

EKOLOGICZNE PODSTAWY BEZODPADOWYCH TECHNOLOGII W ROLNICTWIE

Lech Ryszkowski

Zakład Biologii Rolnej i Leśnej PAN w Poznaniu

ZAGROŻENIE ŚRODOWISKA NA OBSZARACH WIEJSKICH

Nasilające się różnorodne zjawiska zagrożeń środowiska uczą nas, że abstrahowanie od zintegrowanych układów struktur i procesów charakteryzujących środowisko prowadzi do niepowodzeń rozwoju gospodarczego obszarów wiejskich. Z niepowodzeń tych wynika wniosek o konieczności zmiany sposobu podejścia do zjawisk na obszarach wiejskich. Należy odejść od traktowania poszczególnych procesów czy struktur w izolacji od całego kontekstu środowiskowego, gospodarczego czy społecznego. Podejmowane decyzje gospodarcze powinny opierać się na systemowym rozpoznaniu komponentów obszarów wiejskich pozwalającym na sterowanie funkcjonalną sprawnością całego układu.

Formułując program rolnictwa oraz związanego z nim przetwórstwa, a także rozwoju usług, rekreacji i innych funkcji na obszarach wiejskich, należy uwzględnić zarówno bezpośrednie produkcyjne i społeczne efekty, jak i skutki wywołane w środowisku przyrodniczym i kulturowym. Realizacja tego programu wymaga: przyjęcia zasady dostosowania struktury i poziomu produkcji rolnej do warunków i zasobów środowiska przyrodniczego; zmiany zasad planowania gospodarki rolnej w kierunku uwzględniania w rachunku ekonomicznym kosztów odkształceń środowiska przyrodniczego, co powinno być bodźcem do wprowadzenia nowych technologii zgodnych z zasadami funkcjonowania agroekosystemów; zmiany zasad planowania przestrzennego obszarów wiejskich w kierunku uwzględniania wymogów równowagi ekologicznej środowiska przyrodniczego i kulturowego.

Ciągłemu zmniejszeniu ulega obszar kraju wykorzystywany jako grunty orne, łąki i lasy. Obszar użytków rolnych przypadających w 1946 r. na 1 mieszkańca wy-

nosił 0,85 ha, natomiast w 1980 r. wielkość ta wynosiła już tylko 0,53 ha. Zmiany te są wywołane z jednej strony utratą gruntów ornych na rzecz przemysłu i urbanizacji, a z drugiej strony wzrostem ludności w kraju. Jednocześnie w wyniku intensyfikacji produkcji rolnej następował jej wzrost. Porównując według danych GUS plony z 1 hektara głównych roślin uprawnych z okresu 1946-1950 i z okresu 1981-1983 można stwierdzić, że plony 4 zbóż wzrosły o 236%, plony ziemniaków o 132%, plony buraków o 171%, a plony rzepaku o 230%. Nie był to wzrost plonów na tyle duży, aby można było pomijać ubytek gruntów rolnych na cele pozarolnicze.

Niewątpliwie produkcję rolną w kraju można znacznie jeszcze zintensyfikować, np. produkcję czterech zbóż z obecnego poziomu 2,6 t można podnieść do 4 t z 1 ha, jak to ma miejsce w NRD i Czechosłowacji. Prognoza taka wymaga jednak nie tylko zaopatrzenia rolnictwa w niezbędne do tego celu środki produkcji, jak i w wysokopelny materiał siewny, ale również wymaga utrzymania żyzności gleby, polepszenia warunków wodnych itd., jednym słowem zadbania o funkcjonalną sprawność środowiska rolniczego. Problem ochrony środowiska obszarów wiejskich budzi wiele obaw odnośnie do rozwoju naszego rolnictwa. Powagę sytuacji odzwierciedla uchwała Rady Ministrów z dnia 4.III.1983 r. w sprawie Narodowego Planu Społeczno-Gospodarczego na lata 1983-1985. W załączniku do tej uchwały wyróżniono 27 obszarów ekologicznego zagrożenia kraju, na terenie których zanieczyszczenia i degradacja środowiska zaczynają zagrażać zdrowiu ludności, a właściwy rozwój społeczeństwa zaczyna być hamowany przez czynniki środowiskowe. Łączna powierzchnia obszarów ekologicznego zagrożenia wynosi według danych GUS 11,2% terenu całego kraju, a w dniu 31.XII.1983 r. mieszkało tam 35,5% ludności całego kraju. W obrębie terenów ekologicznego zagrożenia znajduje się 9,7% krajowej powierzchni zasiewów zbóż, 9,6% powierzchni zasiewów ziemniaków, 9,5% buraków i 9,5% pastewnych. Na tym terenie znajdowało się również 11,8% krajowej powierzchni sadów. Na terenach ekologicznego zagrożenia emitowane jest 82% pyłowych i gazowych zanieczyszczeń atmosfery (5463,5 tys. t/rok), w tym lotnego popiołu, który może nieść różne ciężkie metale, 1064,8 tys. ton rocznie, co stanowi 77% emisji lotnych popiołów w całej Polsce. Emisja dwutlenku siarki jest też bardzo duża (1986,7 tys. ton rocznie), co stanowi 81% emisji SO_2 w całym kraju. Dane powyższe wskazują, że wartość zdrowotna produkowanej żywności na terenach ekologicznego zagrożenia jest najprawdopodobniej obniżona w wyniku różnego rodzaju zanieczyszczeń.

