

Uniknąć samozagłady



BOŻENA SOSAK-ŚWIDERSKA
 Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego,
 Warszawa
 Instytut Ekologii i Bioetyki
 Centrum Badań Ekologicznych, Dziekanów Leśny
 Polska Akademia Nauk
 bozena.sosak@wp.pl
 Dr Bożena Sosak-Świdarska zajmuje się
 ekotoksykologią i ochroną środowiska

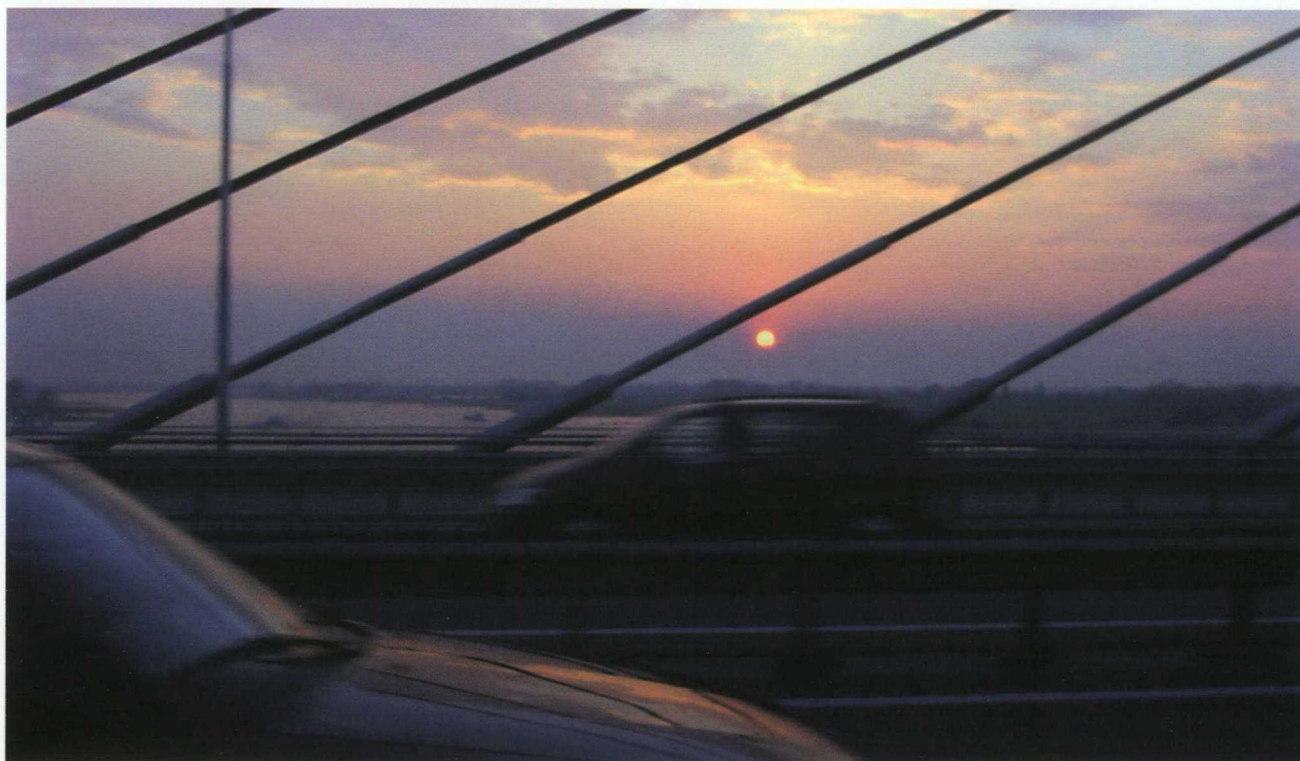
Aby przeciwdziałać negatywnym skutkom rozwoju cywilizacji i chronić różnorodność gatunkową na Ziemi, potrzebna jest nam wiedza o organizacji ekosystemów

