

RECENZJE

HINE, R. L., DYER, W. (EDS.) 1974 – Survey of lake rehabilitation techniques and experiences – Technical Bull. No. 75, Dept. of Natural Resources, Madison, Wisconsin, 179 pp.

Publikacja, którą zamierzam omówić, zasługuje na to nie tylko ze względu na wielką wagę i odpowiednie do niej zainteresowanie zagadnieniem ochrony i rekultywacji jezior, ale także ze względu na zastosowaną metodę opracowania. Oprócz „klasycznej” bowiem metody korzystania z publikacji naukowych, autorzy (a jest ich dziesięciu), którzy działali w zakresie programu rekultywacji jezior prowadzonego przez Uniwersytet w Wisconsin i Zakład Zasobów Naturalnych, finansowanego przez Regionalną Komisję Wielkich Jezior, rozesłali ankiety do 8000 respondentów (w tym 5000 w USA) oraz nawiązali współpracę z szeregiem czasopism naukowych. Taka próba przyspieszenia informacji od razu w zbiorczej i w pewnym stopniu uogólnionej postaci zasługuje niewątpliwie na uznanie i naśladownictwo.

Zebrany materiał autorzy klasyfikują w dwie główne grupy: 1. metody obniżające żyzność oraz 2. metody walki ze „starzeniem się” jezior. Pierwsze polegają głównie na ograniczaniu dopływu soli i zawiesin do jezior przez oczyszczanie ścieków, całkowite wstrzymanie dopływu ścieków do jeziora, zagospodarowanie terenu zlewni, odpowiednie zabiegi w dopływach do jezior oraz zmianę składu produktów, które dostają się do wód. W obrębie jezior stosowane są: usuwanie osadów, inaktywacja i sedymentacja soli mineralnych, „rozcieńczanie” lub „przemywanie” jezior, usuwanie wód hypolimnionu, usuwanie produkcji biologicznej, osuszanie osadów, „odcinanie” osadów od wymiany z resztą jeziora. W zakresie walki z niekorzystnymi efektami przeżyźnienia i starzenia się jezior omówiono szereg metod pozwalających oddziaływać na środowisko eutroficzne bez ingerowania w źródła biogenów i zanieczyszczeń; są to na przykład napowietrzanie i cyrkulacja, zmiany poziomu wody, zastosowanie biocydów, patogenów itd.

Opracowanie składa się z kilku części: ogólnego omówienia poszczególnych technik rekultywacji jezior (30 str.), omówienia poszczególnych rekultywowanych jezior (147 str.) z przejrzystym wykazem jezior i stosowanych w nich technik rekultywacji na początku, wykazu respondentów, bibliografii (ponad 400 pozycji).

1. Ograniczanie żyzności

1.1. Zmniejszanie dopływu soli mineralnych

Autorzy cytują sugestię Sawyera, opartą na materiałach amerykańskich, podtrzymaną następnie przez Vollenweidera w oparciu o materiały europejskie, że przy stężeniach 0,01 mg/l fosforu nieorganicznego oraz 0,3 mg/l azotu

nieorganicznego podczas cyrkulacji wiosennej należy się spodziewać zakwitów glonów. Nie przywiązując nadmiernej wagi do ścisłości tych liczb, trzeba uznać ich przydatność jako punktu odniesienia. Trudno jednakże wykorzystać te liczby jako kryterium niezbędnej redukcji dopływu biogenów, ponieważ stosunek między dopływem soli do jeziora i ich koncentracją w jeziorze nie jest jasny. Orientacyjne granice obciążeń dla jezior o różnej głębokości średniej zaproponował Vollenweider:

średnie głębokości jeziora (m), do	obciążenie g/m ² /rok			
	dopuszczalne, do		niebezpieczne, do	
	N	P	N	P
5	1,0	0,07	2,0	0,13
10	1,5	0,10	3,0	0,20
50	4,0	0,25	8,0	0,50
100	6,0	0,40	12,0	0,80
150	7,5	0,50	15,0	1,00
200	9,0	0,60	18,0	1,20

