

Waldemar Łągiewka

Zastosowanie biostruktur do oczyszczania wód powierzchniowych i ścieków

Ochrona wód powierzchniowych polega przede wszystkim na eliminacji źródeł zanieczyszczeń oraz na oczyszczaniu ścieków. Nie mniej istotne może być także wspomaganie i intensyfikacja procesu samooczyszczania wód, np. poprzez tworzenie sztucznych zbiorników i rozlewisk oraz umieszczanie w korycie rzeki sztucznych podłoży, które mogą być zasiedlane przez zespoły poroślowe (peryfitony). W tym celu na wybranym odcinku rzeki lub w części zbiornika wodnego wykonuje się odpowiednio zorientowane, zanurzone przegrody, które obrastając organizmami oczyszczają przepływającą wodę z zawieszin, koloidów organicznych oraz biogenów. Proste w działaniu sztuczne podłoża wykonuje się jako ażurowe lub pełne płyty i zakłada się w nurcie rzeki bez regulacji linii brzegowych, bez elementów wspomagających i dodatkowo intensyfikujących hydraulicznie procesy biologiczne. Bardziej wyrafinowane w działaniu tzw. struktury bio-hydro, wykonywane jako sztywne struktury przestrzenne ze sztucznych podłoży, wspomagane są hydraulicznie przez ekrany wzbudzające przepływy o kierunku prostym do głównego kierunku przepływu wody.

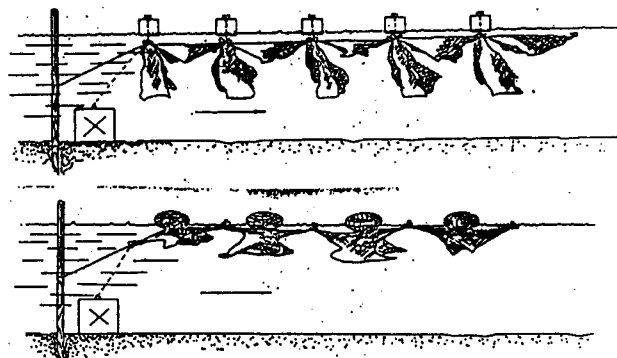
W niniejszym opracowaniu przedstawiono metodę realizującą ideę sztucznych podłoży, tzw. „biostruktury umiejscowione”. Metoda ta została opracowana na Białorusi i wdrożona w oczyszczalni ścieków w Stargardzie Szczecińskim do usuwania ze ścieków substancji biogenych. W metodzie tej stosuje się wspomaganie procesu napowietrzaniem pęcherzykowym. Ponadto cechą odróżniającą metodę biostruktur umiejscowionych od metod wcześniej wymienionych jest prowadzenie procesu oczyszczania w sztucznych zbiornikach w warunkach regulowanego przepływu i obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń.

Charakterystyka sztucznych podłoży

Jedno z pierwszych wdrożeń metody sztucznych podłoży miało miejsce w Kanadzie i dotyczyło zatok przybrzeżnych, jednak pomimo obiecujących wyników metoda ta nie przyjęła się na szeroką skalę. W latach siedemdziesiątych podobne badania przeprowadzono w Zakładzie Hydrologii Akademii Rolniczej w Szczecinie na Zalewie Szczecińskim, który już wówczas wykazywał duży stopień zanieczyszczenia [1]. Pierwsze próby polegały na wykorzystaniu starych siatek rybackich rozwieszanych w płytkich częściach akwenu. Prowadzone badania skupiły się praktycznie nad oceną jakościową zespołów poroślowych wyhodowanych na siatkach. Następne badania ukierunkowano na oczyszczanie rzek poprzez umieszczenie sztucznych podłoży bezpośrednio w ich nurcie. Badania przeprowadzono na rzekach w zlewni jeziora Miedwie (Miedwianka, Gowienica i kanał Młyński z rzeką Płonią). Do charakterystyki rzek przyjęto następujące parametry: szerokość,

głębokość (pięć pomiarów w przekroju poprzecznym), odległość punktów pomiarowych od ujścia, rodzaj dna, wysokość i charakter brzegów oraz prędkość przepływu [2].

