

MACIEJ ZALEWSKI

*Katedra Ekologii Stosowanej
Uniwersytet Łódzki
Banacha 12/16, 90-237 Łódź
e-mail: mzal@biol.uni.lodz.pl*

STRATEGIA WYPRZEDZANIA JAKO MAKSYMALIZACJA SZANS ROZWOJU NAUK EKOLOGICZNYCH W POLSCE W WARUNKACH POSTĘPUJĄCEJ GLOBALIZACJI

WIZJA

Koncepcja paradygmatu Kuhna będąca próbą wyjaśnienia mechanizmów stymulujących rozwój nauki zakłada, że rozwój ten był bezpośrednio zależny od kontekstu sytuacyjnego tworzonego głównie przez warunki przyrodnicze oraz socjo-ekonomiczne. Akceptując tę tezę jako punkt wyjścia do sformułowania warunków koniecznych dla rozwoju polskich nauk ekologicznych należy przyjąć, że od percepcji osiągnięć na świecie będzie zależało tworzenie systemu pozytywnych sprzężeń zwrotnych. Stąd wiodące podejście badawcze powinno mieć charakter uniwersalny, a podstawowym układem odniesienia dla sformułowania strategii rozwoju powinny być procesy globalne w sensie geofizycznym i socjo-ekonomicznym. Można również przypuszczać, że globalna niestabilność i zmiany klimatu, a przede wszystkim ich konsekwencje wymagają już teraz, i w coraz większym stopniu będą wymagały, podejmowania wielkoskalowych działań gospodarczych. Będzie to konieczne zwłaszcza w takich dziedzinach jak rolnictwo, gospodarka wodna i leśnictwo, przez co nastąpi zwiększenie środków dla tych dyscyplin, a w konsekwencji wymiana informacji i postęp. Działania te będą pozytywnie wpływały na pokrewne dyscypliny nauki, przede wszystkim na nauki ekologiczne, pod warunkiem, że ich przedstawiciele podejmą współpracę interdyscyplinarną.

Proces globalizacji staje się obecnie wiodącym megatrendem określającym kierunki rozwoju cywilizacji poprzez kształtowanie systemów terytorialnych, politycznych i ekonomicznych (KUKLIŃSKI 2000). Obejmuje on, w coraz większym stopniu, wszelkie dziedziny życia, również naukę, a szczególnie nauki ekologicz-

ne. Jedną z prawdopodobnych konsekwencji tego procesu może być zjawisko stopniowego wzmocnienia jednych i marginalizacji innych środowisk naukowych. Stąd, zagadnieniem wiodącym, na które powyższe opracowanie stanowi próbę odpowiedzi, jest identyfikacja, a przede wszystkim określenie sposobów eliminacji zagrożeń i maksymalizacji potencjalnych szans dla polskich nauk ekologicznych.

Rzecz jasna, rozwój nauki staje się obecnie wyznacznikiem poziomu kulturowego społeczeństwa. W skali historycznej po fazie, gdy rolnictwo, a następnie przemysł stanowiły o tempie rozwoju cywilizacyjnego danego regionu, obecnie nauka jest głównym czynnikiem determinującym rozwój ekonomiczno-społeczny. Należy jednak podkreślić, że jest to nauka pojmowana odmiennie niż dotychczas. W ostatnim dziesięcioleciu szybko zanika podział na nauki podstawowe i aplikacyjne. Przykładem może być inżynieria genetyczna oparta na osiągnięciach najnowocześniejszej biologii molekularnej, genetyki i biochemii. Wyniki tego typu zaawansowanych pod względem naukowym prac badawczych transferowane są do medycyny i gospodarki, co stanowi dodatkowy sposób testowania wyrafinowanych koncepcji i hipotez przyczyniając się do dalszego rozwoju dyscyplin podstawowych. Stąd aplikacyjność staje się w coraz większym stopniu ważnym czynnikiem stymulacji rozwoju nauki, gdyż zapewnia, dzięki mecenatowi odbiorców wyników, znaczące środki niezbędne dla dalszego rozwoju.

W skali makroekonomicznej szybkie wdrażanie wyników badań naukowych przyczynia się do zwiększenia efektywności przedsięwzięć gospodarczych. Należy podkreślić, że w długim

horyzoncie czasowym istotnym aspektem przyczyniającym się do rozwoju nauk ekologicznych jest edukacja i popularyzacja najnowszych osiągnięć, gdyż stanowi czynnik kształtujący postawy społeczne, które w systemach demokratycznych mogą mieć znaczący wpływ na politykę państwa zarówno względem środowiska, jak i badań naukowych (KOZŁOWSKI 1997).

Obecnie w Unii Europejskiej integralność i równoprawność nauk podstawowych oraz aplikacyjnych uznawana jest za warunek konieczny nie tylko intensywnego rozwoju badań naukowych, ale także innowacyjności rozumianej jako wdrażanie osiągnięć naukowych do praktyki. W dokumentach Unii teza ta jest formułowana jako „scientific excellence and social relevance”.

STRATEGIA

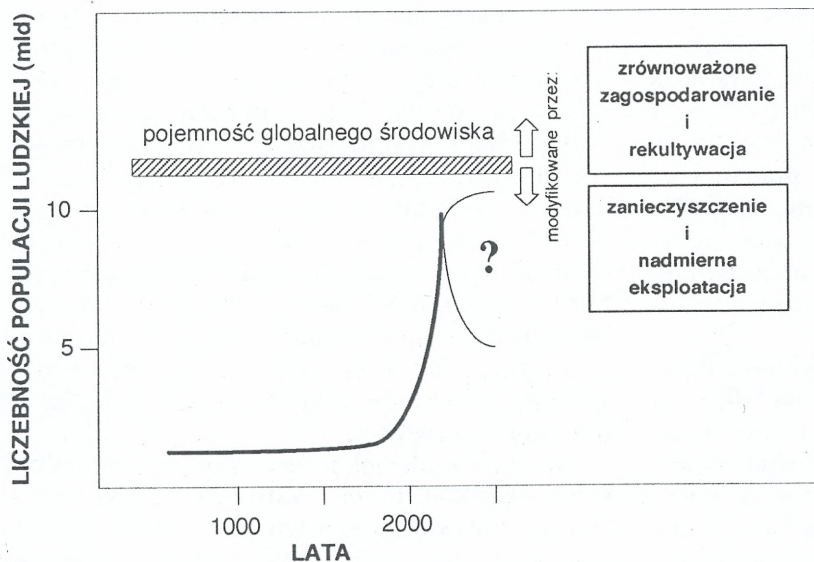
ROLA POSTĘPU TECHNICZNEGO I ROZWOJU NAUK EKOLOGICZNYCH W ZAHAMOWANIU PROCESU DEGRADACJI BIOGEOŚFERY

Dlaczego ekologia staje się jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się dziedzin nauki, o ogromnym potencjale rozwoju w Polsce? Według analiz przeprowadzonych przez International Institute for Applied System Analysis (IIASA), w obecnej sytuacji demograficznej świata, nawet w ciągu najbliższego stulecia, liczebność populacji ludzkiej może zbliżyć się do poziomu pojemności środowiska globalnego. Czynnikiem znacząco przyspieszającym ten proces są wzrastające aspiracje prowadzące do coraz większego zużycia materiałów i energii, a tym samym do zwiększania emisji zanieczyszczeń, co przyczynia się do obniżania pojemności globalnego ekosystemu (ang. carrying capacity). Potencjalny moment zderzenia się powyżej wymienionych procesów, które zawsze w ekosystemach prowadzą do dramatycznych konsekwencji, powoduje konieczność realizowania

dualistycznej strategii zapobiegającej. Przede wszystkim ważne jest opracowanie technologii umożliwiających redukcję zużycia materiałów i energii, która doprowadzi również do redukcji emisji zanieczyszczeń. Według von Witzackera (Raport Instytutu na rzecz Ekorozwoju, 1999), w stosunkowo krótkim czasie możliwa jest nawet trzykrotna redukcja zużycia materiałów na jednostkę dochodu narodowego. Zagadnienie to jest obecnie fundamentalnym problemem do rozwiązania, przed którym stoją nauki techniczne.