Idea zrównoważonego rozwoju, zapoczątkowana przez botanika Jana Christiaana Smutsa, odnosiła się do prawidłowej interpretacji rzeczywistości przyrodniczej i głosiła, że całość nie da się sprowadzić do sumy części, a świat

podlega ewolucji, w której toku wyłaniają się coraz to nowe całości. Takie właśnie podejście do zjawisk przyrodniczych stało się podstawą teorii synergizmu, jednej z ważniejszych w ekologii i ochronie środowiska, polegającej na ocenie tzw. efektu zwiększonego. Teoria ta najbardziej rozpowszechniona została w ekotoksykologii w odniesieniu do wzajemnego szkodliwego lub toksycznego oddziaływania różnych substancji chemicznych obecnych w środowisku i przedostających się do organizmów.

Groźba zanieczyszczeń

Rozwój cywilizacji, często kojarzony z dobrostanem, ma też wiele negatywnych skutków, np. dla różnorodności ekologicznej. Wpływy antropogeniczne są właśnie tym, co najczęściej zaburza równowagę w ekosystemach. Jest to związane z przemysłem, rolnictwem, budową szlaków komunikacyjnych. Wiemy o toksycznym działaniu metali ciężkich (zwłaszcza rtęci, ołowiu, kadmu), niemetalicznych związków nieorganicznych (jonów cyjankowych, azotanowych), substancji gazowych (tlenków węgla, siarki, azotu lub ozonu), trwałych związków organicznych (WWA



Bożena Sosak-Świdarska

Zatrzymany czas na szlaku komunikacyjnym. Rozwój cywilizacji, kojarzony z dobrostanem, ma też wiele negatywnych skutków

Ekologiczne podstawy idei zrównoważonego rozwoju

– wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych lub polichlorobifenyli – PCB). Dlatego ekotoksykologia jest dziś jedną z najprężniej rozwijających się dziedzin nauki.

Zagrożenia chemiczne sięgają nie tylko łańcuchów pokarmowych, ale i całych złożonych sieci troficznych. Toksyczne związki mogą się odkładać w środowisku. Ingerencja tych substancji jest niepożądana: szkodliwa lub wręcz toksyczna. Ekotoksykologia analizuje, na których poziomach organizacji przyrody jest najbardziej niepożądana i jakie mogą być jej bezpośrednie skutki. Oceniane są zmiany biologiczne. Precyzyjnie określa się różnice fizjologiczne i morfologiczne na poziomie komórek, tkanek i organów. Dzięki rozwojowi technik molekularnych można też obserwować zmiany na poziomie białek i genów modyfikowanych w wyniku adaptacji organizmu do środowiska.

Jest kilka możliwych szlaków, którymi substancje toksyczne dostają się do ekosystemów: przez wodę, glebę, powietrze i pokarm. Te szlaki mogą się krzyżować. Ekotoksykologia określa zachowanie się danej substancji na kolejnych poziomach organizacji przyrody. Korzysta z wielu informacji dotyczących przemieszczania się substancji toksycznych między szlakami oraz wewnątrz nich (w wodzie, glebie, powietrzu czy też żywych organizmach). Bada przemieszczanie substancji chemicznych między strefami środowiska.

Do atmosfery zanieczyszczenia trafiają w wyniku parowania, do geosfery – przez adsorpcję, do hydrosfery – poprzez rozpuszczanie. W atmosferze najdłużej utrzymują się związki chemiczne o wysokiej prężności pary. Tempo kumulacji zanieczyszczeń zależy od temperatury. Często zanieczyszczenia pochodzące z cieplejszych rejonów kumulują się w obszarach polarnych. Skażenia trudno rozpuszczalne osiadają w glebie i osadach, łatwo rozpuszczalne są transportowane przez wodę. Substancje rozpuszczalne w tłuszczach mogą osadzać się w tkankach zwierząt i roślin, a nawet w organellach organizmów jednokomórkowych.