Sztuczne podłoża wykonywane były w różnego rodzaju odmianach konstrukcyjnych. Szukano najlepszego sposobu modelowania przyszłych rozwiązań technicznych „oczyszczalni rzecznych”, zarówno pod względem technologicznym, jak i eksploatacyjnym. Najlepszym materiałem na sztuczne podłoża okazała się folia gładka lub roslowa (do badań używano worków po nawozach). Były to poziomo zawieszane płyty z nacięciami lub płaskie maty utworzone z worków roslowych utrzymywane na odpowiednim poziomie przy pomocy pływaków. Płyty mocowane były do napiętej liny z tworzywa sztucznego przeciągniętej w poprzek rzeki pod powierzchnią wody (rys. 1).



Rys. 1. Sztuczne podłoża zakładane w nurcie rzeki

Stwierdzono, że korzystne jest zastosowanie pływaków lub boi do ciągłego utrzymywania podłoży pod zwierciadłem wody i zachowania stałej odległości podłoża od dna rzeki, w celu eliminacji oddziaływania wleczonego rumowiska. Konieczne też było poprzeczne rozpinanie liny przed daną sekcją sztucznych podłoży w celu ich zabezpieczenia przed zanieczyszczeniami pływającymi.

Długość zabudowanego odcinka rzeki zależy od stopnia jej zanieczyszczenia oraz od wymaganego stopnia usuwania zanieczyszczeń. Sztuczne podłoża zasiedlają organizmy poroślowe (fauna i flora), przy czym szybkość ich zasiedlania oraz jakość organizmów zależą od temperatury wody, pH, zawartości tlenu rozpuszczonego i biogenów, a także od nasświetlenia i parametrów hydraulicznych. Na sztucznych podłożach następuje zatrzymywanie zawieszin, bakterii, glonów oraz związków organicznych (obniżenie BZT₅). Podłoża usuwają także związki azotu i fosforu, co jest uzależnione od pory roku i nie zanika zupełnie nawet w czasie bardzo niskich temperatur. Zawieszona sztuczne podłoża zastępują naturalną roślinność zanurzoną (zimą) lub ją uzupełniają (latem). Część błony biologicznej odpada od podłoży w postaci dużych kompleksów, tworzących szybko opadające zawiesziny i osady denne. Opadanie

blony biologicznej odbywa się na skutek zwiększenia prędkości przepływu podczas wysokich stanów wody.

Stosowanie sztucznych podłoży nie wymaga ingerencji w naturalny kształt brzegów i dna korytarzki, a możliwe do wykorzystania materiały są tanie, zwłaszcza jeśli są to materiały odpadowe. Wykonanie podłoży nie wymaga też dużych nakładów finansowych. Koszty eksploatacji rzecznej oczyszczalni opartej na sztucznych podłożach są znacznie mniejsze od kosztów eksploatacji oczyszczalni konwencjonalnych. Pod koniec lat osiemdziesiątych powstały w oparciu o doświadczenia nabyte w trakcie badań projekty techniczne podczyszczania ujść rzek Gowienicy i Miedwinki do jeziora Miedwie [2] (niezrealizowane). Opracowano także projekty techniczne kilku małych, wiejskich oczyszczalni ścieków sanitarnych dla osiedli PGR w województwie szczecińskim (częściowo zrealizowane). Rozwiązania zalecane w tych projektach były następujące [1,2]:

- zastosowano podłoża całkowicie zanurzone pod powierzchnią wody, pływające, z wykorzystaniem pływaków styropianowych lub innych (jeden pływak o masie 16 g na jeden worek roszkowy; jeden zestaw na jednej linii o długości 6 m stanowił około 25 worków),

- przyjęto powierzchnię jednego zestawu około 40 m²,

- długość zabudowy rzeki wynosiła około 360 m.

Ocenę stopnia usuwania związków biogennych z wody przeprowadzono za pomocą testu glonowego, zastępującego chemiczne oznaczenia związków fosforu i azotu. Stwierdzono m.in. [1]:

- brak związku pomiędzy zawartością tlenu a efektywnością usuwania zawieszin,

- większą efektywność usuwania zanieczyszczeń przy większej gęstości błony poroślowej,

- średnie obniżenie wartości BZT₅ (20+40 %).