Późniejsze badania na Florydzie wykazały, że tamtejsze płytkie (około 2 m głębokości średniej) jeziora mogą znieść znacznie wyższe obciążenia na jednostkę powierzchni. Z drugiej strony kryteria te mogą być obniżone na przykład dla wielkich i zróżnicowanych jezior, gdzie dopływające substancje nie są rozpraszane po całym zbiorniku. Uwzględniając fakt, że główny czynnik eutrofizujący (fosfor) jest usuwany nie tylko z odpływami, ale także do osadów dennych, można przypuszczać, że czas jego retencji, a tym samym czas niezbędny do odnowienia zbiornika po przerwaniu dopływu soli, może być kilkakrotnie krótszy niż czas retencji wody. Uściślenie tych założeń zależy od lepszego poznania procesów wymiany między wodą a osadami dennymi.

Oczyszczanie ścieków. Ścieki stanowią często główne źródło wzbogacania zbiorników w substancje mineralne. Założeniem większości oczyszczalni ścieków jest zmniejszenie zanieczyszczeń organicznych mierzonych biologicznym zapotrzebowaniem tlenu. Oczyszczanie mechaniczne usuwa zwykle jedynie 5–15% soli biogenych, oczyszczanie biologiczne — metodą osadu czynnego — 30–50%. Opracowane już techniki pozwalają na wysoki stopień oczyszczania — do 98% usunięcia N i P. Autorzy podają dane o efektywności usuwania N i P przy zastosowaniu 14 technik, jak denitryfikacja anaerobowa (do 95% N), wyłów glonów (do 90% N), wymiana jonowa (do 92% N i 98% P), wytrącanie chemiczne (do 95% P) itp. Niektóre z tych technik stosuje się obecnie m.in. do ścieków obciążających jeziora Michigan, Shagawa, Lemah. Jednocześnie prowadzone są badania efektów tych zabiegów dla jezior.

Przerwanie dopływu ścieków do jezior. Skierowanie ścieków poza zbiornik spowodowało w jeziorze Washington spadek zawartości fosforu w wodzie o około 70%, zaś azotu o około 20%, odpowiedni spadek koncentracji chlorofilu i wzrost widzialności krążka Secchiego latem z 1,0 do 2,8 m. Ścieki dostarczały 12% ogólnego dopływu azotu, a 56% fosforu. Analogiczny zabieg w jeziorze Waubesa spowodował po 3 latach spadek koncentracji fosforu o 79%, utrzymanie się tej samej biomasy glonów, ale spadek dominacji sinic o kilkadziesiąt procent. Dotychczasowe rezultaty omówionych dwóch technik (trzecią stopnia oczyszczanie ścieków i odprowadzanie ścieków poza jezioro) są obiecujące. Druga technika ma zastosowanie oczywiście tylko w szczególnie sprzyjających okolicznościach. Niestety, dla większości przypadków, w których techniki te są stosowane, brak jest informacji o budżecie soli biogenych w zbiorniku, co ogranicza wartość naukową i prognostyczną eksperymentów.

Użytkowanie zlewni — obejmuje dwa główne kierunki: a) środki powodujące przechwytywanie soli i zawiesin zanim dotrą do zbiornika, b) gospodarke minimalizującą, zanieczyszczanie. Autorzy cytują przykłady stosowania tych środków w USA i konkretne stosowane techniki, omawiają także niektóre przepisy administracyjne, w tym program zagospodarowania zlewni i stworzenia pasów ochronnych dla poszczególnych kategorii jezior w stanie Minnesota.

Modyfikacja produktów powodujących zanieczyszczenie wód. Niektóre produkty, jak nawozy mineralne i detergenty, zawierają dużo fosforu łatwo przeniesionego do wód. 40—70% fosforu zawartego w ściekach pochodzi z detergentów. W USA detergenty te są produkowane głównie przez trzy duże firmy. Ułatwia to próbę zmiany produktu w kierunku zmniejszenia zawartości fosforu lub jego usunięcia. Wstępne badania w jeziorze Odondaga wskazują na pozytywne efekty powyższych modyfikacji produktów.