Jednocześnie, ze względu na już obserwowany zakres degradacji biogeosfery (np. IGBP), niezbędne jest rozwijanie wiedzy na temat zrównoważonego korzystania z zasobów ekosystemów, rekultywacji i zwiększania odporności ekosystemów na stres antropogeny (Ryc. 1).

Badania tego typu są już prowadzone na świecie (np. MITSCH 1993, STASKRABA 1993), a polscy ekolodzy mają również znaczny dorobek na tym polu. Jako przykłady można wskazać zwiększanie retencji wody i ograniczanie odpływu pierwiastków biogenych ze zlewni rolni-



Ryc. 1. Wpływ wzrostu liczebności populacji ludzkiej przy zastosowaniu alternatywnych scenariuszy na pojemność środowiska kuli ziemskiej.

czych, przez kształtowanie zadrzewień śródpolnych (RYSZKOWSKI 1992), bioremediację (OBARSKA-PEMPKOWIAK 1991), biomanipulację (OPUSZYŃSKI 1987, GLIWICZ i PREJS 1977), czy zwiększanie tempa samooczyszczania rzek przez kształtowanie struktury roślinności w strefach ekotonowych (ZALEWSKI 1995).

W nawiązaniu do powyżej omawianych problemów, warte podkreślenia są osiągnięcia w dziedzinie ekologii krajobrazu, energetyki ekologicznej oraz funkcjonowania ekosystemów wodnych (np. ANDRZEJEWSKI 1983, HILLBRICHT-ILKOWSKA i PIECZYŃSKA 1993, KAJAK 1993), gdyż stwarzają one podstawy, aby właśnie te zagadnienia stały się jedną z polskich specjalności w światowych naukach ekologicznych. Jednocześnie jednym z wyzwań będzie odpowiedź na pytanie, jakie mechanizmy należy uruchomić, aby osiągnięcia polskiej ekologii ewolucyjnej (np. ŁOMNICKI 1988, KOZŁOWSKI 1992, WEINER 1999) przyczyniły się do rozwoju ekologii makrosystemów, a także rozwiązania problemów obecnie nurtujących globalne społeczeństwo.

ZASADA „WYPRZEDZANIA”

Podstawą wszelkich działań powinno być zdefiniowanie założeń strategii wiodącej do wzmocnienia roli polskich nauk ekologicznych w ekologii światowej, w obliczu powyżej wymienionych procesów?

Ze względu na wieloletnie zaniedbania w finansowaniu, posiadamy słabe zaplecze laboratoryjne, niewielkie środki finansowe i „masę krytyczną” wybitnych uczonych. Stąd, w celu zdobycia atrakcyjności jako partner do współpracy międzynarodowej, która z kolei jest warunkiem kompensacji malejącego potencjału naukowego, strategia powinna być WYPRZEDZAJĄCA, czyli oparta o przewidywanie zagadnień, które staną się w przeciągu kilku lat priorytetowymi w nauce światowej. Obecnie zbyt często skromne środki wykorzystywane są na badania przyczynkarskie i weryfikujące wykorzystywane intelektualnie paradygmaty.

Pośrednim potwierdzeniem tezy o konieczności przewidywania kierunków rozwoju nauk ekologicznych na Świecie jest okres największej świetności polskich nauk ekologicznych. W latach 70. rozwijała się w Polsce, jako w jednym z wiodących ośrodków światowych, energetyka ekologiczna (np. GRODZINSKI i współaut. 1975, KAMLER 1992, KLEKOWSKI i FISHER 1993), stanowiąca koncepcyjne podstawy UNESCO IBP.

Nasuwa się pytanie: jakie założenia należy przyjąć, aby sformułować skuteczną strategię wyprzedzającą?

Po pierwsze, należy jedynie w ograniczonym zakresie wykorzystać prostą ekstrapolację istniejących obecnie kierunków badawczych w ekologii. Według POPPERA (1991) tego typu projekcja nigdy nie daje pozytywnych rezultatów. Stąd jako drugi, bardziej istotny czynnik należy uznać zdefiniowanie luk w dotychczasowej wiedzy, a podstawowym narzędziem dla ich określenia powinien być zakres zdolności przewidywania procesów ekologicznych.

Trzecim, nie mniej ważnym etapem powinno być wykorzystanie wiedzy o przeszłości, jak na przykład paleohydrologia (STARKER 1988), oraz istniejących scenariuszy przewidywania procesów zachodzących w środowisku globalnym—prognozy procesów geofizycznych (KACZMAREK 1996), demograficznych i socjoekonomicznych (KOŁODZIEJSKI 1995).

Elementem integrującym powyższe trzy podejścia powinno być nawiązanie do osiągnięć przeszłych i obecnych polskich nauk ekologicznych. Świadome kultywowanie tradycji polskiej myśli ekologicznej powinno być znaczącym elementem strategii wyprzedzania.

Podsumowując należy podkreślić, że strategia wyprzedzająca nawiązuje do wprowadzanego obecnie w sferze zarządzania tak zwanego „proactive management”, ważnego „narzędzia” zapobiegania skutkom niekorzystnych zjawisk, gdyż zapobieganie kryzysom i katastrofom jest zwykle o rząd lub dwa rzędy wielkości mniej kosztowne niż usuwanie skutków.

INNOWACYJNOŚĆ — POZYTYWNE SPRZEŻENIE ZWROTNE NAWIĄZUJĄCE DO PRIORYTETÓW UNII EUROPEJSKIEJ

Jednym z podstawowych warunków szybkiego i skutecznego wdrażania każdej strategii jest uhierarchizowanie rangi problemów do rozwiązania.

Punktem wyjścia do ustanowienia takiej hierarchii powinna być polityka ekologiczna Unii Europejskiej, której wiodącym motywem jest rozwój badań naukowych pod kątem innowacyjności, to znaczy rozwijanie takich badań, których integralnym komponentem jest wykorzystanie w praktyce ich wyników. Zagadnienie to jest traktowane szczególnie priorytetowo w przypadku krajów Unii, gdyż obecnie wysoka jakość badań naukowych (ang. scientific excellence) nie w pełni koresponduje z innowacyjnością, czyli ich wdrażaniem, a tylko takie podejście gwarantuje wysokie tempo rozwoju socjoekonomicznego, który z kolei w procesie postępującej globalizacji zapewnia konkurencyjność oraz zrównoważony rozwój danego regionu.

Jako przykład sytuacji, gdzie osiągnięcia badawcze są wyjątkowo efektywnie transfero-

wane do rozwiązań aplikacyjnych można rozpatrywać Japonię. W kraju tym badania naukowe w większości dziedzin nie są tak zaawansowane jak w Unii Europejskiej, jednak wskaźnik innowacyjności, czyli wdrażania badań do działań praktycznych jest ponad dwukrotnie wyższy. Stąd istnieje konieczność zastosowania dwutorowej strategii, której elementem jest poprawa „scientific excellence”, gdyż jest to warunkiem publikacji w najlepszych czasopismach, a dobre publikacje zwiększają szansę uzyskiwania grantów międzynarodowych. Jednocześnie niezbędne jest stworzenie mechanizmów promujących innowacyjność. Jednym z nich powinna być współpraca z instytutami branżowymi oraz z władzami lokalnymi. To ostatnie wymaga ujęcia w polityce Państwa mechanizmów zachęcających do korzystania z potencjału ośrodków

naukowych w procesie rozwoju regionalnego. Szczególny nacisk w takim programie powinien być położony na ocenę fachowości ekspertyz, anonimowość recenzenta oraz wykorzystanie procedur „Adaptative Assessment and Management of Environment” (HOLLING i współaut. 1994).