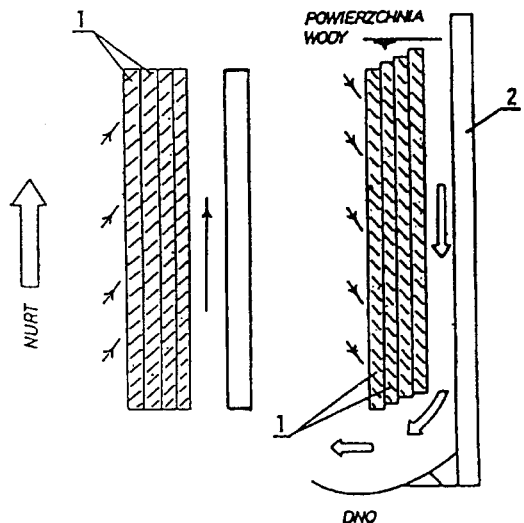
Struktury przestrzenne wspomagane hydraulicznie

Metoda sztucznych podłoży zakładanych w wodach płynących i stojących została poszerzona, z uwzględnieniem możliwości biologicznego oczyszczania i doczyszczania ścieków [3]. Do osadzania organizmów poroślowych zastosowano sztywne struktury przestrzenne złożone z płaszczyzn poziomych i pionowych przecinających się pod odpowiednim kątem. Struktury te skierowane są pod kątem do naturalnego (dno, brzeg) lub sztucznego ekranu w celu uzyskania zmiany kierunku przepływu strumienia wody. Płaszczyzny odchyla się od poziomu lub pionu średnio o kąt 45° (czyniono też próby z odchyleniem o kąt 30°). Struktury przestrzenne sztucznych podłoży lub ich zespół umieszcza się w pobliżu ekranu tak, aby zmienić kierunek przepływu strumienia wody.

Zgodnie z wynalazkiem [3], bariera do biologicznego oczyszczania wody w zbiorniku wodnym zawiera sztuczne podłoża stanowiące przynajmniej jedną warstwę w postaci plastra o przelotowych kanałkach ukośnych. Szkielet konstrukcyjny utworzony jest z płaskowników przecinających się pod kątem prostym, wykonanych z tworzywa odpornego na korozję. Zastosowanie ekranu spełnia następujące funkcje: powoduje korzystne przyspieszenie sedymentacji zawieszin i stałe doprowadzanie natlenionej na powierzchni wody do przestrzeni przydennej oraz optymalizuje warunki bytowania w strefie litoralu, poprzez zapewnienie stałego dopływu pokarmu wraz z natlenioną wodą i dostępność powierzchni w przestrzeniach kanałkowych do osadzania się organizmów poroślowych oraz ich ochronę przed agresją drapieżników. Zasadę działania struktur przestrzennych przedstawiono schematycznie na rysunku 2.

Bariera utworzona jest z warstw (1) składających się z płaskowników wykonanych z tworzywa sztucznego (PCW lub PE). Płaskowniki mają długość 1 m i szerokość 4 cm. Połączone są co 2 cm, tworząc warstwę struktury, która zawiera 2.500 kanałków i ma rozwiniętą powierzchnię równą 8 m². Połączenie równoległe szeregu plastrów pozwala na uzyskanie dużej czynnej powierzchni rozwiniętej, w której przestrzenie zamknięte mają otwory o wymiarach 2×1 cm. Przemieszczenie względem siebie kolejnych plastrów pozwala na uzyskanie większych lub mniejszych przestrzeni zamkniętych, natomiast połączenie kilku lub kilkunastu plastrów pozwala na uzyskanie modułów o różnorodnych zastosowaniach. Struktury przestrzenne w postaci modułu wieloplastrowego, w połączeniu z pływakami i balastem, przyspieszają proces sedymentacji zawieszin, doprowadzają natlenioną wodę powierzchniową do dna, a po osadzeniu się zespołów poroślowych spełniają rolę naturalnego filtra oczyszczającego wodę. Połączenie struktur przestrzennych z odpowiednim ekranem (2) podnosi efektywność działania bariery. Układ taki powoduje przepływ wody przez przestrzenie zamknięte poszczególnych warstw struktur ku dołowi. W ten sposób powstaje prostopadły przepływ wody w stosunku do jej głównego kierunku. Strumień wody usuwa zawiesziny, jak również osad kumulowany na dnie, a zanieczyszczenia są w sposób ciągły odprowadzane od ekranu. Masa zespołu poroślowego na kilkuplastrowym module i rozmiarach 1×1 m osiąga kilka kilogramów, co zapewnia efektywny proces filtrowania i oczyszczania przepływającej wody lub ścieków.

