

nicznych kategorii organizacji świata żywego ani też na negowaniu sensu ich badania, lecz na wyjaśnianiu mechanizmów ich funkcjonowania (tak jak i całej przyrody) poprzez odwołanie się do jedynych realnych zależności: organizm—jego środowisko i organizm—organizm.

Ci czytelnicy, którzy szukaliby u Colinvaux elementów zastosowań ekologii w praktyce gospodarowania zasobami czy ochronie środowiska (choćby nawet w tym wymiarze, jaki znaleźć można u Krebsa 1985) będą, obawiam się, zawiedzeni. Jest to podręcznik o analitycznej nauce o świecie żywym, jaką jest, a w każdym razie, jaką powinna być ekologia, wyraźnie formułująca pytania fundamentalne dla rozumienia przyrody, dysponująca w miarę precyzyjnym aparatem pojęciowym.

Duża bibliografia, znakomite ilustracje, dobra jakość fotografii i mały słownik terminów ekologicznych na końcu dodatkowo składają się na atrakcyjność, użyteczność i nowoczesność książki Paula Colinvaux, którą oceniam jako niewątpliwie wydarzenie w literaturze ekologicznej i przyrodniczej.

Colinvaux P. 1973 — Introduction to ecology — John Wiley and Sons, New York, London, Sydney.

Colinvaux P. 1985 — Dlaczego tak mało jest wielkich drapieżników? — PWN, Warszawa.

Hutchinson G. E. 1961 — The paradox of the plankton — Am. Nat. 95: 137—145.

Krebs Ch. J. 1985 — Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance — Harper and Row Publishers, New York, Cambridge, Philadelphia.

Joanna Pijanowska

Likens G. E. (Red.) 1989 — Long-term studies

in ecology. Approaches and alternatives —

Springer-Verlag, New York, Berlin,

Heidelberg, London, Paris, Tokyo, ss. XVI + 214.

[ISBN 0-387-96743-5]

Chyba nie znajdzie się żaden ekolog czy biolog środowiskowy, który by nie doceniał długookresowych badań rozumianych jako badania ciągłe (realizowane za pomocą porównywalnej metodyki) procesu lub układu (np. ekosystemu) w środowisku przyrodniczym, trwające co najmniej dekadę, a najlepiej kilka lub więcej dziesięcioleci. Powstaje pytanie, dlaczego jest ich tak mało w ekologii światowej w stosunku do potrzeb badawczych. Prof. G. E. Likens daje we wstępie do recenzowanej książki bardzo prostą odpowiedź, cytując analizę 308 publikacji amerykańskich z zakresu ekologii, ewolucjonizmu i behavioru, dokonaną przez P. J. Weatherheada w 1986 r. Otóż średnia długość badań w tych dziedzinach wynosi w Stanach Zjednoczonych ok. 2,5 roku, będąc dziwnym trafem zbieżna ze średnim okresem większości „grantów”, jak też ze średnim okresem wykonywania badań na stopień doktora w tym kraju. Nie jesteśmy pod tym względem lepsi. Średnia długość badań ekologicznych w Polsce wynosi z reguły poniżej 5 lat i jest rezultatem pięcioletnich okresów finansowania badań naukowych oraz odpowiednich restrykcji nałożonych na studia doktoranckie!

Recenzowana książka jest zbiorem 6 obszernych referatów oraz kilku krótszych, związanych rekomendacji i podsumowań, a została zredagowana przez znanego ekologa amerykańskiego, prof. Gene E. Likensa, dyrektora Instytutu Badań Ekosystemów w Millbrook.

Autorzy usiłują nadrobić zaniedbania ekologii w tej dziedzinie, dając znakomity przegląd istniejących długoletnich serii badawczych, wskazując na ogólne wartości poznawcze badań długookresowych w ekologii, na ich znaczenie w testowaniu podstawowych hipotez badawczych związanych z teorią ekologii, na różne ich ograniczenia i konieczne uproszczenia metodologiczne,

wreszcie na pilną potrzebę ich restytucji, kontynuowania i ustanowienia de novo w związku ze stanem i losami środowiska przyrodniczego na świecie.

Wszystkie te sprawy zostały poruszone na międzynarodowym sympozjum w 1987 r., na które zaproszono kilkudziesięciu ekologów, a którego gospodarzem był Instytut Badań Ekosystemów kierowany przez prof. Likensa. Wyniki tego spotkania w postaci książki (zaopatrzonej w skorowidz rzeczowy, co nie jest częste przy redagowaniu materiałów z konferencji naukowych) wydano dwa lata później. Treść i szybkość wydania tej publikacji mają bezpośredni związek ze skonstruowaniem i realizacją specjalnego programu badawczego w USA pod nazwą „Długookresowe badania ekologiczne” (Long-term Ecological Research, LTER), a na środki na jego realizację oczekuje wiele zespołów w USA.

