

PRZEMYSŁAW TROJAN  
Instytut Zoologiczny PAN  
Warszawa

Zadania i możliwości ekologii w zakresie  
problematyki „Człowiek i środowisko”<sup>\*</sup>  
Tasks and opportunities for ecology in relation  
to “Man and Biosphere” problems<sup>\*</sup>

1. Wstęp

Raport Sekretarza Generalnego ONZ dotyczący zagrożenia środowiska człowieka wywołał powszechny oddźwięk na całym świecie. Fala dyskusji, jakie się toczą na forum konferencji międzynarodowych i komitetów naukowych, na łamach czasopism naukowych oraz w prasie codziennej powoduje, że formułowanie zadań, jakie program „Człowiek i Środowisko” stawia przed poszczególnymi dyscyplinami, odbywa się w szczególnej atmosferze.

Wysunięte problemy mają olbrzymią wagę, uznano je dziś jako jedno z podstawowych zagadnień koniecznych do rozwiązania w skali międzynarodowej oraz poszczególnych krajów (Michajłow 1969). Sytuacja taka stanowi zarówno o wysokiej randze społecznej problematyki, jak również o odpowiedzialności uczonych, podejmujących jej rozwiązanie. Można przy tym bez ryzyka przyjąć, że waga zagadnień ochrony środowiska, wraz z rozwojem populacji ludzkiej, industrializacji i chemizacji wszystkich dziedzin życia będzie rosła. Udział poszczególnych dyscyplin w rozwiązywaniu konkretnych zadań z zakresu ochrony środowiska może stanowić w przyszłości o ich randze społecznej.

Program „Człowiek i Środowisko” obejmuje krąg zagadnień, których rozwiązanie wykracza poza możliwości nawet szeroko pojętych gałęzi nauki. Tym samym stwarza platformę dyskusji, zbliżenia a nawet integracji nauk przyrodniczych i technicznych na pewnych odcinkach badawczych. Wysunięta teza wprowadzenia obok rachunku technicznego i ekonomicznego, również rachunku przyrodniczego (Michajłow 1969) wymaga przystosowania programów naukowych, szczególnie zaś w dyscyplinach przyrodniczych, do nowych wymogów. Ekspertyzy przyrod-

---

\* Referat wygłoszony na sesji naukowej na temat osiągnięć i perspektyw rozwojowych ekologii polskiej (Dziekanów Leśny k. Warszawy, 16 XII 1971 r.).

\* This paper was presented at the scientific session on the achievements and developmental perspectives of Polish ecology (Dziekanów Leśny near Warsaw, December 16, 1971).



nicze powinny zawierać bilans zjawisk, określenie kierunku procesów oraz prognozę ich stanu końcowego. Nauki biologiczne są jeszcze w niewystarczającym stopniu przygotowane do podobnego traktowania zadań badawczych. Zarówno sformułowanie programu dla poszczególnych dyscyplin, przygotowanie organizacyjne do podjęcia tych zadań, jak również formy ich realizacji będą wymagać dużego wysiłku oraz w licznych przypadkach gruntownej przebudowy zarówno sposobu myślenia biologów, jak też ich podejścia do zagadnień naukowych.

Nauki ekologiczne winny odegrać znaczną rolę w pracach nad programem „Człowiek i Środowisko”. Możliwości podjęcia tej problematyki określone są trzema przesłankami ogólnymi, wynikającymi z podstawowych cech ekologii jako nauki. Składają się na nie koncepcja jednostki badawczej — ekosystemu, teoria ekologii określająca warunki i zasady funkcjonowania ekosystemu oraz metody pracy stosowane w ekologii. Przesłanki te wymagają krótkiego omówienia.

1) Jednostka ekologiczna: ekosystem obejmuje układy o różnej wielkości i stopniu zróżnicowania. W skład ekosystemu wchodzi zawsze dwa elementy przyrodnicze: komponent biologiczny, jego otoczenie — środowisko. Pojęcie ekosystemu, szczególnie w jego współczesnym rozwinięciu przez Schwartzera (1963) zawiera wszelkie układy, w których zachodzą zjawiska objęte programem „Człowiek i Środowisko”. Trzy typy ekosystemów wyróżnianych przez współczesną ekologię dają w tym względzie następujące możliwości.

Monocen pozwala na badanie patogenicznego, bądź letalnego wpływu szkodliwych czynników środowiska na organizmy.

Democen jest układem, w których można badać procesy eksploatacji i przekształcania środowiska przez populację.

Pleocen obejmuje układy o najwyższym stopniu zróżnicowania: biocenozę i biotop; układ ten stwarza przesłanki do analizy dużych kompleksów przyrodniczych takich jak las, jezioro, czy wycinek krajobrazu (Armstrong 1967).

Koncepcja ekosystemu ujmuje komponenty biologiczne oraz ich otoczenie jako elementy warunkujące się wzajemnie. Mieszczą się tu zarówno kwestie kształtowania i określania wymiaru zjawisk biologicznych przez czynniki środowiskowe, jak również modyfikacja warunków środowiskowych przez czynnik biologiczny. Tak pojmowane układy badawcze ekologii stanowią więc dobrą podstawę wyjściową do badań nad problematyką „Człowiek i Środowisko”.