Badania modelowe wykazały skuteczność działania struktur bio-hydro w warunkach laboratoryjnych. Badania w skali technicznej przeprowadzono na zbiorniku wody pitnej w Rybniku. Wyniki tych badań stanowią bardzo obszerny materiał ujmujący głównie problemy natury biochemicznej. W trakcie badań potwierdziły się założenia teoretyczne dotyczące oczyszczania wód stojących. Badania w skali technicznej, dotyczące możliwości oczyszczania wód płynących, silnie zanieczyszczonych, prowadzone były w 1993 roku na rzece Dzierżęcince w województwie koszalińskim. Obecnie trwają prace nad interpretacją uzyskanych efektów. Z wstępnych informacji wynika, że występowały problemy z deficytem tlenu w strefie działania struktur bio-hydro. Uzyskane wyniki będą stanowić podstawę do ewentualnego stosowania takiego rozwiązania do oczyszczania wód płynących obciążonych zanieczyszczeniami obszarowymi.

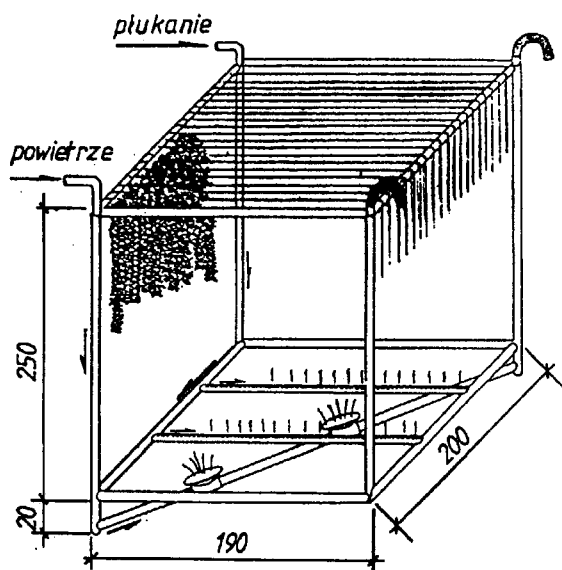


Rys. 2. Schemat działania struktur bio-hydro

Sztuczne podłoża wspomagane napowietrzaniem

Technologię doczyszczania ścieków opartą o sztuczne podłoża w dużej oczyszczalni ścieków zaprojektowano w firmie „Instalex-Biox” w Warszawie, przy udziale głównego technologa z Instytutu Biokomunprojekt z Mińska (Republika Białoruska). Osiągnięcia instytutu w zakresie oczyszczania i doczyszczania ścieków wskazują na dużą efektywność tzw. biostruktur umiejscowionych [4]. Ich konstrukcja, wspomagana napowietrzaniem, stwarza dla mikroorganizmów szczególnie dogodne warunki do bytowania, a duża jednorodność środowiska sprzyja powstawaniu tzw. łańcucha troficznego, złożonego z wielu form drobnoustrojów.