Co ogranicza badania długookresowe? Zdaniem referentów i dyskutantów bezsprzecznie najważniejszy jest brak ciągłości finansowania badań, które podlegają różnym koniunkturalizmom w nauce i polityce środowiskowej, jak też wymóg (powszechny na świecie) szybkiego uzyskiwania wyników i wniosków adresowanych do gospodarzy środowiska i polityków, którzy też i są najczęściej sponsorami badań ekologicznych. Dochodzą do tego ograniczenia, powiedzmy, „subiektywne”, z których najważniejszy jest brak ciągłości zainteresowania badawczego ekologów. Często następcy rezygnują z pomiarów i obserwacji swoich poprzedników na rzecz innej, ich zdaniem bardziej interesującej i dającej szybko wyniki, hipotezy badawczej. Powszechna jest bowiem wśród „prawdziwych” ekologów niechęć do badań typu monitoringu (a często badania długookresowe są z nimi utożsamiane), uzasadniana tym, że jest to zadanie odpowiednich służb ochrony środowiska.

Tymczasem istnieje szereg procesów i zjawisk ekologicznych, które dla udowodnienia związanych z nimi hipotez badawczych (szczególnie gdy wprowadza się eksperymentowanie) muszą opierać się na badaniach długookresowych. Badania krótkookresowe dają bowiem często fałszywe wnioski ekologiczne. Podobnie użycie metody pozwalającej odtworzyć przeszłość historyczną na podstawie doboru przestrzennego układów na różnych stadiach rozwoju, tzw. metoda „space-for-time substitution” (SFT), może dawać również fałszywe wnioski ekologiczne.

J. F. Franklin („Znaczenie i uzasadnienie badań długookresowych w ekologii”) wskazuje na typowe procesy i zjawiska wymagające badań długookresowych. Takimi są procesy powolne (slow processes), związane z długo żyjącymi gatunkami zwierząt i roślin. Najbardziej typowy przykład to sukcesja zbiorowisk leśnych. Trzydziestoletnia seria obserwacji populacji wilka (*Canis lupus*) i łosia (*Alces alces*) na Isle Royale dopiero po kilkunastu latach umożliwiła zweryfikowanie pierwotnie błędnej hipotezy o braku powiązań pomiędzy dynamiką obu tych gatunków. Zjawiska ekologiczne zdarzające się rzadko lub epizodycznie (np. nieregularny cykl rozmnażania), czy też związane z katastrofami ekologicznymi, wymagają również badań wieloletnich, aby w pełni ocenić ich konsekwencje, a często aby w ogóle na nie natrafić i stwierdzić ich istnienie. Np. sosna *Pinus ponderosa* w północnej Arizonie tylko w jednym roku pomiędzy 1908 a 1945 wykazała bardzo wysokie rozmnażanie — łączny efekt wysokiej produkcji nasion i wilgotności sprzyjającej przeżywalności siewek. Badań wieloletnich wymagają również procesy z natury swej podlegające bardzo dużej zmienności z roku na rok (np. klimatycznej); są to procesy albo bardzo „subtelne” (subtle), albo bardzo złożone, w których zmienność coroczna stanowi swoisty „szum” informacyjny, ukrywający właściwy wieloletni trend zmian. Takimi były np. bardzo „subtelne” zmiany w kwasowości opadu i związane z tym zmiany stężenia pierwiastków wymywanych ze zlewni leśnych na terenie sławnego Hubbard Brook. Franklin jest zdania, że wszystkie podstawowe zagadnienia teoretyczne we współczesnej ekologii (sukcesja, dynamika populacji, zależności konkurencyjne i zależności drapieżca—ofiara), których przedmiotem są długo żyjące gatunki roślin i zwierząt, wymagają badań długookresowych i zastępowanie ich krótszymi seriami obserwacji różnych sytuacji (w tym np. przez porównanie kontroli z sytuacją, w której eksperymentalnie usunięto rośliny lub zwierzęta) prowadzić może do błędnych wniosków.

Jeszcze dobitniej ilustruje to zagadnienie D. Tilman („Eksperymentowanie ekologiczne: problemy teoretyczne i ich napięcia”), koncentrując się na badaniach związanych z tzw. eksperymentowaniem in situ, których przedmiotem był ekosystem, zbiorowisko roślinne lub jego część.