1.2. Techniki stymulujące dopływ lub zapobiegające recyrkulacji biogenów w jeziorze

Traktując kontrolę dopływu soli biogenych z zewnątrz jako sprawę pierwszorzędą, nie można zaniedbać ogromnych niekiedy zasobów soli nagromadzonych w jeziorach, zwłaszcza w osadach dennych, odgrywających, jak się wydaje, rolę buforową. Aczkolwiek generalny kierunek przepływu soli jest do osadów, to przy wstrzymaniu dopływu z zewnątrz może on ulec zmianie. Okresowe uwalnianie soli z osadów może również podtrzymać zakwity glonów. Dobre poznanie krążenia biogenów — kierunków i tempa krążenia w ekosystemie — na tle ich dopływu z zewnątrz, jest sprawą zasadniczą dla zrozumienia i pokierowania eutrofizacją. Ponieważ jednak nie można czekać na rozpoznanie tych prawidłowości, stosuje się różne techniki w odniesieniu do wody, osadów dennych oraz flory i fauny w oparciu o dotychczasową wiedzę.

Usuwanie osadów. Najlepiej znanym przykładem jest usuwanie osadów z jeziora Trummen w Szwecji. Usunięto tam jednometrową powierzchniową warstwę osadów nagromadzoną na skutek intensywnego dopływu zanieczyszczeń w ciągu ostatnich 20 lat. Jednocześnie pozbawiono chemicznie biogenów żyzne wody interstycjalne przed powtórny spuszczaniem do jeziora. Pogłębianie jezior może mieć efekty niekorzystne przez wzbogacanie troficzne wody z powodu mącenia osadów, usunięcie osadów drobnocząsteczkowych o silnych właściwościach sorbcyjnych, a odsłonięcie grubocząsteczkowych, co zmniejsza zdolności buforowe jeziora.

Inaktywacja i wytrącanie soli biogenych. Możliwe są 3 sposoby: przekształcanie biogenów w formę niedostępną dla roślin, usuwanie ich ze strefy fotycznej, przeciwdziałanie uwalnianiu i recyrkulacji biogenów w jeziorze. Wiadomo obecnie, że fosfor może być usuwany z wody jeziornej przez jony Al, Fe, Ca, Zr, La. Tworzenie się jednak wodorotlenków Al lub Fe stwarza problem pH w wodach słabo zbuforowanych. Jeśli chodzi o Al można temu zapobiec stosując odpowiednią kombinację różnych jego form, przy innych metalach może być konieczne zastosowanie czynnika buforującego. W USA kilka firm oferuje usuwanie tą metodą biogenów z wody jezior.

Z innych materiałów, poza wymienionymi, rozważane są wymienniki jonowe, polyelektrolity, natlenione muły jeziorne, pyły, cement sproszkowany, glina.

Rozcieńczanie i przemywanie. Stosowano w tym zakresie 2 techniki: a) wypompowywanie wody z jeziora, co powodowało intensywny napływ ubogich wód gruntowych; b) dopływ zwiększonej ilości ubogich wód powierzchni-

wych. Przy tej drugiej technice stosuje się wodę wodociągową lub wody mało żyznych dopływów. Pierwszą techniką zlikwidowano zakwit rzęsy w jeziorze o powierzchni 5 ha, jednakże koncentracja fosforu pozostała dość wysoka na skutek dopływu z osadów dennych, zaś koncentracja azotu po roku wróciła do poprzedniego stanu. Drugą technikę omówiono na przykładzie 2 jezior. W obu uzyskano dobre efekty (spadek biomasy ogólnej glonów i dominacji sinic) po 4–5 latach. W jednym z nich zmniejszenie ilości glonów spowodowało jednak bujny rozwój makrofitów, w drugim uzupełnianie fosforu z osadów dennych zminimalizowało efekt wymiany wody. Prawdopodobnie dłuższe trwanie zabiegu zmniejszyłoby ilość fosforu także w osadach i zapewniło trwały efekt. Przepływ wody musi być oczywiście tak umiejscowiony, aby zapewnił wymianę wody całego jeziora.

