

Liu Peizhe

OCHRONA ZASOBÓW WÓD POWIERZCHNIOWYCH W CHINACH

Od ponad dziesięciu lat prowadzone są w Chinach badania nad stanem środowiska naturalnego, a zwłaszcza nad chłonnością środowiska wodnego, a także nad identyfikacją źródeł zanieczyszczeń. Badania te poprzedziły opracowanie wytycznych technicznych niezbędnych dla kontroli, zabezpieczenia oraz regenerowania chłonności środowiska wodnego w procesach samooczyszczania. Ważność podjętego tematu wynika z faktu, że w 1988 roku w Chinach odprowadzono do środowiska naturalnego 36,8 miliarda ton ścieków i przewiduje się wzrost tej ilości do 100 miliardów ton w roku 2000.

Względy ekonomiczne nie uzasadniają celowości oczyszczania całej tej ilości ścieków. Koszty budowy oczyszczalni wynosiłyby około 100 miliardów USD, a roczne koszty eksploatacji tych oczyszczalni — ponad 10 miliardów USD. Dlatego też dla krajów rozwijających się jedynym racjonalnym postępowaniem jest połączenie procesów oczyszczania ścieków w warunkach sztucznych i naturalnych.

W niniejszej pracy zaprezentowano stan badań środowiska wodnego w Chinach oraz omówiono podstawowe wielkości występujące w nauce o środowisku, tj. chłonność środowiska wodnego na zanieczyszczenia, planowanie oraz czynniki definiujące i modele pozwalające zarządzać jakością wody, przy zidentyfikowaniu i ciągłej kontroli źródeł zanieczyszczeń.

Jakość wody i jej chłonność

Chłonność definiowana jest jako ilość zanieczyszczeń, które mogą być wprowadzone do określonej masy wody w określonym środowisku, przy skorelowaniu ich wielkości z jakością wody odbiornika.

Jakość wody charakteryzowana jest wieloma naturalnymi parametrami, zawierającymi dane hydrologiczne, takie jak prędkość przepływu i jej zmiana oraz temperatura wody; parametry geochemiczne, jak np. pH, twardość, poziom zanieczyszczeń; parametry samooczyszczania, jak parowanie, rozcieńczanie, dyfuzja, sedymentacja, adsorpcja, sorpcja jonowymyenna, hydroliza, utlenianie, fotosynteza. Wszystkie te naturalne parametry określają zdolność wody do samooczyszczania.

Ilość wprowadzonych zanieczyszczeń do wód uzależniona jest od stopnia zanieczyszczenia odbiornika. Chińskie standardy jakości przewidują pięć kategorii wód powierzchniowych:

- wody źródłane,
- wody dla zaopatrzenia miast,
- wody dla hodowli ryb,
- wody na cele rekreacyjne i dla zaopatrzenia przemysłu,
- wody dla rolnictwa.

Stąd też normy jakości dla wód poszczególnych kategorii określają chłonności na zanieczyszczenia. Z powodu dużej różnorodności zagospodarowania i technicznego uzbrojenia obszaru Chin, chłonność odbiorników ulega regionalnym zmianom. Dlatego też chłonność środowiska wodnego na zanieczyszczenia jest również funkcją zagospodarowania zlewni.

Zdolność wód do samooczyszczania uzależniona jest od warunków zewnętrznych, czyli od charakterystyki ekosystemu i od warunków wewnętrznych, które stanowią zanieczyszczenia. Różne zanieczyszczenia posiadają różną toksyczność w stosunku do organizmów wodnych i mają różny wpływ na ludzkie zdrowie. Dlatego też normy określające dopuszczalne stężenia tych związków są różne. Ponadto chłonność środowiska wodnego skorelowana jest z wieloma innymi czynnikami, jak np. stanem zagospodarowania zlewni (zapory, zbiorniki wodne) oraz miejscem i sposobem odprowadzenia ścieków do odbiornika.

Klasyfikacja chłonności środowiska wodnego

Chłonność naturalna

Chłonność naturalna opisana jest następującym modelem:

$$E = \int_V K_n(C_c - C)dV \quad (1)$$

gdzie:

- E — chłonność środowiska wodnego,
- V — objętość wody,
- C_c — kryterialna wartość zanieczyszczeń obecnych w wodzie,
- C — stężenie zanieczyszczeń w wodzie,
- K_n — stała szybkości samooczyszczania.

Naturalna chłonność wody nie jest uzależniona od poziomu zagospodarowania zlewni i zanieczyszczenia wprowadzane do wód o naturalnej chłonności nie wpływają na ekosystem wodny i zdrowie ludzi.