Należy podkreślić, że wzrastający nacisk położony na rozwiązywanie przez nauki ekologiczne problemów istotnych dla ludzkości, wynika z wzrastającej w społeczeństwach krajów wysoko rozwiniętych świadomości zakresu degradacji środowiska w skali globalnej, regionalnej i lokalnej. W konsekwencji płaćcy podatki mają prawo wymagać, aby w badaniach naukowych jako priorytet uznawano wyjaśnianie zjawisk decydujących o zdrowiu i jakości ich życia.

TAKTYKA

POTENCJALNE KIERUNKI BADAŃ MOGĄCE STAĆ SIĘ POLSKĄ SPECJALNOŚCIĄ W NAUCE ŚWIATOWEJ

Zdefiniowanie priorytetów oraz wiodącej tezy w danej dziedzinie nauki jest podstawowym czynnikiem decydującym o jej rozwoju.

W kontekście rozważań z poprzednich rozdziałów, jednym z kierunków dających największe szansę na dynamiczny rozwój polskich nauk ekologicznych powinna stać się Ekologia Kreatywna, to znaczy wskazująca granice korzystania z zasobów różnych typów ekosystemów, lecz przede wszystkim dostarczająca nowych rozwiązań w gospodarowaniu zasobami naturalnymi.

W odróżnieniu od klasycznej „restryktywnej” ochrony przyrody, nie odgradza ona człowieka od korzystania z zasobów przyrodniczych, lecz ma za zadanie wskazanie optymalnych sposobów ich użytkowania. Również zagadnienie dotyczące ekosystemów nadmiernie eksploatowanych i degradowanych zanieczyszczeniami staje się, w coraz większym zakresie, problemem ekologii w skali globalnej i bezpośrednio nawiązuje do klasycznych w ekologii pojęć kluczowych, takich jak pojemność ekosystemu (ang. carrying capacity), odporność na stres (ang. resistance/robustness), zdolność elastycznego reagowania (ang. resilience), stabilność/bioróżnorodność (ang. stability/biodiversity).

Dodatkowym argumentem przemawiającym za uznaniem powyższych zagadnień jako priorytetu jest wspomniany dorobek polskich nauk ekologicznych, tworzący dobre podstawy

dla precyzyjnego określenia zakresu zaburzeń: w przepływie energii i krążeniu biogenów mierzonych stanem biomasy, w produktywności i bioróżnorodności. Zrozumienie przebiegu i zakresu antropogennych modyfikacji powyższych procesów stworzy podstawy do ich odtworzenia w ekosystemach, podtrzymania bioróżnorodności i produktywności, a także przez kształtowanie struktury biotycznej do zwiększenia odporności na stres antropogenny.

Bioróżnorodność oraz modyfikacje ewolucyjnych mechanizmów ją kształtujących, uznawane są w proponowanym podejściu jako kardynalny i obiektywny wskaźnik stopnia degradacji struktury i procesów w ekosystemach. Wskaźnik ten powinien stanowić podstawę oceny efektywności działań ochronnych i rekultywacyjnych. Należy podkreślić konieczność zrozumienia mechanizmów wpływających na bioróżnorodność w ich całym gradiencie skali — od genetycznych, enzymatycznych, mikrobiologicznych, aż do makro-skali zlewni systemów rzecznych, traktowanych jako układy, w których funkcjonowanie biocenoz jest zintegrowane mezocyklem krążenia wody.

W kontekście rozważań nad osiągnięciami polskiej ekologii powstaje pytanie: dlaczego w latach 70. dynamiczny rozwój energetyki ekologicznej nie został wykorzystany w ochronie środowiska? Istniały dwa powody — pierwszy szeroko rozumiany kontekst odkrycia naukowego, to znaczy postęp w ekologii w ciągu ostatnich 30. lat stworzył dopiero obecnie aparat teoretyczny do wykorzystania osiągnięć bioenergetyki, na przykład teoria Biomanipulacji czy Kontinuum Rzecznego (River Continu-

um Concept). Ponadto, jako klucz do zrozumienia kompleksowych zależności i procesów w ekosystemach niezbędne jest precyzyjne pod względem ilościowym charakteryzowanie ich przebiegu (ang. quantification of processes), co staje się możliwe dzięki rozwijaniu nowych metod.

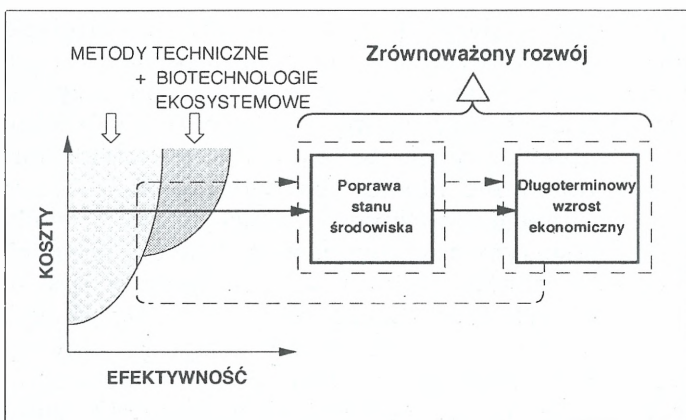
Drugi czynnik — to dramatyczne przyspieszenie degradacji biogeosystemu podczas ostatnich 30. lat, którego narastające symptomy stworzyły zapotrzebowanie społeczne na nowe rozwiązania postulowane coraz częściej przez organizacje międzynarodowe, takie jak UNESCO, UNEP, IHAS, ICSU. Jedną z podstawowych przyczyn szybko postępującej degradacji ekosystemów i braku zrównoważonego gospodarowania ich zasobami w kończącym się okresie ery industrialnej jest przyjęcie, jako podstawy zarządzania środowiskiem, mechanistycznej wizji świata (Lametrie), podczas gdy zjawiska zachodzące w otaczającym nas krajobrazie są wynikiem biogeochemicznej ewolucji. Stąd, nowych rozwiązań w dziedzinie ochrony środowiska i gospodarki wodnej należy szukać przez zrozumienie procesów biologicznych i biogeochemicznych, w skali ekosystemu i krajobrazu, w kontekście dynamiki zmian globalnych (IGBP). Ostatecznie oznacza to integrację unowocześnionych rozwiązań technicznych z nowymi metodami, takimi jak biotechnologie ekosystemowe, biomanipulacje, bioremediacje, zwiększającymi efektywność przy jednoczesnej redukcji kosztów (Ryc. 2). Nasuwa się pytanie: co powinno być układem odniesienia dla powyższych działań integrujących rozwiązania techniczne i biologiczne? Jako ramy dla rozważań dotyczących funkcjonowania ekosystemów w skali krajobrazu, należy przyjąć mezocykl krążenia wody w zlewni rzecznej, gdyż jest on naj-

bardziej jednolitym układem integrującym i regulującym procesy ekologiczne w makroskali.

