

## 1. Wstęp

W miarę tego jak potęguje się wpływ współczesnego człowieka na przyrodę, coraz bardziej nieodzowna dla jej ochrony staje się znajomość powiązań pomiędzy światem nieorganicznym, roślinami i zwierzętami. Ten punkt widzenia, rozumiany i przyjmowany obecnie coraz powszechniej, znalazł w Polsce wyraz już w latach trzydziestych w koncepcjach Józefa Paczoskiego i Adama Wodziczki. Wodziczko najdobitniej sformułował go w swym znanym podręczniku w r. 1946: „Chodzi już nie tylko o ochronę drobnych pozostałości dzikiej przyrody, ale przede wszystkim o zachowanie całości świata roślinnego i zwierzęcego, występującego w przyrodzie w obrębie wysoko zorganizowanych zestrojów, będących przedmiotem badań nowych nauk, socjologii roślin i biocenotyki. W świetle tych badań okazało się, że dotychczasowe metody gospodarki leśnej, rolnej i wodnej, zubożającej pierwotne biocenozy i naruszającej ich naturalną równowagę, są na dalszą metę szkodliwe”.

Rozwój ekologii w latach ostatnich pogłębił te koncepcje, a przede wszystkim przyniósł szereg konkretnych danych na temat procesów zachodzących w przyrodzie, wielkości jej zasobów i produktywności świata organicznego. W oparciu o te wyniki należy zrewidować wiele z dotychczasowych poglądów tak w dziedzinie teoretycznej, jak i praktycznej ochrony przyrody.

## 2. Niektóre pojęcia podstawowe — funkcjonowanie ekosystemu

Poszczególne gatunki roślin i zwierząt reprezentowane są w terenie przez grupy osobników tworzących tak zwane populacje. Ich liczebność i prężność rozwoju zależą od wielu czynników, związanych między innymi

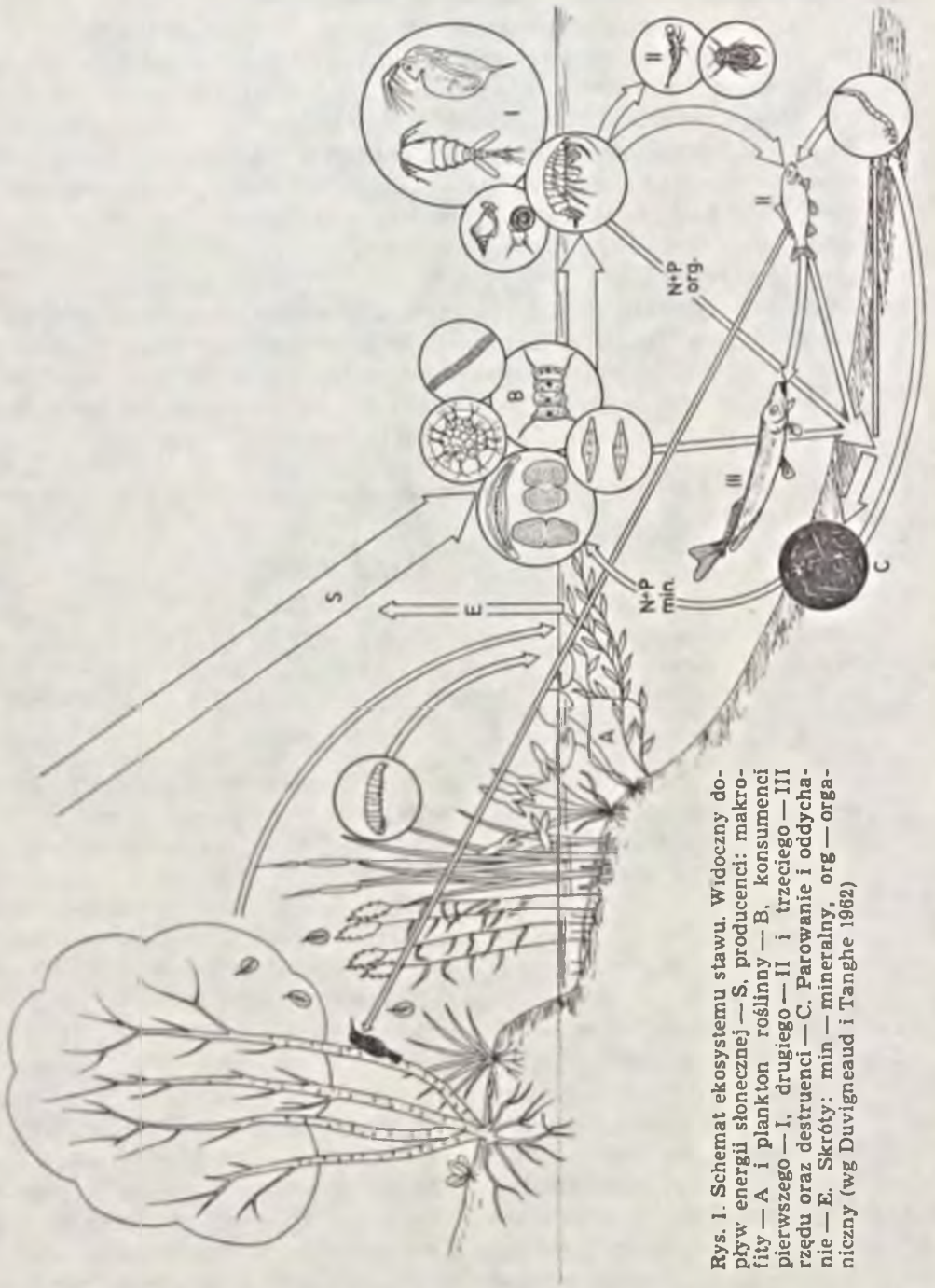
z przystosowywaniem się organizmów do warunków, w jakich żyją. Populacje różnych gatunków, współistniejących obok siebie, tworzą z kolei zbiorowiska roślinne i związane z nimi zgrupowania zwierząt. Zbiorowiska roślinne mogą być różnej rangi. W geografii roślin od dawna opisywano szeroko ujęte formacje roślinne, typowe dla poszczególnych stref klimatycznych i różnych regionów Ziemi, takie jak tundra, tajga, las zrzucający liście, zawsze zielony las równikowy itd. Formacje wyróżniane są w oparciu o fizjonomię i niektóre cechy ekologiczne panujących gatunków roślin. Są one pomocne przy opracowywaniu map roślinności rozległych obszarów, np. całych kontynentów; ostatnio zastosowano je także przy opisach i ocenie sieci terenów chronionych w skali światowej (Fosberg 1967).

Blizsza charakterystyka szaty roślinnej uwzględnia w mniejszym lub większym stopniu także skład florystyczny zbiorowisk. Cechę tę wysunięto na pierwszy plan zwłaszcza w ujęciach szkoły fitosocjologicznej środkowoeuropejskiej. Przyjmuje ona za podstawową jednostkę klasyfikacji zespół roślinny, posiadający własne gatunki charakterystyczne i wyróżniające, a reprezentowany w terenie przez konkretne płaty — fitocenozy. Znajomość zespołów roślinnych Polski i ich wymagań siedliskowych jest już daleko posunięta (Medwecka-Kornaś, Kornaś, Pawłowski, Zarzycki 1972). Istnieją też liczne mapy fitosocjologiczne, odzwierciedlające rozmieszczenie płatów zespołów roślinnych na pewnych obszarach, m.in. w wielu polskich parkach narodowych i rezerwatach.

Zbiorowisko roślinne wraz z ugrupowaniami towarzyszącymi mu zwierząt określa się terminem biocenozy, wprowadzonym z końcem ubiegłego wieku przez K. Möbiusa (1877). Dalszym krokiem naprzód w tej dziedzinie stało się łączne rozpatrywanie biocenoz i ich nieożywionego środowiska. Układy takie określone zostały jako ekosystemy przez Tansleya (1935) — termin najczęściej używany, lub jako biogeocenozy — przez Sukačeva (1964).

Za ekosystemem uznać można (za Odumem 1969) każdy wycinek przyrody (stanowiący pewną naturalną całość), w którym zachodzi stała wymiana materii pomiędzy zasiedlającymi go organizmami a nieożywionym środowiskiem. Jest ona w głównej mierze wynikiem powiązań pokarmowych (troficznych) między poszczególnymi komponentami ekosystemu (rys. 1). Podstawową rolę odgrywają przy tym organizmy samożywne, mogące wytwarzać substancję organiczną ze składników mineralnych, a więc przede wszystkim rośliny zielone, zdolne do fotosyntezy. Motorem ich działalności jest energia świetlna słońca, pobierana i magazynowana, a następnie częściowo akumulowana w wytworzonej biomacie organów nadziemnych i podziemnych. Równocześnie rośliny pobierają ze swego otoczenia wodę i sole mineralne.





Rys. 1. Schemat ekosystemu stawu. Widoczny dopływ energii słonecznej — S, producenci: makrofity — A i plankton roślinny — B, konsumenci pierwszego — I, drugiego — II i trzeciego — III rzędu oraz destrukceni — C. Parowanie i oddychanie — E. Skróty: min — mineralny, org — organiczny (wg Duvigneaud i Tanghe 1962)

Z produkcji roślinnej, zwanej pierwotną, korzystają rozliczni konsumenci. W pierwszym etapie są to zwierzęta roślinożerne (fitofagi). Mogą być one pokarmem drapieżników, zjadanych z kolei przez inne drapieżniki — w związku z tym mówimy o drapieżnikach pierwszego, drugiego i wyższych rzędów. W ten sposób powstają łańcuchy pokarmowe, które mogą być krótkie, jak w przypadku układu: trawy na prerii — bizon, lub znacznie bardziej złożone. Z powiązanych wzajemnie łańcuchów pokarmowych układa się skomplikowana sieć pokarmowa ekosystemu. Wycinkiem takiej sieci obejmującej 6 poziomów troficznych może być przykład zawarty w tabeli I.