Chłonność regulowana

Chłonność regulowaną opisuje model:

$$E = \int_V K_n \cdot K_b (C_s - C)dV \quad (2)$$

gdzie:

- K_b — parametr wynikający z technicznego zagospodarowania zlewni i uwzględniający aspekty ekonomiczne,
 C_s — standardowa zawartość zanieczyszczeń w wodzie.

Regulowana chłonność wody jest skorelowana nie tylko z naturalnymi właściwościami, ale również z technicznymi i ekonomicznymi możliwościami wymuszonymi przez sztucznie przyjęte standardy jakości wody. Dlatego też chłonność regulowana jest funkcją parametrów naturalnych danej zlewni oraz korzyści społecznych czerpanych ze środowiska wodnego.

Programowanie chłonności środowiska wodnego

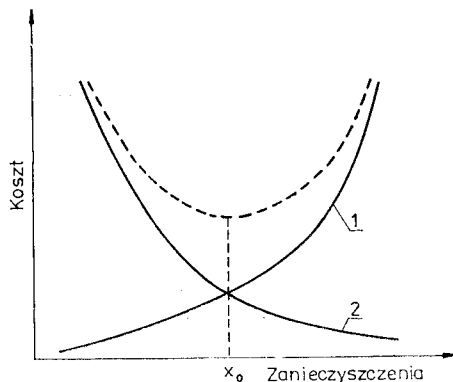
Programowanie to polega na określeniu optymalnej pojemności środowiska, uzyskanej z superpozycji dwóch zależności: kosztu zniszczenia środowiska w zależności od ilości odprowadzonych zanieczyszczeń oraz kosztu kontroli poziomu zanieczyszczeń w funkcji ilości wprowadzonych zanieczyszczeń. Przebieg tych zależności zależy od aktualnych warunków technicznych i ekonomicznych.

Jak pokazano na rysunku 1 zanieczyszczenie wprowadzone X_0 jest środowiskową pojemnością powierzchni, albo uzyskaną w wyniku programowania dopuszczalną, wynikającą z określonych warunków technicznych i ekonomicznych na lokalnej powierzchni, ilością odprowadzonych zanieczyszczeń. Trudno jest znaleźć funkcję kosztów wynikłych ze zniszczenia środowiska, dlatego też w programie optymalizowania wprowadza się uproszczenia przez skorelowanie funkcji kosztu kontroli z funkcją szybkości redukcji zanieczyszczeń.

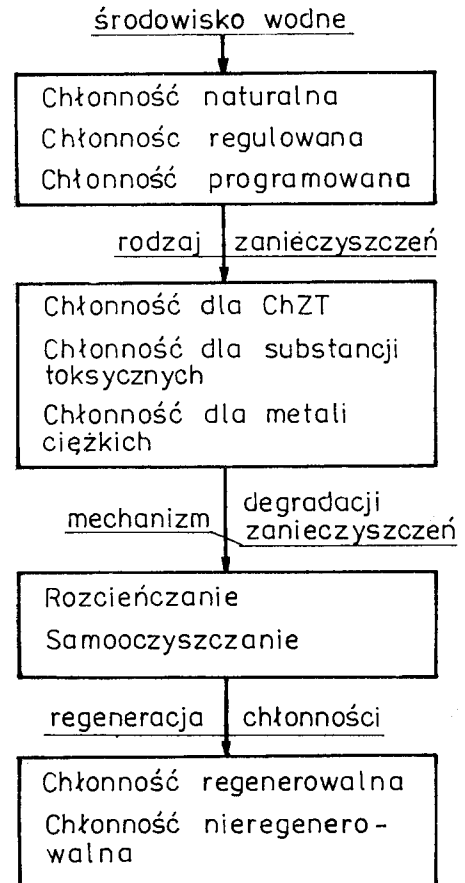
W ogólności szereg trzech rodzajów chłonności wody omówionych powyżej jest następujący:

programowanie chłonności > regulowanie chłonności > chłonność naturalna

Ponadto chłonność może być również klasyfikowana według rodzaju zanieczyszczeń, mechanizmu degradacji zanieczyszczeń i prawdopodobieństwa regeneracji chłonności.



Rys. 1. Zależność kosztów od ilości odprowadzanych zanieczyszczeń do środowiska (1 — krzywa kosztów zniszczenia środowiska w zależności od ilości odprowadzanych zanieczyszczeń, 2 — krzywa kosztów kontroli poziomu zanieczyszczeń w zależności od ich ilości)



Rys. 2. Klasyfikacja chłonności środowiska wodnego na zanieczyszczenia

Strefowa charakterystyka chłonności wody

Woda w swojej masie porusza się w różnych strefach pod wpływem różnych hydrologicznych i meteorologicznych warunków geograficznego i geochemicznego środowiska oraz posiada różną fizyczną, chemiczną i biologiczną zdolność do samooczyszczania. Chłonność wody ma również wyraźną charakterystykę strefową.

