

Emilia Kolarzyk

Rozdział I

STANOWISKO CZŁOWIEKA W PRZYRODZIE

Przedstawiane i omawiane zagadnienia będą koncentrować się na ściśle z sobą powiązanych problemach higieny i ekologii człowieka.

Ekologia człowieka wyodrębniła się jako jeden z działów ekologii ogólnej.

Ekologia (*oikos* – dom, *logos* – nauka) jest nauką o strukturze i funkcjonowaniu przyrody. Ekologia zajmuje się całością zjawisk dotyczących wzajemnych zależności między organizmami a ich żywym i nieożywionym środowiskiem. Pojęcie „ekologia” zostało wprowadzone w roku 1869 przez Ernesta Haeckla. Od tego czasu wiele razy zmieniało i rozszerzało swój zakres.

Obecnie wyróżnia się kilka podstawowych działów:

- autekologia: związki organizmu ze środowiskiem;
- synekologia: ekologia ekosystemów, zespołów i populacji;
- sozologia: ochrona i kształtowanie środowiska;
- **ekologia człowieka**: zależności między człowiekiem i otaczającym go środowiskiem: fizycznym, biologicznym, socjoekonomicznym i kulturalnym, z uwzględnieniem wzajemnych relacji pomiędzy pojedynczymi ludźmi, grupami ludzi i grupami innych gatunków.

Z ekologicznego punktu widzenia zjawiska zachodzące w przyrodzie należy rozpatrywać w skali ekosystemu.

Ekosystemem nazywamy zespół organizmów żywych tworzących biocenozę oraz wszystkie elementy środowiska nieożywionego, w których organizmy te bytują. Szereg przedstawiający wzrastające poziomy złożoności układów biologicznych w obrębie ekosystemu przedstawia się następująco:

cząstka nukleoproteidowa → organellum → komórka → narząd → organizm → populacja → biocenoza → ekosystem → biosfera.

Ekosystem człowieka trafnie przedstawia opracowany w Departamencie Zdrowia Publicznego w Toronto w Kanadzie w 1974 roku model znany pod nazwą „Mandala zdrowia”.

Model ten wyraźnie odzwierciedla fakt, że człowiek od momentu poczęcia aż do późnej starości tworzy ze środowiskiem jedną całość.

Zrozumienie wpływu szeroko rozumianego środowiska na ustrój człowieka jest podstawą sztuki medycznej. „Jeśli chcesz zachować zdrowie, poznaj najpierw środowie-

sko, w którym żyjesz i pracujesz” – to stwierdzenie zostało sformułowane przez Hipokratesa (460–377 p.n.e.). Założenia zdrowotne medycyny Hipokratesa obejmowały dwa zasadnicze problemy:

- zastosowanie odpowiedniego żywienia (dietetyki),
- gimnastyka, ruch i racjonalny odpoczynek.

Założenia te do dnia dzisiejszego nic nie straciły na aktualności.

Z pojęciem zdrowia od najdawniejszych czasów było łączone pojęcie **higieny**. Hygieia w mitologii greckiej była boginią zdrowia; początkowo była uznawana jako opiekunka zdrowia fizycznego, później uważano ją także za opiekunkę zdrowia psychicznego.

Obecnie przyjmowana definicja zdrowia również obejmuje wiele aspektów.

Zgodnie z definicją Światowej Organizacji Zdrowia

zdrowie jest pełnym dobrostanem fizycznym, psychicznym i społecznym, a nie wyłącznie brakiem choroby lub niedomagania.

Marcin Kasprzak, wybitny polski higienista dodał do tej definicji następuny człon:

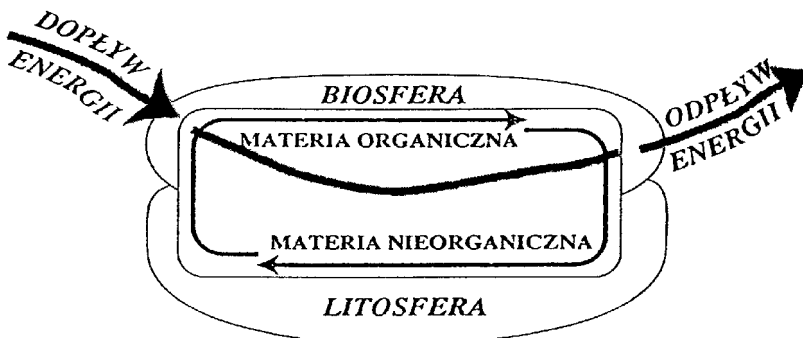
zdrowie jest to taki stopień biologicznego przystosowania się, jaki jest osiągalny dla danej jednostki w najkorzystniejszych warunkach.

Według propozycji Jana Kostrzewskiego:

zdrowie społeczeństwa ludzkiego jest to nie tylko brak chorób oraz dobry stan zdrowia fizycznego, psychicznego i społecznego jednostek składających się na dane społeczeństwo, ale również harmonijny rozwój naturalny ludności oraz takie warunki otoczenia, które sprzyjają zdrowiu ludności.

We wszystkich definicjach i modelach człowiek zajmuje centralne miejsce, ale równocześnie podkreślane są wzajemne interakcje: człowiek oddziałuje na środowisko, środowisko oddziałuje na człowieka. Z drugiej strony zarówno człowiek, jak i wszystkie układy żywe w otaczającym go świecie są podporządkowane prawom fizyki i chemii. Wszystkim przejawom życia towarzyszą zawsze przemiany materii i energii, przy czym należy przypomnieć podstawowe prawo:

- w ekosystemie materia krąży, a energia przepływa.

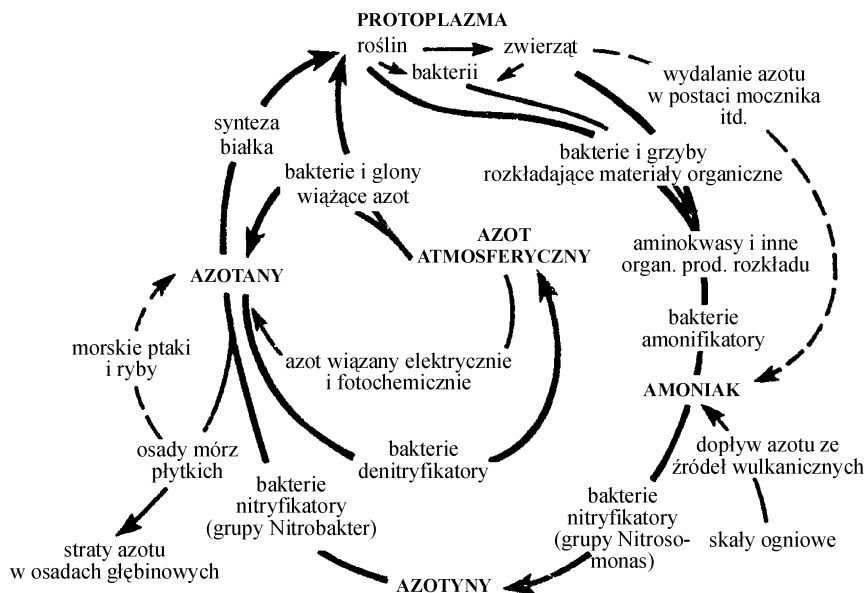


Ryc. 1. Krążenie materii i przepływ energii w ekosystemie

Jako przykład krążenia materii można przytoczyć cykl krążenia azotu w przyrodzie (ryc. 2).