Zarówno rośliny, jak i zwierzęta dostarczają szczątków martwych, które ulegają rozkładowi przy udziale mikroorganizmów — bakterii i grzybów, tak zwanych destruentów; ważne dla życia pierwiastki przechodzą przy tym ze związków organicznych w mineralne, po czym mogą być z powrotem pobrane przez rośliny i włączone w obieg.

**Tabela I.** Wycinek sieci troficznej łąki (stosunek pajaków i mrówek w takim układzie badały Pętał i Brey Meyer 1969)

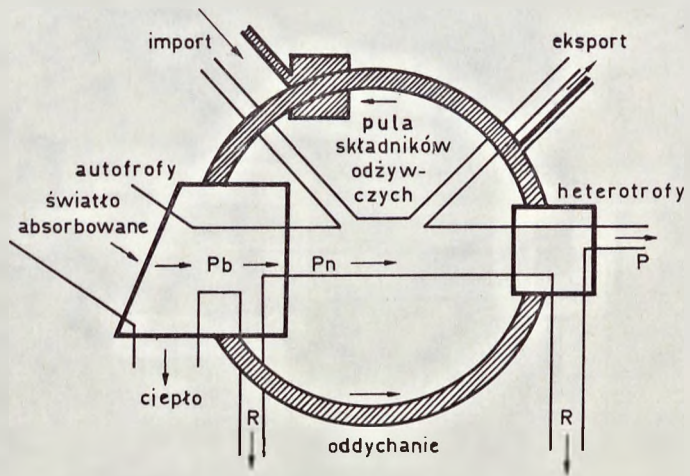
| Producenci | Fitofagi       | Drapieżniki |          |            |           |
|------------|----------------|-------------|----------|------------|-----------|
|            |                | I rzędu     | II rzędu | III rzędu  | IV rzędu  |
| Darni łąki | muchówki       | mniejsze    | mrówki   | ptaki      | większe   |
|            | pluskwiaki     | pająki      | większe  | owadożerne | ptaki     |
|            | prostoskrzydłe | drapieżne   | pająki   | płazy      | drapieżne |
|            |                | chrząszcze  |          |            |           |

Dzięki opisanym procesom w każdym ekosystemie ma miejsce przepływ energii dochodzącej w postaci światła, częściowo akumulowanej w biomasie, a następnie uwalnianej lub przekazywanej na coraz wyższe poziomy troficzne. Równocześnie tworzy się mniej lub bardziej zamknięty obieg materii: wody i poszczególnych ważnych dla życia pierwiastków, węgla, azotu, fosforu, siarki, potasu, wapnia, magnezu i żelaza oraz mikroelementów, krążących w tzw. cyklach biogeochemicznych (rys. 2). Zjawiska te można ujmować ilościowo i bilansować.

Rząd wielkości ekosystemów może być bardzo rozmaity. Mogą to być układy całkiem małe, jakie wykształcają się np. na obalonej, porośniętej mchami i grzybami butwiejącej kłodzie. Mogą to być układy związane z płatami zespołów roślinnych (jak np. ekosystem grądu *Tilio-Carpinetum*) lub z formacjami roślinnymi (np. ekosystemy tundry, tajgi, lasów równikowych, sawann, pustyń itd.). Można też mówić o ekosystemach poszczególnych zbiorników wodnych: stawów, mórz lub oceanów. Wszystkie takie układy powiązane są w większym lub mniejszym stopniu z innymi, a to przez dopływ lub odpływ materii przenoszonej przez wodę, wiatr lub



migrujące zwierzęta, a także przez człowieka. Dopiero gdy rozpatrujemy biosferę Ziemi jako całość, mamy do czynienia z ekosystemem zamkniętym i zbilansowanym. Ostatnio coraz częściej określa się go nowym terminem „ekosfery”.



Rys. 2. Cykl biogeochemiczny (zakreskowane koło) nałożony na uproszczony diagram przepływu energii przez ekosystem. Widać różnicę pomiędzy krążeniem materii a jednokierunkowym przepływem energii. Pb — produkcja pierwotna brutto, Pn — produkcja pierwotna netto (wg Oduma 1969)

### 3. Ekosystemy wodne i lądowe

W środowisku wodnym ważnym czynnikiem dla produkcji pierwotnej jest przezroczystość wody, roślinność może bowiem sięgać tylko tak głęboko, jak głęboko dochodzi światło o natężeniu dostatecznym dla fotosyntezy. Zarówno dla roślin, jak i dla zwierząt istotny jest chemizm wód. Zasolenie mórz i oceanów powoduje, iż występują tam z reguły gatunki halobiotyczne, inne niż w wodach słodkich. Zasobność w substancje odżywcze, mała w wodach ubogich — oligotroficznym, duża w żyznych — eutroficznym, pociąga za sobą mniejsze lub większe bogactwo życia, co z kolei może wpływać na zawartość rozmaitych gazów, rozpuszczonych w środowisku wodnym. Bardzo istotną rolę odgrywa obecność dostatecznej ilości tlenu, którego brak może stać się groźnym czynnikiem ograniczającym życie. Stosunki termiczne wód wpływają zarówno na tempo przebiegu procesów życiowych w istniejących tu ekosystemach, jak i — w pewnej mierze — na wytwarzanie się prądów, ułatwiających cyrkulację rozpuszczonych gazów i związków mineralnych. Swoistą cechą środowiska wodnego jest także brak wyraźniejszych barier takiego typu, jak istnieje





jące na lądzie; ułatwiać to może przemieszczanie się organizmów i substancji chemicznych w środowisku.

W śródlądowych zbiornikach wodnych płytkie partie przybrzeżne zasiedlają makrofity: rośliny wynurzone, np. trzcina *Phragmites communis* (rys. 3), i rośliny zakorzenione, o liściach pływających lub całkowicie zanurzonych. Tam gdzie formy te nie sięgają, rozwija się już tylko plankton, ograniczony do powierzchniowych warstw wody. Jego komponentami roślinnymi są drobne, unoszące się w wodzie organizmy (zielenice, okrzemki, wiciowce, sinice itd.). Z produkcji pierwotnej korzystają konsumenci: zooplankton, złożony głównie z pierwotniaków, wrotków i skorupiaków, ryby roślinożerne itd. Organizmy te z kolei padają łupem drapieżników, m.in. drapieżnych ryb. Niekiedy także gatunki z zewnątrz, jak np. ptaki wodne czy wydra, korzystają z pewnych ogniw tych łańcuchów troficznych. Obumierające organizmy wodne opadają na dno, gdzie podlegają rozkładowi przy współdziałaniu saprofitów. Uwalniane dzięki temu pierwiastki chemiczne bywają zwykle z powrotem włączane w obieg materii w ekosystemie.

Ekosystemy potoków i rzek kształtują się odmiennie od ekosystemów wód stojących. W górnych ich odcinkach, gdzie prąd wody jest najbardziej szybki, a dno kamieniste, producentami są glony osiadłe, przeważnie okrzemki. W odcinkach środkowym i dolnym prąd maleje, wzrasta ilość zawieszin i osadów na dnie, a produkcję pierwotną tworzą makrofity, a także plankton rzeczny (seston). W parze z tymi zmianami idą zmiany stosunków tlenowych i ugrupowań zwierząt; wyrazem tego są m.in. różnice w rozmieszczeniu ryb.

W ogromnych zbiornikach wodnych, jakimi są morza i oceany, produkcję pierwotną tworzy głównie plankton roślinny. Jego zasięg pionowy

---

Rys. 3. Ekosystem wodny: szuwar *Scirpo-Phragmitetum* przy brzegu eutroficznego Jeziora Mikołajskiego na Pojezierzu Mazurskim. Produktivność roczna części nadziemnych trzciny osiąga tu 6,7 t/ha (około  $27 \cdot 10^6$  Kcal/ha) (Kowalczewski, Wasilewski 1966), zaś po uwzględnieniu również części podziemnych wynosi 20 t/ha (Szczepański 1969). Produkcja pierwotna litoralu w jego strefie wynurzonej i zanurzonej ma średnio wartość 10 t/ha ( $40 \cdot 10^6$  Kcal/ha), produkcja pierwotna planktonu w samych miesiącach letnich 6,2 t/ha ( $25 \cdot 10^6$  Kcal/ha) (Hillbricht-Ilkowska, Spodniewska 1969 — dane za okres VI–X 1966). Efektywność użytkowania fitoplanktonu przez zooplankton wynosi około 10%; więcej niż połowę pokarmu zooplanktonu stanowią bakterie (Gliwicz 1969). Do ryb żywiących się głównie roślinami należy tu płoć *Rutilus rutilus*. Bentos i faunę naroślinną tworzą *Chironomidae*, *Trichoptera* i *Mollusca*, będące m.in. pokarmem karpia *Cyprinus carpio*, lina *Tinca tinca* i leszcza *Abramis brama*. Na jeziorze i w jego otoczeniu żyje szereg gatunków ptaków pływających, brodzących i zaroślowo-drzewnych, reprezentujących różne grupy troficzne: fitofagów wodnych, bentofagów, ichtiofagów, entomofagów powietrznych i brzegowych itd. (Dobrowolski 1969). W pobrzużu stwierdzono dużą liczebność bakterii i intensywne procesy destrukcji. Do wody wpływa znaczna ilość, bo  $17 \cdot 10^6$  Kcal/ha materii allochtonicznej z otoczenia. Jezioro jest obiektem badań Działu Hydrobiologii i Działu Limnologii Instytutu Ekologii PAN oraz Zakładu Hydrobiologii Instytutu Zoologicznego UW

Fot. Anna Medwecka-Kornaś

dochodzi do 100 m głębokości i więcej. Planktonem roślinnym żywią się drobni konsumenci, stanowiący podobnie — jak w jeziorach — pokarm dla ryb, a także dla waleni fiszbinowych (*Mysticeti*) — ssaków przewyższających swymi rozmiarami wielokrotnie największe zwierzęta lądowe. Łańcuchy troficzne są tu często długie i mogą się w nie włączać takie drapieżniki, jak delfin (*Delphinus delphis* L.) czy morświn (*Phocaena phocaena* L.). Szczególnym bogactwem życia odznaczają się płytkie wody przybrzeżne na szelfach — rozwijają się tu glony przymocowane do dna, m.in. najokazalsze, tworzące zarośla podwodne — brunatnice. Tu także występują 2/3 z 25 tys. gatunków znanych ryb morskich oraz inne zwierzęta użytkowe, jak krewetki, kraby itd. Wiele roślin i zwierząt skupia się w strefie przyływów i odpływów, zwanej litoralem, i w deltach wielkich rzek.