Chiny pokryte są gęstą siecią dorzecza rzeki Yangtze, przy czym na południu usieciwienie jest większe niż na północy. Podobnie południowe Chiny są cieplejsze i wilgotniejsze, dlatego też jest tam wyższa aktywność biologiczna i wyższy stopień samooczyszczania. Dowodzą tego dane zamieszczone w tabeli 1.

Tabela 1.

Wybrane wskaźniki zanieczyszczenia wód w Chinach

Woda	Pb	Hg	As	Cd	ChZT	O ₂
	mg/m ³				gO ₂ /m ³	
Rejon północny*	43,9	1,2	14,8	3,0	63,63	4,99
Rejon południowy**	400,0	0,19	71,9	4,4	36,31	4,71
III klasa czyst. poziom ła	50	0,1	50	5,0	15	3
	0,3÷3	0,017÷	1,2÷5	0,03÷	—	—
		÷0,115		÷0,08		

*) wartości średnie dla 29 rzek przepływających przez 25 miast,

**) wartości średnie dla 39 rzek przepływających przez 22 miasta.

W Chinach z południa na północ wartości pH i twardość wód powierzchniowych ma skłonność do wzrostu, podczas gdy aktywność metali ciężkich i zdolność do ich przenoszenia ma tendencję do spadku. Stąd woda na północy jest podatna na fizyczne samooczyszczanie z metali ciężkich, jak Pb, Cd i As.

Woda posiada dynamiczną, chemiczną i biologiczną energię do degradacji zanieczyszczeń. Chłonność zasobów środowiska wodnego ma następującą charakterystykę:

- jest ograniczona i może być wyczerpana, tak więc istotne jest jej zabezpieczenie i sposób wykorzystania,
- część zasobów środowiskowych jest regenerowalna i może być ciągle badana przy zdefiniowanym stopniu eksploatacji,
- jej regeneracja zależy głównie od naturalnych czynników i tylko w niewielkim stopniu od sztucznych uwarunkowań, a kiedy jest eksploatowana ponad dozwoloną granicę jej odzyskanie jest bardzo trudne.

Dlatego też niezbędna jest odpowiednia eksploatacja zasobów wodnych z punktu widzenia zabezpieczenia i ciągłego wykorzystania środowiska. Chłonność środowiska wodnego jest specyficzna dla różnych zanieczyszczeń, np. duża dla ChZT, mała dla związków toksycznych i bardzo mała dla metali ciężkich.

Postęp w badaniach nad chłonnością chińskich rzek

Przeanalizowano i rozwinięto wiele modeli, jak np.:

- wielofunkcyjny model dla zintegrowanej oceny,
- wieloparametrowy regionalny model jakości wody w rzekach podlegających zjawiskom pływów,
- model niepunktowych źródeł zanieczyszczeń,
- ekologiczny model eutrofizacji,
- model dla optymalizacji wielkich systemów.

Budowane są następujące modele, takie jak:

- matematyczny model procesów naturalnych,
- model systemów jakości wody, regulacji i programowania uwzględniający procesy społeczne i ekonomiczne.

Eksponowane były dotychczas koncepcje chłonności środowiska wodnego: od prostego pojęcia samooczyszczania do szerszego sensu programowania, zarządzania i optymalizowania parametrów chłonności.

Tabela 2.

Charakterystyka sześciu dużych systemów wodnych w Chinach

Rzeka	długość km	średni przepływ w rzece $\times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$	ilość odprowadzanych ścieków $\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$	stosunek ilości ścieków do przepływu w rzece
Pearl	2214	3380	1009,4	0,010
Yangtze	6300	9513	3564	0,013
Yellow	5464	658	496,3	0,027
Huai	1000	622	698,3	0,040
Liao	1396	148	707	0,171
Songhua	1956	762	445,8	0,021

Rozwój badań przebiegał od ustalenia wpływu ogólnych zanieczyszczeń (powodujących ubytek tlenu) oraz metali ciężkich do związków azotowych, fosforowych i zanieczyszczeń olejowych, od małych rzek do dużych systemów rzecznych rzek Yangtze, Pearl, Huai i do jezior oraz całych systemów wodnych.

Znaczące rezultaty uzyskano w badaniach pięciu dużych systemów rzecznych i 25 jezior w całym kraju.