Przeanalizował pod tym względem całość dziesięcioletniego dorobku czasopisma „Ecology” i stwierdził, że tylko w niecałych 2% prac badania trwały ok. 5 lat po zadziałaniu eksperymentalnym (tzn. tyle sezonów wegetacyjnych lub dłużej), zaś aż 86% zadowolilo się sprawdzeniem reakcji układu w ciągu niecałych trzech sezonów wegetacyjnych. Autor, posługując się najdłuższą w ekologii wszechczasów serią ciągłych obserwacji, jaką są ponad stuletnie badania wpływu nawożenia na zbiorowisko trawiaste (tzw. Park Grass Experiment w Rohamsted, Anglia), wskazał na zjawisko tzw. dynamiki przejściowej (transient dynamics). Zjawisko to objawiało się przejściową (ale trwającą kilkanaście lat) okresową dominacją *Dactylis* (efekt wzbogacenia w azot), ustępującą następnie na rzecz *Agrostis*, aby wreszcie po kilkudziesięciu latach doprowadzić do trwałej dominacji *Holcus lanatus* i prawie całkowitego konkurencyjnego wyparcia pozostałych gatunków.

Wiele takich przykładów podaje Tilman i wskazuje, że szczególnie w popularnym wśród ekologów i gleboznawców eksperymentowaniu z nawożeniem wyniki badań krótkookresowych dają fałszywe wyobrażenie o konkurencji i sukcesji.

Inny przykład fałszowania rzeczywistości przyrodniczej w rezultacie niedostatecznie długich badań to według niego niedostrzeżenie efektów ubocznych lub pośrednich tam, gdzie eksperymentuje się z parami gatunków — domniemanymi konkurentami, np. o pokarm. W cytowanych przez niego eksperymentach J. H. Browna wykazano, że gryzonie pustynne konkurują z mrówkami o pokarm, jakim są nasiona roślin, gdyż natychmiastowym efektem usunięcia gryzoni był wzrost dostępności tego pokarmu dla mrówek. Jednakże badania wieloletnie wykazały, że w rzeczywistości są to oddziaływania mutualistyczne, gdyż gryzonie usuwając nasiona roślin produkujących stosunkowo duże nasiona, umożliwiają rozwój roślin drobnonasiennych, które z kolei stanowią główne pożywienie mrówek.

Tilman podkreśla również, że zmienność klimatyczna i meteorologiczna, związana z regionem czy danym obszarem (z reguły nieprzewidywalna), jest źródłem zafałszowania wyników obserwacji i eksperymentowania badaczy w przyrodzie, rzutującym na ich wnioski dotyczące np. stabilności układu. Wyeliminowanie tej zmienności i wyłuskanie z niej rzeczywistych reakcji systemu może być dokonane tylko na drodze analizy statystycznej długookresowych serii badawczych.

Wreszcie Tilman wskazuje na jeszcze jeden, zgoła nieoczekiwany, walor badań długookresowych, a mianowicie, że im dłużej one trwają, tym większe prawdopodobieństwo, że szczęśliwie trafi się na wielkie odkrycie. Nazywa się to po angielsku „serendipity”, a słownik Kościuszkowski tłumaczy to jako „zdolność czynienia przypadkowo szczęśliwych a niespodziewanych odkryć”. Ten łut szczęścia, który może przypaść w udziale upartym i wytrwałym badaczom, podnoszony jest przez wielu autorów książek.

Dobłą ilustracją tej prawidłowości jest rozdział pt. „Świat zewnętrzny (ang. objective) i eksperyment w badaniach długookresowych”, opracowany przez L. R. Taylora, którego treścią są dzieje życia badaczy i dzieje ich długoletnich badań; jedno z drugim dramatycznie splecione, pełne starań o zapewnienie ciągłości środków, metod, wreszcie zainteresowania i uznania. Do takich należą np. 36-letnie badania G. M. Dunnetta nad populacją *Fulmarus glacialis*, którego pierwsze lęgi zaobserwowano na wyspie Foula w 1878 r., zaś od tego czasu ptak ten z powodzeniem opanował całe wybrzeże brytyjskie. Dunnet prowadził stałe obserwacje demograficzne (m.in. obrączkowanych ptaków) nad długością życia, wiekiem pierwszego lęgu, przeżywalnością (również i eksperymentując), wyjaśniając wreszcie sukces reprodukcji tych ptaków. Inna długoletnia seria to badania zapoczątkowane przez A. C. Hardy’ego, brytyjskiego zoologa, który za pomocą skonstruowanego przez siebie i mocowanego na statku przyrządu do ciągłego odławiania planktonu (continuous plankton recorder) dokonywał od 1922 r. pomiarów zagęszczenia i rozmieszczenia „plam” planktonu w Morzu Północnym, Atlantyku i in. Pierwotnie dane te interesowały jedynie rybołówstwo morskie (odłowy śledzia), natomiast kontynuowane do chwili obecnej (z przerwą na okres ostatniej wojny!) służą już testowaniu wpływu zanieczyszczenia czy zmian klimatycznych.