Ekosystemy lądowe łączą w sobie zawsze dwa środowiska: glebowe i nadziemne (powietrzne), powiązane wieloma procesami. Fotosynteza odbywa się dzięki pracy zielonych, nadziemnych części roślin. Biomasa, jaka znajduje się w częściach podziemnych, korzeniach czy kłęczach, zależy więc bezpośrednio od tego, co dzieje się w świetle, ponad powierzchnią gleby. Natomiast świat konsumentów żyjących pod ziemią jest układem po części odrębnym. Tworzą go bezkręgowce roślinożerne, np. larwy owadów, roztocze, nicienie żerujące na korzeniach itd., a także liczne saprofagi oraz niektóre drapieżniki, jak np. kret. Zwierzęta glebowe mogą ograniczać produkcję pierwotną, równocześnie jednak spełniają takie funkcje, jak spulchnianie gleby i przemieszczanie w niej substancji organicznych z powierzchni do warstw głębszych.

Struktura ekosystemów lądowych nad ziemią i pod ziemią jest przeważnie wielowarstwowa. Rośliny większe, zwłaszcza drzewa, ocieniają niższe warstwy, których gatunki żyją w odmiennych warunkach świetlnych, termicznych i wilgotnościowych, składających się na swoisty fitoklimat różnych zbiorowisk. Konsumentami produkcji nadziemnej są zarówno bezkręgowce (np. gąsienice motyli), jak i ptaki-ziarnożady, drobne gryzonie i duże ssaki (np. sarny, jelenie itd.).

Konsumentami drugiego rzędu w zbiorowiskach lądowych są drapieżniki różnego rodzaju, np. pająki, żaby, drobne ptaki owadożerne oraz duże ptaki i ssaki drapieżne.

Obumierające rośliny lub ich części, np. liście, gałązki, kora itd., opadają na powierzchnię gleby tworząc mniej lub bardziej wyraźną warstwę ściółki. Żyjące w niej zwierzęta, przeważnie bezkręgowce, rozdrabniają ją, a destruenci przyczyniają się bezpośrednio do jej humifikacji i mineralizacji. Procesy te przebiegają rozmaicie, zależnie od klimatu, stosunków wilgotnościowych i charakteru roślinności. Stąd pochodzi duże nagromadzenie substancji organicznej w glebach torfowych, obecność kwaś-



nej, surowej próchnicy w borach szpilkowych, a obojętnej, nasyconej próchnicy w warstwie mineralno-próchnicznej w lasach liściastych na żyznych siedliskach naszej strefy. W klimatach gorących rozkład martwych szczątków jest ogromnie szybki, a gleba nawet w najbujniejszych lasach równinowych niemal bezpróchnicza i uboga w substancje odżywcze.

W ekosystemach lądowych bardziej istotną rolę niż w wodnych odgrywają właściwości podłoża. Wpływ rzeźby terenu i klimatu zaznacza się tu bardzo dobitnie, a szczególnie ważnym problemem jest gospodarka wodna. Decydują o niej: wielkość opadów, szybkość parowania i zdolność terenu do retencji wodnej. Wiele regionów Ziemi cierpi na niedostatek wody; mogą się na nich rozwijać tylko rośliny i zwierzęta o specjalnych przystosowaniach do takich warunków, a zbiorowiska roślinne są tam skąpe, niskie i odznaczają się małym zwarciem.

#### **4. Ekologiczne skutki wpływów człowieka**

Ekosystemy utrzymujące się samoczynnie na Ziemi są wynikiem procesów naturalnych; ich rozwój poprzedziło wiele tysięcy lat powolnej ewolucji świata organicznego i stopniowego kształtowania się różnych środowisk. Na to tło nakłada się jednak coraz silniej działalność człowieka, prowadząca do gwałtownych zmian flory, fauny i całych układów przyrodniczych. Człowiek przechodził w użytkowaniu i przekształcaniu przyrody od metod prymitywnych, jak stosowanie ognia i prostych narzędzi, do coraz potężniejszych, jakie daje współczesna technika. Ogólnie biorąc wyróżnić można następujące ważniejsze formy jego działalności:

1) celowe usuwanie szaty roślinnej (a tym samym całych biocenoz), np. przez karczowanie lasów czy zaorywanie stepów, dla wprowadzenia nowych układów ekologicznych, utrzymywanych następnie przez specjalne zabiegi (kośne łąki i pastwiska poleśne, pola orne, plantacje), lub dla użytkowania terenu inaczej niż w oparciu o jego produkcję organiczną (zabudowa, szlaki komunikacyjne);

2) nasilająca się coraz bardziej eksploatacja istniejących ekosystemów naturalnych, np. leśnych — przez przerębywanie drzewostanów, grabienie ściółki, wypas itd., prowadząca do ich ubożenia;

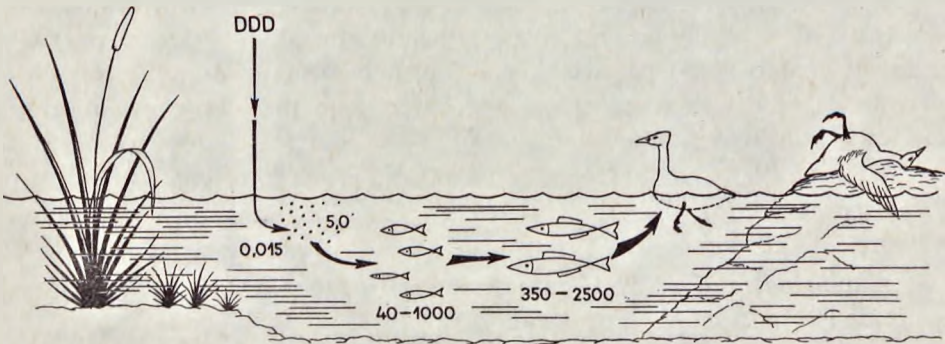
3) eksploatacja wybranych gatunków roślin lub zwierząt, powodująca zagrożenie ich bytu lub wręcz ich zanik;

4) celowe lub przypadkowe wprowadzanie gatunków obcych danemu środowisku;

5) zmiana warunków siedliskowych przez modyfikację niektórych elementów środowiska (np. przez melioracje wodne) lub daleko posunięte przekształcenia całokształtu jego cech (np. przy usypywaniu hałd górni-

czych), a także wprowadzanie obcych substancji toksycznych (herbicydy, insektycydy, substancje radioaktywne, ścieki itp.).

Skutki działalności człowieka w przyrodzie są — jak dotąd — znane przeważnie tylko ogólnikowo; brak nam dokładnych ocen ilościowych np. co do stopnia degradacji gleby, odkształceń w cyklach krążenia materii i przepływu energii, co do modyfikacji bilansu wodnego, zmian stosunków biotycznych w biocenozach itd. Niewątpliwy jest jednak fakt, że każde przekształcenie istniejących ekosystemów pociąga za sobą długi szereg następnych zmian. Tak np. w wyniku zniszczenia struktury zbiorowisk roślinnych zachodzą m.in. zmiany ich klimatu wewnętrznego (fitoklimatu), co powoduje z kolei obumieranie szeregu gatunków roślin i zwierząt, które tracą właściwe dla nich nisze ekologiczne. Obserwujemy to na zrębach, gdzie po wycięciu drzew zanikają gatunki runa leśnego, a pojawiają się inne rośliny, nitrofilne i światłolubne. Równocześnie cierpi wiele zwierząt, np. ptaków, zwłaszcza tych, które gnieźdzą się w dziuplach. Osuszanie torfowisk prowadzi do obumierania mchów torfowców (*Sphagnum*) i takich gatunków roślin, jak rosiczki (*Drosera* sp. div.), borówka pijanica (*Vaccinium uliginosum*), bagno zwyczajne (*Ledum palustre*) i in. Przedostawanie się ścieków do środowiska powoduje zmianę jego chemizmu. W wodach postępuje za tym wzrost eutrofizacji, nie zawsze jednak prowadzący do wzrostu ich żyzności. Nadmiar rozkładającej się substancji organicznej pociąga bowiem za sobą spadek ilości tlenu, zatrucie wody w głębszych warstwach siarkowodorem, metanem lub amoniakiem. Wskutek eutrofizacji, przyspieszanej przez człowieka, zagrożone są w Polsce np. stanowiska reliktowych gatunków roślin, przywiązanych do jezior oligotroficznych: poryblina jeziornego (*Isoetes lacustris*), lobelii