Proces oczyszczania ścieków realizuje się w zbiornikach prostopadłościennych podzielonych przegrodą poprzeczną na dwie lub trzy sekcje. Przepływ ścieków następuje w sposób kaskadowy przez następujące po sobie sekcje, przy punktowym dopływie i odpływie ze zbiornika. W oczyszczalni ścieków w Stargardzie Szczecińskim do realizacji tego procesu wykorzystano zbędne osadniki wstępne. Każdą z komór osadnika podzielono na dwie części o jednakowej objętości. Zastosowano system szeregowy dwusekcyjny w układzie równoległym. W każdej z sekcji zamontowano specjalne klatki z biostrukturami (21 sztuk), a w każdej klatce rozmieszczono warkocze (około 1.000 m) ze specjalnego tworzywa w formie szczotki do czyszczenia butelek (rys.3). Warkocze były rozmieszczone pionowo w małych odstępach tak, że tworzyły dla przepływających ścieków rodzaj filtru. W jednej sekcji sumaryczna długość warkoczy biostruktury wynosiła około 21.000 m, a ciężar jednej klatki wynosił około 100 kg.



Rys. 3. Pojedyncza klatka biostruktur umiejscowionych

Oczyszczające działanie biostruktur polega na stworzeniu naturalnego, organicznego filtru, przez który przepływają ścieki oczyszczone mechanicznie i biologicznie. Zawarte w nich pozostałe substancje organiczne i biogenne stanowią pożywkę dla mikro- i makroorganizmów zespołów poroślowych, osiadłych na warkoczach biostruktur. Proces oczyszczania ścieków jest realizowany przez okresowe stwarzanie warunków niedotlenionych i tlenowych. W tym celu konstrukcja klatki wykorzystana jest jako ruszt doprowadzający powietrze do płukania i do napowietrzania biostruktur. Proces płukania (regeneracji biostruktur) polega na wyłączeniu jednego z segmentów. W tym celu zatrzymany zostaje dopływ ścieków. Górną warstwę ścieków (nad klatkami z biostrukturami)

odprowadza się do kanału zbiorczego, natomiast pozostała część ścieków poddawana jest intensywnemu napowietrzaniu. W trakcie płukania odrywany jest nadmiar organizmów, którymi obrosły warkocze. Spłukany w czasie około jednej godziny osad opada na dno i zostaje odpompowany poza zbiornik. Po oczyszczeniu jednego segmentu proces ten prowadzi się w kolejnych sekcjach z częstotliwością raz w miesiącu. W celu utrzymania odpowiednich warunków tlenowych w biostrukturach prowadzony jest proces napowietrzania. Osad odprowadzony poza zbiornik biostruktury jest częściowo stabilizowany na drodze tlenowej, a częściowo na drodze beztlenowej w procesie fermentacji. Razem z osadem są usuwane substancje biogenne, a zwłaszcza związki fosforu, gdyż ich absorpcji sprzyja sytuacja, w której współdziałają obie strefy. Warunkiem usuwania fosforu jest ukształtowanie się odpowiedniej błony biocenozy roślinnej.

Stężenia charakterystycznych zanieczyszczeń w ściekach dopływających były następujące:

- BZT₅ – 15+25 gO₂/m³,
- zawiesiny ogólne – 30+50 g/m³,
- azot ogólny – 35+40 gN/m³,
- fosfor ogólny – 6+8 gP/m³.

Wymagane w pozwoleniu wodnoprawnym stężenia zanieczyszczeń w ściekach odpływających (w nawiasach podano stopień ich usuwania) były następujące:

- BZT₅ – 12+15 gO₂/m³ (20+30 %),
- zawiesiny ogólne – 20+30 g/m³ (30+40 %),
- azot ogólny – 20+30 gN/m³ (30+40 %),
- fosfor ogólny – 4+5 gP/m³ (30+40 %).

W celu uzyskania wymaganego stopnia usuwania zanieczyszczeń ze ścieków zastosowano następujące parametry:

- czas przetrzymania ścieków w zbiornikach wynosił 2+3 h (minimum 1,5 h), przy średniej prędkości przepływu około 0,006 m/s,

- dla I etapu przy 6 segmentach z biostrukturami liczba klatek wynosiła 126 sztuk,

- przyjęto napowietrzanie drobnopęcherzykowe sprężonym powietrzem w ilości około 1.000+1.200 m³/h, spręż 0,04 MPa, średnica pęcherzyków <1 mm,

- założono równoczesną regenerację (płukanie) 9 klatek sprężonym powietrzem w ilości około 1.800 m³/h.