Przyjmując system rzeczny wraz z jego zlewnią jako układ odniesienia zarówno dla badań, jak i działań gospodarczych (np. gospodarka zlewniowa w proponowanym nowym „Prawie Wodnym”) można stwierdzić, że jedną z koncepcji mającą obecnie, dzięki Międzynarodowemu Programowi Hydrologicznemu UNESCO, rangę spójnego logicznie kierunku badań nawiązującego do założeń ekologii kreatywnej, jest ekohydrologia (ZALEWSKI i współaut. 1997). Zadaniem ekohydrologii jest wyjaśnienie przebiegu i powiązań procesów ekologicznych i hydrologicznych w skali zlewni rozpatrywanej wraz z systemem rzeczny jako Platoński „superorganizm”. W powyższym podejściu kładziony jest szczególny nacisk na badania nad kontrolą procesów krążenia wody, przetwarzania i obiegu materii w skali ekosystemu i krajobrazu. Zrozumienie i wykorzystanie tych zjawisk w praktyce (biotechnologie ekosystemowe) powinno umożliwić między innymi podtrzymanie bioróżnorodności, produktywności biologicznej, ograniczenie tak zwanego wtórnego zanieczyszczenia i rekultywację zeutrofizowanych zbiorników wodnych. Stąd drugim założeniem ekohydrologii jest wykorzystanie własności ekosystemów jako narzędzia w gospodarowaniu zasobami środowiska naturalnego.

Biotechnologia jest definiowana jako nauka zajmująca się zmianą form materii metodami mikrobiologicznymi, enzymatycznymi i genetycznymi. Do tej pory stosowana była w skali laboratoryjnej i technicznej.

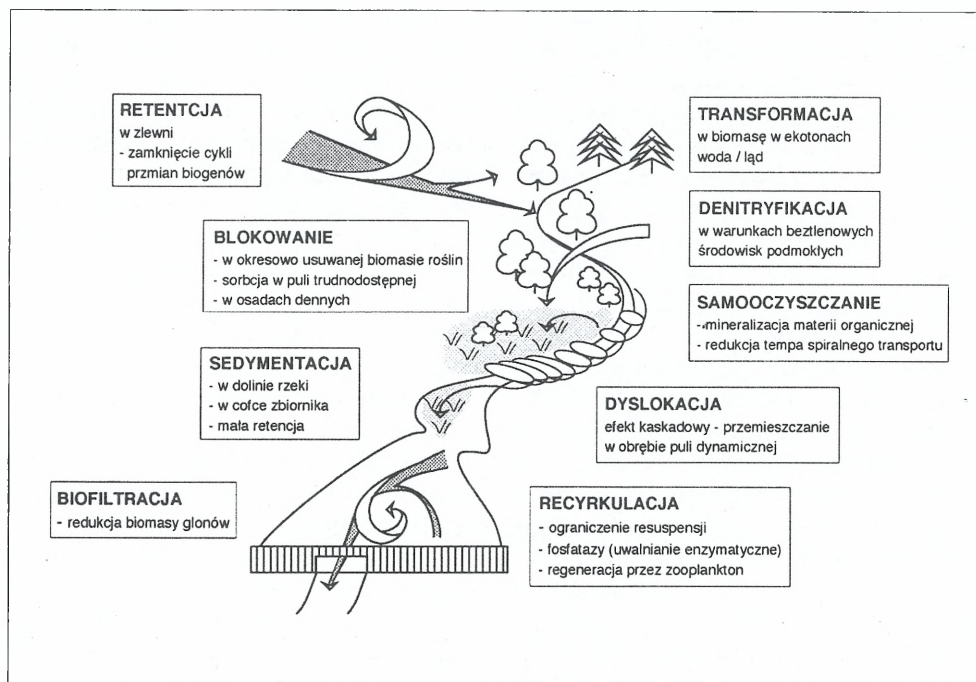
W wyniku działalności człowieka dramatycznym zmianom uległa struktura ekosystemów (np. wycinanie lasów w tropikach jest mierzone obecnie w mln ha na rok), a istnieje coraz więcej



Ryc. 2. Poprawa wskaźnika kosztyefektywności w ochronie środowiska przez integrację metod technicznych oraz biotechnologii ekosystemowych jako układ tworzący system pozytywnych sprzężeń zwrotnych (ZALEWSKI 1995).

dowodów, że zmiany takie powodują nie tylko degradację ewolucyjnie i sukcesyjnie wykształconej struktury biotycznej, lecz również procesów w skali globalnej — cykli biogeochemicznych, przepływu energii i krążenia wody. Stąd, dla zrównoważonego użytkowania zasobów, niezbędne jest odtworzenie i kontrolowanie przebiegu konwersji materii w skali od procesów molekularnych (np. aktywności enzymów),

W ekologii polskiej przeważają poglądy (np. ŁOMNICKI 1978) przyjmujące podejście redukcjonistyczne jako fundamentalne i jako jedyne posiadające właściwy nauce wyjaśniający potencjał. Jednak równolegle dynamicznie rozwijana była i jest ekologia makrosystemów (PETRUSEWICZ, GRODZIŃSKI 1975, ANDRZEJEWSKI 1983, BREYMEYER 1993, RYSZKOWSKI i KĘDZIORA 1999). W świetle procesów rozwoju różnych dziedzin



Ryc. 3. Podstawowe procesy biologiczne, biogeochemiczne i hydrologiczne wchodzące w zakres biotechnologii ekosystemowych oraz ich wykorzystanie w kontroli dynamiki pierwiastków troficznych i ograniczenia eutrofizacji zbiorników zaporowych (ZALEWSKI 2000).

do skali ekosystemu i krajobrazu (np. biomanipulacja, fitoremediacja — Ryc. 3). Można przypuszczać, że zintegrowanie przedstawionych na rysunku działań w skali zlewni będzie powodowało synergistyczne wzmacnianie ich efektu.

PERMANENTNA OSCYLACJA HOLIZM —REDUKCJONIZM
CZYNNIKIEM PRZYSPIESZAJĄCYM POSTĘP NAUKOWY W
NAUKACH EKOLOGICZNYCH

Przyjmując za punkt wyjścia Popperowską wizję nauki, formułowanie hipotez, ich testowanie, falsyfikacja oraz tworzenie nowych hipotez jest fundamentalnym algorytmem odkrycia naukowego.

ekologii można przyjąć, że obydwa podejścia są niezbędne i komplementarne dla dynamicznego rozwoju nauk ekologicznych. Jako przykład może posłużyć rozwój ekologii rzek w XX wieku, gdzie koncepcje holistyczne stymulowały formułowanie hipotez dla badań o charakterze redukcjonistycznym. Z kolei zebrane wyniki eksperymentów terenowych i laboratoryjnych umożliwiały sformułowanie nowych koncepcji, których weryfikacja generowała dalszy postęp i umożliwiała zdefiniowanie kolejnego paradygmatu o charakterze holistycznym. Potwierdzeniem skuteczności Popperowskiego algorytmu stymulującego odkrycia naukowe o charakterystycznej sekwencyjnej oscylacji: holistyczna

