS RZECZY

Wstęp

Zadania ekologii zwierząt. — Główne działy ekologii zwierząt i związek ich z innymi naukami. Ekologia roślin i zwierząt. Rys historyczny ekologii . . . . . str. 8

Rozdział I.

Woda i ląd — dwa główne środowiska życia.

Światy przeciwieństw. Warunki oddychania w wodzie. Zwierzęta wtórnie wodne. Zasadniczy środowiskowy podział zwierząt wodnych. Ogólne cechy zwierząt lądowych. Konsekwencje biologiczne wypływające z różnic gęstości obu środowisk. Lokomocja w wodzie i na lądzie. Bentos osiadły. Nekton albo pływacy aktywni. Warunki unoszenia się w toni wodnej: plankton. Biologiczne typy zwierząt lądowych. Ogólne uwagi o czynnikach środowiska wodnego i lądowego . . . . . str. 22

Rozdział II.

Zwierzę i klimat.

Wpływ światła. Dzienne i nocne życie zwierząt. Temperatura. Termiczne warunki rozrodu. Zwierzęta zmiennocieplne i stałocieplne. Wilgotność. Ekologiczna rola wiatru i ciśnienia powietrza. Działanie klimatu jako całości. Życie sezonowe zwierząt. Wędrówki ptaków. Typy klimatyczne roślin i zwierząt. Klimat a ewolucja grup zwierzęcych . . . . . str. 68

Rozdział III.

Wpływy podłoża.

Krajobrazowa i glebotwórcza rola fauny ziemnej. Kopce ziemne sypane przez mrówki. Drobna fauna gleby. Mikrozespoły gleby: edafon i psammon. Wpływ czynników terenowych. Ekspozycja siedlisk. Fizyczna struktura gleby. Skład chemiczny podłoża. Rola wody i powietrza w glebie. Temperatura gleby. Życie ziemne a typ ekologiczny zwierzęcia. Mozaikowość siedlisk . . . . . str. 121

Rozdział IV.

Czynniki biotyczne.

Ogólne uwagi o czynnikach biotycznych. Szata roślinna jako siedlisko zwierząt. Walka o pokarm — zasadniczym czynnikiem biotycznym. Typy odżywcze zwierząt. Klasyfikacja zależności międzygatunkowych. Świat pasożytów. Obrona życia przed nieprzyjaciółmi. Konkurencja między gatunkami. Rozród i miejsca gniazdowania. Walka o miejsce i pokarm w okresie rozrodu. Współzależności intraspecyficzne: ekologia rozrodu. Płodność i biotyczny potencjał gatunku. Życie gromadne Społeczeństwa owadów . . str. 155

Rozdział V.

Zasady życia zespołowego.

Pojęcie i definicja zespołu. Czynniki równowagi biologicznej zespołu. Zasady klasyfikacji zespołów. Amerykańska terminologia dla zwierzęcych składników zespołu. Analiza zespołu zwierzęcego. Biologiczny spektr zespołu. Gospodarka odżywcza zespołu. Struktura ilościowa i pojęcie dominacji. Dobowe zmiany zespołu. Sezonowy aspekt zespołów. Sukcesja ekologiczna. Metodyka badań ilościowych: zespoły wodne. Badanie ilościowe zespołów lądowych . . . . . str. 202

Rozdział VI.

Zespoły środowisk wodnych.

Morze a wody śródlądowe. Fizyczne warunki środowiska morskiego. Wpływ zasolenia i gazów na selekcję zespołów. Warunki odżywiania w morzu. Ekologiczny podział morza. Denne zespoły litoralu. Namorzyny i rafy koralowe. Zespoły eupelagialu. Batypelagial. Denna fauna abysalu. Wody słodkie i ich podział ekologiczny. Zespoły życia w wodach stojących: jeziora. Ekologiczna klasyfikacja jezior. Drobne zbiorniki wód stojących. Wody bieżące . . . . . str. 251

Rozdział VII.