Cykl krążenia azotu jest powszechnie znany, omawiany już w szkole średniej. Obecnie celowym wydaje się zwrócenie uwagi na dwa aspekty:

1. Każde ogniwo cyklu sprzężone jest z funkcjonowaniem innej istoty żywej, a wszystkie pozostają z sobą w ścisłych wieloaspektowych związkach, przy czym człowiek pozostaje z nimi w ścisłej zależności.
2. Człowiek próbuje ingerować w cykle zachodzące w przyrodzie.



Ryc. 2. Obieg azotu w przyrodzie

Azot, mimo że stanowi 78% składu powietrza jest praktycznie nieprzyswajalny dla organizmów wyższych. Wbudowanie azotu w protoplazmę organizmów żywych wymaga dużych nakładów energii i wyspecjalizowanego układu enzymatycznego. Zdolność taką mają tylko niektóre bakterie i sinice. Są to wolno żyjące w glebie bakterie tlenowe: *Azotobacter* oraz beztlenowe: *Clostridium* oraz sinice z grupy *Nostoc*. Natomiast w symbiozie z korzeniami roślin motylkowych zdolność przyswajania azotu mają bakterie brodawkowe z rodzaju *Rhizobium*. Organizmy te posiadają specyficzny kompleks enzymów wiążących i redukujących azot, kodowanych przez zespół 17 genów wiązania wolnego azotu (*nif*). U bakterii z rodzaju *Rhizobium* oprócz zespołu *nif* występuje jeszcze zespół genowy *nod*, na który składają się geny uczestniczące w procesach rozpoznawania i „brodawkowania”. Poza bakteryjnymi zespołami *nif* i *nod* w biologicznym wiązaniu azotu uczestniczy co najmniej około 20 genów roślinnych. Produkty tych genów są niezbędne dla funkcjonowania bakteryjnych enzymów wiązania azotu. Tak na przykład białko roślinne indukowane w czasie symbiozy – leghemoglobina, zapewnia anerobowe środowisko bakteryjnej nitrogenazie,

która jest kluczowym enzymem wiązania i redukcji azotu. Człowiek rozważa możliwości skutecznego i biologicznie opłacalnego przeniesienia zespołu nif poza naturalne układy symbiotyczne. Trzeba jednak także uwzględnić konieczność przeniesienia niektórych – współdziałających w tym procesie – genów roślin motylkowych. Inną trudną do pokonania barierą byłyby wysokie wymagania energetyczne biologicznego wiązania azotu. Jest to jeden z najkosztowniejszych w tym względzie procesów w przyrodzie. Rośliny motylkowe zostały do tego przystosowane ewolucyjnie. Znacznie bardziej realne są możliwości genetycznego „ulepszania” bakterii symbiotycznych. Wprowadzenie do nich dodatkowych genów mogłoby poprawić bilans energetyczny i wydajność wiązania azotu.

Interesujące wydają się projekty ingerowania inżynierii genetycznej w procesy, w których regulacja aktywności genów zachodzi poprzez światło. Wiadomo, że niektóre rośliny odznaczają się szczególnie wydajną asymilacją dwutlenku węgla. Jest ona związana z aktywnością karboksylazy rybulozodifosforanu, kluczowego enzymu na drodze powstawania węglowodanów. Wymiana lub modyfikacja genów kodujących obie podjednostki karboksylazy może wytworzyć enzym o zwiększonej wydajności wiązania dwutlenku węgla. W podobny sposób, poprzez modyfikację odpowiednich enzymów i białek, podejmowane są próby zintensyfikowania przepływu elektronów przez fotosystemy, dzięki czemu rośliny wydajniej mogłyby wykorzystywać energię słoneczną.

Człowiek próbuje ulepszać i modyfikować cykle biogeochemiczne zachodzące w przyrodzie w sposób naturalny. Człowiek uruchomił nowe cykle obiegu i prawie wszystkie poznane dotąd na Ziemi pierwiastki wykorzystuje do swych celów. Obiegi pierwiastków, wywołane działalnością człowieka, mają charakter acykliczny. W związku z tym nie następuje naturalne odnawianie się ich zasobów i powstają deficyty surowcowe. Zakłócenie cykli naturalnych pierwiastków, które mają istotne znaczenie dla gospodarki biosfery może doprowadzić do zakłócenia równowagi biocenotycznej.

W przyrodzie istnieje bowiem doskonała harmonia. Każdy organizm łańcucha troficznego spełnia określoną i niezastąpioną funkcję. Najmniejszy organizm żywy ma swoje miejsce w ekosystemie i tworzy integralną część środowiska, w którym żyjemy. Środowisko tworzą wszystkie otaczające nas, wzajemnie powiązane elementy, takie jak: warunki geologiczne, hydrologiczne, atmosferyczne i przyrodnicze. Wszystkie części planety Ziemi pozostają w systematycznych związkach: podłoże geologiczne, atmosfera i klimat, rośliny i zwierzęta. Jest również oczywiste, że Ziemia zależy od Słońca jako źródła energii i od Księżyca wywołującego pływy: ten system jest układem otwartym i stanowi tylko część całego kosmosu. System światowy (pod względem wieloczynnikowych i wzajemnych zależności niezliczonego mnóstwa składników stanowiących całość) można porównać do osobniczego organizmu. Istnieją bowiem daleko idące analogie. W organizmie ludzkim również istnieje wielowymiarowa zależność pomiędzy poszczególnymi komórkami oraz pomiędzy narządami i organami zbudowanymi z tych komórek. Zaburzenie homeostazy ustrojowej na poziomie którejkolwiek zależności doprowadza do upośledzenia funkcji życiowych naszego organizmu. Jeśli przez analogię spojrzymy w ten sposób na planetę, to będziemy ostrożniej ingerować i dłużej zastanawiać się przed dokonaniem dużych i fundamentalnych zmian w poszczególnych składnikach ekosystemu. Naturalne składniki ekosystemu można scharakteryzować na podstawie następującego podziału:

Tabela 1

Składniki ekosystemu

Niewyczerpalne	Wyczerpalne, ale odnawialne	Wyczerpalne i nie do zastąpienia
Całkowita ilość: - atmosfery - wody - energii słonecznej	Woda nadająca się do użycia: - roślinność - zwierzęta - populacje ludzkie - niektóre minerały gleb - niektóre ekosystemy	Gleba: - niektóre minerały - rzadkie gatunki skał - niektóre ekosystemy - krajobraz naturalny - większość zasobów wody gruntowej

Środowisko w którym żyjemy i otaczający nas krajobraz, kształtują się pod wpływem naturalnych czynników przyrodniczych i czynników antropogenicznych – ludzkich. W związku z tym krajobraz dzielimy na trzy zasadnicze typy: **naturalny**, **antropogenny** i **zdeastowany**.