2) Teoria ekologiczna. Szczególne znaczenie mają tu te działy teorii, które zajmują się problematyką homeostazy ekosystemów i pochodnymi zjawiskami regulacji i kompensacji ekologicznej. Na tym odcinku badań teoretycznych i eksperymentalnych winny być poszukiwane odpowiedzi na pytania podstawowe, które muszą być postawione przed ekologią w ramach programu „Człowiek i Środowisko”. Są to kwestie funkcjonowania i ewolucji ekosystemów pod presją czynników antropogenicznych, oraz zagadnienia inżynierii ekosystemów. Powszechnie wiadomo, że ekosystem tak długo może funkcjonować, aż nie zostaną w nim przełamane mechanizmy decydujące o jego homeostazie. Przełamanie tych mechanizmów wywołuje łańcuch zmian strukturalnych prowadzących bądź do ukształtowania się nowego układu, bądź do degradacji biologicznej części układu i co za tym idzie, głębokich przekształceń środowiska. Określenie, jakie elementy środowiskowe i biologiczne decydują o istnieniu homeostazy ekologicznej ekosystemów, stanowi dziś pierwszoplanowe zada-



nie w zakresie badań nad podstawowymi ekosystemami wchodzącymi w skład naszego krajobrazu. Uzyskane dane będą stanowiły podstawę dla wszelkiego prognozowania, zarówno zmian oczekiwanych w ekosystemach znajdujących się pod presją czynnika antropogenicznego, jak również będą stanowiły podstawę dla inżynierii ekosystemów.

3) Metody ekologiczne w porównaniu z tymi, jakie stosuje się w innych dyscyplinach biologicznych zajmujących się biologią terenową, cechuje duża precyzja. Podejście ilościowe do zjawisk, rozwinięte szczególnie w trakcie badań prowadzonych w ramach Międzynarodowego Programu Biologicznego, pozwala ekologii na dokładną ocenę wymiaru badanych zjawisk ekologicznych, takich jak stany, przepływy, czy przerób materii. W oparciu o metody ekologiczne możliwe jest dość dokładne określenie roli i udziału poszczególnych komponentów biologicznych ekosystemu w gospodarce żywej przyrody.

Dodatkowym czynnikiem decydującym o możliwościach podjęcia badań z zakresu programu „Człowiek i Środowisko” przez nauki ekologiczne w Polsce jest stopień zorganizowania kadry naukowej. Międzynarodowy Program Biologiczny wniósł do ekologii polskiej idee podziału zadań naukowych oraz szerokiej współpracy dużego grona pracowników działających w różnych ośrodkach. Rezultaty uzyskane dzięki temu systemowi, postawiły Polskę w rzędzie czołowych krajów w zakresie badań nad produktywnością biologiczną. Wykorzystanie, dla podjęcia nowej problematyki, przetartych już dróg oraz istniejących powiązań między poszczególnymi ośrodkami, pracownikami oraz uczonymi będzie łatwiejsze, niż rozpoczynanie działań organizacyjnych tam, gdzie tradycje współpracy nie istnieją, bądź są niewielkie.

## 2. Problematyka badawcza

Możliwości nauk biologicznych w zakresie rozwiązywania problemów ochrony i przebudowy ekosystemów winny być umiejscowione w ściśle określonych granicach. Wyniki badań i koncepcje ekologów nie będą bowiem nigdy stanowić panaceum na bolączki w zakresie ochrony przyrody i środowiska. Tam, gdzie zanieczyszczenia antropogeniczne, czy to na skutek akumulacji substancji toksycznych, czy też nasilania okresowego imisji, przekraczają granice tolerancji ekologicznej organizmów oraz możliwości ich adaptacji, żaden wysiłek ekologów nie będzie w stanie uratować przyrody żywej. W wielu poznanych dotąd przypadkach stadium końcowe uruchomionego przez człowieka łańcucha przemian, określone niedawno jako tzw. industrioklimaks (W o l a k 1970) odpowiada stanom abiologicznym przyrody.

Wysiłek badawczy, jaki powinny podjąć nauki ekologiczne w ramach programu „Człowiek i Środowisko”, musi służyć przede wszystkim sprawie opracowania bilansów i opartych na nich ekspertyz ekologicznych. Opracowania takie mogłyby służyć dwóm celom. Po pierwsze dać prognozy określające skutki ekologiczne proponowanych czy realizowanych inwestycji oraz programów gospodarczych, z którymi związane jest zanieczyszczenie środowiska. Ekspertyzy takie mogłyby stanowić postulowany element rachunku przyrodniczego wchodzący w skład dokumentacji stanowiącej podstawę decyzji gospodarczej. Drugi typ ekspertyz powinien obejmować propozycje przebudowy bądź odbudowy takich ekosystemów, których homeostaza ekologiczna została już przełamana, bądź



oczekuje się jej przełamania w związku z planowanymi działaniami gospodarczymi i zmianami środowiska.