Główne formacje lądowe.

Ekologiczny podział lądów. Dziedzina leśna: gorące lasy równikowe. Lasy stref umiarkowanych. Przestrzenie otwarte: sawanny krain gorących. Stepy umiarkowane. Życie zwierzęce pustyń. Fauna tundry polarnej. Błota i pobrzeża wód śródlądowych. Brzeg morski. Syntetyczne środowisko górskie. Wyspy — dziedzina izolacji. Dziedzina podziemna: fauna jaskiniowa . . . . . str. 316

Rozdział VIII.

Zwierzę i człowiek.

Człowiek jako czynnik zmian świata zwierzęcego. Próba klasyfikacji wpływów człowieka na świat zwierząt. Niszczycielski wpływ człowieka na zwierzęta. Nieświadome roznoszenie zwierząt przez człowieka. Świadoma aklimatyzacja. Pośredni wpływ człowieka na faunę. Przegląd środowisk stworzonych przez człowieka: pola uprawne. Zespoły łąkowe i pastwiska. Las sztuczny. Parki i ogrody. Wsie i miasta. Fauna domostw ludzkich. Idea ochrony przyrody jako przeciwwaga niszczycielskim i modyfikującym wpływom człowieka. Ochrona przyrody a ekologia zwierząt. Ekologia zwierząt a życie praktyczne . . . . . str 370

Ogólna literatura przedmiotu . . . . . str. 414

BIBLIOTEKA WIEDZY

1 CLARENCE AUGUST CHANT
CUDA WSZECHŚWIATA
łatwy wstęp do poznania nieba, z 132 ilustr.
wydanie drugie str. 193

2 LASSAR-COHN
CHEMIA W ŻYCIU CODZIENNYM
z 28 rysunkami str. 292

3 SIR JAMES JEANS
NOWY ŚWIAT FIZYKI
wydanie drugie z 7 ilustracjami str. 167

4 PAWEŁ DE KRUIF
ŁOWCY MIKROBÓW
wydanie trzecie z 18 ilustracjami str. 322

5 WILLIAM BEEBE
W GŁĘBINACH OCEANU
wydanie drugie z 50 ilustr. i mapą str. 180

6 SIR WILLIAM BRAGG
TAJEMNICE ATOMU
z 57 figurami i 32 tabl. zawierającymi
74 ryciny str. 185

7 W. BUDDENBROCK
ŚWIAT ZMYSŁÓW
z 59 rysunkami str. 245

8 Inż. E. PORĘBSKI
WIELCY TWÓRCY NAUKI
wydanie drugie z 58 portretami str. 304

9 Prof. JAN CZEKANOWSKI
CZŁOWIEK W CZASIE I PRZESTRZENI
wydanie drugie z 95 ilustr. i mapami str. 280

10 W. H. BOULTON
WIECZNOŚĆ PIRAMID I TRAGEDIA POMPEI
z nowych badań archeologii
z 75 ilustracjami i tablicą barwną str. 256

11 PAWEŁ DE KRUIF
autor „Łowców mikrobów"
WALKA NAUKI ZE ŚMIERCIĄ
wydanie drugie z 16 ilustracjami str. 394

12 J. WEYSSENHOFF, C. BIAŁOBRZESKI,
L. WERTENSTEIN, S. SZCZENIOWSKI
OD GWIAZDY DO ATOMU
wydanie drugie z 46 ilustracjami str. 238