Rys. 4. Koncentrowanie się w łańcuchu pokarmowym jeziora Clear Lake w Kalifornii insektycydu DDD, stosowanego tam od 1949 r. w dawkach 1:70 milionów dla zabijania larw komarów. Dane w ppm (czyli w przeliczeniu na milion jednostek). Zawartość DDD stosunkowo niska w wodzie wzrasta kolejno w planktonie, rybach roślinożernych i rybach drapieżnych, stanowiących łącznie pokarm drapieżnych ptaków. Spowodowało to giniecie perkozów i ich ograniczenie z około 1000 do 30 gnieźdzących się na jeziorze par. Wg: Hunt i Bischoff (1960), cyt. za Dorstem (1971) i nieco zmienione

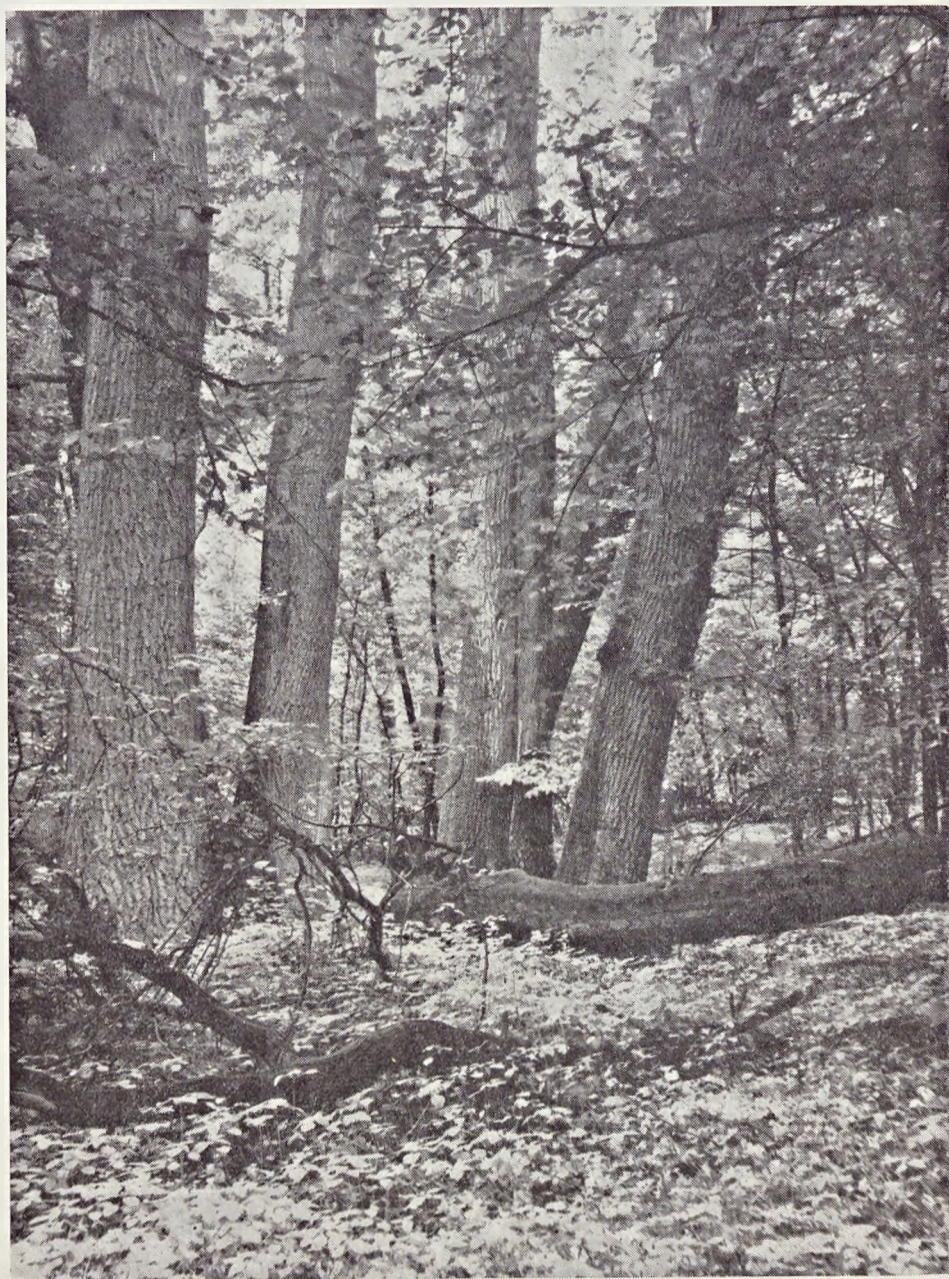


(*Lobelia Dortmanna*) i in. Pod wpływem takich procesów zanikają też niektóre gatunki ryb, jak sieja (*Coregonus lavaretus*) i sielawa (*Calbula*). Przenikanie obcych środowisku toksycznych substancji chemicznych do ekosystemu może powodować ich dalsze przenoszenie się, a nawet akumulację na pewnych poziomach troficznych, co pociąga za sobą choroby i śmierć organizmów; w takim przypadku i człowiek pośrednio lub bezpośrednio może być zagrożony w swym byciu. Szczególnie groźne z tego punktu widzenia okazały się stosowane szeroko w ostatnich latach herbicydy, insektycydy i detergenty (rys. 4), a także substancje radioaktywne, znajdujące się w niektórych ubocznych produktach przemysłu, lub powstające przy wybuchach nuklearnych. Tak np. jeżeli ilość promieniotwórczego izotopu fosforu ( $P^{32}$ ) stwierdzonego w wodach rzeki Columbia w Waszyngtonie przyjąć jako 1, to w fitoplanktonie koncentracja tego pierwiastka była 1000 razy wyższa, w owadach wodnych — 50 razy wyższa, a w ciele ryby — okonia 10 razy wyższa niż w wodzie (Odum 1959).

W rezultacie „nacisku” ze strony człowieka na przyrodę wiele roślin i zwierząt traci swe stanowiska; stają się one coraz rzadsze lub wręcz wymierają. Są jednak i tacy przedstawiciele flory i fauny, którzy pod wpływem działalności ludzkiej wykazują ekspansję i zdobywają nowe tereny. Ustępują przede wszystkim gatunki o ściśle określonych wymaganiach, o wąskiej skali ekologicznej, często szczególnie interesujące i znamienne. Wśród roślin należy tu wiele gatunków charakterystycznych dla zespołów naturalnych, a zwłaszcza gatunki o małych zasięgach geograficznych (endemity) i przeżytki dawniejszych okresów rozwoju szaty roślinnej (relikty). Szczególnie narażone są gatunki tych środowisk, które zmieniają się najsilniej pod wpływem działalności ludzkiej: rośliny siedlisk mokrych i podmokłych, a w zbiornikach wodnych — gatunki wód oligotroficznych. Podobna sytuacja panuje wśród zwierząt. Do szczególnie wrażliwych, a równocześnie najbardziej tępionych przez człowieka należą duże drapieżniki. Ich brak jako czynników „kontrolujących” liczebność organizmów na niższych poziomach troficznych w ekosystemach pociąga za sobą szczególnie duże zmiany, wyrażające się np. w nadmiernym rozmnożeniu drobnych gryzoni, niszczących m.in. plony roślin uprawnych.

Do form rozprzestrzeniających się dzięki człowiekowi (synantropijnych) mogą należeć zarówno ubikwistyczne gatunki rodzime, jak i przybysze obcy. Te ostatnie gatunki po dostaniu się na nowy teren wykazują niekiedy gwałtowny, eksplozywny rozwój, który zaburzać może istniejące uprzednio stosunki. Przykładami takich eksplozji w świecie roślin jest ogromne rozmnażanie się moczarki kanadyjskiej (*Elodea canadensis*) w wodach Europy, a hiacynta wodnego (*Eichornia crassipes*) w śródlądowych wodach tropikalnych. Przykładami ze świata zwierząt może być:







wprowadzenie królików do Australii i jelenia europejskiego do Nowej Zelandii i wywołane tym zniszczenia miejscowej roślinności lub przedostanie się przez sztuczny kanał żeglowny minoga morskiego (*Petromyzon marinus*) do Wielkich Jezior Ameryki Północnej, skutkiem czego nastąpiło wyniszczenie przez tego drapieżnika, a zarazem ektopasożyta, ryb będących podstawą rybołówstwa na tym terenie (Elton 1958). Szczególnie wrażliwa na wpływ obcych przybyszów jest flora i fauna terenów izolowanych, takich jak wyspy oceaniczne (por. Elton 1967).

Eksplozje populacji zdarzają się obecnie częściej niż w wieku ubiegłym. Sprzyja im nie tylko większa możliwość przenoszenia się gatunków z miejsca na miejsce wraz z człowiekiem, lecz także ogoławanie terenów i niszczenie naturalnej struktury i odporności ekosystemów. Ten ostatni czynnik jest np. głównie odpowiedzialny za masowe pojawy niektórych gatunków fitofagów i pasożytów w naszych lasach — kornika (*Ips typographus*) i opieńki (*Armillaria mellea*) w sztucznych świerczynach, zwójek (*Tortricidae*) — w lasach dębowych (rys. 5). Wnikanie obcych przybyszów, spowodowane działalnością człowieka, określane jako proces synantropizacji flory i fauny, doszło już nawet do rezerwatów i parków narodowych — w Polsce badano je m.in. w Tatrach i w Puszczy Białowieskiej (Kornaś, Medwecka-Kornaś 1967 a).