Podczas rozruchu technicznego, trwającego od początku listopada 1993 r. do końca stycznia 1994 r., uzyskano następującą jakość ścieków odpływających [5]:

- BZT₅ – 12,2 gO₂/m³,
- zawiesiny ogólne – 7,8 g/m³,
- azot ogólny – 11,6 gN/m³,
- fosfor ogólny – brak znaczącego usuwania.

Powyższe rezultaty uzyskano w okresie bardzo niekorzystnym dla przebiegu procesów biologicznych, przy średniej temperaturze ścieków 9+11 °C. W wyhodowanej błonie biologicznej zaobserwowano charakterystyczną dla biostruktur faunę z orzęskami drapieżnymi, widłonogami i masowym pojawianiem się skąposzczetów żywiących się osadem oraz początki pojawiania się organizmów roślinnych (głównie glonów w górnej warstwie biostruktur) [5–6]. Wydaje się, że brak znaczącego usuwania fosforu wystąpił głównie z powodu krótkiego czasu naświetlania i tym samym wskutek braku organizmów w roślinnych budujących swoją masę z wykorzystaniem fosforu. W biostrukturach następowały dalsze przemiany azotu amonowego w azotynowy oraz azot gazowy. Po 30 dobach stycznia,

przy średnim przepływie ścieków wynoszącym 29 tys. m³/d, uzyskano przyrost suchej masy wynoszący około 660 kg_{smo}.

Podsumowanie

Sztuczne podłoża zostały przebadane w warunkach laboratoryjnych oraz w skali technicznej, w sposób wystarczający w zakresie usuwania zanieczyszczeń organicznych (BZT₅ i zawiesiny ogólne) dla rzek o małych głębokościach i przepływach [1]. W zaproponowanej metodzie opracowano sposób intensyfikacji wielkości powierzchni czynnej błony biologicznej, wykorzystując procesy biologiczne zachodzące podczas naturalnego przepływu wody (bez wspomagania). Stwierdzono, że usuwanie związków biogenych zachodziło w obecności roślin zielonych i podjęto próby powiązania tego zjawiska z liczebnością glonów.

Struktury bio-hydro są znacznym usprawnieniem technicznym sztucznych podłoży w stosunku do rozwiązań wcześniejszych. Konieczne jest wdrożenie biostruktur umożliwiających zwiększenie stopnia usuwania związków biogenych, czyli takich, które wykorzystują nie tylko proste procesy biologiczne, ale też wspomagane są hydraulicznie i tlenowo poprzez wymuszanie przepływu i napowietrzanie. Stosowanie barier w rzece powoduje pewne nieprzewidywalne skutki w biocenozie, np. pojawianie się nowych gatunków i zmiany w hydraulice przepływu. Stosowanie nowoczesnych biostruktur na terenie oczyszczalni ścieków, jako jeden z elementów technologicznych, jest bezpieczniejsze. Warunkiem tym odpowiadają tzw. biostruktury umiejscowione. Pierwotne ich zastosowanie wywodzi się z badań nad możliwościami obniżania BZT₅ i zawartości zawiesin ogólnych za pomocą organizmów poroślowych. Obecnie biostruktury umiejscowione adaptowane zostały do doczyszczania ścieków ze związków fosforu i azotu. W biostrukturach umiejscowionych, oprócz zjawisk czysto biologicznych, intensyfikuje się proces filtracji biologicznej zachodzącej podczas przepływu ścieków przez gęsto rozpięte biologicznie czynne warkocze. Całość procesu wspomagana jest napowietrzaniem pęcherzykowym, co oprócz dostarczania tlenu powoduje także wzmocniony ruch pionowy, poprzeczny do kierunku przepływu. Poprzez okresowe wyłączanie napowietrzania istnieje możliwość stwarzania naprzemiennych stref tlenowo-beztlenowych.