13 JAMES KENDALL
NOWOCZESNA ALCHEMIA
z 62 ilustracjami i 16 tablicami str. 256

14 H. G. WELLS
HISTORIA ŚWIATA
z 40 ilustracjami i 10 mapami str. 346

15 E. HAWKS
DZIWY PRZYRODY
wydanie drugie str. 250

16 K. FRISCH
ŻYCIE PSZCZÓŁ
wydanie drugie z 96 ilustracjami str. 163

17 H. i M. VOWLES
CZŁOWIEK I SIŁY PRZYRODY
z 25 ilustracjami str. 229

18 Dr ARTUR HAAS
ZASADY FIZYKI
Światło — Elektryczność — Ciepło — Materia
z 76 ilustracjami str. 309

19 E. HAWKS
DZIWY POWIETRZA I WODY
z 83 ilustracjami str. 248

20 WILLIAM BEEBE
923 METRY W GŁĄB OCEANU
z 95 barwnymi i czarnymi ilustr. str. 318

21 Dr LUDWIK GROSS
LUDZKOŚĆ W WALCE O ZDROWIE
z 7 portretami str. 333

22 E. DIMNET
SZTUKA MYŚLENIA
wydanie drugie str. 122

23 WILLIAM BEEBE
KRAINA WÓD NONSUCH
z 55 ilustracjami str. 210

24 H. W. VAN LOON
GEOGRAFIA W KALEJDOSKOPIE
z 16 barwnymi tablicami i 59 rysunkami str. 389

25 Prof. Dr R. GOLDSCHMIDT
WSTĘP DO NAUKI O ŻYCIU
z 161 ilustracjami str. 327

27 HENRI DE VIBRAYE
MITOLOGIA
z 32 rotograwiurami str. 212

28 RITCHIER CALDER
NARODZINY PRZYSZŁOŚCI W RETORCIE UCZONYCH
z 8 ilustracjami str. 250

29 M. A. NOURSE
DZIEJE 400 000 000 NARODU
Chiny od czasów najdawniejszych do chwili obecnej.
Z 6 mapami i 47 ilustracjami str. 324

30 SIR ARTHUR EDINGTON
NAUKA NA NOWYCH DROGACH
z 4 ilustracjami str. 310

31 PAWEŁ DE KRUIF
POGROMCY GŁODU
str. 342

32 Dr ALEXIS CARREL
CZŁOWIEK ISTOTA NIEZNANA
z portretem autora str. 272

33 T. R. GLOVER
ŚWIAT STAROŻYTNY
z 98 ilustracjami i 8 mapami str. 336

34 ALBERT DRYJSKI
MÓZG I DUSZA
z 57 ilustracjami str. 288

35 WILLIAM BEEBE
GALAPAGOS
Na krańcach świata
z 84 barwnymi i czarnymi ilustr. str. 346

36 M. BOLL
ZAGADKI ZJAWISK FIZYCZNYCH
z 60 ilustracjami

38 Prof. Dr R. GOLDSCHMIDT
NAUKA O DZIEDZICZNOŚCI

39 Witold Jabłoński, Ian Przyłuski, Rudolf Ranoszek, Stanisław Schayer, Antoni Śmieszek, Tadeusz Zieliński
RELIGIE WSCHODU

40 Dr A. Sołtan, J. Mazur, dr W. Kapuściński, S. Szczeniowski, dr L. Wertenstein
TRYUMFY EKSPERYMENTU I JEGO GRANICE

41 P. SCHMITZ
WSZECHISLAM

42 F. A. KIRKPATRICK
ZDOBYWCY AMERYKI

43 A. G. MACDONELL
NAPOLEON I JEGO MARSZAŁKOWIE

44 H. GIERSBERG
HORMONY

45 R. NACHTWEY
ŚWIAT W KROPLI WODY

46 VAN LOON
DZIEJE ZDOBYCIA MÓRZ
SIEDEM TYSIĘCY LAT NA OCEANACH

47 PIERRE GAXOTTE
FRANCUSKA WIELKA REWOLUCJA

48 GAETANO MOSCA
HISTORIA DOKTRYN POLITYCZNYCH

49 LUDWIK GROSS
SIEWCY CHORÓB I ŚMIERCI

(Dalsze tomy w druku)

Biblioteka Główna
Akademii Sztuki Wojennej
2562/2
12-002562-000-0