Brak skutecznego ograniczania przemysłowych emisji powoduje między innymi degradację gleb, co np. wyraża się w postępującym zakwaszaniu gleby na skutek opadów tlenu azotu i siarki, czyli opadu tzw. kwaśnego deszczu. W 1975 r. na powierzchnię 1 ha gleby opadło 130 kg dwutlenku siarki. W 1980 r. wielkość ta wynosiła już 160 kg, a według prognoz w 1990 r. należy się spodziewać, że na przeciętny hektar użytków rolnych będzie spadało 225 kg SO_2 . Żeby zneutralizować zakwaszenie

wywołane przez opadający dwutlenek siarki w 1975 r. należało nawieźć na przeciętny hektar upraw 115 kg tlenku wapnia, natomiast w 1980 r. około 140 kg CaO, a w 1990 r. trzeba będzie stosować około 200 kg CaO/ha. Wielkości powyższe konieczne są do zobojętnienia tylko opadu SO_2 , a przecież jeszcze należy wziąć pod uwagę potrzeby wapnowania wynikające z opadu tlenków azotu, nadmiernego nawożenia gleb azotem itp., czy też bardzo istotne potrzeby zobojętniania zakwaszonych w wyniku różnorodnych przyrodniczych procesów gleb w kraju. Według danych Instytutu Nawożenia, Uprawy i Gleboznawstwa około 61% powierzchni użytków rolnych w Polsce jest zakwaszonych i wymaga wapnowania. Dlatego zobojętnienie zakwaszenia gleb spowodowanego przez „kwaśny deszcz” jest problemem trudnym i kosztownym. Wzrasta również koncentracja metali ciężkich w glebach itd. Zamierzona i nie zamierzona chemizacja środowiska obszarów wiejskich niesie ze sobą zagrożenie zdrowia ludzkiego. Zagrożenia te polegają na wywoływaniu przez związki chemiczne zatruc ludzi i hodowlanych zwierząt, na stymulacji powstawania wad rozwojowych w okresie formowania się płodu i na oddziaływaniu rakotwórczym i mutagennym. Na przykład rakotwórcze nitrozoaminy powstające przy przenażeniu azotowym dostając się do łańcucha pokarmowego ludzi mogą mieć niezmiernie szeroki zasięg oddziaływań. Nitrozoaminy mogą być wydzielane z mlekiem krów oraz mogą znajdować się w jajach kur nawet wtedy, gdy pobierane są przez krowy i kury w małych dawkach nie dających objawów klinicznych. Gdy podprogowe ich ilości są stale konsumowane przez ludzi, można oczekiwać szkodliwych oddziaływań.

Wyliczając różnorodne, szkodliwe uboczne efekty, np. nawożenia azotowego, należy pamiętać, że wiele szkodliwych form azotu występuje również w naturalnych warunkach przyrodniczych, np. azotyny powodujące wiele zatruc ludzi i zwierząt są związkami powstającymi w naturalnych procesach obiegu azotu w przyrodzie. Szkodliwe efekty wywoływane przez azotyny ujawniają się, gdy dochodzi do ich kumulacji na skutek zahamowania obiegu azotu. Nawet tzw. neutralne biologiczne związki czy materiały przy nadmiernej kumulacji są początkowo uciążliwe, a w następstwie mogą wywoływać istotne zaburzenia środowiska. Dlatego chemizacja rolnictwa powinna być oparta na tzw. „bezodpadowych technologiach”, żeby ograniczyć jej ujemne skutki. Przeorientowanie uprawy roli na tzw. bezodpadowe technologie jest ciągle jeszcze zadaniem stojącym przed rolnikami.

Produkcja rolna ograniczana jest przez wiele gazów wydzielanych przez przemysł, np. fotosynteza może być hamowana przez wysoką zawartość w powietrzu następujących gazów: SO_2 , O_3 , HCN, HF, NO i wielu innych. W Polsce nie bada się stopnia obniżenia produkcji rolnej wywołanego oddziaływaniem powyższych gazów. Tym niemniej wyniki doświadczeń, jak i sporadycznych obserwacji terenowych wskazują, że proces hamowania produkcji rolnej przez zanieczyszczenia atmosferyczne zachodzi lokalnie.

W wyniku różnych skomplikowanych oddziaływań chemizacji środowiska, złych warunków pracy i niskiego stopnia higieny stan zdrowia ludności wiejskiej na terenie całego kraju pogorszył się. W latach 1975-1979 przeciętna długość życia ludności wiejskiej, według obliczeń Instytutu Medycyny Pracy i Higieny Wsi, skróciła się dla wieku „0” o 1,46 roku, dla wieku 30 lat o 1,33 roku. Śmiertelność ludzi na wsi w wieku 20-29 lat była dwa razy większa niż w mieście.