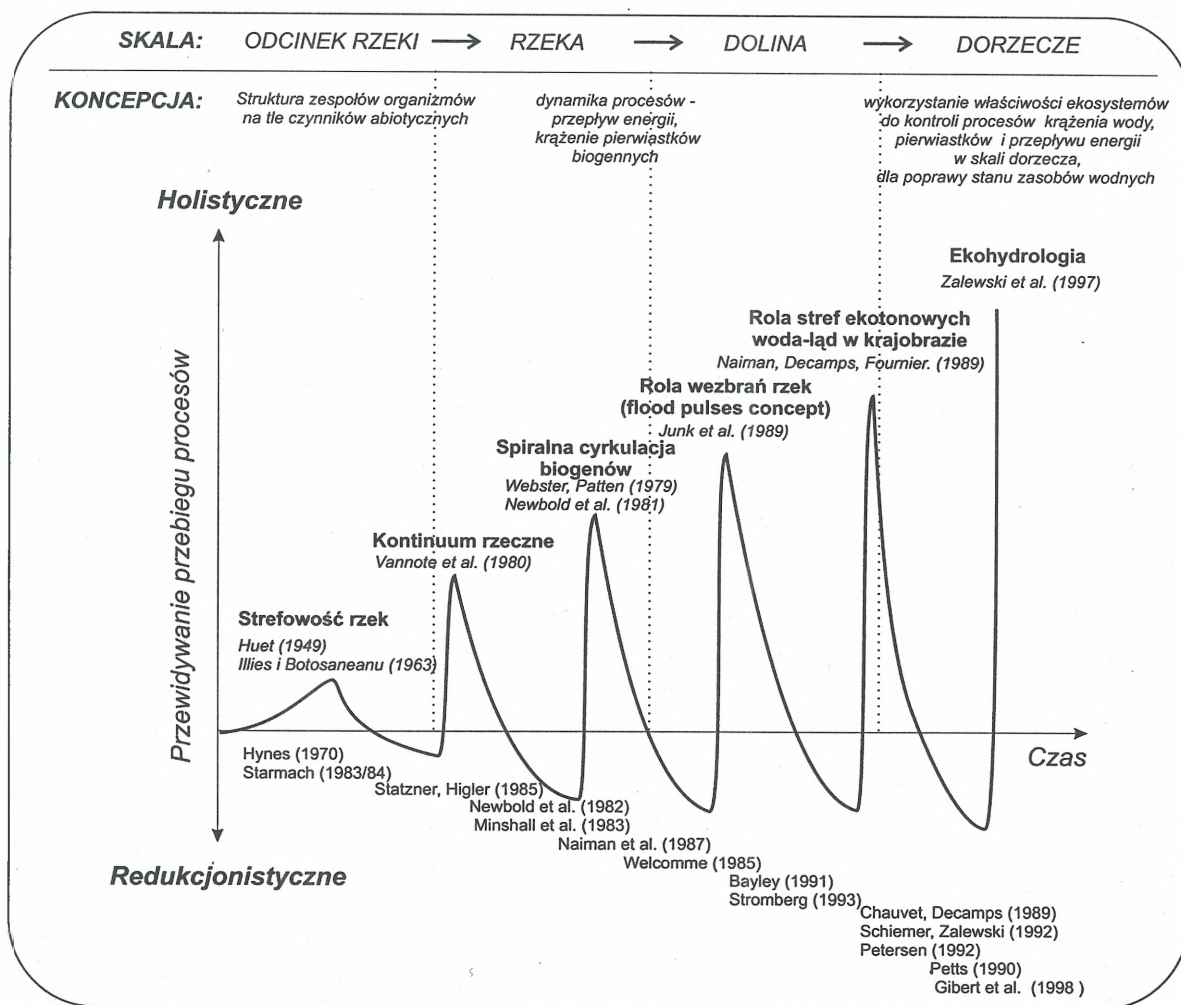
koncepcja — redukcjonistyczne eksperymenty — holistyczna koncepcja — eksperymenty, jest kolejne rozszerzanie paradygmatów (Ryc. 4). To znaczy, że następujące po sobie koncepcje holistyczne w większości przypadków nie obalają poprzednich, a raczej je rozszerzają. I tak, koncepcja *continuum* rzecznoego nie zaprzecza istnieniu strefowego rozmieszczenia organizmów z biegiem strumienia, lecz wskazuje na funkcjonalne zależności jako podstawę zrozumienia dynamiki ekosystemu. Ta koncepcja z kolei uległa rozszerzeniu przez kolejne: „nutrient spiraling”, „flood puls concept”, „rola ekotonów woda-łąd w krajobrazie”.

Należy jednak podkreślić, że powyższe podejście zgodne jest również z tezą Tinbergena „Models are framework for current under-

W konsekwencji, gdy nowe dane eksperymentalne lepiej odzwierciedlają istotę procesów, możliwe i niezbędne staje się sformułowanie nowego modelu zjawiska.

INTEGRACJA BADAŃ CZYNNIKIEM POPRAWIAJĄCYM
ZDOLNOŚĆ PRZEWIDYWANIA PRZEBIEGU PROCESÓW

Ekosystemy są układami o dużym stopniu skomplikowania, w których sprzężenia zwrotne regulujące dynamikę układu mogą występować w całym zakresie skali, od procesów enzymatycznych po procesy zachodzące w skali krajobrazu, na przykład aktywność enzymów fosforylacyjnych może wpływać na nasilenie symptomów eutrofizacji jeziora (CHRÓST 1995). Jednocześnie wiadomo, że wiele dyscyplin naukowych jest



Ryc. 4. Oscylacje pomiędzy holistycznymi hipotezami, a redukcjonistycznymi eksperymentami jako czynnik stymulujący postęp w nauce — „framework for current understanding”.

standing”, która zakłada, że formułowane modele przybliżają nas jedynie do istoty badanych zjawisk, jednak ich główną rolą jest generowanie bardziej rygorystycznych eksperymentów.

oddzielonych od siebie ze względu na wygodę badaczy posługujących się odmiennymi metodami, na przykład hydrologia i hydrobiologia. W skali systemu rzecznoego procesy hydrologi-

czne i biologiczne wzajemnie na siebie oddziałują i wiele problemów w gospodarce wodnej wynika z braku integracji tych dziedzin. Na przykład hydrolodzy jako remedium dla wzrastającej eutrofizacji zbiorników zaporowych proponują zgodnie z klasycznym, technokratycznym podejściem „the best solution for pollution is dilution” — podniesienie poziomu piętrzenia. Tymczasem w zbiorniku eutroficznym, przy wydłużonym okresie retencji, symptomy eutrofizacji nasilają się wykładniczo, ze względu na specyfikę cykli i interakcji biotycznych powodując tak zwane wtórne zanieczyszczenie (ZALEWSKI 1998).

Proces rozwijania kompleksowego podejścia w badaniach ekologicznych, a tym bardziej w zarządzaniu środowiskiem nie będzie łatwy, gdyż badacze zwykle wolą rozpatrywać jeden czynnik i jeden gatunek, podczas gdy otaczające nas środowisko przyrodnicze jest skomplikowanym układem wielogatunkowym i wieloczynnikowym. Stąd podejście integrujące zarówno skalę, jak i specyfikę procesów w formę hipotez roboczych wymaga znacznie większego wysiłku intelektualnego, metodycznego i realizacyjnego. Jednak testowanie koncepcji ekologicznych na przykładzie systemów wielkoskalowych jest najbardziej ostrym testem naszej zdolności przewidywania zjawisk przyrodniczych, czyli jakości nauki, którą uprawiamy. Stąd istnieje pilna potrzeba rozwijania badań wielkoskalowych i interdyscyplinarnych.

Integracja badań nad procesami zachodzącymi w różnych skalach jest potencjalnie najbardziej owocnym sposobem wdrażania strategii WYPRZEDZANIA (Ryc. 2).

Istotną metodą podnoszenia poziomu badań w Polsce mogłyby być integrujące programy badawcze, analogiczne do CPBP w latach 80. Obecnie pewna część ośrodków naukowych nie jest zdolna do nawiązania do poziomu światowej nauki w sposób kompatybilny lub konkurencyjny. Stąd programy integrujące kilka ośrodków, koordynowane przez doświadczonych naukowców miałyby istotne znaczenie dla podniesienia poziomu naukowego ośrodków badawczych o małej liczbie uczonych. Okresowe spotkania sprawozdawcze dawałyby możliwość twórczej dyskusji, która przyczyniałaby się do szybkiego upowszechnienia postępów światowej ekologii, a także do porządkowania i syntetyzowania wyników.