Krajobraz naturalny – typ układu przestrzennego, który funkcjonuje bez pomocy czynnika antropogennego i w którym działają mechanizmy samoregulujące i utrzymywana jest homeostaza biocenotyczna.

Krajobraz antropogenny – krajobraz zmodyfikowany działalnością człowieka: istnieje konieczność częściowej regulacji zewnętrznej, gdyż zdolność do samoregulacji została zakłócona.

Krajobraz zdeastowany – zahamowanie lub upośledzenie niektórych procesów życiowych i samoregulujących; wymaga on odbudowy warunków niezbędnych do istnienia układów żywych. W takim krajobrazie dominują elementy wprowadzone przez człowieka, natomiast ekosystemy naturalne ulegają degradacji.

W Polsce krajobraz naturalny występuje zaledwie na kilku procentach powierzchni kraju (3–5%). Większość naszego krajobrazu to typ antropogenny – obejmuje on prawie 90% powierzchni; pozostałe kilka procent powierzchni to krajobraz zdeastowany. Krajobrazem najbardziej wartościowym jest krajobraz naturalny – bogaty w formy życiowe i zróżnicowany przestrzennie. Krajobraz antropogenny różnicuje się na wiele form. Są to uprawy leśne – niestety głównie monokulturowe, uprawy rolne i ogrodnicze, tereny zurbanizowane miast, miasteczek i osiedli wiejskich. Krajobraz zdeastowany to na przykład: obszary martwych drzewostanów Gór Izerskich, Masywu Śnieżnika, lasów w otoczeniu puławskich Azotów; obszary zwałowania odpadów stałych na terenach przemysłowych Górnego i Dolnego Śląska, Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego, a także obszaru wydobywania siarki w byłym województwie tarnobrzesckim i węgla brunatnego w okolicach Bełchatowa.

Człowiek nie żyje w próżni, lecz w określonym krajobrazie; oddycha powietrzem oraz pije wodę o określonych wartościach i parametrach, spożywa pokarm wytworzony w tych a nie innych warunkach. Warunki te w dużym stopniu kształtują stan fizyczny i psychiczny człowieka. „Chory lub martwy” krajobraz nie może oddziaływać dodatnio na zdrowie człowieka. Ochrona krajobrazu jest nakazem chwili i niezbędnym warunkiem ochrony zdrowia.

Niepokojem napawa to, że do nagromadzenia różnych toksycznych substancji doszło nie tylko na obszarach uprzemysłowionych, ale także na terenach wiejskich. Wią-

że się to z chemizacją rolnictwa, stosowaniem nawozów sztucznych i środków ochrony roślin. Chemizacji ulega również najbliższe środowisko życia człowieka, jakim jest jego mieszkanie. Człowiek przestaje być bezpieczny zdrowotnie nawet we własnym domu. Skalę problemu odzwierciedla fakt, że ostatnio został nawet utworzony i powszechnie zaakceptowany termin „zespół chorych domów” rozszerzony ostatnio na „zespół chorych budynków”, przy czym wcale to nie muszą być budynki zaniedbane i nieremontowane. Dotyczy to również nowoczesnych, przeszklonych budynków, najczęściej pomieszczeń biurowych. Okna, ze względu na kryzys ekonomiczny, są ściśle zamknięte, ale funkcjonuje w nich sztuczna wentylacja z klimatyzacją. Niestety, wentylatory i klimatyzatory stanowią często sprzyjające miejsce do rozwoju termofilnych grzybów i pleśni, które mają toksyczne i alergizujące oddziaływanie na ustrój ludzki. Podobnie alergizujący wpływ mogą mieć wykładziny pokrywające podłogi oraz tapety pokrywające ściany. W poniższej tabeli zestawione są najczęstsze źródła oraz rodzaje zanieczyszczeń pomieszczeń zamkniętych, w których przebywa człowiek.

Tabela 2

Zanieczyszczenia wewnątrzdomowe

Rodzaj zanieczyszczenia	Źródło zanieczyszczenia pomieszczeń	Dopuszczalna koncentracja	Miejsce występowania
Tlenek węgla	układy zapłonowe, silniki spalino- we, wadliwe systemy grzewcze	115 mg/ m ³	samochody, biura, sklepy, mieszkania, lodowiska
Cząstki respirabilne	piece, kominki, papierosy, aerozo- le, procesy pieczenia, gotowania	100–500ug/m ³	mieszkania, biura, samochody, bary, restauracje
Opary organiczne	spaliny, rozpuszczalniki, produkty żywnicze, pestycydy, aerozole		mieszkania, restaura- cje, miejsca użyteczno- ści publicznej, biura
Dwutlenek azotu	spaliny, piecyki kuchenne, ogrze- wacze wody, suszarki, papierosy, silniki spalinowe	200–1000 ug/m ³	mieszkania, lodowiska
Formaldehyd	izolatory, spoiwa wiążące elemen- ty drewniane lub drewnopochodne	0,06–1,3 mg/m ³	0,06–1,3 mg/m ³
Radon i jego związki	materiały budowlane	0,1–30 nCi/m ³	mieszkania, budynki
Azbest	produkty ogniotrwałe	< 1 włókno/cm ³	domy, szkoły, biura
Włókna mineralne i syntetyczne	produkty wykonane z włókien jak np. ubrania, dywany, kilimy, a także ściennie i podłogowe płyty okładzinowe		domy, szkoły, biura, miejsca użyteczności publicznej
Dwutlenek węgla	spaliny, ludzie, zwierzęta	5400 mg/m ³	domy, szkoły, biura
Organizmy żywe	ludzie, zwierzęta, rośliny, grzyby, mikroflora zasiedlająca urządzenia klimatyzacyjne		domy, szpitale, szkoły, biura, miejsca użytecz- ności publicznej
Ozon	łuk elektryczny, źródła promie- niowania UV	40–400 ug/m ³	biura, samoloty

Źródło: „Public Health and Preventive Medicine”, Maxcy-Rosenau; John M. Last 1986.