Według danych Służb Państwowej Inspekcji Sanitarnej bardzo zły jest stan wody pitnej na wsi. Wśród kontrolowanych obiektów stwierdzono zwiększający się procent studni zawierających wodę zdyskwalifikowaną ze względu na złe właściwości:

	1975	1980	1982	1983
wodociągi publiczne	5,7	7,0	5,6	6,0
" zakładowe	6,1	7,2	8,3	7,3
" lokalne	17,0	24,1	21,9	21,4
studnie publiczne	38,3	51,2	52,0	48,7
" zakładowe	35,0	45,3	48,0	47,8
" przydomowe	44,2	66,2	43,5	51,7

Groźnym zjawiskiem jest występowanie złych ujęć wody w wodociągach, budowanych znacznym nakładem kosztów. W coraz większej ilości gospodarstw ludzie piją złą wodę i poją nią hodowane zwierzęta. Niewątpliwie odbija się to na zdrowiu ludzi i zwierząt. Przytoczone powyżej przykłady zupełnie wystarczają do stwierdzenia, że zagrożenia wywołane przez zwiększającą się degradację środowiska stanowią nie tylko narastającą groźbę dla rozwoju rolnictwa, ale również zaczynają w coraz większym stopniu ograniczać rozwój gospodarczy kraju. Zagadnienia te powinny być bardzo poważnie potraktowane w programach reformy gospodarczej.

Reforma gospodarcza, obok zjawisk pozytywnych, niesie również zagrożenia wynikające z tendencji do uzyskiwania doraźnych efektów lub też wskutek działania wielu osób niezainteresowanych jej wdrażaniem. Są to objawy szczególnie niebezpieczne w sferze gospodarki żywnościowej i leśnej narażonej na błędne decyzje lokalnych ośrodków mało wrażliwych na politykę centralnego decydenta. W rezultacie już obecnie obserwuje się liczne zjawiska zagrażające produkcji zdrowej żywności i wywołujące znaczną degradację środowiska, a wynikające z niedbałości, narastających zaniedbań w zakresie technologii i z dekapitalizacji majątku trwałego. Brak dostatecznie silnych mechanizmów motywacyjnych, eksponujących jakość produkcji, połączony z nienormalną chłonnością rynku wywołuje niezwykle zagrożenia w dziedzinie jakości produktów żywnościowych, osiągające np. w produkcji mleczarskiej i mięsa dramatyczny poziom. Według danych Ministerstwa Zdrowia i Opieki Społecznej w 1983 r. zakwestionowano w wyniku badania mikrobiologicznego, chemicznego i organoleptycznego znaczne ilości produktów żywności.

Produkt	Próby zbadane	% zakwestionowanych prób
mięso	8500	16,0
konserwy mięsne	4176	8,8
ryby	1963	35,0
mleko	59232	33,0
masło	10488	20,0
tłuszcze roślinne	9064	19,1
pieczywo	16833	11,4

Według służb Państwowej Inspekcji Sanitarnej w 1983 r. tylko z powodu braku czystości i panującego nieporządku stwierdzono zły stan sanitarny aż w 11% skontrolowanych zlewni mleka. Informacje powyższe nabierają szczególnego znaczenia, gdy pamiętamy, że zły stan przetwórstwa żywności stwierdza się w okresie jej reglamentowania. Podniesienie stanu sanitarnego zakładów i większa dbałość o produkty niewątpliwie może znacznie zwiększyć ilość żywności.

Coraz częściej występujące niedobory wody w kraju, a zwłaszcza na Niżu Środkowym, ujemnie wpływają na funkcjonowanie krajobrazu rolniczego. Przyczyną tego stanu jest głównie zmiana warunków hydrobiologicznych wywołana nadmiernym odwodnieniem, osuszeniem bagien i torfowisk, regulacją rzek, zwiększeniem zapotrzebowania na wodę przez przemysł oraz wylesieniem kraju. Nie wydaje się, żeby istniały przyczyny związane ze zmianą klimatu. Należy wspomnieć o szybkim zanikaniu małych zbiorników wodnych, np. w ciągu 30 lat (1930-1960) na terenie Wielkopolski zniknęło 65% młynówek. Pogorszenie się zaopatrzenia wsi w wodę dochodzi do niebezpiecznych rozmiarów, np. według danych GUS w 1983 r. wśród 46 769 wsi objętych regionalnym programem zaopatrzenia w wodę, aż w 17,9% wsi odczuwało deficyt wody. Jest to wartość średnia dla całego kraju. W województwie legnickim stwierdzono aż 51,3% wsi cierpiących na deficyt wody, w elbląskim - 43%, a w przodującym pod względem produkcji rolnej woj. leszczyńskim 31,2% wsi cierpiało na deficyt wody. Poprawienie stanu gospodarki wodnej jest bardzo ważnym problemem. Zasadnicze znaczenie w tej dziedzinie będzie miała rozbudowa małej i dużej retencji wodnej wraz z ukształtowaniem krajobrazu rolniczego stymulującego ochronę zasobów wody. Kompleksowe rozwiązanie obiegu wody na obszarach wiejskich, a nie zwiększenie tylko jej dostaw, decydować będzie o kształtowaniu ekologicznie poprawnych warunków produkcji i życia na obszarach wiejskich. Sytuacja jest o tyle jeszcze groźniejsza, że popełniono wiele błędów w melioracjach podstawowych (regulacja rzek), jak i szczegółowych (odwodnienia i nawodnienia pól). Wiele urządzeń melioracyjnych zdekapitalizowało się. Według danych GUS w 1983 r. na powierzchni 915 tys. ha gruntów ornych urządzenia melioracyjne wymagają pilnej renowacji, co stanowi ponad 14% całego obszaru zmeliorowanego w kraju.