Problematyka badawcza ekologii w ramach programu „Człowiek i Środowisko” winna więc objąć dwie grupy tematyczne: rejestrację zaburzeń w ekosystemach oraz inżynierię ekologiczną ekosystemów.

## 2.1 Rejestracja zaburzeń antropogenicznych w ekosystemach

Przygotowanie nauk ekologicznych do podjęcia ekspertyz typu prognoz, określających zmiany, jakie zajdą w środowisku, w którym planowane są określone procesy antropogeniczne, winno być oparte na wynikach szeroko zaprogramowanych badań o charakterze inwentaryzacyjnym. Badania te można uszeregować w pięć grup tematycznych.

1) Wpływ skażeń antropogenicznych środowiska na gospodarkę materią i energią w ekosystemach. Celem tych badań byłoby z jednej strony uchwycenie, które z ogniw decydujących o produkcji i obiegu materii w ekosystemach najczęściej są atakowane przez wprowadzenie zakłóceń antropogenicznych, jakie elementy zastępcze uruchamiane są w obrębie ekosystemu i jak dalece są one w stanie utrzymać poziom produkcji oraz procesy obiegu materii w układzie uszkodzonym. Równie ważne jest stwierdzenie, o ile zakłócenie stosunków środowiskowych wpływa na zmniejszenie produkcji całkowitej, czy też tylko użytecznej gospodarczo. I następnie, jaki ma wpływ zakłócenie równowagi w ekosystemie dla procesów samooczyszczania się układów na drodze biologicznej.

Badania tego typu wymagają dużych zespołów naukowych oraz znacznego wyposażenia, powinny być jednak podjęte w pierwszym rzędzie, ponieważ za badaniami tego typu kryje się odpowiedź na kwestie związane z przełamywaniem homeostazy ekosystemów.

2) Inwentaryzacja deformacji antropogenicznych w ekosystemach. Na czoło wysuwają się tu kwestie zmiany składu gatunkowego, bądź struktury ilościowej zespołów biologicznych w ekosystemach zdeformowanych przez działanie antropogeniczne. Istotnymi kwestiami są tu również przenikanie gatunków obcych do ekosystemów uszkodzonych i zajmowanie przez nie określonych nisz ekologicznych, a idąc dalej — zagadnienie aklimatyzowania się gatunków introdukowanych na miejsce gatunków zanikających. Badania inwentaryzacyjne winny doprowadzić w konsekwencji do wyjaśnienia kierunków sukcesji ekosystemów znajdujących się pod wpływem określonej presji czynnika antropogenicznego. Dopiero zbadanie ciągów sukcesyjnych czy ewolucyjnych zachodzących w ekosystemach może dać podstawy dla prognozowania ekologicznego opartego na znanym przebiegu zjawisk ekologicznych zachodzących w przyrodzie. Tematyka tego typu może być podejmowana przez mniejsze zespoły badawcze, a nawet pojedyncze osoby i stanowić źródło cennych informacji o zaburzeniach zachodzących w ekosystemach.

3) Badania nad bioindykatorami skażeń środowiska oraz stanu ekosystemów. Badania takie winny doprowadzić do wypracowania zestawu gatunków o wąskich granicach tolerancji ekologicznej, których występowanie w danym środowisku będzie stanowić wskaźnik stopnia jego skażenia. Lista gatunków wskaźnikowych, głównie zwierząt, znana jest dla środowisk wodnych, liczne rośliny wyższe wykazują znaczną wrażliwość na warunki środowiskowe w warunkach lądowych (K o r č a g i n, Ł u k i c e v a i S a b u r o v 1971). Wysiłki badawcze winny być skierowane równolegle w dwóch kierunkach. Równie ważne jest bowiem opraco-



wanie i udokumentowanie zestawu gatunków, który będzie charakteryzował stan skażenia środowiska np. pod względem chemicznym, jak też takiego zestawu gatunków, który będzie informował o stanie stosunków ekologicznych w obrębie ekosystemu, szczególnie zaś jego komponentu biologicznego. Do tej grupy gatunków wskaźnikowych mogą należeć np. takie, które wykazują powroty masowe, bądź znajdują się w obcym dla siebie zespole. Informacje oparte na gatunkach wskaźnikowych mogą świadczyć o zachodzących procesach przebudowy ekosystemów, jakie wyniknęły wskutek skażeń antropogenicznych środowiska. Badania takie mogą być realizowane skromniejszymi środkami.