Chcąc odzwierciedlić stopień wpływu człowieka na ekosystemy Ziemi, możemy podzielić je na pierwotne i naturalne oraz zastępcze w stosunku do tych dwóch grup ekosystemy antropogeniczne (na wespół naturalne i synantropijne).

Rys. 5. Ekosystem grądu *Tilio-Carpinetum* w rezerwacie Lipówka w Puszczy Niepołomickiej. Rezerwat ten, o powierzchni 24,95 ha, położony jest wśród lasów gospodarczych, cierpiących skutkiem masowych pojawów roślinożernych gąsienic, głównie zwójek *Tortricidae* i miernikowców *Geometridae*, atakujących dęby. Na powierzchni badawczej w stuletnim lesie gospodarczym, gdzie dominuje *Quercus robur*, stwierdzono, że produkcja pni i gałęzi drzew wynosi około 6 t/ha ( $28 \cdot 10^6$  Kcal/ha), produkcja liści opadających do ściółki 3 t/ha ( $16,8 \cdot 10^6$  Kcal/ha), produkcja runa 0,5 t/ha ( $2,0 \cdot 10^6$  Kcal/ha). Wczesną wiosną dęby wypuszczają oprócz tego pierwsze liście, w ilości 1,3 t/ha ( $6,7 \cdot 10^6$  Kcal/ha), które są całkowicie zjadane przez fitofagi. Liczba gąsienic może przekraczać przy tym 2 miliony osobników na 1 ha; w okresie maksymalnego żeru opada na dno lasu ponad 21 kg ich kału na 1 ha na dobę. Przepływ materii i energii od producentów do konsumentów, idący tą drogą, jest około 60 razy większy, niż poprzez populację drobnych gryzoni. Świat ptaków w całym badanym kompleksie kształtuje się stosunkowo bogato — stwierdzono tu około 70 gatunków związanych z zespołem grądu. W rezerwacie było przy tym o około 1/8 ptaków więcej, niż na pozostałym obszarze.

Przyczyną wysokiej gradacji szkodników, a więc zachwiania równowagi biologicznej, w drzewostanach liściastych północnej części Puszczy Niepołomickiej jest prawdopodobnie zmiana stosunków wodnych terenu (regulacja Wisły, rowy odwadniające) oraz zmniejszenie udziału kilku gatunków drzew na rzecz dębów, odnawianych dawniej z nasion obcego pochodzenia. Rezerwat, o lesie różnowiekowym, urozmaiconej strukturze i składzie gatunkowym, z pojedynczymi okazami drzew dochodzącymi do 150 lat wieku, podlega w znacznie mniejszym stopniu opisanej klęsce eksplozji fitofagów.

Dane z badań Zakładu Ochrony Przyrody PAN w Krakowie.

Fot. S. Michalik

Ekosystemy pierwotne są to ekosystemy nie naruszone ręką człowieka. Przepuszczalnie nie istnieją już poza niektórymi częściami oceanów i najbardziej niedostępnymi terenami na lądach, np. w wysokich górach. Nawet w głębi na pozór dziewiczych lasów tropikalnych napotyka się nieraz ślady dawnych osad i niektóre związane z człowiekiem gatunki drzew. Za ekosystemy naturalne uznaje się te układy, które kształtują się w zasadzie samoczynnie, choć pod pewnymi wpływami gospodarki. Skład gatunkowy i struktura odpowiada w takich przypadkach warunkom siedliskowym, może mieć jednak miejsce pewne nieznaczne zubożenie. Tak np. wielu płatów dolnoregłowych buczyn w Karpatach nie wahamy się określić jako naturalne, choć wiemy, że wyniszczono w nich wiąz górski (*Ulmus scabra*), a z nim zapewne i niektórych przedstawicieli świata owadów.

Dalszym etapem przekształceń przez człowieka są ekosystemy antropogeniczne, tj. takie, które ukształtowały się dopiero pod wpływem działalności ludzkiej. Należą do nich ekosystemy na wpół naturalne, złożone z gatunków rodzimych, lecz istniejące dzięki stałym zabiegom, jak ekosystemy stawów, koszone łąki poleśne (rys. 6) lub wtórne sawanny tropikalne, utrzymywane przez intensywny wypas i wypalanie. Osobną grupę tworzą ekosystemy synantropijne, wytwarzające się na polach uprawnych i w plantacjach różnego rodzaju, a także na siedliskach ruderalnych: nasypach, gruzowiskach, śmietnikach itp. W ekosystemach upraw produkcja pierwotna wytwarzana jest przede wszystkim przez gatunki wprowadzane celowo. Obok nich pojawiają się jednak zwykle inne rośliny, tak zwane chwasty, formuje się też swoisty świat zwierząt — konsumentów i drapieżników — żyjących w glebie i na powierzchni. Obecnie człowiek ingeruje tu coraz bardziej przez nowoczesne zabiegi agrotechniczne, istnieje więc potrzeba wszechstronnego badania skutków ekologicznych tych zabiegów (Tischler 1965).

Pomimo iż podstawą utrzymania ludzkości stają się coraz bardziej układy antropogeniczne, nie można zapominać o roli, jaką spełniają ekosystemy naturalne. Wpływają one zwykle bardziej korzystnie od zastępczych na siedlisko, np. przez przeciwdziałanie erozji wodnej i powietrznej, i mają przeważnie znaczną zdolność samoregulacji, to jest utrzymania zrównoważonych proporcji ilościowych tworzących je roślin i zwierząt. W wielu przypadkach produkcja jest tu wysoka, bez żadnych wkładów z naszej strony, tu znajdują się często ostoje zwierzyny łownej, ptaków pożytecznych i owadów niezbędnych do zapylania roślin uprawnych; stąd czerpie się szereg surowców, np. rośliny lecznicze, grzyby, jagody itd.

Z punktu widzenia ochrony przyrody odmienną problematykę przedstawiają ekosystemy pierwotne i naturalne, odmienną zaś — antropogeniczne.



## 5. Sukcesje i stabilność ekosystemów

Każdy ekosystem, jaki obserwujemy, musiał drogą krótszego lub dłuższego rozwoju zasiedlić teren, jaki zajmuje. W pierwszych etapach takich procesów wytwarzają się układy pionierskie, stosunkowo ubogie w gatunki, o mało zróżnicowanej strukturze. Zajmują one siedliska nowo powstałe, np. osady rzeczne lub miejsca świeżo odsłonięte (np. przez wiatrołomy). W miarę przybywania roślin i zwierząt i idących z tym w parze zmian glebowych, jedne zbiorowiska przechodzą w inne i następuje sukcesja, czyli przemiana całych ekosystemów, aż wreszcie wytworzy się układ zrównoważony, stosunkowo trwały w warunkach danej strefy klimatycznej. Tego rodzaju zjawiska występują w przypadku zbiorowisk zonalnych (klimaksowych), do jakich należą w szerokości geograficznej środkowej Europy lasy liściaste lub mieszane. Stosunkowo trwałe mogą być też ekosystemy siedlisk szczególnych, jak zatorfione działy wodne, strome skały, solniska. W warunkach naturalnych, poza wyjątkowymi katastrofami, sukcesje przebiegają aż do etapu stabilności i dlatego w większości krajobrazów, mało zmienionych przez człowieka, dominują ekosystemy trwałe. Inaczej przedstawia się sprawa we wszystkich układach antropogenicznych. W zespołach na wpół naturalnych człowiek przez swoją ingerencję wstrzymuje sukcesje (np. koszenie i wypas hamują rozwój zarośli i lasu — bez tej działalności łąki i wtórne murawy zmieniają wcześniej czy później swój charakter). Brak zbalansowania w takich układach wyraża się np. nadmiernym odkładaniem martwych szczątków roślinnych. Jeszcze bardziej nietrwałe są ekosystemy synantropijne. Są one łatwo dostępne dla inwazji obcych gatunków i bardzo szybko mogą zmieniać charakter, co widać już na kilkuletnich ugorach.

Stwierdzono, że im bogatszy jest ekosystem, tym rzadziej dochodzi w nim do eksplozji jakiejś jednej populacji. Zjawisko takie jest zupełnie nieznanne w wielogatunkowych lasach tropikalnych, spotyka się je natomiast w zupełnie pierwotnej tajdze borealnej. Różnorodność jest więc pewną gwarancją utrzymywania się równowagi biologicznej — stabilności ekosystemów i zbalansowania składników i procesów w ich obrębie (Elton 1958).