Samoregulacja i równowaga

Większość biocenoz składa się z dużej liczby pospolitych gatunków i niewielu rzadkich. Kształtowana jest przez dobór i liczebność składu oraz poprzez interakcje między organizmami. Organizację biocenozy opisuje się łańcuchowo, opierając się na relacjach, „kto kogo zjada”. We wszystkich biocenozach można wyróżnić poziomy troficzne – od poziomu producentów (autotroficznych roślin zielonych), po roślinożerców i po heterotroficzne zwierzęta drapieżne różnych rzędów. Niezwykle istotną rolę w biocenozach odgrywają mikroorganizmy tworzące poziom reducentów (destruenci), wśród których najbardziej istotne znaczenie mają bakterie i mikroskopijne grzyby pleśniowe. Niekiedy w obrębie jednego poziomu troficznego możemy wyróżnić *gildie* gatunków, pełniące ważną konkurencyjną rolę przy wykorzystywaniu tych samych zasobów pokarmowych. W obrębie sieci pokarmowych usadowione są gatunki klu-

zowe (ang. *keystone species*), które wpływają na strukturę biocenozy. To one decydują o stabilności biocenozy, czyli zdolności układu do powracania do stanu początkowego po zaburzeniach. Innym ważnym czynnikiem jest stałość systemu. Niekiedy jest ona osiągana dzięki izolacji i samoregulacji układu. Samoregulacja wynika z powtarzalności pewnych elementów w ekosystemach. Odbywa się poprzez sprzężenia zwrotne wewnątrz systemu, a punkt równowagi systemu jest uzależniany od elementów zewnętrznych. Najważniejszymi i najbardziej kontrowersyjnymi cechami ekosystemu są jego trwałość (utrzymywana dzięki stałości składu gatunkowego w biocenozie) i elastyczność (miara szybkiego powrotu do stanu początkowego po zaburzeniach). Najczęściej elastyczność powiązana jest z odpornością lub opornością układu na czynniki zaburzające. Warto pamiętać, że obserwowane przez nas żywe układy mają własną skalę czasową i w porównaniu z ludzką egzystencją mogą być niewiarygodnie odległe i odmienne.

Biosfera 2

Równowaga w przyrodzie jako wartość poddawana jest od wielu lat weryfikacji. Jednym z bardziej znanych tego typu eksperymentów jest „Biosfera 2”. W 1991 roku skonstruowano w Arizonie (USA) gazoszczelną szklarnię o powierzchni 1,3 ha i urządzono w niej sztuczny ekosystem złożony z różnych organizmów: drobnoustrojów, roślin, zwierząt i kilkorga ludzi, którym udało się przetrwać tam dwa lata. Wykorzystywali tylko naturalne mechanizmy biologiczne i promieniowanie słoneczne. Eksperyment „Biosfera 2” powtórzono w 1994 roku. Oba okazały się fiaskiem. Wcześniej, pod koniec lat 80., rozpowszechniane były w Europie i Azji kosztowne gadzety, tzw. ekosfery. Były to kuliste akwaria o średnicy ok. 15 cm, hermetycznie zamknięte, zawierające wodę morską i starannie wyselekcjonowany zespół organizmów utrzymujący homeostazę dzięki światłu słonecznemu.



Sukcesja na przyczeczu Mozy niedaleko Maastricht w Holandii
– obrastanie drzew bluszczem

Bożena Sosak-Swidarska



Badania ekotoksykologiczne w terenie – autorka nad Zalewem Sulejowskim w Zaręczynie

Naturalne biocenozy w przyrodzie nie są jednak tak stabilne jak „ekosfery”. Zmieniają się w czasie. Zmiany te mogą mieć charakter cykliczny (niekierunkowy) lub kierunkowy (sukcesja). W przypadku większości obserwowanych zmian w biocenozach nie jesteśmy w stanie określić wszystkich czynników, które je powodują. Oprócz antropresji są to: czas, liczba dostępnych siedlisk, struktura roślinności umożliwiająca tworzenie siedlisk dla zwierząt, konkurencja, która może być silniejsza w dogodnych środowiskach, gdzie organizmy mogą być wyspecjalizowane i mieć wąskie nisze, drapieżnictwo, klimat i jego zmienność, produktywność, zaburzenia, które mogą ustrzec przed zdominowaniem w konkurencji.