4) Akumulacja i biodegradacja substancji toksycznych w ekosystemach. Zrzuty substancji toksycznych do środowiska, jakie dokonywane są w wyniku działalności gospodarczej człowieka, w licznych przypadkach wchodzą w obieg w ekosystemach. Część substancji toksycznych jest eksportowana na różnych drogach poza ekosystem, do którego zostały wprowadzone, część zatrzymuje się w danym ekosystemie i tu bądź kumuluje się w środowisku czy organizmach, bądź też ulega rozkładowi naturalnemu na skutek właściwości chemicznych środowiska, bądź na skutek działalności żywych organizmów. Proces ten zwany biodegradacją decyduje o procesach samooczyszczania się środowiska i możliwości regeneracji i utrzymania całego układu biologicznego i środowiskowego. Poznanie losów substancji toksycznych wprowadzonych do ekosystemu oraz określenie tych jego elementów biologicznych, które skutecznie prowadzą proces biodegradacji, w niektórych przypadkach określenie warunków i wydajności przebiegu procesów biodegradacji, to ważne zadania z zakresu mikrobiologicznego, fizjologicznego i biochemicznego ujmowania procesów ekologicznych zachodzących w ekosystemach uszkodzonych.

5) Reakcja człowieka na zmiany zachodzące w środowisku. Kształtowanie bezpośrednio środowiska człowieka w warunkach wiejskich i miejskich, w warsztatach pracy i mieszkaniach stanowi domenę bioklimatologii medycznej, higieny pracy oraz ostatnio antropologii ekologicznej. O ile bioklimatologia medyczna ma duże osiągnięcia w zakresie analizy wpływu warunków pogody na przebieg chorób, o tyle słabo poznany jest wpływ warunków środowiskowych na kształtowanie się populacji ludzkiej (Slonim 1967). Badania nad tą problematyką prowadzone w naszym kraju (Pyżuk i Wolański, 1968, Wolański i Pyżuk 1968) zasługują na baczną uwagę, ponieważ wnoszą do programu „Człowiek i Środowisko” cenne informacje na temat tego członu programu, który chciałby niewątpliwie wielki kryzys środowiska przeżyć i przetrwać, tj. człowieka.

Przeprowadzenie badań w wymienionym zakresie winno dać ekologii szczególnie mocne podstawy do prowadzenia ekspertyz typu prognozowania środowiska opartych na:

- 1) Znanym wyjściowym stanie ekosystemu.
- 2) Prawdopodobnej intoksykacji środowiska w wyniku planowanych zabiegów agrochemicznych, rzutów przemysłowych czy też skażeń wojskowych.
- 3) Znanych procesach ekologicznych, jakie zostaną uruchomione w wyniku zmian wprowadzonych do środowiska oraz odporności biologicznych komponentów ekosystemu na silne bodźce toksyczne, cyklach sukcesyjnych towarzyszących trwałemu skażeniu środowiska itp.

Badania winny objąć ważniejsze typy ekosystemów narażonych na



skażenia antropogeniczne. W pierwszym rzędzie winny być badane agrocenozy, których produkcja ma znaczenie decydujące dla populacji ludzkiej, na drugim miejscu należy umieścić układy rekreacyjne, zielen miejską i lasy; te ostatnie w coraz większym stopniu przejmować będą zadania rekreacyjne przed produkcyjnymi. Na trzecim miejscu należy wymienić wody śródlądowe, mające podstawowe znaczenie jako zasoby wody pitnej, miejsce rekreacji oraz produkcji rybnej.

## 2.2 Inżynieria ekologiczna ekosystemów

Znajomość zasad organizacji i funkcjonowania ekosystemów, szczególnie zaś powiązań wzajemnych między komponentami biologicznymi i abiolologicznymi, stanowi fundament inżynierii ekologicznej ekosystemów. Problematyka z tego zakresu, traktowana niekiedy jako „ekologia przyszłości”, rozwija się już dziś w trzech głównych kierunkach, które należy uznać jednocześnie jako główny obiekt zainteresowań ekologii inżynierskiej na przyszłość. Są to: 1) Dostosowanie układów biologicznych do zmienionych warunków środowiska, 2) ochrona ekosystemów, 3) formowanie ekosystemów nowych.

Celem badań z zakresu inżynierii ekosystemów jest opracowanie takich ekspertyz naukowych ekosystemu, aby na ich podstawie można podjąć opracowanie założeń, jakie powinien spełniać układ projektowany, w którym elementy środowiskowe i biologiczne znalazłyby się w stanie równowagi. Nie jest przy tym celem ekologii opracowywanie projektów technicznych, czy nawet technologicznych takich projektów przebudowy. Dostarczone przez ekologów dane powinny być sformułowane w postaci ekspertyzy zawierającej założenia pomocnicze i podstawy naukowe, jakie są niezbędne dla sformułowania projektu technologicznego przez właściwe pracownie i biura projektowe.

Wszystkie trzy kierunki inżynierii ekologicznej ekosystemów mogą być rozwijane i znaleźć zastosowanie w środowiskach lądowych — agrocenozach, lasach i zieleni miejskiej, oraz śródlądowych — zbiornikach naturalnych i sztucznych oraz ciekach wodnych. Każdy z tych układów ma jednak swe specyficzne problemy inżynierskie, które nie zawsze znajdują swe odpowiedniki w ekosystemach pozostałych.