Około 25 tysięcy wsi ma zbyt małe dostawy energii elektrycznej, aby można było podłączyć dodatkowo poza oświetleniem różne urządzenia elektryczne, takie jak np. elektryczna pompa wodna, dojarka, siewkarnia itp. Postęp techniczny na wsi zależy od zwiększenia dostaw energii, dlatego wobec panującego kryzysu energetycznego należy upowszechnić wykorzystanie odnawialnych źródeł energii, takich jak wiatr, spadek wody, przetwórstwa odpadów organicznych na energię elektryczną itp., bo w przeciwnym razie niskie dyspozycyjne zasoby energii elektrycznej, jak i przestarzała struktura urządzeń do jej przekazu może zacząć limitować postęp gospodarczy obszarów wiejskich.

Kolejnym czynnikiem mogącym przyczynić się do degradacji środowiska obszarów wiejskich są zagrożenia wywoływane przez przemysł spożywczy, czy też przemysłowy chów zwierząt gospodarczych. Wiele jezior, rzek i gleb degradowanych jest przez nadmiar ścieków i odpadów organicznych. Chociaż w ostatnim okresie coraz częściej mówi się o likwidacji lub ograniczeniu wielkich ferm, to w odniesieniu do przemysłu spożywczego ciągle jeszcze zbyt mało uwagi poświęca się zakładaniu oczyszczalni.

Narastające różnorodne zjawiska degradacji środowiska stawiają nas przed dylematem, czy intensyfikacja produkcji zawsze związana jest z narastaniem ujemnych, ubocznych efektów środowiskowych, którym w miarę ich powstawania należy doraźnie przeciwdziałać, zgodnie ze znanym określeniem „co technika zniszczyła - technika naprawi”, czy też zasady, na których opiera się współczesny rozwój produkcji są zbyt uproszczone i błędne w stosunku do zasad działania przyrody, co prowadzi do zanieczyszczeń i degradacji środowiska.

Ograniczając się tylko do problemów rozwoju rolnictwa, można powiedzieć, że zgodnie z pierwszym poglądem, ujemne środowiskowe efekty będą nieodłącznie towarzyszyły uzyskiwanym w przyszłości coraz to wyższym plonom otrzymywanym dzięki stosowaniu wyższych dawek nawozów, mechanizacji, czy też wprowadzaniu innych czynników współczesnych technologii intensywnej uprawy roślin i hodowli zwierząt.

Zgodnie z drugim poglądem ujemne efekty intensyfikacji rolnictwa są wynikiem niedostatecznego zrozumienia ekologicznych zasad funkcjonowania pól uprawnych, czyli agroekosystemów. Dzięki rozwojowi ekologii, można już dziś przytoczyć wiele argumentów wskazujących na słuszność drugiego poglądu. W tej sytuacji powstaje konieczność rozwoju ekologicznego rolnictwa, które wskazywałoby na zasady optymalizacji efektów produkcyjnych i ochrony środowiska.

Ważne znaczenie dla realizacji tego programu ma opracowanie tzw. bezodpadowych technologii uprawy roślin i hodowli zwierząt. Bezodpadowe technologie powinny wskazać na sposoby zagospodarowania powstających w trakcie produkcji odpadów (np. gnojowicy, odpadów przemysłu spożywczego itp.), jak i na sposoby zagospodarowania niewykorzystanych środków produkcji, np. jak dobrze wiadomo, część stosowanych nawozów mineralnych pozostaje w środowisku i może prowadzić do eutrofi-

zacji wód, zatruc ludzi itp. Bezodpadowe technologie w rolnictwie powinny również przeciwdziałać niepożądanym odkształceniom fizycznym środowiska, np. ugniataniu gleby przez pracujące na polu maszyny.

Od dawna już zwracano uwagę, że struktura krajobrazu rolniczego może mieć istotne znaczenie dla utrzymania wysokich walorów środowiskowych. Podwyższenie zdolności regenerujących (samooczyszczających) regionu rolniczego należy szukać w urozmaiconej strukturze krajobrazu - w mozaice pól uprawnych, łąk, zadrzewień, zbiorników wodnych itp. Dopiero w takim systemie przyrodniczym można uzyskać wysokie efekty ekonomiczne (plony), jak i wysoką wydajność „samooczyszczania” środowiska. Niestety, obecnie brak jest bodźców do zakładania zadrzewień, zadarniania brzegów ścieków i kopania zbiorników wodnych itp. Można nawet stwierdzić, że nierozsądnie wprowadzana mechanizacja rolnictwa, czy też brak wiedzy ekologicznej sprzyja wycinaniu zadrzewień, zasypywaniu małych zbiorników wodnych itp. Stworzenie systemu motywacji do zakładania różnego rodzaju barier biologicznych uniemożliwiających rozprzestrzenianie się w środowisku zanieczyszczeń będzie miało zasadnicze znaczenie dla rozwoju ekologicznego programu ochrony środowiska obszarów wiejskich.

Istnieje pilna potrzeba edukacji całego społeczeństwa w zakresie podstawowych problemów ekologicznych oraz rzetelnej informacji o powstających zagrożeniach środowiska. Ignorancja ekologiczna jest jedną z barier uniemożliwiających realizację programów ochrony środowiska. W wyniku nieznamomości ekologii proponowane są często pozorne działania na rzecz ochrony środowiska, które tylko powodują marnotrawstwo pieniędzy i podważają zaufanie społeczeństwa do programów ochrony środowiska.