POTENCJALNE MOŻLIWOŚCI UZYSKIWANIA DODATKOWYCH ŚRODKÓW FINANSOWYCH

W istniejących realiach społecznych i polityczno-gospodarczych nie można się spodzie-

wać znaczącego wzrostu finansowania nauki, również nauk ekologicznych. Przy niskim poziomie finansowania ekologii nawet najbardziej przemyślana strategia nie może dać pożądanych wyników. Ponieważ zawsze potwierdza się teza Napoleona, że do wygrania wojny potrzeba trzech rzeczy: pieniędzy, pieniędzy oraz pieniędzy, dlatego, aby wygrać batalię o sukces polskiej ekologii na arenie światowej, niezbędne jest rozpatrzenie możliwości uzyskania finansowania badań z innych źródeł niż KBN.

Środki finansowe z Unii Europejskiej będą wzrastały wraz ze wzrostem poziomu naukowego, stąd nie mogą być traktowane jako zasadnicze źródło wyprowadzające ekologię polską z kryzysu, gdyż ich pozytywne oddziaływanie będzie narastało wraz z rozwojem polskich nauk ekologicznych. Jednak nadal najskuteczniejszym sposobem przyspieszenia powyższego procesu powinno być promowanie współpracy naukowej z krajami Unii Europejskiej. Stąd potencjalnym sposobem zwiększenia dopływu środków finansowych powinno być powiązanie badań ekologicznych z różnymi dziedzinami ochrony i gospodarowania zasobami środowiska, gdyż w ciągu kilku najbliższych lat prognozy Unii Europejskiej przewidują wydatkowanie w Polsce około 40 mld dolarów (Patterman) w ramach tak zwanych *Environmental services*. Od przyjętej strategii i konsekwentnie od jej realizacji będzie w dużej mierze zależało, jaka część z tych pieniędzy zasili badania naukowe.

Jest niemal pewne, że nie można ich będzie uzyskać bez podjęcia przemyślanych i przygotowanych działań, gdyż istnieje wielu potencjalnych konkurentów, którzy już obecnie posiadają doświadczenia w zdobywaniu tego rodzaju funduszy, na przykład firmy konsultingowe zagraniczne i polskie, instytuty resortowe, oraz administracja regionalna i rządowa. Niewątpliwie podstawę zarówno innowacyjności, jak i strategii wyprzedzających, stanowią badania naukowe o charakterze interdyscyplinarnym. Stąd polityka ekologiczna powinna zawierać sformułowanie o konieczności stworzenia warunków do rozwoju badań interdyscyplinarnych, obejmujących zarówno dziedziny podstawowe, jak i rozwijanie projektów badawczych przy współpracy instytucji zajmujących się rozwojem i wdrażaniem. Podstawowym polem integrującym powinny być Komitety Polskiej Akademii Nauk, które już obecnie inicjują wiele działań w tym kierunku, jednak ze względu na ograniczone środki, zakres i intensywność tych działań nie jest wystarczająca.

Innym przedsięwzięciem integrującym środowisko nauk ekologicznych w Polsce powinno być opracowanie scenariuszy zmian w stanie

środowiska oraz kierunków badań przyczyniających się do zapobiegania tym zmianom, przy różnych założeniach rozwojowych i tempie zmian globalnych. Tego typu opracowania powinny powstać przy współpracy z Instytutami PAN (np. Geofizyki, Genetyki, Antropologii), Komitetami PAN, jak również instytutami naukowymi, których działalność jest ściśle związana z użytkowaniem i ochroną zasobów środowiska naturalnego, na przykład IMGW, IOŚ, IRŚ. Scenariusze te powinny w podsumowaniu definiować priorytety badawcze, ze szczególnym uwzględnieniem monitoringu zmian w środowisku, a przede wszystkim do opracowania optymalnych strategii ochrony i rekultywacji ekosystemów. Jednak dla określenia zakresu potencjalnych możliwości wykorzystania w praktyce i zdefiniowania sposobu ich wykorzystania (proactive management), niezbędne są spotkania władz Wydziału Nauk Biologicznych PAN z przedstawicielami życia gospodarczego i dysponentami finansów na ochronę środowiska (np. Ministerstwa Ochrony Środowiska, Komitetu Badań Naukowych, Przedstawicieli Ministerstwa Gospodarki oraz Kancelarii Prezydenta), z przedstawicielami organizacji pozarządowych (np. Instytutu na Rzecz Ekorozwoju, Narodowej Fundacji Gospodarki Wodnej, Komitetu Ekologii Krajowej Izby Gospodarczej), a także instytucji finansowych (Ekofundusz, BOŚ).

ROZWÓJ MŁODEJ KADRY

Konkurujemy już obecnie, a w niedalekiej przyszłości będziemy w coraz większym stopniu konkurować o granty z naukowcami z Zachodniej Europy, dlatego niezbędne jest zasilanie kadry nie tylko młodymi, ale młodymi, wybitnie uzdolnionymi badaczami.

Aby w naukach ekologicznych pozostawali najlepsi, konieczne jest stworzenie perspektyw fascynującej kariery o randze światowej. Nagradzanie i obiektywne ocenianie jest najlepszym środkiem motywującym do intensywnej pracy, dlatego Polska Akademia Nauk powinna w większym zakresie niż dotychczas organizować różne rodzaje konkursów dla młodych badaczy, uwzględniające specjalizacje naukowe.

Czynnikiem najbardziej stymulującym rozwój uczonych oraz nauk ekologicznych, co wykazała dobitnie podróż Darwina, jest możliwość prowadzenia badań porównawczych w ekosystemach różnych stref klimatycznych. Stąd podstawą rozwoju najzdolniejszych powinno być zwiększenie liczby staży zagranicznych przyznawanych na zasadzie konkursu, jak również szanse udziału w programach badawczych, na przykład w koordynowanym przez PAN Pro-

gramie Polarnym. Udział w takim programie powinien zawierać element współpracy przy projektach doświadczonych badaczy oraz projekt własny młodych badaczy, przy czym obydwie powinny być wnikliwie oceniane.

Należałoby również rozpatrzyć wprowadzenie nowych programów naukowych, których problematyka rozwijałaby kreatywność badaczy na przykład "Polski Program Tropikalny". W instytutach badawczych i uczelniach Afryki i Ameryki Południowej istnieje duże zainteresowanie stażami w Europie. Stąd, dla ograniczenia kosztów, program taki mógłby funkcjonować na zasadzie wymiany krótkoterminowych staży (3 miesiące) przy wykorzystaniu istniejącej bazy stacji terenowych PAN i Uniwersytetów. W okresie lata koszt utrzymania 1 czy 2 stażystów równy jest zero, ponieważ cała infrastruktura stacji pracuje tak samo dla 20 czy 21 osób. Warunkiem udziału w tego typu programach powinny być realne osiągnięcia naukowe (publikacje w międzynarodowych i centralnych czasopismach), klarowne zdefiniowanie celu pobytu, zainteresowanie współpracą strony zapraszającej, a także rozliczenie w formie publikacji naukowej oraz popularnonaukowej. Warunkiem udziału w następnej fazie lub projekcie powinna być jakość rozliczenia. Aby staże te spełniały swą kreatywną, stymulującą rolę, należy rozwinąć system informacji, ze szczególnym podkreśleniem przejrzystości reguł. Każdy młody badacz musi mieć przekonanie, że tylko od jego zaangażowania i jakości pracy będzie zależał jego rozwój naukowy.