W skali regionalnej najważniejszymi czynnikami są historia i klimat, natomiast w skali lokalnej to heterogenność przestrzeni, drapieżnictwo, mutualizm i konkurencja. Zgodnie z modelem równowagi, konkurencja międzygatunkowa jest najważniejszym procesem wpływającym na organizację poziomów troficznych. Wszystkie te elementy są podstawą idei zrównoważonego rozwoju, która nie zakłada istnienia stabilnego stanu równowagi, ale przyjmuje, że biocenozy po zakłóceniach mogą być przywrócone do pewnego stabilnego stanu, zwłaszcza dzięki aktom czynnym i legislacyjnym służącym ochronie przyrody.

Cztery modele sukcesji

Ekolodzy opisują cztery modele sukcesji gatunków. Wszystkie zakładają, że gatunki pionierskie są gatunkami krótkowiecznymi, oportunistycznymi, o dużej zdolności rozprzestrzeniania się i szybkim wzroście. W jaki sposób dochodzi do zastąpienia tych pionierskich gatunków? Sukcesja nie zawsze polega na progresywnych zmianach od biocenoz prostych do złożonych. Dziś próbujemy analizować sukcesję jako dynamiczny proces wynikający z równowagi między zdolnością kolonizowania nowych siedlisk przez niektóre gatunki i efektywnością w konkurencji innych. W klasycznym modelu gatunki wcześniejsze ułatwiają sukcesję gatunków późniejszych.

Przeciwnym jest model hamowania, według którego wymiana gatunków jest hamowana przez wcześniejszych kolonizatorów. Model tolerancji przewiduje, że na wymianę gatunków nie mają wpływu wcześniejsi kolonizatorzy, a gatunki późniejsze są w stanie tolerować niższy poziom zasobów. Ostatni model – kolonizacji losowej – jest modelem zerowym, który przewiduje, że wymiana gatunków zachodzi całkowicie losowo. Żaden z modeli zastosowany osobno nie wyjaśnia w pełni sekwencji wydarzeń w sukcesji. Wielu ekologów kwestionuje istnienie stanu równowagi w biocenozach. Opracowano kilka teoretycznych modeli biocenoz niezrównoważonych. Modele te koncentrują się na współistnieniu gatunków. Badacze zastanawiają się, jakie procesy mogą prowadzić do współistnienia gatunków bez punktu równowagi. Nieodłączną właściwością naturalnych biocenoz jest mozaikowość środowiska, a zaburzenia prowadzące do niej są głównym przedmiotem zainteresowania teorii stanów nierównowagi organizacji biocenoz i nowym trendem w badaniach ekotoksykologicznych.

Niektóre biocenozy mogą istnieć w kilku różnych stanach stabilności i mogą być mylone ze zbiorowiskami niezrównoważonymi. Silne zaburzenie może zmienić stan biocenozy tak, że pozostanie ona w nowym stanie, nawet jeżeli ustanie działanie czynnika zaburzającego. Są to kwestie ważne dla ochrony przyrody i zagospodarowania terenu, a idea zrównoważonego rozwoju jest źródłem optymistycznej wizji człowieka, który wierzy, że może zapanować nad losami Ziemi i uniknąć samozagłady. ■

Chcesz wiedzieć więcej?

- Manahan S.E. (2006). *Toksykologia środowiska. Aspekty chemiczne i biochemiczne*. Warszawa: PWN.
- Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J. (1995). *Przekraczanie granic. Globalne załamanie czy bezpieczna przyszłość?* Warszawa: CUUW i PTWKR.
- Sosak-Świdarska B. (2004). Co odróżnia ekologię od ekotoksykologii? *Studia Ecologiae et Bioethicae*, 2, 659–666.