Rzetelna informacja o zagrożeniach środowiska ułatwia tworzenie poprawnych planów zagospodarowania przestrzennego regionu. Niesłuszne jest przekonanie, że problemy ochrony środowiska będą rozwiązane tylko w wyniku przeznaczania dużych nakładów finansowych na budowę obiektów służących ochronie środowiska. Działania te mają istotne znaczenie dla ograniczenia dużych punktowych źródeł zanieczyszczenia środowiska, spowodowanych np. przez przemysł. W stosunku do małych, ale licznych punktowych źródeł zanieczyszczeń czy też w stosunku do całej sfery niepunktowych zanieczyszczeń bardzo duży postęp w ich ograniczeniu może być osiągnięty poprzez niezbyt kosztowne działania samych mieszkańców danego terenu. Dla przykładu można tu wymienić zadrzewienia terenu, zakładanie łąk, tworzenie ośrodków wokół domów, poprawne rozwiązanie małych systemów kanalizacyjnych, ogrzewniczych itd. Jeżeli każdy mieszkaniec starałby się usuwać pozostawione przez siebie śmieci i odpady, stanowiłoby to znaczną pomoc dla realizacji programów ochrony środowiska. Oczywiście należy zorganizować sprawnie działające punkty zbierające odpady czy też je neutralizujące. Na przykład poprzez popularyzowanie zasad tworzenia kompostów można wykorzystać z pożytkiem wiele odpadów pochodzenia biologicznego. Podobnie zakładanie urządzeń do produkcji biogazu może, oprócz rozwiązania

problemów ochrony środowiska, przynosić wymierne korzyści ekonomiczne (energia, wozy pod uprawę roślin itp.).

Produkcja zdrowej żywności może być osiągnięta tylko wtedy, gdy obszary wiejskie zostaną ukształtowane tak, że będą zapobiegały różnorodnym procesom erozji, mutacji zanieczyszczeń czy też będą konserwowały zasoby wodne. W tych warunkach nowe technologie rolnicze oparte na tzw. zasadach gospodarki bezodpadowej zapewniają nie tylko wysokie plony, ale również zachowanie żywności gleby itp. Od tego czy program taki zostanie zrealizowany, zależy nie tylko samowystarczalność rolnicza Polski, ale również zdrowie jej mieszkańców.

ZARYS FUNKCJONALNEJ CHARAKTERYSTYKI EKOSYSTEMÓW

Różne związki chemiczne, jak np. nieorganiczne związki azotu czy fosforu, są pobierane z roztworu glebowego przez rośliny. Rośliny pochłaniają z powietrza dwutlenek węgla, a wydzielają niezbędny nam do życia tlen. Regenerują więc tlen zużyty przez przemysł, ludzi, zwierzęta itd. Rośliny zjadane są przez roślinożercy i zwierzęta, a te z kolei pożerane są przez drapieżniki. Drobnoustroje rozkładają obumarłe rośliny i zwierzęta, uwalniając zawarte w ich ciele związki mineralne. Oddziaływanie jednych organizmów są ważnym czynnikiem odżywczym dla drugich. W tym ekologicznym systemie nie ma nie wykorzystanych odpadów i śmieci.

W wyniku olbrzymiej liczby wzajemnych oddziaływań wytwarza się skomplikowana sieć powiązań cyklu obiegu materii. Skutek pewnych cząstkowych zjawisk jest przyczyną wystąpienia innych cząstkowych zjawisk itd., aż zamknie się cykl. Jedne organizmy przyspieszają obieg, inne magazynują materiały, które następnie wolno są uwalniane do środowiska. W ten sposób działa niezmiernie skomplikowany „mechanizm”, od którego zależy proces regeneracji i samooczyszczania się środowiska. Naczej mówiąc, od skomplikowanego i zróżnicowanego zespołu roślin, drobnoustrojów i zwierząt zależy obieg materii w ekosystemie. Jest to system, w którym zasoby materialne są odnawiane, a więc system, który jest trwały.

„Szczelność” zamknięcia cyklu obiegu, czyli jak to mówią ekologowie, stopień zamknięcia cyklu jest mechanizmem warunkującym retencję materii w danym ekosystemie. Im mniejszy stopień zamknięcia cyklu, tym więcej różnych materiałów tracących jest z ekosystemu. Dlatego stopień zamknięcia cyklu obiegu materii w różnych ekosystemach określa szybkość rozchodzenia się związków, między innymi i zanieczyszczeń w całym rejonie.

Konsekwencją rozpoznania praw obiegu materii jest to, że podwyższenia zdolności regenerujących (samooczyszczających) regionu należy szukać w odpowiedniej strukturze pól uprawnych, łąk, zadrzewień, zbiorników wodnych, osiedli itd. Dopiero w takim systemie przyrodniczo-społecznym można uzyskać efekty ekonomiczne (np. pło-

ny), i wysoką wydajność regeneracyjną całego układu. U podstaw zasad optymalizacji gospodarki człowieka leży więc kształtowanie takiej struktury krajobrazu, która odpowiednio ukierunkuje drogi obiegu materii, uniemożliwiając np. kumulację szkodliwych związków.