Pierwsze wyniki badań technologicznych są obiecujące w zakresie wszystkich analizowanych wskaźników zanieczyszczeń z wyjątkiem fosforu, brakuje natomiast określenia parametrów hydraulicznych. Wymaga to jeszcze wielu badań uzupełniających, idących głównie w kierunku opracowania optymalnych parametrów przepływu. Analiza wyników badań wskazuje, że biostruktury mogą znaleźć zastosowanie jako:

- ♦ doraźne bariery biologiczne do oczyszczania rzek lub zbiorników, działające w czasie budowy lub porządkowania systemów kanalizacyjnych,

- ♦ stałe zabezpieczenia zagrożonych zbiorników wodnych (w tym wody pitnej) przed dopływającym ładunkiem związków biogenych,

- ♦ uzupełniający element usuwający związki biogenne w biologicznych oczyszczalniach ścieków.

Możliwości rozwojowe biostruktur są następujące:

- ♦ zastosowanie wspomagającego napowietrzania rzek w metodzie struktur bio-hydro przez wykorzystanie strumienic napowietrzających zasilanych energią elektryczną z siłowni wodnej, której prototyp opracowano na Wydziale Techniki Morskiej Politechniki Szczecińskiej,

- ♦ zastosowanie struktur bio-hydro jako struktur umiejscowionych, zamiast warkoczy (lub równoległe) w oczyszczalniach ścieków z zastosowaniem urządzeń mieszających lub wymuszających ruch cieczy,

- ♦ zastosowanie innych materiałów lub technologii do budowy biostruktur umiejscowionych, np. pakietów przestrzennych stosowanych w złożach biologicznych lub osłon karbowanych z tworzyw sztucznych do kabli energetycznych,

- ♦ opracowanie sposobu usuwania nadmiernej biomasy, np. poprzez gwałtowne zwiększanie strumienia przepływu ścieków zamiast strumienia powietrza,

- ♦ połączenie metody biostruktur umiejscowionych z techniką stawów biologicznych z zamknięciem łańcucha pokarmowego przez hodowlę ryb w celu zmniejszenia odprowadzanej nadmiernej biomasy [6],

- ♦ wykorzystanie przepływów labiryntowych,

- ♦ stosowanie stref lub wydzielonych komór beztlenowych w celu zwiększenia efektywności usuwania fosforu,

- ♦ pracowanie modelu zbiornika oczyszczającego, w którym można kontrolować przebieg procesu eutrofizacji.

LITERATURA

1. L. SZLAUER: Oczyszczanie ścieków przez umieszczenie w nich sztucznego podłoża. Sprawozdanie końcowe za lata 1983-1988. Urząd Wojewódzki w Szczecinie (praca nie publikowana).
2. Koncepcja programowa podczyszczania ujść rzek Miedwinki i Gowienicy do jeziora Miedwie. INMAR Morska Spółka w Szczecinie, 1989 (praca nie publikowana).
3. W. ŁAWACZ: Sposób i bariera do biologicznego oczyszczania i doczyszczania ścieków, cieków i akwenów. Zgłoszenie patentowe nr P-266234.
4. Projekt technologiczny i budowlany III^o oczyszczania ścieków metodą biostruktur dla oczyszczalni ścieków w Stargardzie Szczecińskim. INSTALEX-BIOX spółka w Warszawie, 1992 (praca nie publikowana).
5. Parametry pracy biostruktur w Stargardzie Szczecińskim za okres 10.11.1993-18.01.1994. Sprawozdanie komisji rozruchowej (praca nie publikowana).
6. L. TUROBOYSKI: Hydrobiologia techniczna. PWN, Warszawa 1979.

Application of Biostructures to the Treatment of Surface Water and Wastewaters

In the method presented in this paper surface water and wastewaters are treated using biostructures (artificial structures) placed in the midstream or in the impoundment lake. The structures are then colonized by epiphytic organisms (biota) which are able to remove suspended solids, bacteria, organic matter and nutrients. Biostructures may also be used for the treatment

of secondary effluents. Experimental results have substantiated some other uses of such structures: They can be of utility in controlling the inflow of nutrients to water reservoirs, as well as in removing nutrients from wastewater streams - thus abating eutrophication.