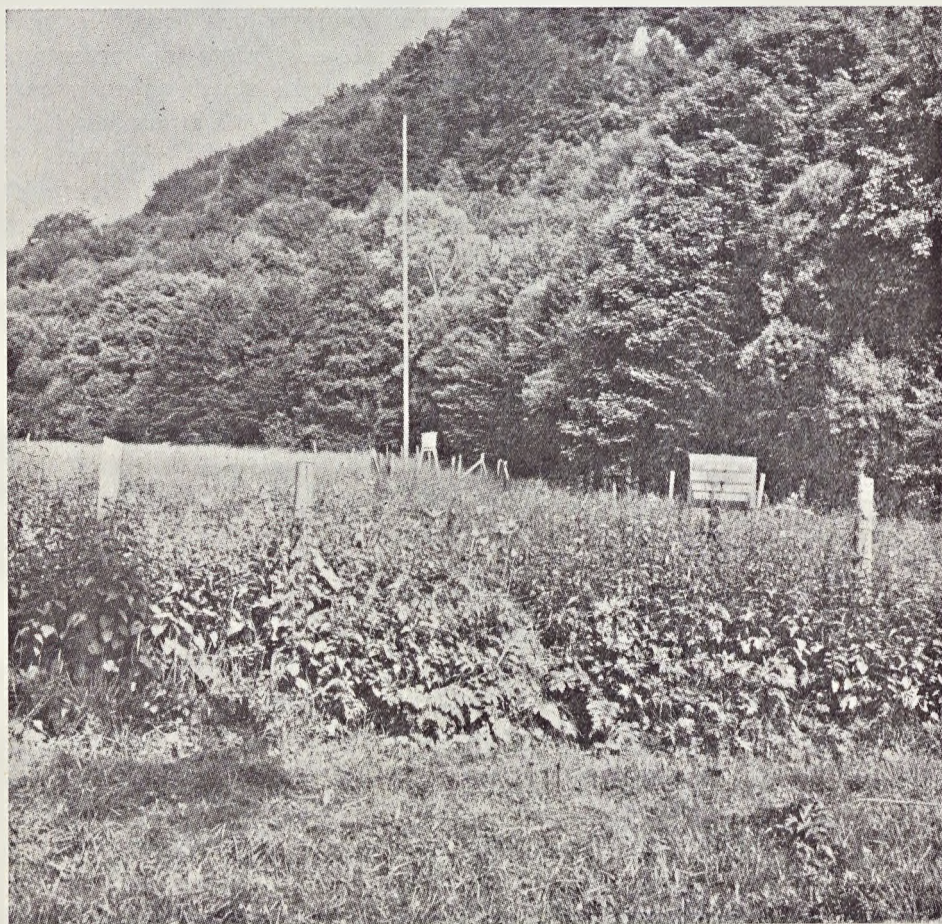
## 6. Produktywność ekosystemów i biosfery

Każdy ekosystem odznacza się pewną ilością żywej materii organicznej (biomasy) przypadającej na jednostkę powierzchni lub objętości. Wartość ta może zmieniać się np. w ciągu roku: przyrastać z różną szybkością, obumierać i gromadzić się w ekosystemie lub podlegać mineralizacji.



Szybkość, z jaką ekosystem wytwarza nową materię organiczną, nazywamy jego produktywnością.

Stan biomasy ocenić można przez jednorazowe badanie i wyrazić liczbowo, np. w tonach na hektar. Wszystkie przytoczone tutaj dane liczbowe



Rys. 6. Łąka w Ojcowskim Parku Narodowym koło Krakowa. Na pierwszym planie część koszona (płat zespołu *Arrhenatheretum elatioris*), w głębi nie koszona. W pierwszym roku nie koszenia trawy stanowiły 52<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, a rośliny dwuliścienne 48<sup>0</sup>/<sub>0</sub> ogólnej biomasy roślinności. W 4 lata później udział traw zwiększył się o 17<sup>0</sup>/<sub>0</sub> kosztem roślin dwuliściennych, ubyło równocześnie pędów żywych, pojawiły się siewki drzew i krzewów. Produkcja łąki koszonej wynosiła na początku obserwacji 7,2 t/ha (30,7·10<sup>6</sup> Kcal/ha), nie koszonej natomiast 8,7 t/ha, po czym w następnych latach spadła do 7,1 t/ha. Równocześnie zmieniały się stosunki faunistyczne. Np. liczba ryjkowców (*Curculionidae*) była większa na łące koszonej, występowało tu natomiast znacznie mniej gatunków drapieżnych, takich jak pająki. Już w ciągu kilku lat zaobserwowano więc tak w świecie roślin jak zwierząt zmiany kierunkowe, wskazujące na sukcesję badanego, na wpół naturalnego, ekosystemu łąki. (Z badań Zakładu Ochrony Przyrody PAN — por. Medwecka-Kornaś red., 1967, Jankowska rkps, Witkowski 1969).

Fot. Z. Denisiuk



co do biomasy i produktywności podane są w jednostkach suchej masy; ocena produktywności jest trudniejsza — musi odnosić się do określonego odcinka czasu. W uproszczeniu wyliczyć ją można z różnicy między minimalnym i maksymalnym stanem biomasy w ciągu okresu obserwacji, podając wyniki np. w t/ha/rok.

Istnieje już wiele danych liczbowych, bardziej lub mniej dokładnych, na temat stanu biomasy i produktywności ekosystemów. Przeważnie odnoszą się one do roślinności, w której zawiera się, jak niektórzy oceniają, około 99% materii organicznej na Ziemi. Przykładem oceny uwzględniającej również konsumentów mogą być dane (Duvigneaud i Tanghe 1962) dla 120-letniego lasu dębowo-bukowego w Ardenach, w którym stwierdzono 275 t/ha w nadziemnych częściach roślin i tylko 0,6 t/ha zwierząt, tworzących głównie faunę glebową. Badania planktonu jeziora Green Lake w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej przyniosły informację, iż 2650 kg/ha stanowią w nim rośliny, a 53 kg/ha zwierzęta (Lityński 1952). Jest rzeczą interesującą, że nie zawsze wysokie stany biomasy idą w parze z wysoką produktywnością i na odwrót. Stosunkowo najwyższą biomasę (zapas) posiadają lasy dzięki nagromadzeniu substancji organicznej w pniach, gałęziach i korzeniach drzew. Niektóre zbiorowiska trawiaste na żyznych glebach mogą być — mimo znacznie mniejszej biomasy — równie, a w miejscach podmokłych nawet znacznie bardziej wydajne. W lesie bukowym i na łące w Ojcowskim Parku Narodowym w południowej Polsce stwierdzono np. maksymalny stan biomasy części nadziemnych 259 t/ha i 3,8 t/ha; produktywność wynosiła tu odpowiednio 10 t/ha/rok i 8, 7 t/ha/rok (Medwecka-Kornaś 1967) (rys. 5 i 6).

Obie omawiane wartości — biomasa i produktywność — niskie są w formacjach roślin stref zimnych. Formacje stref bardziej korzystnych pod względem termicznym mogą mieć biomasę i produktywność znacznie wyższą, o ile nie ogranicza jej niedobór wody (tab. II). Tak np. pustynia arktyczna, mająca biomasę roślinności 5 t/ha, ma produktywność pierwotną zaledwie 1 t/ha/rok, najbardziej bujna tundra krzewinkowa dochodzi do biomasy 28 t/ha i produktywności rocznej 2,5 t/ha/rok. W strefie umiarkowanej, wilgotnej biomasa lasów osiągać może 400 t/ha i w sprzyjających warunkach wykazywać produktywność 13 t/ha/rok. Wartości te na stepach czarnoziemnych wynoszą niewiele, jeśli chodzi o biomasę, bo tylko 12 t/ha, natomiast stosunkowo duża jest tu produktywność; osiąga ona w niektórych przypadkach — podobnie jak w żyznych lasach — 13 t/ha/rok. Wysoką biomasę ponad 500 t/ha i produktywność przekraczającą 30 t/ha wykazują wiecznie zielone lasy tropikalne, wyższe wartości produkcji spotyka się jedynie na niektórych szczególnie żyznych siedliskach, jak w deltach rzek, bądź też na rafach koralowych. Produk-

tywność pierwotna planktonu w wodach słodkich i dostatecznie przewietrzanych wynosi 6 t/ha/rok, a w oceanach 1,3–2,0 t/ha/rok.

Tabela II. Syntetyczne dane o produkcji pierwotnej Ziemi (sucha masa) (Bazilewič, Rodin, Rozov 1970)

| Strefy klimatyczne    | Powierzchnia                       |                    | Biomasa roślin |                           |                     | Produkcja roczna |                           |                     |
|-----------------------|------------------------------------|--------------------|----------------|---------------------------|---------------------|------------------|---------------------------|---------------------|
|                       | 10 <sup>6</sup><br>km <sup>2</sup> | %<br>pow.<br>Ziemi | średn.<br>t/ha | ogółem<br>10 <sup>9</sup> | %<br>biom.<br>Ziemi | średn.<br>t/ha   | ogółem<br>10 <sup>9</sup> | %<br>prod.<br>Ziemi |
| Arktyczna             | 8,05                               | 1,6                | 17,1           | 13,77                     | 0,6                 | 1,6              | 1,33                      | 0,6                 |
| Borealna              | 23,20                              | 4,5                | 189,2          | 439,06                    | 18,3                | 6,5              | 15,17                     | 6,5                 |
| Subborealna (umiark.) |                                    |                    |                |                           |                     |                  |                           |                     |
| regiony wilgotne      | 7,39                               | 1,5                | 342,0          | 253,58                    | 10,5                | 12,6             | 9,34                      | 4,0                 |
| regiony półsuche      | 8,10                               | 1,6                | 20,8           | 16,85                     | 0,7                 | 8,2              | 6,64                      | 2,8                 |
| regiony suche         | 7,04                               | 1,4                | 11,7           | 8,24                      | 0,3                 | 2,8              | 1,99                      | 0,9                 |
| Subtropikalna         |                                    |                    |                |                           |                     |                  |                           |                     |
| regiony wilgotne      | 6,24                               | 1,2                | 366,1          | 228,42                    | 9,5                 | 25,5             | 15,92                     | 6,8                 |
| regiony półsuche      | 8,29                               | 1,6                | 98,7           | 81,90                     | 3,4                 | 13,8             | 11,49                     | 4,9                 |
| regiony suche         | 9,73                               | 2,0                | 13,9           | 13,58                     | 0,6                 | 7,3              | 7,14                      | 3,1                 |
| Tropikalna            |                                    |                    |                |                           |                     |                  |                           |                     |
| regiony wilgotne      | 26,50                              | 5,2                | 440,41         | 1166,17                   | 48,6                | 29,2             | 77,32                     | 33,5                |
| regiony półsuche      | 16,01                              | 3,1                | 107,4          | 171,96                    | 7,1                 | 14,1             | 22,59                     | 9,6                 |
| regiony suche         | 12,84                              | 2,5                | 7,0            | 9,01                      | 0,4                 | 2,0              | 2,62                      | 1,1                 |
| Łądy (z lodowcami)    | 147,3                              | 28,9               | 180,1          | 2402,5                    | 99,9                | 12,8             | 171,54                    | 33,8                |
| Jeziora, rzeki        | 2,0                                | 0,4                | 0,2            | 0,04                      | 0,01                | 5,0              | 1,0                       | 0,4                 |
| Oceany                | 361,0                              | 70,7               | 0,005          | 0,17                      | 0,01                | 1,7              | 60,0                      | 25,8                |
| Ziemia w całości      | 510,3                              | 100,0              | 47,1           | 2402,71                   | 100,0               | 4,5              | 232,54                    | 100,0               |