Agrocenozy. Badania nad inżynierią agrocenoz powinny być prowadzone w dwóch układach modelowych. Pierwszy z nich powinien obejmować obiekty odpowiadające aktualnym warunkom struktury i organizacji produkcji rolnej, drugi — oparty na proponowanych alternatywach struktury produkcji rolnej i organizacji gospodarstw, jakie będą stanowiły przedmiot badań instytutów rolniczych przed wprowadzeniem w życie nowego, progresywnego modelu gospodarki rolnej w naszym kraju.

Kwestie dostosowania układów rolniczych do warunków środowiska znajdują swe odbicie w tzw. metodzie ekologicznej (P r o ń c z u k i P a w ł a t 1971). Metoda, stanowiąca dziś przedmiot kształcenia na wydziałach rolniczych i melioracji WSR-ów, stosowana jest jako podstawa dla ekspertyz poprzedzających urządzenie i meliorację użytków rolnych, zarówno gruntów ornych jak i pastwisk. Duże znaczenie dla rejonizacji i planowania upraw rolnych mają dane z zakresu wymagań siedliskowych roślin uprawnych. Problematyka, ta sformułowana przed kilkunastu laty (A z z i 1956) w pierwszym podręczniku agroekologii uznana została za jeden z głównych celów badań z zakresu ekologii rolniczej.



W naszym kraju zwrócili na nią uwagę tylko agrometeorolodzy (M o l g a 1966). Ekolodzy jak dotąd nie podjęli badań w tym zakresie.

Szczególnie ważną rolę w inżynierii agrocenoz odgrywają zagadnienia ochrony. Celem prowadzonych w tym zakresie badań powinno być określenie warunków, w jakich agrocenoza może stać się układem zrównoważonym, zapewniającym od strony środowiskowej i biologicznej bezpieczeństwo produkcji rolnej. Wśród zadań z zakresu ochrony środowiska wysuwają się na czoło kwestie ograniczenia strat wody w glebie. W wielu rejonach naszego kraju jest to zasadniczy czynnik limitujący wielkość produkcji rolnej. Drugim takim czynnikiem jest erozja gleb. Dobrze zorganizowana agrocenoza winna mieć wysoki stopień stabilności ekologicznej, posiadać rezerwy biologiczne możliwe do uruchomienia w przypadku zwiększenia liczebności populacji szkodników dla ograniczenia ich pojawów masowych. Nauki ekologiczne w Polsce mają duże osiągnięcia w zakresie inżynierii agrocenoz. Badania nad tą tematyką, zainicjowane w Zakładzie Agroekologii PAN w Turwi przez prof. dr Z. Wilusza na przykładzie wpływu jednego z najstarszych w Europie, planowo założonych systemów zadrzewień śródpolnych na środowisko rolne, pozwoliły wyjaśnić, że system zadrzewień poprawia bilans wodny upraw (W i l u s z 1958). Zadrzewienia śródpolne wpływają również na wzbogacenie fauny, co z kolei powoduje podwyższenie redukcji populacji szkodników o określony procent w stosunku do tego, jaki obserwujemy na polach bez zadrzewień ochronnych. Wiadomo również, że system zadrzewień tworzący tzw. zabudowę biologiczną stanowi zabezpieczenie pól przed erozją wodną i wietrzną (Z a c h a r o v 1971). Właśnie w zakresie ochrony krajobrazu rolniczego ekologia jest nablżej odpowiedzi na pytanie: ile i jak rozmieszczonych zadrzewień śródpolnych należy wprowadzić w system pól uprawnych dla zwiększenia stabilności układu biocenotycznego oraz poprawienia warunków środowiskowych produkcji rolnej. Wyniki badań prowadzonych w Zakładzie Agroekologii PAN zostały szeroko wykorzystane przy planowaniu systemu zadrzewień śródpolnych realizowanych na Żuławach.

Kolejna kwestia związana z agrocenozami dotyczy pestycydów. W kraju naszym obowiązują dwa systemy ochrony chemicznej roślin: interwencyjny, stosowany z powodzeniem w ochronie lasu, oraz stały, stosowany cyklicznie w ustalonych terminach na uprawach rolnych. Ekologia nie posiada w chwili obecnej przesłanek dla postulowania przejścia w gospodarce rolnej na ochronę chemiczną typu interwencyjnego. Badania takie, podjęte w porozumieniu i we współpracy z Instytutem Ochrony Roślin winny jednak dostarczyć udokumentowanej odpowiedzi, w jakich uprawach i względem jakich gatunków szkodników możliwe jest przechodzenie na interwencyjny system chemicznej ochrony roślin.