Miedze, enklawy łąk, zadrzewienia śródpolne, lasy itd. są biologicznymi barierami mogącymi ograniczać migrację różnych związków chemicznych. Ich oddziaływanie związane jest z niezmiernie interesującymi wpływami szaty roślinnej na chemizm wód gruntowych, cieków wodnych itp. Dziś nie ma już żadnych wątpliwości, że procesy „samooczyszczania się” wody gruntowej zależą od struktury tworzących określony obszar ekosystemów (pól uprawnych, lasów, zadrzewień, łąk, zbiorników wodnych, bagien itd.). W niektórych krajach wiedza ta ma już praktyczne zastosowanie, np. w Australii wysokiej jakości woda pitna jest uzyskiwana z ujęć znajdujących się na obszarach, gdzie lasy, łąki i małe zabagnione zbiorniki wodne są odpowiednio poprzemieszczane między sobą. Jest to dobry przykład praktycznego wykorzystania wiedzy o drogach obiegu materii w różnych ekosystemach.

Zaburzenia lub niewydolność cykli obiegu materii prowadzą do kumulacji określonych związków. Nawet nieszkodliwe związki przy ich nadmiernej kumulacji stają się początkowo uciążliwe, a następnie mogą wywoływać istotne przemiany ekosystemu, natomiast szkodliwe dla wielu organizmów związki mogą nie wywoływać zaburzeń, o ile szybko ulegają przemianom w cyklu obiegu materii, np. azotyny, związki pochodzące między innymi z nawozów mineralnych, a powodujące wiele zatruć ssaków, są związkami powstającymi w naturalnych procesach obiegu azotu w przyrodzie. Szkodliwe efekty wywoływane przez azotyny ujawniają się, gdy dochodzi do zahamowania ich przemian.

Szata roślinna obniża również intensywność przemieszczeń materii na drodze wodnej lub wietrznej erozji. Wieloletnie badania amerykańskie wykazały, że w stosunku do intensywności wodnej erozji na ugorze, określonej jako 100%, w sytuacji uprawy kukurydzy przy zastosowaniu orki, zmywane jest 57% ilości gleby. Gdy z pola zbierane były tylko kolby kukurydzy, a reszta masy nadziemnej pozostawała na polu, wtedy intensywność erozji spadła do 27%. Eliminacja orki i pozostawienie na polu poza kolbami całej nadziemnej masy kukurydzy redukowało intensywność erozji do 12%, natomiast, gdy pole porośnięte było wieloletnimi trawami, ilość zmywanej gleby wynosiła tylko 0,04% w stosunku do ilości wymywanej z ugoru. Wyniki powyższych badań bardzo dobrze ilustrują duże możliwości ograniczania wodnej erozji przez stosowanie płodozmianów zawierających rośliny pastewne, motylkowe, trawy czy też przez zalesianie terenu.

Przeciwdziałanie erozji wietrznej jest następnym problemem podkreślanym przez rolnictwo ekologiczne. Zadrzewienia redukujące szybkość wiatru stanowią istotny czynnik kontroli erozji wietrznej.

Innym rodzajem środowiskowych barier przeciwko rozchodzeniu się różnego rodzaju związków chemicznych są zbiorniki wodne. Zwłaszcza małe zbiorniki wodne, których znaczenie jest obecnie prawie zupełnie niedoceniane, mogą być efektywnym instrumentem dla kształtowania obiegu materii. Osadzający się na dnie muł zawiera wiele związków chemicznych, a między innymi i składniki odżywcze roślin. Jeszcze w ubiegłym stuleciu używano szlamu ze stawów do nawożenia pól. Zaleca to np. Dezydery Chłapowski w swojej książce „O rolnictwie” wydanej w 1835 r. Przez nawiezenie pól szlamem odzyskane zostają stracone z agroekosystemów mineralne składniki odżywcze roślin. Rolnik, działając w ten sposób, zwiększa szczelność zamknięcia cyklu obiegu materii, co pozwala na ograniczenie ilości sztucznych nawozów oraz uszczerbku dla produkcji rolnej.

Stworzenie odpowiednich barier ekologicznych może prowadzić do znacznego ograniczenia migracji nie wykorzystanych rolniczo związków w całym regionie, przeciwdziałając nasileniu się szkodliwych procesów eutrofizacji, czy też innych procesów zanieczyszczania środowiska.

PROBLEMY TWORZENIA BEZODPADOWYCH TECHNOLOGII

Różnego rodzaju odpady tylko wtedy nie wywołują zagrożeń środowiskowych, gdy zostaną w umiejętny sposób wmontowane w przyrodnicze cykle obiegu materii. W przemysłowym przypadku, jak to szczegółowo wyjaśniono w rozdziale poświęconym ogólnym zasadom funkcjonowania ekosystemów, kumulacja odpadów wywołuje wcześniej czy później zagrożenia środowiska. Nieuwzględnianie lub zapominanie o tym ekologicznie niewątpliwym zjawisku prowadzi do degradacji środowiska. Im wyższy jest dopuszczalny stopień działań zagrażających środowisku (np. różne formy przemysłu, turystyki, rekreacji itp.), tym bardziej trzeba zadbać o wmontowywanie odpadów w cykle obiegu materii.

Część odpadów (różnego rodzaju materiały pochodzenia biologicznego), przy umiejętnym wykorzystaniu biologicznych procesów rozkładu materii organicznej, może być dość szybko wprowadzona do cyklu obiegu materii w przyrodzie. Oczywiście należy zapewnić odpowiednie technologiczne warunki, jeżeli chcemy, aby procesom rozkładu materii organicznej ulegały szybko duże ilości odpadów. Procedura ta nie może być jednak zastosowana do wszystkich odpadów. Wiele materiałów, jak np. masy plastyczne, produkty metalowe itp., nie ulega szybkiemu rozpadowi. W stosunku do takich materiałów muszą być zastosowane fizyczno-chemiczne technologie ich przetwarzania na produkty, które mogą być ponownie zagospodarowane przez człowieka.