Uprawy wprowadzane przez człowieka mieszczą się w średnich przedziałach wielkości produkcji spotykanej w przyrodzie; tylko niektóre z nich, jak intensywne całoroczne uprawy trzciny cukrowej, odpowiadają najbardziej wydajnym ekosystemom naturalnym.

W oparciu o dane co do właściwości różnych formacji roślinnych i co do powierzchni przez nie zajmowanej, szacuje się wydajność biologiczną całej biosfery. Oceny te trzeba uważać za wstępne, nie są one jeszcze jednoznaczne i wskazują na razie raczej tylko na rząd wielkości. Bazilewič, Rodin i Rozov (1970) oceniają roczną produkcję pierwotną Ziemi (z założeniem, że pokrywają ją formacje naturalne) na 232,5 mld ton suchej masy; w tym tylko 1/4 przypada, zdaniem tych autorów, na oceny. Duvigneaud i Tanghe (1962) podają wartości znacznie niższe — około 30,9 mld ton dla produkcji pierwotnej łądów i około 30 mld ton dla mórz. Autorzy ci obliczają, że w produkcji łądowej około 19%, czyli 5,6 mld ton przypada na kultury rolne.



Badania nad produktywnością ekosystemów przyniosły już szereg bardzo istotnych faktów. Rozwiały one niestety długo utrzymującą się w nauce legendę o niewyczerpanych zasobach pokarmowych i wysokiej wydajności biologicznej mórz. Okazało się, że w rzeczywistości tylko bardzo nieliczne ekosystemy przybrzeżne, np. rafy koralowe, dorównują pod względem produktywności najbujniejszym ekosystemom lądowym. Niektóre ekosystemy płytkowodne i ekosystemy takich wód otwartych, w których prądy wstępujące wynoszą z głębin obfitsze zasoby związków mineralnych, mają produktywność zbliżoną do przeciętnych wartości notowanych na lądzie. Ogromne przestrzenie oceanów, zwłaszcza w strefie gorącej, są niemal równie mało wydajne, jak pustynie.

Na szczególną uwagę zasługuje zbalansowanie procesów życiowych zachodzących w biosferze i warunkujących jej produkcję biologiczną. Dla podstawowego składnika, budującego wszelką żywą materię — węgla — przedstawia się to następująco: z łącznej ilości około 697 mld ton zawartej w postaci dwutlenku węgla w atmosferze, rośliny wiążą corocznie 30–40 mld ton. Wystarczyłoby zatem kilkanaście bądź dwadzieścia kilka lat, by wyczerpać w ten sposób cały dostępny zapas węgla. Działalność konsumentów — a zwłaszcza destruentów rozkładających martwą materię organiczną — chroni jednak biosferę przed taką ewentualnością i utrzymuje stężenie CO<sub>2</sub> w atmosferze na mniej więcej stałym poziomie. Jego wzrost, na razie lokalny, pociąga za sobą spalanie kopaliny węgla. Istnieją poważne obawy, że zrównoważony dawniej cykl biogeochemiczny fosforu został, wskutek działalności ludzkiej, tak zachwiany, że ilość tego pierwiastka krążąca w biosferze zaczęła się ostatnio zmniejszać.

Trzeba podkreślić, iż obecnie użytkujemy już ponad 40% powierzchni lądów i zmniejszyliśmy ilość materii organicznej roślinności lądowej o około 1/3. Rolnictwo, górnictwo i przemysł, odpowiedzialne za te zmiany, wykazują przy tym w skali światowej kilkuprocentowy wzrost roczny, co pociągnie za sobą dalsze kurczenie się terenów naturalnych.

## **7. Zagadnienia ochrony ekosystemów i biosfery**

Zagadnienia ochrony przyrody i racjonalnej gospodarki jej zasobami mogą być rozpatrywane w odniesieniu do poszczególnych ekosystemów, ich bardziej złożonych układów przestrzennych i w końcu do całej biosfery.

Ważnym, podstawowym stwierdzeniem jest to iż nie można osiągać pożądaných efektów ochrony przyrody, zwłaszcza żywej, zajmując się elementami w oderwaniu od całych ekosystemów. Tak np. nie da efektu prawna ochrona roślin torfowiskowych w okresie osuszania terenu, podobnie zwierzęta leśne nie zachowają się, jeżeli nie będą miały odpowied-

niego areału lasów do bytowania. Ochrona gatunkowa, odnosząca się zresztą z konieczności tylko do małego procentu flory i fauny, musi się więc opierać na rozeznaniu wymagań ekologicznych danej jednostki i jej miejsca w ekosystemie i musi iść zawsze w parze z odpowiednią ochroną środowiska.

Zarówno w dziedzinie ochrony poszczególnych roślin i zwierząt, jak i całych ekosystemów i krajobrazów — rozwijają się obecnie dwa kierunki: pierwszy — bardziej tradycyjny — zwany też konserwatorskim, polega na całkowitym lub częściowym wyłączeniu spod użytkowania niektórych obiektów lub, co jest bardziej skuteczne, wybranych terenów. Drugi polega na wprowadzeniu racjonalnego użytkowania, opartego na ocenie zasobów, wyznaczeniu dopuszczalnych granic ich eksploatacji, trosce o utrzymanie produktywności i urozmaicenia przyrodniczego środowiska, tak w ekosystemach naturalnych, jak i antropogenicznych.

Główną formą ochrony konserwatorskiej jest tworzenie parków narodowych i rezerwatów różnego rodzaju. W tym wypadku należy dokonać wyboru obiektu, zdecydować o jego wielkości, mieć rozeznanie co do trwałości układów ekologicznych, zdecydować, czy chcemy chronić naturalność, czy też niektóre układy, jakie powstały w wyniku działalności ludzkiej, i do tego dostosować ewentualne zabiegi.

Ochroną powinno się obejmować nie tylko miejsca o wyjątkowych walorach przyrodniczych, lecz także przykładowe tereny, na których wykształciły się przeciętne, reprezentatywne dla poszczególnych stref i regionów, ekosystemy naturalne lub półnaturalne. Przy wyborze takim pomocna jest znajomość zróżnicowania szaty roślinnej; w skali światowej rozważa się np., czy chronione są w sposób dostateczny wszystkie najważniejsze formacje roślinne w skali krajowej, np. zespoły roślinne — jak to przyjmuje się w Polsce.

Wielkość rezerwatów (i ich ewentualnej otuliny) powinna być dostateczna dla wytworzenia się równowagi, „samoregulacji”, w objętych ochroną ekosystemach i dla utrzymania mających tu ostoję zwierząt. W przeciwnym razie potrzebne są dodatkowe zabiegi i dodatkowa, często trudna w praktyce opieka nad większymi składnikami fauny. Z takich względów zmieniono np. powierzchnię Parku Narodowego Serengeti w Tanzanii (Afryka wschodnia) już po jego utworzeniu (Harroy 1971), gdyż zwierzyzna, ze względu na kierunek wędrówek, wychodziła poza jego granice. Małe rezerваты są na ogół tylko rezerwatami botanicznymi.

Coraz ważniejszym problemem staje się zabezpieczenie terenów chronionych przed niekorzystnymi wpływami z zewnątrz: oddziaływaniem bliskości zabudowy, ściekami uchodzącymi do rzek i jezior, napływami zanieczyszczonego powietrza, zmianą stosunków wodnych w glebie itd. Są przypadki, że warunki siedliska muszą być restytuowane i utrzymy-



wane w sposób sztuczny. Tak np. do rezerwatu torfowiska niskiego Wood-walton Fen w Anglii, położonego wśród terenów dziś osuszonych, pompuje się ustawicznie wodę, aby nie wyginęły związane z podmokłymi siedliskami rośliny i zwierzęta.

W każdym terenie chronionym powinno nastąpić rozeznanie, czy znajdujące się tu ekosystemy są pierwotne, względnie naturalne, czy też należą, choćby po części, do półnaturalnych i antropogenicznych oraz jakie stadia sukcesji reprezentują. Jeżeli celem jest dążenie do obserwacji samoczynnego rozwoju ekosystemów, wtedy wszelka ingerencja człowieka musi być wykluczona. Przy takim postępowaniu mają szansę utrzymać się bez większych zmian dojrzałe ekosystemy pierwotne i naturalne, wszystkie inne podlegać będą wolniej lub szybciej sukcesji. Tak stało się np. w rezerwacie w Jaksicach koło Miechowa w południowej Polsce, gdzie wtórna, lecz niezwykle interesująca murawa kserotermiczna przekształciła się w zarośla. Nie zmieniły się natomiast w ciągu szeregu lat ochrony naturalne murawy stepowe na skałach gipsowych nad Nidą.