Ekosystemy leśne. Lasy Polski w mniejszym stopniu stanowią domenę badań z zakresu ekologii ogólnej, niż ekologii stosowanej, której problematykę z powodzeniem można odnieść do inżynierii ekologicznej ekosystemów. Ekosystemy leśne wśród lądowych mają najwyższy stopień komplikacji, ich pełne zbadanie wymaga dużych zespołów badawczych, które dotąd nie zostały w żadnym przypadku skompletowane, podobna sytuacja występuje również i w innych krajach. Inżynieria ekologiczna ekosystemów leśnych oparta jest z jednej strony na koncepcji gatunków wskaźnikowych, z drugiej na powiązaniach biotycznych między gatunkami. Wyniki uzyskane w oparciu o obie koncepcje w zakresie dostosowania i ochrony ekosystemów wystawiają dobre świadectwo polskiej eko-



logii lasu. Inżynieria ekologiczna ekosystemów leśnych rozwija się w dwóch kierunkach. Zagadnienia dostosowania do środowiska reprezentuje tzw. metoda ekologiczna, zaś problemy ochrony lasu tzw. metoda biologiczna (K o e h l e r 1968).

Metoda ekologiczna (O b m i ń s k i 1970) prowadzi do podniesienia produkcji użytkowej lasu. Ekspertyzy ekologiczne oparte na metodach fitosocjologicznych oraz gatunkach wskaźnikowych podają oceny stanu oraz klasyfikację siedlisk. W oparciu o analizę ekologiczną proponuje się dla nich najbardziej dostosowane typy lasu. Do przebudowy proponuje się dodatkowo właściwe ekotypy drzew, jakie mogą dać w danych warunkach najwyższą produkcję. Ekspertyza ekologiczna stanowi podstawę dla projektowania urządzania i przebudowy lasów.

Drugim kierunkiem inżynieryjnym jest tzw. metoda biologiczna, szczególnie skutecznie rozwijana w naszym kraju (K o e h l e r 1968). Celem tej metody jest poprawa stabilności ekosystemów leśnych, szczególnie zaś ograniczenie możliwości pojawów masowych szkodników. Koncepcję metody biologicznej oparto na znajomości powiązań biotycznych między poszczególnymi elementami biocenozy lasu oraz wykorzystania tych powiązań dla utrzymania w ryzach liczebności gatunków szkodliwych.

Ekosystemy wodne. Problemy ochrony, dostosowania i przebudowy ekosystemów wodnych, szczególnie w rejonach przemysłowych, stanowią dziś czołowe zagadnienie z zakresu ochrony środowiska człowieka. Wody cieków nie nadają się tu często nawet do celów technicznych, o jej używaniu jako wody pitnej nie może być na ogół mowy. Trzy problemy z zakresu inżynierii ekosystemów wodnych znajdują wyraźne powiązanie z ekologią.

1) Ochrona biologiczna ekosystemów. Odbudowa życia biologicznego w ciekach naszych rejonów uprzemysłowionych będzie możliwa po zbudowaniu odpowiedniej liczby oczyszczalni ścieków. W licznych przypadkach elementem czynnym w takich oczyszczalniach jest ekosystem oparty na dostawie energii zawartej w substancjach toksycznych odprowadzanych wraz ze ściekami. Możliwa jest tu współpraca biologii i inżynierii sanitarnej dla określenia najlepszego składu gatunkowego biologicznych komponentów ekosystemu, tzn. takiego, który proces oczyszczania biologicznego przeprowadza najsprawniej i najekonomiczniej.

2) Formowanie nowych ekosystemów w zbiornikach znajdujących się pod wpływem zrzutów ciepłej wody. Zmiany warunków środowiska spowodowane ogrzewaniem wody prowadzą do zmian w układzie stosunków ekologicznych w obrębie ekosystemu i prowadzą niekiedy do zagrożenia procesów produkcji przemysłowej przez masowe pojawy fitoplanktonu, zwane zakwitami. Nowe warunki środowiskowe stwarzają również możliwości tworzenia nowych ekosystemów opartych na introdukowanych gatunkach ryb, które przez swą konsumpcję ograniczają rozwój roślinności usuwając zagrożenie procesu produkcji, dają ponadto produkcję białka zwierzęcego wysokiej wartości. Kwestie te opracowane są w licznych pracowniach hydrobiologicznych w naszym kraju.

3) Eutrofizacja zbiorników wodnych. Chemizacja gospodarki rolnej powoduje zwiększony dopływ substancji mineralnych do zbiorników wodnych i związaną z tym ich eutrofizację, która pogarsza zarówno warunki produkcji rybnej, jak też zmniejsza walory rekreacyjne zbiorników wodnych. Zahamowanie i cofnięcie procesów eutrofizacji stanowi ważny



program badań inżynieryjnych. Przeglądu badań i możliwości w tym zakresie dokonało Polskie Towarzystwo Hydrobiologiczne na odbytej ostatnio w Olsztynie konferencji naukowej (6—8 XI 1971 r.).

### 3. Zakończenie

Przedstawiono tu szkiecowo możliwości podjęcia problematyki ekologicznej w programie „Człowiek i Środowisko”, zarówno w zakresie rejestracji zaburzeń antropogenicznych zachodzących w ekosystemach, jak również inżynierii ekologicznej. Możliwości te wynikają po części z ogólnych właściwości ekologii jako nauki, po części z konkretnego dorobku ekologii w zakresie obu grup problemowych.