Warto rozważyć możliwość utworzenia specjalnego funduszu na udział młodych badaczy w międzynarodowych sympozjach. Warunkiem udziału w konkursie byłoby przedstawienie masywnego projektu pracy, która ma być prezentowana.

NAJWAŻNIEJSZE ZAGROŻENIA

Jako najważniejsze zagrożenia dla polskich nauk ekologicznych należałoby wymienić: starzenie się kadry wybitnych polskich ekologów, których rozwój nastąpił podczas UNESCO IBP, zbyt mały dopływ młodych, utalentowanych, dynamicznych uczonych o kreatywnym sposobie myślenia oraz dobrych kontaktach międzyludzkich, stanowiących podstawę równoprawnej współpracy międzynarodowej, a także ograniczone środki finansowe.

Jako dodatkowy układ odniesienia dla analizy zagrożeń mogących ograniczać rozwój polskich nauk ekologicznych warto przeanalizować, jak w Unii Europejskiej postrzegane są słabości systemu badań naukowych:

- zbyt ograniczone przekładanie wyników badań na rozwiązania aplikacyjne;
- niewystarczające przełożenie osiągnięć badawczych na edukację i szkolenia;
- fragmentacje i brak koordynacji wysiłków badawczych.

Można przyjąć, że wymienione słabości w znacznym zakresie dotyczą również polskich nauk ekologicznych. Stąd, drogą do rozwoju jest uwzględnienie w strategii ich stopniowej eliminacji.

SZANSE

Poważne szansę na osiągnięcie sukcesu stwarzają czynniki o dużym potencjale sprawnym, takie jak:

- kadra uczonych uznawanych przez światowe gremia naukowe, współpracujących z najlepszymi na świecie ośrodkami naukowymi;
- struktury Komitetów Naukowych Polskiej Akademii Nauk, o dużym doświadczeniu i możliwościach inicjowania i egzekwowania działań

strategicznych dla rozwoju nauk ekologicznych w Polsce;

- możliwości uzyskania, poważnych funduszy na badania od organizacji międzynarodowych;
- grupa młodych naukowców po stażach zagranicznych, władających biegle językami obcymi, posiadających nieformalne kontakty z zagranicznymi ośrodkami naukowymi.

PODSUMOWANIE

Jako przykład potwierdzający i podsumowujący tezy zawarte w powyższym tekście, można zacytować główne wnioski z ostatniej konferencji UNESCO, poświęconej zrównoważonemu użytkowaniu globalnych zasobów wody — World Water Resources at the Beginning 21st Century. WATER: A LOOMING CRISIS ?

1. Ludzkość musi podjąć decyzje o działaniu, a osoby związane z gospodarką wodną powinny czuć się zobowiązane do proaktywnych zachowań.

2. Działania muszą być podjęte w ramach nowego partnerstwa wszystkich użytkowników zasobów wodnych — zarówno tych, którzy płacą, jak i tych, którzy zarabiają.

3. Działania muszą być partycypacyjne, przejrzyste, kreatywne i technicznie poprawne.

4. Niezbędne są: poprawa efektywności w stosunku do kosztów, wzrost wiarygodności, nowe technologie, nowe koncepcje i nowe idee, wiodące do większej elastyczności systemów zaopatrujących w wodę i instytucji nimi zarządzających.

5. Potrzebujemy lepszej oceny i zarządzania ryzykiem, większej wiarygodności danych, tradycyjnych, technicznych oraz dotyczących nowo pojawiających się problemów, lepszej świadomości społecznej dotyczącej wody i wzmocnionego udziału społeczeństwa w rozwiązywaniu problemów.

LITERATURA

- ANDRZEJEWSKI R., 1983. *W poszukiwaniu teorii fizjocenozy*. Wiad. Ekol. 2, 93–125.
- BAIRD A. J., WILBY R. L. (red.), 1999. *Eco-hydrology. Plants and Water in Terrestrial and Aquatic Environments*. Routledge. Taylor & Francis Group. London and New York.
- BAYLEY P. B., 1991. *The flood-pulse advantage and the restoration of river-floodplain systems*. Regulated Rivers, 6, 75–86.
- BREYMEYER A. (red.), 1993. *Conference Papers 18. Geography of organic matter production and decay*. SCOPE Seminar, Szymbark 11–18 Sep. 1991, Warszawa.
- CHRÓST R., 1995 [W:] M. ZALEWSKI (red.) *Procesy biologiczne w ochronie i rekultywacji nizinnych zbiorników zaporowych*. Bibl. Monitoringu Środowiska. KES, WIOŚ, Łódź, 1, 71–85.
- CHAUVET E., DECAMPS H., 1989. *Lateral interactions in a fluvial landscape: The River Garonne, France*. J. North Am. Benthol. Soc. 8, 9–17.
- GIBERT J., MATHIEU J., FOURIER, F., (red.) 1998. *Groundwater /surface water ecotones: biological and hydrological interactions and management options*. International Hydrobiology series. Cambridge University Press.
- GLIWICZ Z. M., PREJS A., 1977. *Can planktivorous fish keep in check planktonic crustacean populations? A test of size-efficiency hypothesis in typical Polish lakes*. Ekol. Pol. 25, 567–591.
- GRODZIŃSKI W., KLEKOWSKI R. Z., DUNCAN A. (red.), 1975 *Methods for ecological bioenergetics*. IBP Handbook 24, Oxford, Blackwell Sci. Publ.
- HILLBRICHT-ILKOWSKA A., PIECZYŃSKA E., (red.) 1993. *Nutrient dynamics and retention in lowland water ecotones of lowland temperate lakes and rivers*. Hydrobiologia 251, Kluwer Acad. Publ.
- HOLLING C. S., GUNDERSON L. H., WALTERS C. J., 1994. *The structure and dynamics of the Everglades system: Guidelines for ecosystem restoration*. [W:] *The Everglades: the Ecosystem and its Restoration*. S. DAVIS, J. OGDEN (red.) St Lucie Press, Delray Beach.
- HUET M., 1949. *Apercu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes*. Schweiz. Z. Hydrol. 11, 333–351.