Zabezpieczenie i wykorzystanie chłonności środowiska wodnego

Celem badań było wdrożenie teorii do zabezpieczenia kontroli i zarządzania chłonnością wodnego środowiska w Chinach. Największe rzeki w Chinach charakteryzują się dużą chłonnością na zanieczyszczenia. Jak pokazano w tabeli 2 ilość odprowadzanych ścieków w stosunku do przepływu rzek sześciu największych systemów w Chinach poza rzeką Liao wynosi od 1 do 40%.

Zabezpieczenie i wykorzystanie chłonności największych rzek wymaga:

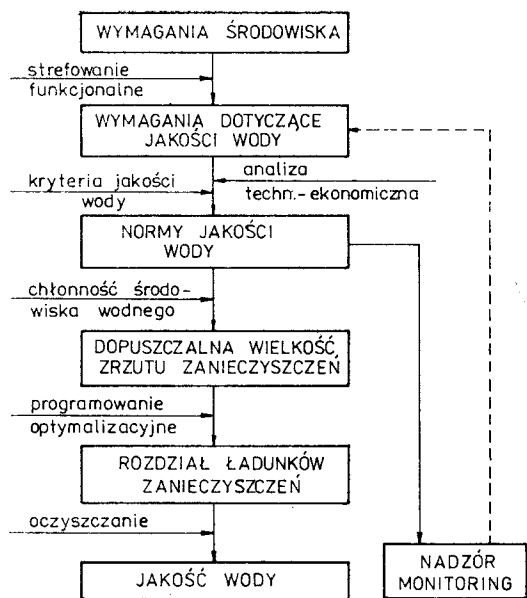
- ustalenia dorzecza rzeki i wykonania funkcjonalnego sterowania tymi dużymi systemami,
- wykonania programu optymalizacji lokalizacji zrzutu ścieków, ich jakości i badania oraz przewidzenia alternatywnego rozwiązania do wprowadzenia ścieków do rzeki,
- racjonalnego zdefiniowania granic strefy mieszania.

Według badań statystycznych większość jezior w Chinach jest obecnie w stanie mezotroficznym i mezoeutroficznym, podczas gdy jeziora miejskie są głównie eutroficzne. Zabezpieczenie i wykorzystanie chłonności wody jezior pociąga za sobą konieczność:

- ustalenia funkcjonalnej strefy jeziora do wprowadzenia dopuszczalnego ładunku zanieczyszczeń,
- działania w celu ulepszenia ekosystemu i jego zlewni zapewniające ochronę lasów, upraw, wody i gleby, racjonalne uprawianie z naukowym nawożeniem oraz zminimalizowanie dopływu ścieków do jeziora,
- analizy biologicznych uwarunkowań poprzez kontrolę struktury łańcucha pokarmowego ekosystemu wodnego i zmiany jego poziomu dla oczyszczania wody,
- pogłębienia dna i kontroli akumulacji zanieczyszczeń.

Końcowym celem zarządzania jakością wody jest minimalizacja kosztów kontroli z optymalizacją jakości odpływu, dla uzyskania normatywnej jakości wody przeznaczonej do różnych celów. Tak więc postępowanie w zarządzaniu jakością wody składa się z następujących elementów (rys. 3):

A) Wymagania środowiska — podstawowe wymagania dotyczące jakości wody.



Rys. 3. Schemat zarządzania jakością wody

B) Wymagania dot. jakości wody — odzwierciedlenie ogólnych wymogów środowiska jako podstawa funkcjonalnego strefowania zbiorników wodnych.

C) Normy jakości wody — ilościowa podstawa do zarządzania jakością wody oparta na kryteriach jakości wody i analizie technicznej i ekonomicznej dostępności.

D) Dopuszczalna odprowadzana wielkość — oparta na normach jakości wody skorelowana z teorią i techniką chłonności środowiska wodnego jako kluczowe założenie techniczne.

E) Określenie całkowitego ładunku zanieczyszczeń — zdefiniowana ilość zanieczyszczeń przydzielona do każdego źródła zanieczyszczeń oparta na modelu programowania optimum, zawierająca odpływ sumaryczny i cząstkowy.

F) Nadzorowanie i monitorowanie jakości wody.

Procedura opisana powyżej ma następujące cechy: po pierwsze — odpływ ze źródeł jest skorelowany z jakością wody dla lepszego i łatwiejszego administrowania, po drugie — optymalizacja dopuszczalnej ilości odprowadzanych ścieków, po trzecie — podniesienie naukowego poziomu zarządzania środowiskiem.

PROTECTION OF SURFACE WATER RESOURCES IN CHINA

The principles of water and wastewater management in China is discussed in terms of pollution control. The theo-

retical and experimental capacity of the aquatic environment to absorb pollution is discussed in detail. Presented are also the main classes of pollutants that are found in the surface waters in China. Making use of theoretical and experimental data, a water quality management procedure has been developed.