Doceniając znaczenie poznawcze badań długookresowych, należy powiązać je z badaniami paleoekologicznymi. Rozdział „Badania retrospektywne”, napisany przez M. B. Davis, podnosi ten problem. Autorka wskazuje, że współczesna technika datowania i analizy osadów pozwala na bardzo

szczegółowe wydzielenie okresów i ich niejako naturalne połączenie z okresami współczesnymi. Zapewnia to porównanie tempa zachodzenia procesów w dawnych wiekach czy erach z tempem procesów nowożytnych i współczesnych.

Przykładem takiego połączenia w czasie serii paleoekologicznych z serią współczesnych badań długookresowych jest jezioro Washington, w którym W. T. Edmondson rozpoczął badania trofii i planktonu już od wczesnych lat 60. Łącząc je z badaniami osadów mógł opisać historię reagowania jeziora najpierw na wzrost urbanizacji (połowa zeszłego stulecia) i związany z tym wzrost zanieczyszczenia i trofii, później na zredukowanie ilości ścieków i ich oczyszczenie (lata 30.). Następnie mógł odnotować pierwsze pojawy sinic (lata 50.), reakcję jeziora na zmienną dynamikę rodzaju *Daphnia* (lata 60.), wreszcie opisał współczesną reakcję jeziora na zmiany w ichtiofaunie mające na celu utrzymanie pożądanej czystości wód poprzez równowagę w układzie ryba—*Daphnia*—fitoplankton. Zdaniem M. B. Davis analizy paleoekologiczne są niezastąpione w badaniach zmian szczególnie powolnych oraz skutków zdarzeń losowych, a także dla oceny naturalnego tła dalszych przemian ekosystemów (np. wpływu kwaśnego deszczu lub eutrofizacji). Zdaniem autorki, dokonując wyboru siedliska lub ekosystemu do badań długookresowych (lub je kontynuując), należy zadbać o równoległe badania złóż osadów lub torfu zlokalizowanych na danych obszarze lub w jego sąsiedztwie. Jest to bowiem historyczny zapis zmian istotnie wydłużających współczesną serię badawczą.

Istnieje wiele problemów metodycznych i metodologicznych związanych z badaniami długookresowymi, jak też z różnymi metodami „zastępczymi”, alternatywnymi.

H. H. Shugart („Rola modeli ekologicznych w badaniach długookresowych”) omawia kilka modeli symulujących sukcesję lasu (zmiany biomasy) w okresie kilkuset lat oraz model krajobrazu jako dynamicznej mozaiki „plam” roślinności na różnych stadiach sukcesji, rozwoju i odkształcenia. Tego typu modele mogą odgrywać dużą rolę w ustawieniu i interpretacji długoletnich serii empirycznych.

S. T. A. Pickett („Metoda SFT, czyli zastępowanie czasu przestrzenią jako alternatywa dla badań długookresowych”) wykazał, że zastępowanie badań w czasie badaniami w przestrzeni, jak to ma miejsce, gdy np. sukcesję określonego zbiorowiska roślinnego „składa się” poprzez badania aktualnie istniejących płatów tejże roślinności na różnych etapach rozwoju (podobne podejście stosowane jest w badaniach sukcesji jezior), nie jest w pełni alternatywą dla badań długookresowych. Zakłada bowiem identyczność losów i ostatecznego wzorca (end-point) wszystkich aktualnie badanych płatów roślinności czy egzemplarzy określonego ekosystemu. Nie uwzględnia się ewentualnych okresów zahamowań, cofnięcia rozwoju, różnych dróg naprzemiennych (alternate pathways), które mogą wynikać z wielu czynników, a szczególnie z odmienności (edaficznej, hydrologicznej itp.) siedliska. Jednym słowem, czas nie może być w pełni zastąpiony przez przestrzeń. Autor wspomina stary spór F. E. Clementsa i H. A. Gersona, gdy ten ostatni krytykując Clementsowską wizję sukcesji autogenicznej, odtworzonej z badań różnych płatów roślinności, stwierdził, że strefowość czasowa i przestrzenna nie są w pełni ekwiwalentne. Zdaniem Picketta, badania przestrzenne wyznaczają ogólny kierunek przemian w czasie, ale ich nie zastępują. Natomiast oba te podejścia badawcze winny się uzupełniać w celu pełnego wyeksponowania przeszłości i historii w badaniach ekologicznych.