Usuwanie produktów biologicznych. Zbiór glonów jest obecnie ograniczany przez mało wydajne techniki — przy wydajności kilkuset m³/godz. wodę ze 100-hektarowego jeziora trzeba by filtrować przez 200 dni! Z tego względu można planować skuteczne usuwanie glonów tylko z małych jezior lub zatok. Można usuwać około 0,1 g fosforu na 1 m², a więc ilość bliską „rocznemu obciążeniu niebezpiecznemu” dla jezior o średniej głębokości 5 m, wg sugestii Vollenweidera.

Usuwanie makrofitów może być skuteczne przy ich masowym rozwoju. Istotne jest, że makrofity pobierają biogeny zarówno z dna jak i z wody zbiornika oraz że mają zdolność kumulacji biogenów. W jednym z bardzo żyznych stawów amerykańskich usunięto 1100 kg azotu i 200 kg fosforu/ha stosując trzykrotny zbiór rogatka w ciągu sezonu. Podobne wartości uzyskano dla wywłócznika. Zbiór tych roślin pozwala więc niekiedy usunąć 50- i 160-krotnie wyższe ilości, odpowiednio azotu i fosforu, niż ich dopływ „niebezpieczny” wg Vollenweidera. Prowadzonych jest kilka prac nad możliwością zastosowania makrofitów przy trzecim stopniu oczyszczania ścieków. W większości wypadków makrofity usuwane są w innych celach i w związku z tym nie są prowadzone analizy na temat znaczenia tego zabiegu dla budżetu soli mineralnych w ekosystemie.

Autorzy podają zawartość fosforu i azotu dla 8 gatunków ryb. Waha się ona, odpowiednio, w granicach 0,5–1,6 i 0,6–2,6‰; daje to średnią dla fosforu 3,5-krotnie wyższą niż ogólnie przyjmowana 0,2‰. Przy wysokich — ponad 1000 kg/ha — obsadach ryb i całkowitym ich wyłowieniu można w ten sposób usunąć około 3,0 g/m² azotu i 0,24 g/m² fosforu (a 0,84 przyjmując wyżej wymienioną wyższą zawartość fosforu w ciele ryb).

Usuwanie wód hypolimnionu. W trzech omawianych jeziorach z reguły zachodziła poprawa warunków tlenowych, aczkolwiek zwykle mniejsza niż spodziewana, na skutek intensyfikacji destrukcji w wyniku pewnego wzrostu temperatury wód głębinowych. Zrzut wód ubogich może powodować nocne deficyty tlenowe w odpływie z jeziora, zwłaszcza przy dużej ilości makrofitów. Kłopotliwe może być również wydzielanie gazów, zaś osady związków żelaza mogą eliminować faunę i uniemożliwiać tarło ryb. Mało jest jeszcze informacji o wpływie omawianych zabiegów na zawartość biogenów w ekosystemie oraz na biocenozę, aczkolwiek pewne dane wskazują na wzrost liczebności zooplanktonu i ryb.

Odsłanianie i osuszanie osadów. Sytuacja w tym zakresie jest bardzo niejasna. Z jednej strony wiadomo, że utleniona warstwa osadów nie dopuszcza do uwalniania fosforu z głębszych poziomów, z drugiej wiele danych, w tym praktyka stawowa, świadczą o uwalnianiu biogenów z przesuszanych mułków. To ostatnie jest prawdopodobnie efektem niszczenia żelów organicznych i wynikającej stąd intensyfikacji procesów mikrobiologicznych. Z drugiej jednak strony

może nastąpić konsolidacja warstwy powierzchniowej osadów, fizycznie utrudniająca uwalnianie biogenów.