Nauki ekologiczne w Polsce posiadają jednak cały szereg braków, które w sposób istotny ograniczają możliwości opracowania odpowiedzi na podstawowe kwestie ekologiczne związane z programem „Człowiek i Środowisko”. Braki te wynikają ze specyficznego nastawienia badawczego względem podstawowych kwestii ekologicznych. Braki te dotyczą czterech aspektów:

1) Jednostka ekologiczna: ekosystem. W badaniach prowadzonych w Polsce główny nacisk od szeregu lat położono na biologiczną część ekosystemu oraz zachodzące w jego obrębie związki biotyczne. Elementy abiotyczne środowiska zostały zepchnięte na plan dalszy a niekiedy wyłączono je z badań całkowicie. Jedną z istotniejszych dla programu „Człowiek i Środowisko” kwestii: kształtowania środowiska przez biologiczne elementy ekosystemu, jeśli pominąć zaniechane już badania prowadzone w Zakładzie Agroekologii PAN w Turwi, jest niemal całkowicie pomijana w realizowanych u nas programach badań ekologicznych.

2) Teoria ekologiczna zaawansowana jest u nas głównie w zakresie szczegółowej analizy mechanizmów ekologicznych w obrębie komponentów biologicznych ekosystemu. W rozwijanych teoriach populacyjnych (P e t r u s e w i c z 1966) środowisko wyłączone jest z rozważań w sposób planowy. W badaniach biocenotycznych koncepcja środowiska uwzględniana jest najwyżej jako czynnik dodatkowy, nie zaś jako wynik funkcjonowania ekosystemu jako całości. Problemy regulacji i kompensacji ekologicznej, prowadzące do rozwiązania zagadnień homeostazy ekosystemów podejmowane są dość rzadko (K a c z m a r e k 1963) i oparte na analizie stosunków w biologicznej części ekosystemu. Zagadnienia sukcesji i ewolucji ekosystemów podejmowane są niekiedy przez ekologię roślin, a całkowicie zaniechane przez ekologię zwierząt. Baza teoretyczna ekologii polskiej, podobnie zresztą jak i światowej jest więc niewystarczająca dla stworzenia podstaw ekologicznego programu badawczego w zakresie problematyki „Człowiek i Środowisko”.

3) Metodyka ekologiczna przystosowana jest do analizy szczegółowej sytuacji w kompleksach biologicznych, nie ma dotychczas metod, które mogłyby służyć dla szybkiej oceny sytuacji w ekosystemach o dużym stopniu złożoności. Brak jest również metod pośrednich, wskaźnikowych, w oparciu o które można byłoby dać globalną ocenę ekosystemu.

4) Organizacja. Badania ekologiczne w Polsce wykazują, szczególnie w zakresie ekologii ogólnej, zbyt małe powiązania z naukami o środowisku. O ile w ekosystemach wodnych chemizm i zjawiska fizyczne są niekiedy dobrze poznane, to w ekosystemach lądowych analiza gleboznawcza towarzyszy niekiedy badaniom fitosocjologicznym. Natomiast bada-



nia biocenotyczne, szczególnie nad komponentami zwierzęcymi ekosystemów, z reguły odbywają się bez udziału badań środowiska.

Ekologia polska przed sformułowaniem swych programów badawczych w zakresie problematyki „Człowiek i Środowisko” winna gruntownie przedyskutować te podstawy metodologiczne, w oparciu o które ma opanować w gruncie rzeczy nową i trudną dla siebie problematykę. Wyłaniają się tu zadania z zakresu teorii homeostazy ekosystemów i poszukiwań łatwych metod wskaźnikowych mogących służyć ocenie stanu ekosystemów. Przemyślenia wymaga również sprawa włączenia się do badań problematyki siedliskowej, czy to przez powołanie odpowiednich pracowników, czy też przez współpracę z wyspecjalizowanymi w tym zakresie placówkami. Nie bez znaczenia będzie również wyjaśnienie, jak w zmieniających się z dnia na dzień ekosystemach będzie żył i funkcjonował ich najistotniejszy dziś element: człowiek.