Znając prawa obiegu materii powinniśmy pamiętać o zagospodarowaniu powstających produktów rozkładu materii organicznej, np. azotanów czy fosforanów, jak i o zagospodarowaniu produktów powstających z przetwórstwa odpadów nie ulegających

biologicznej dekompozycji. Jeżeli w oczyszczalni ścieków usunięte zostaną zawiesiny, woda stanie się przezroczysta i pozbawiona zapachu, nie znaczy to, że została ona oczyszczona. Jeżeli z oczyszczalni nie zostanie usunięty nadmiar powstających w procesach biologicznego rozkładu związków azotowych, a zwłaszcza fosforowych, to nie można, z ekologicznego punktu widzenia, mówić o oczyszczeniu ścieków. Podwyższona koncentracja tych związków w wodzie przepływającej z oczyszczalni do zbiornika wodnego będzie powodowała nasilenie się procesów eutrofizacji, co może doprowadzić do kompletnego zanieczyszczenia zbiornika. Celem ilustracji można przytoczyć następujący ciąg zdarzeń wyjaśniający tę współzależność. Wzrost koncentracji fosforanów i azotanów w wodzie zbiornika wywoła wzrost glonów. Sam wzrost biomasy nie wywołuje jeszcze poważniejszych zakłóceń w jego funkcjonowaniu. Dopiero gdy nadmiar wytworzonej biomasy zaczyna się rozkładać, zostaje zużyty w wodzie tlen, co może wywołać śnięcie ryb. Deficyty tlenu powodują niepełny rozkład materii organicznej, w trakcie którego może powstawać wiele toksycznych związków i innych produktów zmieniających właściwości chemiczne wody zbiornika. Są to już symptomy poważnego zaburzenia normalnego cyklu obiegu materii w zbiorniku wodnym. W jeziorach zjawiska te występują przy mniejszej koncentracji rozpuszczonych w wodzie składników odżywczych roślin (fosforany, azotany itd.) niż w rzekach, ale w obu typach zbiorników wodnych zasada powstawania niekorzystnych efektów eutrofizacyjnych jest podobna.

Powyższy przykład jest dobrą ilustracją tezy, że wąskotechniczny sposób myślenia negujący wiedzę ekologiczną (oczyszczenie ścieków bez usuwania składników odżywczych roślin z wody) prowadzi do sytuacji, w której osiągnane efekty są niewspółmiernie niskie w stosunku do poniesionych nakładów, a co nawet ważniejsze, nie przeciwdziałają narastającemu zagrożeniu. Koszt zbudowania mechanicznej oczyszczalni ścieków nie amortyzuje się w spodziewanych efektach ochrony środowiska wodnego. Zakładanie tylko mechanicznej oczyszczalni ścieków jest więc pozorowaną działalnością na rzecz ochrony środowiska. Dopiero trzystopniowy system oczyszczania, doprowadzający do usunięcia również produktów rozkładu zanieczyszczeń, jest ekologicznie poprawnym rozwiązaniem oczyszczania ścieków. Podobnych błędów charakteryzujących czysto techniczny sposób ochrony środowiska można wskazać znacznie więcej. Uwagi powyższe nie znaczą, że osiągnięcia techniki są zbędne. Wręcz przeciwnie, bez rozwiązań technicznych nie jest możliwe wmontowanie do cyklu obiegu materii wielu odpadów czy też skuteczne przeciwdziałanie wielu zagrożeniom środowiska. Jednak gdy technika nie jest wspomóżona dobrą wiedzą ekologiczną na temat obiegu materii, wtedy proponowane przez nią rozwiązania mogą być kosztowne i zupełnie nieefektywne.

Eliminowanie rozpuszczonych związków chemicznych można znacznie zwiększyć, w wyniku wykorzystania ekologicznych procesów zamykania obiegu materii w glebie czy w zbiornikach wodnych.

W przypadku małej ilości ścieków pochodzenia biologicznego mogą być wykorzystywane, zgodnie z zaleceniami Mańczaka i Tyblewskiego [3], stawy ściekowe o niewielkiej głębokości (od 0,5 do 1,0 m) porośnięte makrofitami, dopasowane do otaczającego krajobrazu poprzez swój naturalny kształt, obsadzenie brzegów drzewami i krzewami, itp. Rozwijające się glony, jak i roślinność naczyniowa usunie rozpuszczone w wodzie składniki rozkładu ścieków. Zgodnie z tym, co powiedzieliśmy o obiegu materii, należy zagospodarować wyprodukowaną w stawie masę roślinną. Można to uzyskać hodując w stawach ryby [1]. Gdy ścieków jest dużo, należy pogłębić stawy i napowietrzyć je. Alternatywnym rozwiązaniem jest rozbudowanie oczyszczalni mechaniczno-biologicznej. Osad z oczyszczalni biologicznej może być użyty jako składnik pasz dla bydła [2] lub może być użyty jako nawóz. Wstępnie oczyszczona woda może być użyta do napełniania stawów przeznaczonych do hodowli odpornych na deficyty tlenowe gatunków skorupiaków planktonowych, którymi po odłowieniu można karmić ryby hodowane w innych stawach. Według Szlauera [5] wycofanie biogenów ze ścieków bytowo-gospodarczych, zrzucanych w ilościach dochodzących do 2000 m³/dobę, następuje w stawach o powierzchni 17 ha, przy czym ilość produkowanej karmy dla ryb wynosi około 66 ton suchej masy w ciągu roku.