Odcinanie dna zbiornika. Może ono polegać na fizycznym utrudnieniu wymiany lub zwiększeniu zdolności osadów do utrzymywania biogenów. Stosowano folie plastikowe, w tym czarną perforowaną folię w litoralu (ta ostatnia uniemożliwiała zarazem rozwój makrofitów, przy tym perforacja umożliwiała wymianę gazów). Stosuje się pokrywanie warstwą piasku dna zbiorników zaporowych przed ich napełnieniem, aby zmniejszyć ługowanie biogenów do wody i w ten sposób utrzymać jej wyższą jakość. Inne materiały, jak pyły, glinki, wodorotlenki metali mogą pełnić funkcję podwójną: usuwanie fosforu z wody — przy opadaniu tych materiałów na dno oraz osłabianie uwalniania biogenów z osadów do wody. Nie jest jasne, jak długo zastosowane zabiegi mogą być efektywne, czy utworzona warstwa nie ulegnie zniszczeniu przez miksję i działalność organizmów, jak wpłynie na bentos i tarliska ryb.

2. Walka z niekorzystnymi skutkami starzenia się i zanieczyszczania jezior

2.1. Środki techniczne

Napowietrzanie i mieszanie wód. Należy rozróżnić napowietrzanie całkowite związane z destratyfikacją oraz napowietrzanie hypolimnionu. To ostatnie jest mniej efektywne niż destratyfikacja, ponieważ styk z gazem zachodzi tylko na powierzchni pęcherzyków. Napowietrzanie stosowano w różnych celach, np. utleniania zredukowanych form żelaza, manganu, azotu i siarki (oraz likwidacji związanego z nimi zapachu i smaku), a nawet w celu zmniejszenia ewaporacji przez obniżenie temperatury wody powierzchniowej. Dane o wpływie na organizmy są sprzeczne. Obserwowano niszczenie kożuchów sinic (m.in. przez ich przemieszczanie w głąb zbiornika) przy nie zmniejszonej ogólnej biomasy, niekiedy wzrost, a niekiedy spadek biomasy sinic. W kilku wypadkach zachodził wzrost biomasy zielenic. Zwykle profundal jest obficie zasiedlany przez bentos, zaś zooplankton zajmuje większą miąższość wody. Wszystkie te zmiany winny być również korzystne dla ryb.

Pogłębianie jezior — zmniejsza powierzchnię litoralu, stosunek powierzchni osadów do objętości wody, zwiększa powierzchnię dla rekreacji i ogólne zasoby tlenu w wodzie. To ostatnie, nawet przy niewielkim pogłębieniu (15–30 cm), może niekiedy zapobiec „przyduchom” w zimie. Pogłębienie można uzyskać przez usuwanie osadów lub ich konsolidację. Konsolidacja osadów wymaga ich osuszenia przez spuszczenie wód jeziora. Konsolidacja osuszonych osadów jest zwykle nieodwracalna. Jako skutek uboczny może nastąpić wzmożone wydzielanie biogenów do wody.

Usuwanie glonów. Oprócz odcedzenia glonów na sitach, stosuje się niekiedy wypompowywanie wody na brzeg i jej odcedzanie przez glebę. Stosowano także ładunki wybuchowe celem niszczenia wakuoli gazowych u sinic i ich sedymentacji. Oczywiście powoduje to inne niekorzystne skutki.

Zbiór makrofitów zmniejszał z reguły nasilenie ich występowania na pewien, niekiedy na długi, wieloletni okres. Usuwanie roślin wiąże się ściśle z ich późniejszym użytkowaniem. Znalezienie sposobów sensownego i opłacalnego użytkowania roślin zwiększyłoby zainteresowanie ich produkcją i usuwaniem ze zbiorników.