INICJATYWY NA RZECZ OCHRONY PRZYRODY W POLSCE

W Polsce świadomość zagrożeń, a w związku z tym działalność na rzecz ochrony środowiska pojawiła się na przełomie XIX i XX wieku. Był to tzw. **okres konserwatorski**. Przygotowano wówczas wykazy rzadkich gatunków roślin i zwierząt oraz różnych unikatowych wytworów przyrody, domagając się ich ochrony. Najważniejszym wydarzeniem z tego okresu było utworzenie w 1928 roku przez profesora Władysława Szafera Ligi Ochrony Przyrody. Za wyższą formę działań na rzecz ochrony przyrody można uznać **kierunek biocenotyczny**. Zaczęto tworzyć parki narodowe, rezerваты przyrody i parki krajobrazowe. W tych pozbawionych ingerencji człowieka obszarach przyroda rządziła się i rządzi swoimi prawami. Organizmy autotroficzne asymilują dwutlenek węgla, a zwracają tlen do atmosfery. Wiążą energię słoneczną, umożliwiając w sposób bezodpadowy jej zamianę na energię chemiczną pożywienia, wiążą azot z powietrza atmosferycznego, zatrzymują wodę z opadów regulując stosunki wodne w glebie, stabilizują odpływ wody rzekami, tworzą specyficzny mikroklimat. Wytworzona przez przyrodę homeostaza biocenotyczna w obrębie parków narodowych czy rezerwatów przyrody niestety naruszana jest przez zagrożenia środowiskowe z terenów przyległych, ponieważ gazy toksyczne oraz pyły rozprzestrzeniają się na obszary znajdujące się w dużej odległości od źródeł emisji. Analogiczne zależności występują w skali ogólnoswiatowej.

Problem zagrożeń środowiska naturalnego w skali globu został po raz pierwszy zasygnalizowany w 1967 roku na XXIII Sesji Zgromadzenia Ogólnego ONZ.

Do raz pierwszy w historii ludzkości zaistniał kryzys o zasięgu ogólnoswiatowym, obejmujący zarówno kraje rozwinięte, jak i rozwijające się. Nie ulega wątpliwości, że jeżeli ten proces będzie kontynuowany – przyszłe życie na Ziemi zostanie zagrożone.

Doprowadziło to do przygotowania przez Sekretarza Generalnego Sithu U'Thanta raportu **Człowiek i środowisko ogłoszonego 26 maja 1969 roku**. Była to data przełomowa, dopiero wówczas bowiem uświadomiono sobie zagrożenia egzystencji nie tylko dla wielu gatunków roślin i zwierząt, ale przede wszystkim dla samego człowieka. Zdano sobie również sprawę, że konieczne jest ustalenie wspólnej polityki międzynarodowej.

- Zaowocowało to zorganizowaniem I Konferencji poświęconej środowisku człowieka.

W dniu 5 lipca 1972 roku na tej konferencji spotkali się w Sztokholmie delegaci ze 113 krajów. Największym osiągnięciem konferencji było zwrócenie uwagi światowej opinii publicznej, że era niczym nieograniczonego korzystania z dóbr środowiska dobiega końca. Sztokholmski Plan Działania stanowił podstawę wspólnej międzynarodowej polityki wobec środowiska, a Komisja Ochrony Środowiska ONZ wprowadziła działania prawne i edukacyjne. Hasło Konferencji **Ziemia jest jedna** stało się hasłem międzynarodowych działań w obronie środowiska.

- W 1973 roku powstał program UNESCO **Człowiek i biosfera**, a 70 naukowców i przemysłowców skupionych w tzw. „Klubie Rzymskim” w kolejnych raportach wskazywało na wyczerpywanie się zasobów naturalnych i nagromadzenie toksycznych odpadów zagrażających katastrofą lokalną lub globalną.
- W 1987 roku przedstawiono raport dotyczący nowej polityki zrównoważonego harmonijnego rozwoju (*sustainable development*).

Zwrócono wówczas uwagę, że należy tak gospodarować planetą i jej zasobami – w myśl wcześniej przyjętej zasady, że Ziemia jest jedna – aby minimalizować degradację środowiska, gdyż usuwanie skutków zniszczeń jest znacznie trudniejsze i kosztowniejsze niż rozsądne zapobieganie. Koncepcja ta obejmuje zarówno kraje rozwinięte, jak i rozwijające się, przy czym szczególnie zwraca się uwagę na fakt, że musi to być rozwój, który zaspokajając potrzeby współczesnych pokoleń, nie ograniczy możliwości ich realizacji przez przyszłe pokolenia.

Polska włączyła się w międzynarodowe działania na rzecz ochrony przyrody poprzez stworzenie polityki tzw. ekorozwoju. Przez ekorozwój rozumie się podporządkowanie potrzeb oraz aspiracji społeczeństwa i państwa możliwościom jakie daje środowisko, w którym żyjemy. Odejście od wąsko rozumianej ochrony środowiska powinno przynieść korzyści w wymiarze społecznym i środowiskowym.

Ochrona środowiska – w obecnym rozumieniu to kompleksowe działania obejmujące między innymi monitorowanie zanieczyszczeń środowiska, opracowywanie podstaw ochrony środowiska (przepisy prawne, normy techniczne i higieniczne) z uwzględnieniem procesów szacowania ryzyka, sterowania ryzykiem i informacji o ryzyku. Dąży się również do podniesienia tzw. świadomości ekologicznej i wykazania ścisłych zależności pomiędzy stanem środowiska i stanem zdrowotnym społeczeństwa. Świadomość tych zależności stanowi indukcyjny bodziec do samoorganizacji społeczeństwa w celu obrony, ale równocześnie poprawy środowiska nas otaczającego. Jako przykład nowego rozumowania może służyć stwierdzenie z Deklaracji Ideowej Polskiego Klubu Ekologicznego działającego w Krakowie od 1981 roku:

Człowiek ma prawo do korzystania z wartości środowiska naturalnego, ma prawo do godziwych warunków bytu w nieskażonym środowisku, ale w związku z tym ma obowiązek ochrony tego środowiska. Człowiek ponosi odpowiedzialność za stan środowiska wobec obecnych i przyszłych pokoleń.

Organizacji działających na rzecz ochrony środowiska jest obecnie w Polsce dużo i nie sposób o nich wszystkich w tym miejscu wspomnieć. Słowa deklaracji przytoczone zostały dla zwrócenia uwagi na zawarte w niej wskazania co do naszych obowiązków wobec przyrody: kształcenie świadomości oraz odpowiedzialnej postawy wobec środowiska. Otaczający świat musi być ujmowany możliwie całościowo, a w dziedzinie gospodarki musi być odrzucona zasada maksymalnego zysku i korzyści, jakie chciałoby się uzyskać z przyrody. Równocześnie muszą być odrzucone przestarzałe, niebezpieczne dla środowiska technologie przemysłowe. Działania państwa muszą iść w kierunku czynnej ochrony środowiska (budowa oczyszczalni i filtrów) oraz ochrony przyrody (tworzenie parków narodowych i krajobrazowych).

Polska – jako kraj członkowski Unii Europejskiej – jest zobowiązana do dostosowania krajowego systemu prawa do obowiązującego prawa UE we wszystkich dziedzinach. W dziedzinie ochrony środowiska zakres ten obejmuje około 70 dyrektyw oraz 21 rozporządzeń, przy czym około połowa z nich dotyczy produktów i wyrobów, które były ujęte w Białej Księdze Komisji Europejskiej z 1995 roku.