Przy dużej ilości odpadów pochodzenia organicznego można wykorzystać urządzenia do produkcji biogazu. Wbrew rozpowszechnianym poglądom o nieprzydatności tej techniki wykorzystywania odpadów organicznych ze względu na trudne warunki klimatyczne, na zachodzie Europy opracowano technologie sprawnie funkcjonujące pomimo niskich temperatur otoczenia [4].

Kończąc ten bardzo ogólny zarys ekologicznych sposobów traktowania problemu ścieków, należy podkreślić następujące zagadnienia. Po pierwsze, wykorzystanie do oczyszczania ścieków procesów obiegu materii w niektórych sytuacjach nie wymaga dużych nakładów finansowych. Po drugie, „biologiczne oczyszczalnie” są układami „samoregenerującymi” swoją efektywność, oczywiście pod warunkiem, że nie przekroczone zostaną ładunki zanieczyszczeń oraz że zapewniony jest obieg materii (np. usuwanie zooplanktonu, rzęsy wodnej itd.). Po trzecie, sterowanie procesami oczyszczania odpadów powinno opierać się na odpowiedniej wiedzy ekologicznej, pozwalającej nie tylko wyznaczyć pułap dopuszczalnych stężeń ładunków zanieczyszczeń, ale również kontrolować i przeciwdziałać rozchodzeniu się w środowisku czynników chorobotwórczych, metali ciężkich itp.

Należy wyraźnie podkreślić, że bardzo duże znaczenie dla efektywnej gospodarki i ochrony środowiska na obszarach wiejskich ma przestrzeganie terminów zasiewów, dobór odpowiednich nawozów, a wielkość jednorazowych dawek powinna być dostosowana do warunków glebowych, klimatycznych i wymogów uprawianych roślin. Są to zagadnienia dostatecznie poznane. Każde niedbalstwo lub nieumiejętność w tym względzie prowadzi do niewłaściwego stosowania nawozów mineralnych, co w następstwie przyczynia się do różnego rodzaju zagrożeń środowiskowych. Dla doraźnych

efektów ekonomicznych nie należy zwiększać dawek nawozów sztucznych ponad poziom uwarunkowany przyrodniczo. Należy pamiętać, że nawozy mineralne, zwłaszcza azot i fosfor, zwiększają przemianę materii organicznej gleby. Dlatego nawożenie mineralne koniecznie powinno być uzupełnione nawożeniem organicznym, aby nie doprowadzić do obniżenia zasobów próchnicy gleby. W stosowanych technologiach uprawy roślin należy maksymalnie stymulować symbiotyczne i niesymbiotyczne wiązania azotu atmosferycznego, np. poprzez uprawę roślin motylkowych. Właściwie dobrana rotacja roślin uprawnych jest potężnym czynnikiem zapobiegającym degradacji próchnicy, a jednocześnie spełnia istotną rolę sanitarną, ograniczając rozwój szkodników i patogenów.

Rolnik, dążąc do zwiększenia produkcji, upraszcza w coraz większym stopniu strukturę agroekosystemów, co powoduje, że cechują się one mniejszą szczelnością zamknięcia cyklu obiegu materii. Dlatego znajomość uprawy roślin powinna być wzbogacana wiedzą ekologiczną, pozwalającą na optymalizację produkcji rolnej zmierzającej do uzyskania możliwie najwyższych plonów z jednoczesną ochroną całego środowiska. Chemizacja rolnictwa powinna być dostosowana do potrzeb wyznaczonych przez zasady optymalizujące produkcję i ochronę środowiska. Wielokrotnie wspomniane bariery ekologiczne w postaci zadrzewień, łąk, małych zbiorników wodnych spełniają dużą rolę w ograniczeniu ubocznych, szkodliwych efektów intensyfikacji rolnictwa.

LITERATURA

1. Hebrowska A., Mańczak H., Paluch J., Wojtowicz J.: Niektóre problemy z zakresu ochrony wód Ziemi Kłodzkiej. 99-115. Zasoby wodne Ziemi Kłodzkiej. (ed. S. Kowaliński), PAN Oddział we Wrocławiu. Komisja Nauk o Ziemi. Wrocław 1976.
2. Kania R., Legięć A., Górską-Matusiak Z., Rychlewski R.: Niektóre kierunki wykorzystania odchodów zwierzęcych z przemysłowej fermy trzody chlewnej w Kołbacz. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 286, 357-374. 1984.
3. Mańczak H., Tyblewski J.: Ochrona wód w obszarach chronionego krajobrazu. Maszynopis referatu wygłoszonego na posiedzeniu Rady Naukowej Ligii Ochrony Przyrody, 1981.
4. Palz W., Chartier P.: Energy from biogas in Europe. Applied Science Publishers, London, 234 pp. 1980.
5. Szlauer L.: Hodowla zooplanktonu na bazie ścieków komunalnych i rolniczych dla uzyskania paszy białkowej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 286, 307-319, 1984.