Usuwanie ryb ma zwykle na celu poprawę wzrostu użytkowych a wolno rosnących gatunków lub pozbycie się niepożądanych gatunków. Wyłów na-

wet 50% obsady może być rekompensowany. Niewątpliwie bardziej efektywne jest usuwanie wszystkich, a nie tylko starszych stadiów rozwojowych.

Wahania poziomu wody. Obniżenie poziomu wody powoduje zmiany składu i zagęszczenia makrofitów przez ich wysychanie, przemarzanie, usuwanie lub konsolidację osadów. Stosowane zimą jest z reguły efektywną i taną metodą kontroli makrofitów. Autorzy przytaczają wykaz gatunków różnie odpornych na wahania poziomu wody. Manipulacja poziomem wody w zimie może być użyta do mechanicznego usuwania (wyrwania) roślin wmarzniętych w lód. Stosowano także podwyższenie poziomu wody dla zmniejszenia występowania pałki szerokolistnej i roślinności zanurzonej. Obniżenie poziomu wody stosowano z powodzeniem dla regulacji składu jakościowego i liczebności ryb, przez niszczenie ikry, zatrzymywanie małych ryb w zwałach roślinności i kałużach, koncentrację ryb w otwartej wodzie, co zwiększa ich dostępność dla drapieżców i wędkarzy. Oczywiście istotny jest okres i poziom obniżenia wody.

Światło i przepływ wody. Dążąc do oddziaływania na glony planktonowe, oprócz wyżej wspomnianych technik, stosowano także barwniki oraz wzmaganie przepływu. Zastosowanie barwników tekstylnych spowodowało spadek dominacji sinic a wzrost zielenic i okrzemek, przy ogólnym spadku produkcji pierwotnej.

Krótki czas retencji wody ogranicza rozwój dużych gatunków fitoplanktonu na korzyść szybciej rozwijającego się nanoplanktonu. Retencja 10–12-dniowa nie dopuszczała do rozwoju zakwitów w zbiornikach zaporowych w Anglii; wydłużenie czasu retencji do 40 dni powodowało zakwity *Microcystis*.

Celem zwalczania makrofitów pogarszano warunki świetlne — stosując barwniki lub nakrywając powierzchnię wody czarną folią plastikową. Ta ostatnia metoda była skuteczna (nakrycie trwało 18–26 dni) w kontrolowaniu rozwoju rdestnic i rogotka, natomiast zawiodła w stosunku do ramienic i roślin wynurzonych. Jak wspomniano można również zwalczać makrofity przez stymulację rozwoju fitoplanktonu, zwiększenie głębokości w danym miejscu a także przez usuwanie żyznych osadów lub zmianę konsystencji substratu.

2.2. Środki chemiczne

Są często stosowane, zwłaszcza w wodach bardzo żyznych, gdzie nie da się kontrolować dopływu biogenów jak również zastosować innych środków oddziaływania.

Algicydy i herbicydy. Autorzy omawiają szereg środków dopuszczonych do stosowania jak również znajdujących się w stadium prób, ich dawkowanie, sposób użycia i ograniczenia.

Piscicydy. Autorzy wyróżniają 4 grupy zależnie od amplitudy oddziaływania (na same ryby lub także na makrofity, bezkręgowce itp.), omawiają stosowane środki, ich dawkowanie, warunki użycia i ograniczenia.

2.3. Środki biologiczne

Zależności konsument — pokarm. Przy teoretycznej możliwości zamierzonej kontroli fitoplanktonu przez zooplankton i ryby roślinożerne, w praktyce stosowane są tylko te ostatnie, głównie z rodzaju *Tilapia*, *Mugil*, *Hypophthalmichthys*. Sporna jest jednak sprawa możliwości trawienia przez nie (ze względu na otoczkę śluzową) sinic powodujących zakwity. Spośród wielu zwierząt odżywiających się makrofitami (ślimaki, owady, raki, nutrie, ptaki,