Dyrektywa 96/62/WE dotycząca oceny i zarządzania jakością powietrza, jako dyrektywa ramowa, określa główne zasady wspólnej strategii UE w tym zakresie. Dyrektywa ta określa główne parametry zarządzania jakością powietrza. Optymalne parametry

try jakości powietrza, marginesy tolerancji, procedury oceny i wymogi dotyczące sprawozdawczości określają natomiast tzw. dyrektywy „córki”.

Celem strategicznym działań Wspólnoty jest „osiągnięcie takiej jakości środowiska, w którym poziomy zanieczyszczeń spowodowanych przez człowieka nie prowadzą do znaczącego wpływu na zdrowie człowieka lub jego zagrożenia”.

W Polsce problemy te znalazły odzwierciedlenie w Konstytucji. Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju (Art. 5), zobowiązuje władze publiczne do zapobiegania negatywnym dla zdrowia skutkom degradacji środowiska (Art. 68, ust. 4) i do ochrony środowiska. Powstało również nowe prawo ochrony środowiska. **Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 roku „Prawo ochrony środowiska” (Dz.U. Nr 62, poz. 627 z dnia 20 czerwca 2001 roku)** została zredagowana pod kątem dostosowania do prawa wspólnotowego. Ustawę podzielono na 8 następujących tytułów: 1. Przepisy ogólne, 2. Ochrona zasobów środowiska, 3. Przeciwdziałanie zanieczyszczeniom, 4. Poważne awarie, 5. Środki finansowo-prawne, 6. Odpowiedzialność w ochronie środowiska, 7. Organy administracji oraz instytucje ochrony środowiska, 8. Programy dostosowawcze.

Obecnie wydawane są nowe, szczegółowe dyrektywy, natomiast ostateczne uregulowania prawne w Polsce powinny osiągnąć całkowitą zgodność z ustawodawstwem Unii Europejskiej do końca 2009 roku.

Warta podkreślenia jest również **polityka zagraniczna Polski w aspekcie ochrony środowiska**. Obecnie Polska prowadzi wielostronną współpracę międzynarodową w ramach członkostwa w Unii Europejskiej z instytucjami i agendami w celu wypełniania zadań wynikających dla naszego kraju z konwencji i umów międzynarodowych. Zadaniem priorytetowym dla naszego kraju są przedsięwzięcia z zakresu dostosowania infrastruktury wodnokanalizacyjnej, ochrony powietrza i gospodarki odpadami do wymogów stawianych przez dyrektywy UE. Obecnie Komisja Europejska skłania się do preferowania zadań związanych z ochroną powietrza, w drugiej kolejności – gospodarki odpadami, a w trzeciej – gospodarki wodno-ściekowej. Inspekcja Ochrony Środowiska bierze udział w pracach Europejskiej Sieci Wdrażania i Egzekucji Prawa Ochrony Środowiska (IMPEL) w zakresie doskonalenia prawa i przeprowadzania inspekcji oraz uczestniczy w pracach Europejskiej Agencji Środowiska. Został utworzony Europejski System Informacji o Środowisku (SERS – *Shared Environmental Information System*). Praktycznym przykładem wdrożenia SERS jest projekt OZONWEB, którego celem jest dostarczanie informacji (uaktualnianych co godzinę) o ozonie troposferycznym. W ramach tego projektu powstał interaktywny portal, przez który udostępniane są dane *on-line* o stężeniu ozonu w Europie, zintegrowane z danymi przestrzennymi, dostępne na stronie: <http://www.eea.europa.eu/maps/ozone/welcome>

Polska bierze udział w pracach grup roboczych na potrzeby wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej i Dyrektywy w sprawie Strategii Morskiej oraz w pracach Komitetu ADCO (*Administrative Cooperation Committee*) w zakresie problematyki dotyczącej emisji hałasu do środowiska przez urządzenia używane na zewnątrz. Ministerstwo Środowiska współuczestniczy w pracach Grupy Roboczej UE do spraw Konwencji Bazylejskiej (kontrola transgranicznego przemieszczania i usuwania odpadów niebezpiecznych), Konwencji Wiedeńskiej (ochrona warstwy ozonowej), Konwencji Sztokholmskiej (w sprawie usuwania trwałych zanieczyszczeń organicznych) oraz Konwen-

cji Helsińskiej (ochrona środowiska morskiego obszaru Morza Bałtyckiego – na stronie internetowej: <http://bspa.helcom.fi/> umieszczone są aktualne informacje na temat wszystkich Bałtyckich Obszarów Chronionych).

Na uwagę zasługuje także poprawa współpracy oraz bardziej ścisłe kontakty z Czechami, Słowacją, Białorusią, Ukrainą, Litwą i Niemcami. Jako priorytetowe traktowane są zagadnienia związane z ochroną środowiska w strefach przygranicznych oraz ochrona wód granicznych przed zanieczyszczeniami. Podjęte są inicjatywy w celu zakazu „importu” produktów odpadowych. Kontynuowane są prowadzone wcześniej działania zmierzające do redukcji zanieczyszczeń w tzw. czarnym trójkącie u zbiegu granic Czech, Niemiec i Polski. W 2006 roku ogłoszony został na stronach internetowych poszczególnych krajów „Wspólny Raport o jakości powietrza w trójgranicznym regionie Czech, Polski i Niemiec”.

Polska realizuje również zobowiązania w zakresie ochrony powietrza, jakie wynikają w szczególności z protokołów do dwóch porozumień międzynarodowych: Konwencji w sprawie transgranicznego zanieczyszczenia powietrza na dalekie odległości oraz Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu.

Na podkreślenie zasługuje fakt, że coraz bardziej powszechna staje się świadomość, że usuwanie skutków degradacji środowiska jest droższe niż środki jej zapobiegania lub neutralizacji. Obecnie ingerencja człowieka w procesy zachodzące w środowisku stała się nieodwracalnym faktem, przy czym z całą satysfakcją trzeba podkreślić, że **wzrosła świadomość i odpowiedzialność** nie tylko wąskiej grupy ludzi profesjonalnie związanych z ekologią, ale również całego społeczeństwa. Konsekwencje takiego podejścia przybrały już konkretne, wymierne rezultaty.

PROBLEMY INŻYNIERII GENETYCZNEJ I BIOTECHNOLOGII

Zupełnie nowym zagadnieniem ostatnich lat jest ingerencja człowieka w materiał genetyczny organizmów żywych i rozwój inżynierii genetycznej i biotechnologii.

Człowiek już od bardzo dawna stosował różnorodne celowe zabiegi, zmierzające do uzyskania użytecznych, żywych organizmów lub produktów z nich pochodzących.