### Piśmiennictwo

- Armand D. L., 1967 — Nekotorye zadači i metody fiziki landšafta — Geofizika Landšafta: 7—24.
- Azzi G. 1956 — Agricultural ecology — London, 340 pp.
- Kaczmarek W. 1963 — An analysis of interspecific competition and communities of the soil macrofauna of some habitats in the Kampinos National Park — Ekol. Pol. A, 11: 421—483.
- Koehler W. 1968 — Biologiczne metody ochrony lasu — Warszawa 199 pp.
- Karčagin A. A., Lukičeva A.N., Saburov D.N., 1971 — Teoretičeskie voprosy fitoindykacii — Leningrad, 214 pp.
- Michajłow W. 1969 — Człowiek a środowisko — LOP, 16 pp.
- Molga M. 1966 — Meteorologia rolnicza — Warszawa, 571 pp.
- Obmiński Z. 1970 — Ekologia a węzłowe problemy współczesnego leśnictwa — Wiad. ekol. 16: 107—116.
- Petrusewicz K. 1966 — Dynamics organisation and ecological structure of population — Ekol. Pol. A, 14: 413—436.
- Prończuk J., Pawlat H. 1971 — Przewodnik do ćwiczeń terenowych z ekologii roślin — Warszawa, 171 pp.
- Pyżuk M., Wolański N. 1968 — Niektóre właściwości fizjologiczne dzieci i młodzieży jako wynik adaptacji do różnych warunków środowiskowych — Prace Mat. Nauk. IMD, 11: 129—151.
- Schwerdtfeger F. 1963 — Autökologie — Hamburg, Berlin, 461 pp.
- Wilusz Z. 1958 — Wpływ zadrzewienia ochronnego na gospodarkę wodną i planowanie przyległych terenów — Ekol. Pol. A, 6: 1—52.
- Wolak J. 1969 — Industrioklimaks, nowe pojęcie w teorii sukcesii — Ekol. Pol. B, 15: 41—44.
- Wolański N., Pyżuk M. 1968 — Niektóre właściwości mieszkańców zapyłonego miasta przemysłowego (Katowice) na tle mieszkańców Warszawy — Prace Mat. Nauk. IMB, 11: 105—127.
- Zacharow P.S. 1971 — Erozja počv i mery borby s nej — Moskva, 191 pp.

### Summary

Planning of research programmes in different fields of science in connection with the “Man and Biosphere” programme is being influenced by the pressure of public opinion demanding solution of problems directly involving the preservation



of man's environment. As far as the biological sciences are concerned research work on preservation of the biosphere necessitates, in the majority of cases, both a radical change in thought and in approach to scientific problems.

Ecological sciences should play an important part in studies on the „Man and Biosphere” programme, since both the research unit — the ecosystem, ecological theory, in particular the concept of homeostasis and the problems of ecological regulation and compensation deriving from it, and also the quantitative methods employed, cover all basic and methodological scientific questions arising from the programme.

Ecological research problems involved in the “Man and Biosphere” programme constitute two groups of subjects: recording of anthropogenic disturbances in ecosystems and ecological engineering of ecosystems. The main effort in this connection should be directed at elaboration of balances and expert opinions, based on them, of changes taking place in the environment or whole ecosystems.

Recording of anthropogenic disturbance in ecosystems covers five groups of subjects: 1) the effect of man-made pollution of the environment on matter and energy economy in ecosystems; 2) listing of all man-made disturbances in ecosystems; 3) accumulation and biodegradation of toxic substances in ecosystems; 4) studies on bio-indicators of environment pollution and state of ecosystems; 5) studies on man's reaction to changes taking place in the environment.

Implementation of this programme of studies in this field should provide ecology with firm bases for formulating expert opinions and forecasting changes in the environment, based on the known initial state of the ecosystem, probable intoxication of the environment and known ecological process which will be set in motion as the result of planned economic measures.

Ecological engineering of ecosystems postulated as ecology of the future is today developing in three directions; research work covers the following: 1) adaptation of biological systems to changed environment conditions; 2) conservation of ecosystems; 3) formation of new ecosystems. The purpose of such studies is to elaborate scientific expert opinions in order to design ecosystems in which biological components remain in a state of balance with the biosphere.

In respect of agrocenoses the ecological method constitutes a basic expert opinion preceding plans for setting up and improving agricultural land. This method is taught in agricultural colleges. The problem of studies on the habitat requirements of cultivated plants has, however, been neglected in Poland up to the present. Conservation of cultivated field biocenoses, both in relation to habitat conditions and pest protection of crops, has a long tradition in Poland in connection with research on windbreaks. One of the aims of such studies should be to define conditions for the change over in agrocenoses to the intervention method of chemical protection of cultivated plants.

The ecological method has been widely used in forest ecosystems as a basis for classifying biotopes, and for defining on this basis optimum plant associations for forest production. The biological method which has been successfully tried out in Poland permits of improving the stability of forest ecosystems and protecting them from mass attacks of pests.

In aquatic ecosystems the following ecological engineering problems are of prime importance: biological protection of ecosystems, in particular streams and rivers in industrialized areas, formation of new ecosystems in associations subject to influx of heated waste water and limitation of eutrophization processes in lakes.

They are, however, a large number of deficiencies in ecological studies in Poland due to the specific attitude of research workers to basic ecological questions. Ecologists are chiefly concerned with the biological component of the ecosystem, often to the complete exclusion of research on the environment. The current state



of research on the homeostasis of ecosystems is unsatisfactory; this theory cannot constitute a basis for formulating tasks to be carried out under the programme. Ecological methods do not as yet include indicator methods which could be used for general evaluation of the state of the environment and ecosystem, and cooperation with sciences concerned with the environment is insufficient. Formulation of tasks to be carried out by ecological sciences in connection with the "Man and Biosphere" programme should be preceded by discussion of theoretical and methodological premises essential to the undertaking of a research programme new to ecology.