krowy morskie, ryby) największe zainteresowanie budzi i najczęściej jest stosowany biały amur. Autorzy omawiają szereg przykładów prób kontroli niepożądanych gatunków ryb przez ryby drapieżne; pozytywne efekty uzyskano w nielicznych przypadkach. Teoretycznie możliwy jest także wpływ na ryby poprzez gatunki z innych grup systematycznych — zarówno ograniczanie form niekorzystnych dla pożądaných gatunków ryb, jak propagacja form niekorzystnych (pasożytów, drapieżców) dla wrogów pożądaných gatunków ryb. W obszernej działalności w zakresie introdukcji organizmów pokarmowych dla ryb nie brano dotąd pod uwagę roli tych organizmów dla spraw eutrofizacji.

Inne oddziaływania między- i wewnątrzgatunkowe. Glony i makrofity. Propagując korzystne lub mniej niekorzystne gatunki roślin można ograniczyć rozwój gatunków szczególnie niekorzystnych. Tak np. zwarty dywan *Eleocharis* nie dopuścił do rozwoju innych makrofitów. Ten sam efekt uzyskano stymulując przez nawożenie mineralne rozwój fitoplanktonu.

Autorzy omawiają także techniki (sterylizacja, zmiana płci, hodowla selekcyjna) przydatne do regulacji jakościowej i ilościowej stada ryb.

Patogeny. Znane są grzyby, bakterie i wirusy atakujące glony planktonowe. Najbardziej obiecujące są wirusy, ze względu na ich specyficzność gatunkową (podano wykaz znanych wirusów i gatunków glonów, na których pasożytują). Stwierdzono skuteczną, samorzutną kontrolę zakwitnięcia sinic przez wirusa w zbiorniku zaporowym. Rozpylenie (w jednym przypadku) wirusa nad kożuchami sinic spowodowało ich liżę.

Prowadzi się także badania nad zastosowaniem czynników chorobotwórczych do kontroli makrofitów. Sprawa ta wymaga jednak ostrożności, ponieważ nie ma dokładnego rozeznania jakie rośliny mogą być atakowane. To samo dotyczy w jeszcze większym stopniu potencjalnych patogenów z innych kontynentów, nad czym prowadzi się aktualnie badania.

Autorzy omawiają także działanie patogenów i pasożytów na ryby. W przeciwieństwie do sytuacji z glonami i makrofitami, tu z reguły chodzi o ochronę ryb. Omówiono przykłady udanych zabiegów w tym zakresie.

W zakończeniu autorzy przestrzegają przed nadmiernym optymizmem co do efektów zabiegów rekultywacyjnych ze względu na nowość tej dziedziny i niewielkie jeszcze doświadczenia, specyfikę i odmienność każdego jeziora oraz niedostateczne rozpoznanie efektów ubocznych. Właściwy zabieg i sposób jego zastosowania może być zaplanowany jedynie w oparciu o modele prognostyczne. Najbardziej pożądanę z punktu widzenia długofalowego działania są zabiegi ograniczające dopływ biogenów. Każdemu przedsięwzięciu w tym zakresie winny towarzyszyć badania obejmujące:

— Zmiany koncentracji biogenów, eksperymenty w zakresie limitujących biogenów, prognozowanie reakcji zespołów organizmów na sytuację jaka powstanie po zabiegu rekultywacyjnym;

— Budżety biogenów — źródła ich dopływów i zmiany obciążenia przed i po zabiegu, zgodność sytuacji z istniejącymi kryteriami;

— Okresy retencji wody i fosforu — ocena czy poprawa sytuacji może nastąpić w sensownym okresie, czy też niezbędne będą dodatkowe (oprócz ograniczenia dopływu biogenów) środki; na ile reakcja ekosystemu będzie zgodna z przewidywaniami; przyczyny ewentualnych niezgodności;

— Drogi krążenia biogenów oraz czynniki warunkujące tempo tych reakcji; obecny stan wiedzy wskazuje na szczególne znaczenie wymiany między osadami dennymi a wodą.