- HYNES H. B. N., 1970. *The ecology of running waters*. Univ. Toronto Press. Toronto, Canada.
- ILLIES J., BOTOSANEANU L., 1963. *Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes, considérées surtout du point de vue faunistique*. Mitt. Int. Ver. Theor. Ang. Limnol. 12–57.
- JUNK W. J., BAYLEY P. B., SPARKS R. E., 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. [W:] *Proceedings of the International Large Rivers Symposium* D. P., DODGE (red.) (LARS), Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, 106, 110–127.
- KACZMAREK Z., 1996. *National assessment — Poland*. [W:] *Water Resources Management in the Face of Climatic/Hydrologic Uncertainties*. Z. KACZMAREK, K. M., STRZEPEK, L. SOMLYODY, V. PRIAZHINSKAYA (red.) Kluwer Acad. Publ.
- KAJAK Z., 1993. *The Vistula River and its riparian zones*. [W:] *Nutrient dynamics and retention in lowland water ecotones of lowland temperate lakes and rivers*. A. HILL-BRIGHT-ILKOWSKA, E. PIECZYŃSKA (red.) Hydrobiologia 251, 149–157.
- KAMLER E., 1992. *Early life history of fish: an energetics approach*. Chapman & Hall, London.
- KLEKOWSKI R. Z., FISHER Z., 1993. *Bioenergetyka ekologiczna zwierząt zmienneoptycznych*. PAN, Wydz. II Nauk Biol., Warszawa.
- KOLODZIEJSKI J., 1995. *Uwarunkowania ekorozwoju w okresie transformacji systemowej Polski*. [W:] *Prognoza ostrzegawcza zmian Środowiskowych warunków życia człowieka w Polsce na początku XXI wieku*. S. KOZŁOWSKI (red.). Zeszyty Naukowe Komitetu PAN „Człowiek i Środowisko”, 10, 9–34.
- KOZŁOWSKI J., 1992. *Optimal allocation of resources to growth and reproduction: implication for age and size at maturity*. Trends in Ecology and Evolution 7, 89–101.
- KOZŁOWSKI S., 1997. *Trwałość, zrównoważony rozwój — bariery i dylematy*. [W:] *Kształcenie ekologiczne dorosłych*. D. CICHY (red.). Zeszyty Naukowe Komitetu PAN „Człowiek i Środowisko” 23, 15–42.
- KUKLIŃSKI A. (red.) 2000. *The Knowledge-Based Economy. The European Challenges of the 21st Century*. KBN Science and Government Series 5. Warszawa, pp.334.
- ŁOMNICKI A., 1978. *Przygody ekologów i ewolucjonistów w krainie superorganizmów*. Wiad. Ekol. 24, 249–259.
- ŁOMNICKI A., 1988. *Population ecology of individuals*. Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey
- MINSHALL G. W., PETERSEN R. C., CUMMINS K. W., BOTT T. L., SEDELL J. R., CUSHING C. E., VANNOTE R. L., 1983. *Interbiome comparison of stream ecosystem dynamics*. Ecol. Monogr. 53, 1–25.
- MITSCHEW W. J., 1993. *Ecological engineering — a cooperative role with the planetary life-support systems*. Environ. Sci. Technol. 27, 438–445.
- NAIMAN R. J., DECAMPS H., 1990. *The ecology and management of aquatic-terrestrial ecotones*. UNESCO MAB series. The Parthenon Publishing Group. UNESCO Paris, Paris, France
- NAIMAN R. J., MELILLO J. M., LOCK M. A., FORD T. E., REICE S. R., 1987. *Longitudinal patterns of ecosystem processes and community structure in a subarctic river continuum*. Ecol. 68, 1139–1156.
- NAIMAN R. J., DECAMPS H., FOURNIER F., 1989. *The role of land/inland water ecotones in landscape management and restoration: a proposal for collaborative research*. MAB Digest 4, UNESCO, Paris.
- NEWBOLD J. D., ELWOOD J. W., ONEIL R. W., VAN WINKLE W., 1981. *Measuring nutrient spiraling in streams*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45, 361–379.
- NEWBOLD J. D., ELWOOD J. W., ONEIL R. V., VAN WINKLE W., 1982. *Nutrient spiraling in streams: Implications for nutrient limitation and invertebrate activity*. Am. Nat., 120, 628–652.
- OBARSKA-PEMPKOWIAK H., 1991. *Seasonal variations in the efficiency of nutrient removal from domestic effluent in a quasi-natural field of reed (Phragmites communis)*. [W:] *Ecological Engineering for Wastewater*. ETNIER C., GUTERSTAM B. (red.). Treatment, Bokskog, Gothenburg, Sweden, str. 239–247.
- OPUSZYŃSKI K., 1987. *Sprzężenie zwrotne między procesem eutrofizacji, a zmianami zespołu ryb*. Teoria ichtioeutrofizacji. Wiad. Ekol. 33, 21–30.
- PETERSEN R. C., Jr. 1992. *The RCE: a riparian, channel, and environmental inventory for small streams in the agricultural landscape*. Freshwater Biol. 27, 295–306.
- PETRUSEWICZ K., GRODZIŃSKI W. L., 1975 *The role of herbivore consumers in various ecosystems*. [W:] *Productivity of World Ecosystems*. National Academy of Sciences, Washington, D.C., str. 64–70.
- PETTS G. E., 1990. *The role of ecotones in aquatic landscape management*. [W:] *The Ecology and Management of Aquatic — Terrestrial Ecotones. Man and the Biosphere Series, 4*. NAIMAN R. J., DECAMPS H. (red.), The Parthenon Publishing Group, UNESCO, str. 227–261.
- POPPER K. R., 1991. *Wiedza obiektywna. Ewolucyjna teoria epistemologiczna*. PWN, Warszawa.
- RYSZKOWSKI L., 1992. *Ekologiczne podstawy kształtowania obszarów rolniczych dla zapewnienia trwałego i zrównoważonego rozwoju rolnictwa*. [W:] *Ochrona i racjonalne wykorzystanie zasobów wodnych na terenach rolniczych w regionie Wielkopolski*. Komisja Ochrony Środowiska Oddziału Poznańskiego PAN, str. 85–106.
- RYSZKOWSKI L., KEDZIORA A. (red.), 1999. *Papers in Global Change IGBP, No 6*. Geographia Polonica 72, 115.
- SCHIEMER F., ZALEWSKI M., 1992. *The importance of riparian ecotones for diversity and productivity of riverine fish communities*. [W:] *Proc. 7th Europ. Ichthyol. Congr. Hague 26–30 August 1991*. OSSE J. W. M., HALLINGWORTH C. E. (red.). Neth. J. Zool. 42, 323–235.
- STARKER L., 1988. *Global paleohydrology*. Bull. Pol. Ac.: Earth Sciences 36, 71–89
- STARMACH J. 1983/84. *Fish zones of the river Dunajec upper catchment basin*. Acta Hydrobiol. 25/26, 415–427.
- STASKRABA M., 1993. *Ecotechnology as a new means for environmental management*. Ecol. Eng. 2, 311–331.
- STATZNER B., HIGLER B., 1985. *Questions and comments on the river continuum concept*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42, 1038–1044.
- STROMBERG J. C., 1993. *Instream flow models for mixed deciduous riparian vegetation within a semi-arid region*. Regulated Rivers 8, 225–236.
- VANNOTE R. L., MINSHALL G. W., CUMMINS K. W., SEDELL J. R., CUSHING C. E., 1980. *The river continuum concept*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37, 130–137.
- WEBSTER J. R., PATTEN B. C., 1979. *Effects of watershed perturbation on stream potassium and calcium dynamics*. Ecol. Monogr. 49, 51–72.
- WEINER J., 1999. *Życie i ewolucja biosfery*. Podręcznik ekologii ogólnej. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- WELCOMME R. J., 1985. *River fisheries*. F.A.O. Fish. Tech. Pap.
- ZALEWSKI M., 1995 (red.). *Rola ekotonowych stref buforowych w redukcji zanieczyszczeń obszarowych i przyspieszaniu tempa samooczyszczania rzek*. [W:] *Zintegrowana strategia ochrony i zagospodarowania ekosystemów wodnych*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Łódź, str. 25–35.
- ZALEWSKI M., 1998. *Ekohydrologia i biotechnologie ekosystemowe jako rozwinięcie dotychczasowej strategii i metod w gospodarce wodnej — na przykładzie rekultywacji Sulejowskiego Zbiornika Zaporowego*. Gospodarka Wodna 12, 447–452.
- ZALEWSKI M., 2000. *Ecology — The Scientific Background to use Ecosystem Properties as a Tool Toward*

Sustainable Water Management. Editorial. Ecol. Eng. Special Issue.

ZALEWSKI M., JANAUER G. S., JOLANKAI G., 1997. *Conceptual Background. [W:] Ecohydrology — A new Paradigm for*

the Sustainable Use of Aquatic Resources. ZALEWSKI M., JANAUER G. S., JOLANKAI G. (red.), International Hydrological Programme UNESCO. Technical Document on Hydrology No 7, Paris.