Istnieją przypadki, w których dany teren stał się pod wpływem człowieka bardziej urozmaicony, niż był pierwotnie. Tego rodzaju sytuacja występuje, kiedy ekosystemy naturalne (np. lasy) i ekosystemy półnaturalne (jak wtórne kośne łąki czy wypasane murawy) występują razem. Stajemy wtedy często przed dylematem, co należy chronić: pierwotność czy różnorodność? W tym drugim przypadku zachować musimy na stałe zabiegi utrzymujące interesującą dla nas mozaikę ekosystemów. Tak się postępuje kosząc łąki w parkach narodowych (np. Pienińskim i Ojcowskim) lub utrzymując umiarkowany wypas, co przewiduje się w niektórych dolinach w Tatrzańskim Parku Narodowym dla utrzymania zbiorowisk z masowo zakwitającym szafranem (*Crocus scepusiensis*). Daleko posunięty system zabiegów, utrzymujących dotychczasowy stan rzeczy w rezerwach, spotkać można zwłaszcza w Anglii, gdzie dąży się między innymi do zachowania szeregu wtórnych ekosystemów, związanych z dawnymi sposobami gospodarki, np. do utrzymania zarastających muraw, które powstały na zboczach wzgórz wapiennych pod wpływem nie istniejącego już dziś intensywnego wypasu. Niekiedy kształtuje się tam większą różnorodność siedlisk i gatunków przez wycinanie polan wśród zarośli i lasów, co daje możność bytowania światłolubnym roślinom i rolicznym owadom.

Problemem budzącym wiele dyskusji jest sprawa wzbogacania istniejących ekosystemów przez introdukcję (wprowadzanie niektórych gatunków roślin i zwierząt). Postępowanie to wymaga wielkiej ostrożności, a w rezerwach powinno być stosowane tylko wyjątkowo, gdy chodzi o rośliny i zwierzęta, o których wiemy, że istniały z natury na danym terenie.

Ochrona rezerwatowa może objąć tylko pewien niewielki procent powierzchni Ziemi, zwłaszcza wobec coraz większego zapotrzebowania ludzkości na surowce i przestrzeń. Bardzo istotnym zagadnieniem jest więc tzw. ochrona czynna, więc problem, jak ukształtujemy środowisko przyrodnicze poza rezerwatami, aby — dając pożądaną produkcję lub inne korzyści gospodarcze — było równocześnie atrakcyjne pod względem krajobrazowym i możliwie bogate w różnorodne gatunki roślin i zwierząt. Cele te osiągnąć można przez świadome kształtowanie zbiorowisk roślinnych i ekosystemów, właściwe planowanie przestrzenne, unikanie szkodliwych oddziaływań człowieka na przyrodę. Ważne jest przy tym zwłaszcza utrzymanie odpowiedniej lesistości w strefach odpowiadających tym formacjom, czystości wód i powietrza, przeciwdziałanie chemicznym skażeniom gleby, jej ogałacaniu i erozji.

Przy użytkowaniu wszelkich ekosystemów obowiązywać musi zasada, że eksploatacja zasobów żywej przyrody nie powinna przekraczać ich przyrostu (o czym wiadomo od dawna np. w leśnictwie), a w żadnym przypadku prognozy, po jakim odnowienie nie jest już możliwe. Tam, gdzie gospodarka może się opierać na gatunkach rodzimych, należy unikać wprowadzania obcych środowisku elementów. W tym celu dąży się do ograniczenia hodowli bydła w Afryce na rzecz utrzymania i użytkowania przedstawicieli fauny miejscowej, dostosowanej lepiej do istniejących warunków. Na terenach, gdzie są wysoko produkcyjne ekosystemy naturalne i półnaturalne, nie powinno się ich przekształcać w zastępcze, antropogeniczne, zwłaszcza gdy chodzi o analogiczne znaczenie gospodarcze. W tym wypadku mówimy o zastępowaniu wielogatunkowych lasów nie zawsze rentowniejszymi w efekcie monokulturami drzew.

Urozmaicenie szaty roślinnej umożliwia bytowanie szeregu przedstawicieli fauny, między innymi ptaków pożytecznych, owadów zapylających kwiaty itd. Dlatego krajobraz rolniczy powinien posiadać — w miarę możliwości — zadrzewienia śródpolne, skupienia krzewów i urozmaiconą roślinność na miedzach, a przynajmniej na obrzeżach dróg i zbiorników wodnych. Trzeba podkreślić, że wiedzione tą zasadą niektóre z wysoko uprzemysłowionych krajów, gdzie stosowano szeroko herbicydy, zaniedbały ich użycia poza granicami pól, zyskując przez to duże walory przyrodnicze i krajobrazowe. Nawet w najbardziej zmienionych ośrodkach przemysłowych i urbanistycznych powstać mogą pewne układy ekologiczne, umożliwiające życie roślin i niektórych zwierząt, o ile tylko stworzy się po temu odpowiednie warunki przez zakładanie zieleńców i parków. Specjalnym zagadnieniem jest troska o powstanie funkcjonalnych ekosystemów na terenach skrajnie zniszczonych przez kopalnictwo i przemysł.

Ogromnie pomocnym faktem dla wszelkiej naszej działalności w przyrodzie jest znaczna jej plastyczność — możliwość dostosowywania się or-



ganizmów do nowych warunków i nowych wzajemnych układów, możliwość zastępowania jednych gatunków innymi. Dzięki temu w miejsce pierwotnej równowagi mogą się wytwarzać inne, również zbalansowane układy, a człowiek może doprowadzić do pewnej stabilności nawet w krajobrazach kulturalnych. Działalność nasza nie może być jednak zbyt gwałtowna i zbyt daleko posunięta.

Od zagadnień dotyczących ekosystemów na stosunkowo małych przestrzeniach przechodzi się dziś coraz częściej do ujęć szerszych; w najśmielszych koncepcjach sięga się już do spraw racjonalnego użytkowania i ochrony całej biosfery. W tej skali rozpatrywać trzeba skutki oddziaływań współczesnej techniki, np. skażania środkami chemicznymi, a zwłaszcza substancjami radioaktywnymi, środowiska: wód, gleby i powietrza, wpływu na klimat np. przez rozbudowę wielkich miast i elektrociepłowni, skutki tworzenia sztucznych zbiorników wodnych, wystrzeliwania pojazdów kosmicznych przebijających atmosferę i stratosferę, coraz potężniej rozwiniętej komunikacji itd. W skali całej Ziemi trzeba też rozważać wielkość zasobów, jakimi może dysponować ludzkość. Dokładna znajomość produkcji pierwotnej ukazuje bowiem granice możliwości egzystencji wszelkich organizmów niesamożywnych — konsumentów, a jednym z nich jest przecież człowiek. Badanie wydajności ekosystemów w różnych warunkach może prowadzić do zwiększania plonów czy to przez polepszenie warunków siedliska nawadnianiem terenów suchych, czy przez wprowadzanie nowych odmian. W ostatnich latach udało się uzyskać ogromny sukces przez wprowadzenie w południowo-wschodniej Azji bardziej wydanej odmiany ryżu. Takie osiągnięcia zmniejszają widmo głodu na Ziemi, a równocześnie przyczynić się mogą do ocalenia przed braniem pod uprawę coraz to nowych terenów.

Konieczne jest więc poznanie obrazu produkcji żywej materii w skali całej Ziemi, poznanie jej zależności od warunków środowiska i potencjalnych możliwości. Takie dane mogą dopiero pozwolić na bardziej racjonalne i dalekowzroczone wykorzystanie bioprodukcji przez ludzkość, na wprowadzenie w skali światowej gospodarki zapewniającej trwałość zasobów i sił produkcyjnych przyrody, ich ochronę przed wyczerpaniem, przed bezmyślnym zniszczeniem.

Badania ekologiczne przyjąć więc muszą z pomocą rolnictwu, leśnictwu i ochronie przyrody. Są też one przedmiotem coraz żywszych zainteresowań organizacji międzynarodowych, takich jak UNESCO, FAO, WHO, Międzynarodowa Rada Unii Naukowych i inne. Wyrazem tego było zorganizowanie badań Międzynarodowego Programu Biologicznego (1967–1972), do których znaczny wkład wniosła także Polska. W ramach Programu, działającego pod hasłem „Badanie biologicznych podstaw produktywności i dobrobytu ludzkiego”, podjęto badania ekosystemów morskich,

słodkowodnych i lądowych (trawiastych, tundrowych i leśnych), zajęto się problemami ich ochrony (projekt Aqua — sprawy wód, projekt — Telma — sprawy torfowisk, projekt Mar — sprawy ekosystemów terenów podmokłych), zorganizowano szereg sympozjów naukowych i odpowiednią akcją wydawniczą. Do działalności tej przyłączyła się w szerokim zakresie Międzynarodowa Unia Ochrony Przyrody i Jej Zasobów. W roku 1970 zapoczątkowano pod patronatem ONZ przygotowania do następnego programu pod nazwą: „Człowiek i Biosfera” (por. UNESCO 1970). W ten sposób zdobycze nowoczesnej ekologii coraz szerzej wkraczają w zakres praktycznej działalności człowieka, pomagając mu właściwie ocenić jego miejsce i rolę w biosferze, od której jest i pozostanie zawsze zależny.