W przypadku niemożliwości zastosowania ograniczenia dopływu biogenów lub gdy zabieg ten jest niewystarczający, można stosować w celu poprawy stanu zbiornika środki mechaniczne, chemiczne i biologiczne, których przykłady wy-

żej omówiono. Wprawdzie dotychczasowe próby w tym zakresie zakończyły się pozytywnie w ograniczonej liczbie przypadków, wynika to jednak w znacznej mierze z nowości zagadnienia i faktu, że przeprowadzone zabiegi nie zostały poprzedzone należytym rozeznaniem sytuacji. Złożoność ekosystemów jeziornych powoduje, że zabiegi mające na celu rozwiązanie jednego problemu mogą wywołać inne. Mimo jednak potrzeby dalszych badań i udoskonaleń, został już dokonany znaczny postęp. Zdobyte doświadczenie w zakresie czynników, które decydują o powodzeniu zabiegów oraz staranna ocena sytuacji ekologicznej i dobór odpowiedniego zabiegu winny znacznie zwiększyć procent zabiegów udanych. Można się także spodziewać pozytywnych rezultatów zastosowania wielu technik uzasadnionych teoretycznie, ale jeszcze nie wypróbowanych. Sprawą ogromnie ważną jest prowadzenie odpowiednich badań przed i po zabiegach rekultywacyjnych.

Omówiona pozycja jest bardzo cenna i przydatna. Oczywiście można, jak zawsze, wskazać braki czy krytykować sposób ujęcia materiału. Z tych pierwszych — za mało było chyba przykładów możliwości przekształcania ekosystemów przez manipulacje organizmami, zagadnień trzeciego stopnia oczyszczania ścieków, który jest procedurą zaskakująco tanią (stanowi często tylko kilka procent ogólnych kosztów budowy oczyszczalni drugiego stopnia). Jest to więc obecnie kwestia kłopotliwa raczej organizacyjnie niż finansowo.

Materiał przytoczony w opracowaniu jest spory i stanowi niezłą reprezentację działalności światowej w tym zakresie. Mimo jednak nowoczesnej metodologii zastosowanej przez autorów, liczba wyników w tej dziedzinie narasta na tyle szybko, że równocześnie z pojawieniem się omawianego opracowania ukazało się szereg nowych prac stanowiących istotny postęp, a w opracowaniu nie uwzględnionych. Jest to zresztą zgodne z końcowymi wnioskami autorów i optymistyczne.

Z. Kajak

FARNWORTH, E. G., GOLLEY, F. B. (Eds.) 1974 — *Fragile ecosystems, Evaluation of research and applications in the Neotropics* — Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 258 pp.

Podtytuł tej książki — *Evaluation of research and applications in the Neotropics* — znakomicie określa jej zawartość. Opracowanie to jest raportem międzynarodowej instytucji naukowej, której nazwa brzmi bardzo swojsko, a mianowicie The Institute of Ecology (TIE). Pod egidą TIE wykonano wiele badań (zwłaszcza dotyczących praktycznych zastosowań), których wyniki weszły w skład opracowania, a sam raport powstał na zamówienie i był finansowany przez National Science Foundation. Pod tak przemożnymi protektorami powstało opracowanie zbierające cały dotychczasowy (do 1973 roku) dorobek naukowy dotyczący przeróżnych aspektów ekologii — zarówno teoretycznej jak i stosowanej — ekosystemów tropikalnych Nowego Świata. Sami autorzy wskazują jako główny cel swojej pracy podsumowanie dotychczasowej wiedzy o neotropikach i wskazanie braków w wiadomościach, które trzeba jak najprędzej uzupełnić. Podają oni, że w trakcie prac nad raportem korespondowali z 2500 osobami z całego świata, a ostatecznie w książce zawarte zostały wyniki prac, pomysły i rady ponad 400 respondentów. Znajduje to swój wyraz w liczbie ponad 600 cytowanych w tekście pozycji literatury.