Powyższe szerzej zreferowane rozdziały, jak też kilka skromniejszych doniesień i komentarzy (m.in. krótkie sprawozdania grup dyskusyjnych obradujących na sympozjum), miały na celu — w myśl zamierzeń redaktora książki — uzasadnić powołanie do życia i realizację specjalnego programu badawczego pod nazwą „Long-term Ecological Studies”, sponsorowanego przez National Science Foundation.

Przed wszystkim określono wyraźnie rodzaj procesów ekologicznych, dla których badania długoterminowe są konieczne. Są to: konsekwencje zmian genetycznych dla układów ekologicznych, zmiany biotyczne wynikające ze zmian globalnych klimatu (efekt cieplarniany i in.), chroniczne zmiany antropogenne w układach ekologicznych każdego poziomu, wszelkie procesy ekologiczne, których obiektem są zespoły długo żyjących roślin i zwierząt, jak również wszędzie tam, gdzie nie

kontrolowane zmiany antropogenne czy też eksperymentowanie i manipulowanie (celem testowania określonej hipotezy) dotyczy układów długowiecznych i szczególnie skomplikowanych, np. wieloekosystemowych układów krajobrazowych. Jest oczywiste, że eksperymentowanie we współczesnej ekologii krajobrazu może być weryfikowane tylko na drodze badań długookresowych.

Uczestnicy sympozjum podzielili się również swoimi wyobrażeniami o tym, jaki kształt organizacyjny winny mieć takie badania. Np. zasadniczą częścią takiego programu winny być badania typu monitoringu, odpowiednio połączone z eksperymentalnym manipulowaniem (badania obszaru, ekosystemu, płatu, plamy), monitoringu względnie taniego (ok. 10% całości kosztów badań), z odpowiednim archiwum prób i skomputeryzowanym systemem wyników, pomiarów i obserwacji na wzór monitoringu meteorologicznego. Program powinien uwzględniać (a właściwie zapewnić sobie) „przedłużenie” w przeszłość, czyli badania retrospektywne, a także modelowanie oraz technikę typu „space-for-time substitution” (SFT). Uczestnicy sympozjum zdają sobie również sprawę z pewnych ograniczeń tak ustawionych badań długookresowych; np. nieznanne pozostają granice ekstrapolacji wyników, wpływ specyfiki wybranego stanowiska badawczego może zniekształcić poszukiwany trend wieloletni, wreszcie wysokie koszty badań i przechowywania danych, ryzyko braku ciągłości finansowania lub zainteresowania wśród ekologów i menedżerów itp.

Niemniej program badań długookresowych został zapoczątkowany w 1980 r., a J. F. Franklin określił go jako dotyczący badań: produktywności pierwotnej, dynamiki populacji gatunków reprezentujących strukturę troficzną, tempa kumulacji materii organicznej w glebie i osadach, dopływu i transportu materii nieorganicznej oraz pierwiastków biofilnych poprzez glebę, wody gruntowe i powierzchniowe, wpływu różnych odcztałceń — w kilkunastu obszarach reprezentujących podstawowe ekosystemy Stanów Zjednoczonych i Alaski. Prof. G. E. Likens w posłowie do książki ocenia, że klimat polityczny dla badań długookresowych jest obecnie szczególnie przychylny i że powinno się kontynuować i celowo podejmować tego typu badania, które określa on jako „Sustained Ecological Research”.

Na zakończenie następująca refleksja. W ekologii polskiej dysponujemy licznymi seriami badań i pomiarów długookresowych z różnych środowisk. Wspomnę chociażby kilkudekadowe badania czystości niektórych jezior, w tym podgrzanych, uzupełnione badaniami retrospektywnymi. Uważam, że warto „zebrać” je i kontynuować w specjalnym programie również i pod kątem monitoringu skutków chronicznych skażeń atmosfery i opadów oraz zachodzących globalnych zmian klimatu. Oczywiście, w tym celu trzeba złamać tradycję planów 5-letnich.

Anna Hillbricht-Ilkowska