Prawdziwy przełom w dziedzinie biotechnologii dokonał się w 1996 roku i był związany z narodzinami w Szkocji owcy Dolly. Jak „stworzono” Dolly? Z wymienia owcy rasy Finn Dorset pobrano diploidalne komórki, które w specjalnej odżywce przeszły w stan „uśpienia”. Od drugiej owcy rasy Scottish Blackface pobrano niezapłodnioną komórkę jajową i pozbawiono ją jądra, a tym samym DNA jądrowego. Za pomocą impulsów elektrycznych dokonano fuzji komórki wymienia i pozbawionej jądra komórki jajowej. W ten sposób powstał sklonowany zarodek. Po około sześciu dniach zarodek został wszczepiony do macicy kolejnej (trzeciej) owcy rasy Scottish Blackface. Ta zastępcza matka urodziła jagnię rasy Finn Dorset – owieczkę Dolly. Owca ta urodziła cztery zdrowe jagnięta. Jednak, mimo otoczenia ją wszechstronną opieką, dość wcześnie zapadła na artretyzm i żyła o kilka lat krócej niż przeciętna owca tej samej rasy. Komórki Dolly okazały się starsze, niż wskazywałby na to wiek biologiczny. Wytlumaczenia można częściowo szukać w fakcie, iż Dolly otrzymała DNA od sze-

ścieletniej owcy. W związku z tym telomery w chromosomach jej komórek były znacznie krótsze niż u normalnych jagniąt i proces starzenia przebiegał szybciej.

Rodowód zwierząt transgenicznych sięga natomiast daty wcześniejszej. Pierwszymi transgenicznymi zwierzętami były myszy wytworzone w 1980 roku. W 1985 roku powstał pierwszy transgeniczny królik. Dzięki łatwości uzyskania transgenicznych linii pokoleniowych (krótka ciąża, liczne mioty, niewielki odstęp międzypokoleniowy) transgeniczne króliki mogą być wykorzystane do produkcji białka w ilości zapewniającej ich farmaceutyczne wykorzystanie, ponieważ stężenie białka w mleku królika jest trzy razy większe niż w mleku krowy. W związku z tym zwierzęta te są źródłem dość dużej ilości zrekombinowanych białek. We krwi transgenicznych królików udało się uzyskać $\alpha 1$ – antytrypsynę człowieka. Powstały również króliki z ekspresją genów zaangażowanych w syntezę enzymów regulujących metabolizm lipidów (lipaza wątrobowa, apolipoproteina).

Od tego czasu z każdym rokiem liczba transgenicznych zwierząt zwiększa się. Prace nad transgenicznymi zwierzętami prowadzi się w celach naukowych (poznawczych) oraz w celach praktycznych. Cele praktyczne obejmują poprawę cech produkcyjnych zwierząt oraz wykorzystanie biomedyczne produktów zwierząt transgenicznych. Gospodarskie zwierzęta transgeniczne tworzą rasy o lepszych właściwościach przystosowawczych, produkcyjnych i zdrowotnych, co ma wpływ na poprawę wyników ekonomicznych hodowli.

Główne zadania poznawcze dotyczą kwestii genetycznej kontroli systemów fizjologicznych u zwierząt i człowieka oraz opracowania modeli genetycznych chorób. Ssaki transgeniczne mogą być w naukach podstawowych doskonałymi modelami badawczymi. W medycynie mogą służyć do wyjaśniania etiologii wielu chorób oraz stwarzają możliwości ich leczenia. Mogą być bioreaktorami wytwarzającymi wiele cennych i rzadkich leków. Dzięki wprowadzeniu ludzkich genów zwierzęta mogą syntetyzować i wydzielać do mleka lub do krwi ludzkie białka używane w medycznej terapii substytucyjnej wielu chorób, zwłaszcza uwarunkowanych genetycznie.

Osobnym wyzwaniem jest problem **ksenotransplantacji**. Powstaje prawdopodobieństwo, że pokonane zostaną bariery międzygatunkowe. Uważa się na przykład, że serce, wątroba i nerki świni doskonale nadają się do przeszczepów, gdyż budową i wielkością są zbliżone do organów człowieka. Jednakże problemem jest bariera immunologiczna. Zmodyfikowanie genotypu świni ma sprawić, że narządy transgenicznej świni zostaną przyjęte przez ludzki organizm. Przeciwnicy ksenotransplantacji coraz większe nadzieje wiążą natomiast z wykorzystaniem ludzkich komórek macierzystych, które w warunkach kultury *in vitro* mogą zmienić się w dowolnie wybraną tkankę. Opracowana została metoda pobierania komórek macierzystych z płynu owodniowego i jest prawdopodobieństwo, że komórki macierzyste będzie można hodować tak, aby formowały brakujące narządy.

Osiągnięcia biotechnologii przyniosły konkretne i wymierne korzyści dla rolnictwa, przemysłu i medycyny. Od 1984 roku opanowano produkcję i wprowadzono na rynek uzyskane metodami rekombinacyjnymi: insulinę ludzką, somatostatynę, hormon wzrostu człowieka, interferony alfa, beta i gamma człowieka. W opracowaniu (na większym lub mniejszym stopniu zaawansowania) znajdują się technologie produkcji lub otrzymywania na skalę laboratoryjną szczepionek przeciwko malarii, wściekliznie, różycz-

ce. Drożdże produkują szczepionki przeciw wirusowemu zapaleniu wątroby typu B (testy przedkliniczne przeprowadzono na początku lat 90. XX wieku). Prowadzi się również badania nad wykorzystaniem bakterii lub drożdży do syntezy szczepionek chroniących przed AIDS. Metodami inżynierii genetycznej przygotować można różnorodne zestawy diagnostyczne, między innymi do diagnozy takich chorób genetycznych, jak: fenyloketonuria, płasawica Huntingtona, anemia sierpowata, alfa i beta talasemie, a także można produkować białka terapeutyczne, na przykład czynnik VIII krwi konieczny przy leczeniu hemofilii lub aktywatory plazminogenu stosowane przy likwidacji zakrzepów krwi. Przewiduje się stosowanie zrekombinowanych mikroorganizmów jako mikroreaktorów fermentacyjnych w przemyśle chemicznym i rolnospożywczym lub jako producentów enzymów prowadzących procesy fermentacyjne do uzyskania etanolu, butanolu, kwasów organicznych, wytwarzania aminokwasów – dodatków do pasz (metionina, lizyna, tryptofan).

Dzięki rozwojowi **bioremediacji** przygotowywane są technologie pozwalające na stosowanie zrekombinowanych mikroorganizmów w procesach uzyskiwania z ubogich rud takich metali, jak: żelazo, uran, miedź, platyna, a także umożliwiające usuwanie z nich zanieczyszczeń siarkowych. W procesach wydobywania ropy naftowej mikroorganizmy mogą być stosowane do upłynniania stałych, bitumicznych i asfaltowych frakcji złoża. Wreszcie przy oczyszczaniu ścieków, przede wszystkim przemysłowych, przewiduje się wprowadzenie takich zrekombinowanych mikroorganizmów, które rozkładać mogą toksyczne, praktycznie niezniszczalne innymi metodami związki chemiczne (niektóre herbicydy, produkty petrochemii oraz przemysłu metalurgicznego).

Duże znaczenie ma **fitoremediacja**, czyli zastosowanie roślin wyższych do oczyszczania gleby z metali ciężkich i innych zanieczyszczeń, a także rekultywacji terenów pokopalnianych. Gorczyca sarepska (*Brassica juncea*) wykorzystywana jest do usuwania ołowiu, a tobołki polne (*Thlaspi arvense*) mogą akumulować cynk i nikiel. To z kolei wywołało konieczność opracowania metod degradacji zanieczyszczeń kumulowanych w roślinach. Pierwsze prace zakończyły się powodzeniem, na przykład naukowcy z Uniwersytetu w Georgia uzyskali rzodkiewkę (*Arabidopsis thaliana*) z dwoma obcymi genami pochodzącymi z bakterii *Escherichia coli*. Jeden z nich warunkuje syntezę enzymu, który katalizuje przemianę arsenianu do nieszkodliwej formy, a drugi umożliwia zatrzymanie tej nieszkodliwej formy w liściach. Dzięki temu rośliny te akumulują 3–4 razy więcej związków arsenu niż rośliny w swojej naturalnej formie.

Na opór napotyka wprowadzenie zrekombinowanych organizmów do biosfery (przemysł wydobywczy, rolnictwo, ochrona środowiska) ze względu na obawy o ich dalsze losy i ewentualne naruszenie równowagi ekologicznej przez nowe, skonstruowane *in vitro* szczepy mikroorganizmów.

Najwięcej kontrowersji budzi jednak żywność uzyskana z udziałem organizmów zmodyfikowanych genetycznie lub same organizmy zmodyfikowane genetycznie służące jako żywność. **Organizmy modyfikowane genetycznie** lub inaczej zwane **organizmami transgenicznymi** są to organizmy wyższe, którym wprowadzono obcy, nowy gen, przekazywany następnym pokoleniom zgodnie z prawami dziedziczenia. Struktura genomu tych organizmów została zmieniona przez usunięcie lub zmianę jednego lub więcej genów, albo w drodze hodowli organizmów hybrydowych – realizowanej z wykorzystaniem techniki inżynierii genetycznej. Ingerencja w mate-

riał genetyczny może polegać na: wprowadzeniu genu kodującego pożądaną cechę lub unieczynnienie genu kodującego niepożądaną cechę. Istnieje niebezpieczeństwo, że wraz z wprowadzeniem nowej, ściśle zdefiniowanej cechy zostanie wprowadzona niepożądana cecha lub dojdzie do ekspresji genów obecnych w materiale genetycznym gospodarza, które dotychczas pozostawały latentne (uśpione). Teoretycznie może dojść również do transferu genów z organizmów modyfikowanych genetycznie lub produktów pochodzących od tych organizmów do mikroflory zasiedlającej przewód pokarmowy, co w konsekwencji mogłoby niekorzystnie odbijać się na zdrowiu człowieka. Żywność uzyskana z udziałem organizmów zmodyfikowanych genetycznie lub same organizmy zmodyfikowane genetycznie służące jako żywność powinny być oceniane przez porównanie z odpowiednimi produktami konwencjonalnymi, dla których istnieją standardy bezpieczeństwa. Na przykład jeśli poddano modyfikacji genetycznej ziemniak, należy sprawdzić czy modyfikacja ta nie wpłynęła na poziom **solaniny**, która normalnie w ziemniaku występuje w znikomych ilościach. Podobnie trzeba postąpić, gdyby do jakiejś rośliny wprowadzono gen pochodzący od ziemniaka, wtedy również istnieje konieczność udowodnienia, że wraz z tym genem nie została przekazana cecha warunkująca produkcję solaniny.

Na obecnym etapie zaawansowania biotechnologii i inżynierii genetycznej należy brać pod uwagę produkty wytwarzane przez zmodyfikowane organizmy stosowane bezpośrednio w żywieniu ludzi (np. olej sojowy o korzystniejszym składzie kwasów tłuszczowych) oraz produkty wytwarzane przez zmodyfikowane organizmy jako dodatki do żywności (np. kwas cytrynowy, mlekowy), czy też mające wartość użyteczną w przemyśle spożywczym (np. enzymy). Dodatki transgenicznej soi i/lub kukurydzy można znaleźć w wielu produktach spożywczych: wyroby cukiernicze i czekoladowe, lody i desery, sosy, dresingi, zupy błyskawiczne, majonez, miksy masła i margaryny lub margaryny i oleju, wyroby mleczne (sery, twarogi, napoje fermentowane). Mogą to też być same organizmy zmodyfikowane genetycznie, na przykład drożdże stosowane w przemyśle spożywczym lub też organizmy transgeniczne stosowane bezpośrednio w żywieniu ludzi, na przykład ziemniaki z cechą odporności na stonkę lub soja odporna na niektóre herbicydy. Transgeniczne pomidory o przedłużonej trwałości przechowywania sprzedaje się w USA od 1994 roku. Transgeniczne ziemniaki produkują albuminę typu HSA – białko odpowiedzialne za prawidłowe ciśnienie osmotyczne naszej krwi. Do osiągnięć biotechnologii należy zaliczyć transgeniczny ryż „Golden Rice” zdolny do biosyntezy β -karotenu, przeznaczony na rynki azjatyckie w celu ochrony dzieci przed zaburzeniami widzenia, a ulepszony skład aminokwasowy polepsza jakość pożywienia (nutraceutyki). Zastosowano również zablokowanie syntezy określonych białek ryżu, które wywołują alergię w krajach azjatyckich. Ostatnio naukowcom z Uniwersytetu w Aachen udało się zmodyfikować kukurydzę dzięki wprowadzeniu do jej genomu genów z grzyba *Aspergillus* i soi. Geny te odpowiedzialne są za wydajniejsze pobieranie żelaza oraz udostępnienie go w łatwo przyswajalnej formie dla człowieka. Tak zmodyfikowana kukurydza może pomóc w rozwiązaniu problemów żywieniowych w najuboższych krajach, dotkniętych klęską głodu. Inną modyfikacją jest wyprodukowanie tytoniu (Vector 21–40), który zawiera 20 razy mniej nikotyny (dawka poniżej progu uzależnienia) i 15 razy mniej substancji rakotwórczych niż odmiany tradycyjne.

Większość prac nad otrzymaniem nowych roślin skupia się na nadaniu im odporności na szkodniki (zredukowanie stosowania pestycydów) lub poprawie wartości odżywczej i zdrowotnej produktu. Tak więc produkty inżynierii genetycznej mogą przynieść ogromne korzyści. Jednak – jak zawsze gdy dochodzi do interwencji człowieka w procesy biologiczne – muszą to być działania ze wszech miar odpowiedzialne i nie stwarzające niebezpieczeństwa dla ludzi. Muszą towarzyszyć im uregulowania prawne dotyczące:

- wymagań, jakim powinny odpowiadać wnioski o wydanie zezwoleń na wprowadzenie organizmów modyfikowanych genetycznie do środowiska i do obrotu;
- wymagań, jakim powinna odpowiadać ocena zagrożeń dla środowiska i zdrowia ludzi i zakresu niezbędnych badań;
- wymagań dotyczących oznakowania i pakowania organizmów modyfikowanych genetycznie wprowadzanych do obrotu.

Obowiązujące w Polsce przepisy regulujące kwestie związane z wykorzystywaniem GMO wprowadzane są nie tylko przez polskie ustawodawstwo, ale również przez umowy międzynarodowe oraz rozmaite akty prawne Unii Europejskiej. Najważniejszymi aktami prawa międzynarodowego związanymi z GMO są Konwencja z Rio de Janeiro (sporządzona 5 czerwca 1992) oraz dołączony do niej Protokół z Kartageny (styczeń 2000). Stanowią one podstawę wielu aktów prawnych wydanych zarówno przez Polskę, jak też przez Unię Europejską

W Polsce obowiązuje ustawa z dnia 22 czerwca 2001 roku o organizmach genetycznie zmodyfikowanych (Dz.U. Nr 76, poz. 811 z 2001 roku) z późniejszymi modyfikacjami (z 2002 roku, Nr 25, poz. 253 i Nr 41, poz. 365; z 2003 roku, Nr 130, poz. 1187 oraz z 2004 roku, Nr 96 poz. 959).

Ustawa reguluje:

- 1) zamknięte użycie organizmów genetycznie zmodyfikowanych (GMO);
- 2) zamierzone uwalnianie GMO do środowiska, w celach innych niż wprowadzanie do obrotu;
- 3) wprowadzanie do obrotu produktów GMO;
- 4) wywóz za granicę i tranzyt produktów GMO;
- 5) właściwość organów administracji rządowej do spraw GMO.

Problemy związane z żywnością nabierają szczególnego znaczenia wobec faktu szybkiego wzrostu liczebności populacji ludzkiej.

W połowie XXI wieku na Ziemi będzie żyło około 9 mld ludzi, czyli o 2,5 mld więcej niż obecnie. To oznacza, że na jednego mieszkańca planety przypadnie wówczas tylko 0,15 ha pól uprawnych (dla porównania w 1966 roku było to 0,45 ha, a w 1998 roku – 0,25 ha). Jednocześnie do 2050 roku musi nastąpić podwojenie produkcji żywności, jeśli chcemy zapobiec globalnej klęsce głodu. Tymczasem człowiek został postawiony w niezwykle trudnej sytuacji, gdyż nie możemy sobie pozwolić na dalsze niszczenie lasów, zwłaszcza tropikalnych w celu zamiany zalesionych powierzchni na grunty orne. Problem pojawił się już wcześniej, ale w latach 50. i 60. ubiegłego wieku ludzkość została uratowana od katastrofy za sprawą tzw. zielonej rewolucji. Ogromny wzrost plonów został jednak „okupiony” zwiększeniem nakładów energii w rolnictwie – nawadnianiem pól, zastosowaniem nawozów sztucznych, a przede wszystkim wprowadzeniem na szeroką skalę chemicznych środków ochrony

roślin. Obecnie nie można sobie pozwalać na kontynuowanie tych działań, gdyż oznaczałyby to jeszcze większe zatrucie środowiska i degradację gleb oraz podrożenie produkcji rolnej.

Szacuje się, że gdyby nie choroby, szkodniki roślin, chwasty, niekorzystne zjawiska meteorologiczne (susze, powodzie, mrozy) plony obecnie uprawianych odmian roślin byłyby aż o 77% procent wyższe. Należy szukać możliwości wykorzystania tego potencjału. Najbardziej efektywne wydają się dwie, częściowo przeciwstawne drogi: rolnictwo ekologiczne z jednej strony oraz rolnictwo z wykorzystaniem transgenicznych roślin uprawnych z drugiej strony. Rolnictwo ekologiczne z pewnością byłoby rozwiązaniem optymalnym, jednak oznacza znaczne nakłady finansowe, a stosunkowo niezbyt wydajne plony. Do zwiększenia produkcji rolnej przyczynić się może wprowadzenie transgenicznych roślin, bardziej wydajnych, odpornych na choroby, zasolenie gleb i zmiany pogody, a jednocześnie redukujących negatywny wpływ rolnictwa na środowisko (m.in. setki tysięcy ton oprysków mniej). Jednak czy ta alternatywa jest korzystna i czy jest do zaakceptowania w skali ogólnoswiatowej jako panaceum na grożące widmo niedostatku pożywienia czy nawet głodu?

Z całą pewnością, wyżywienie ludności w skali całego globu ziemskiego stanowi jedno z większych wyzwań XXI wieku.

Piśmiennictwo

- Al Gore, *Ziemia na krawędzi*, przeł. G. Dzierdziuk-Kwaśniewska, Wyd. Ethos, Warszawa 1996.
- Al Gore, *Earth in the balance: Ecology and the Human Spirit*, Houghton Mifflin Books 2000
- Campbell B., *Ecology and Society*, Yale University Press 2002.
- European Environment Agency (EEA), *Environment and health*, 2006
- European Environment Agency (EEA), *Europe's environment – the fourth assessment*, 2007
- Jablunka E., Lamb M.J., *Evolution in four dimensions: genetic, epigenetic, behavioral and symbolic variation in the history of life*, MIT Press 2005.
- Kerns T., *Environmentally induced illnesses: ethics, risk assessment and human rights*, McFarlan & Co. 2001.
- Marshall L., Weir E., Abelson A., Sanborn M.D., *Identifying and managing adverse environmental effects: taking an exposure history*, CMAJ, 166 (8): 1049–1055, 2002.
- Raport „Perspektywy i kierunki rozwoju biotechnologii w Polsce do 2013 roku”, pod red. S. Bieleckiego, Biotechnologia, Monografie, nr 3, 2006.
- Suzuki D., Dressler H., *Good news for a change: hope for a troubled planet*, Stoddart 2002.
- Weir E., *Identifying and managing adverse environmental health effects: a new series*, CMAJ, 16, 166 (8): 1048–1053, 2002.
- Wydział Ochrony Środowiska Urząd Wojewódzki w Krakowie, *Informator comiesięczny o poziomie zanieczyszczeń powietrza w Krakowie*.
- Wiąckowski S.K., *Przyrodnicze podstawy inżynierii środowiska*, Kielce 2000
- Ustawa z dnia 22 czerwca 2001 roku o organizmach genetycznie zmodyfikowanych (Dz.U. Nr 76, poz. 811; Nr 25, poz. 253 i Nr 41, poz. 365 z 2002 roku; Nr 130, poz. 1187 z 2003 roku oraz Nr 96, poz. 959 z 2004 roku).
- Biotechnolog GMO – informacyjny serwis biotechnologiczny <http://www.BioTechnolog.pl>
- Ministerstwo Środowiska: <http://www.mos.gov.pl>