



Wiadomości Hydrobiologiczne

Biuletyn Polskiego Towarzystwa Hydrobiologicznego



- » **Mikrobiologiczna bioremediacja**
- » **XIII Europejskie Sympozjum Nauk o Wodach Słodkich SEFS**
- » **Debata mazurska**
- » **Wywiad**
- » **Z historii Polskiego Towarzystwa Hydrobiologicznego**
- » **Badania hydrobiologiczne w Instytucie Biologii**
- » **Historia Stacji Hydrobiologicznej w Mikołajkach**
- » **Szokalski W. - Chodowanie pijawek lekarskich**

Mikrobiologiczna bioremediacja zanieczyszczonych i zeutrofizowanych płytkich zbiorników wodnych

Mając na uwadze coraz bardziej malejące zasoby dobrej jakości śródlądowych wód powierzchniowych, podjęto szereg działań zmierzających do opracowania i praktycznego zastosowania technologii poprawy jakości wód oraz rewitalizacji ekologicznej zdegradowanych i/lub silnie zeutrofizowanych zbiorników wodnych.

Opis stanu technologii

Postępujące antropogeniczne zanieczyszczenie wód powierzchniowych oraz ich silna eutrofizacja prowadzi nie tylko do biologicznej i ekologicznej degradacji zbiorników, ale także do zaniku lub znacznego ograniczenia funkcji komercyjnego wykorzystania wód i zbiorników jako źródeł wody pitnej oraz w gospodarce rybackiej, akwakulturach czy sporcie i rekreacji. Oznacza to, że coraz więcej zbiorników wodnych w kraju już straciło lub utraci swoje znaczenie gospodarcze i społeczne w najbliższych latach. W prognozach rozwoju cywilizacyjnego na najbliższe dwie dekady wiele organizacji o zasięgu globalnym (np. WHO, OECD, ONZ) wskazuje na narastający problem dostępności wody dobrej jakości, a w przypadku wielu krajów, do których należy Polska, spodziewać się należy, że zasoby wodne spełniające kryteria zaopatrzenia mieszkańców w wodę pitną i do celów gospodarczych wręcz będą głównym czynnikiem limitującym rozwój gospodarczy i cywilizacyjny a także bezpośrednio wpływającym na stan zdrowotny społeczeństw.

Na przełomie XX i XXI wieku jednym z głównych wyzwań stawianych społeczeństwom uprzemysłowionym o wysokim potencjale cywilizacyjnego rozwoju stały się problemy ochrony środowisk wodnych, zabezpieczeniu ich prawidłowego ekologicznego funkcjonowania oraz bioróżnorodności oraz gospodarczego i społecznego ich wykorzystania. Mając na uwadze coraz

bardziej malejące zasoby dobrej jakości śródlądowych wód powierzchniowych podjęto szereg działań zmierzających do opracowania i praktycznego zastosowania technologii poprawy jakości wód oraz rewitalizacji ekologicznej zdegradowanych i/lub silnie zeutrofizowanych zbiorników wodnych. Problem silnego zanieczyszczenia zbiorników wodnych śródlądowych w szczególności dotyczy płytkich jezior, stawów lub zbiorników sztucznych, zwykle o niewielkiej objętości, do których wód docierają zanieczyszczenia antropogeniczne i obszarowe z dużej powierzchni zlewni.

Rozbudowana sieć centralnych kanalizacji wodno-ściekowych oraz wybudowane lub zmodernizowane oczyszczalnie ścieków, co prawda zahamowały dalszy dopływ punktowych zanieczyszczeń, jednakże nie przyczyniły się istotnie do poprawy jakości wód oraz osadów dennych ogromnej ilości obecnie silnie zanieczyszczonych zbiorników wodnych, które w przeszłości były odbieralniami ścieków i zanieczyszczeń powierzchniowych spływających ze zlewni bezpośrednio. W wyniku długoletniego dopływu zanieczyszczeń zbiorniki te uległy silnej eutrofizacji i ekologicznej degradacji. Bezpośrednią przyczyną złej jakości wód w takich zbiornikach jest zgromadzony nadmiar materii organicznej (autochtonicznej i allochtonicznej) rozpuszczonej w wodzie (DOM) lub partykularnej, cząstkowej materii organicznej (POM) zdeponowanej w osadach dennych, a także duża pula eutrofogennych związków azotowych i fosforowych w wodzie

i osadach. Ten nadmiar zgromadzonej w zbiornikach wodnych materii organicznej i związków biogenicznych wraz z zaburzoną w nich bioróżnorodnością strukturalną i funkcjonalną na skutek silnej eutrofizacji zahamował w dużym stopniu naturalnie przebiegające w przyrodzie procesy samooczyszczania się wód. Dlatego też takie zdegradowane zbiorniki wodne, niepodlegające wydajnemu samooczyszczaniu się wód, wymagają działań technologicznych podjętych przez człowieka.

Metody rekultywacji jezior polegają na działaniach ochronnych prowadzonych na obszarze zlewni oraz zabiegach technologicznych w obrębie zbiornika. Aby technologiczne zabiegi interwencyjne wewnątrz rekultywowanego zbiornika wodnego przyniosły zamierzony skutek poprawy jakości wody, należy w fazie początkowej przede wszystkim ograniczyć i kontrolować punktowe źródła zanieczyszczeń oraz spływów powierzchniowych ze zlewni docierających do poddawanego rekultywacji zbiornika. Jak wspomniano powyżej, w przypadku wielu zanieczyszczonych i zdegradowanych jezior, stawów i innych zbiorników wodnych w ostatnich latach w dostateczny sposób uregulowano gospodarkę wodno-ściekową w zlewni, jednakże nie wpłynęło to zasadniczo na poprawę jakości ich wód. Dlatego też na obecnym etapie zarządzania środowiskowego i ochrony śródlądowych wód powierzchniowych niezbędne są zabiegi technologiczne, w wyniku których w tych zbiornikach dojdzie do eliminacji skumulowanych

zanieczyszczeń organicznych i związków biogenicznych w wodzie i osadach dennych.

Z pośród wielu różnych stosowanych obecnie metod technologicznej rekultywacji zbiorników wodnych można wyróżnić kilka kategorii najczęściej stosowanych takich zabiegów: (1) usuwanie odtlenionych wód hypolimnionu (możliwe jedynie w jeziorach głębokich stratyfikowanych termicznie) metoda „rury Olszewskiego”; (2) sztuczne napowietrzanie kolumny wody w celu stymulacji tlenowych przemian degradacji zanieczyszczeń organicznych w procesach mikrobiologicznych i precypitacji nieorganicznych form fosforu z natlenionej kolumny wody (związki P są trudno rozpuszczalne w wodzie przy tym potencjalnie redox); (3) mechaniczne usunięcie powierzchniowej warstwy osadów dennych, bagrowanie (najczęściej 0,5-1,0 m), które doprowadza do wyniesienia na zewnątrz zbiornika wraz z osadami skumulowanych w nich zanieczyszczeń i związków biogenicznych; (4) chemiczna inaktywacja fosforu mineralnego poprzez precypitację do osadów dennych przy pomocy związków glinu i/lub żelaza w preparatach PAX i PIX; (5) biomaniipulacja strukturą populacji ryb; oraz (6) od niedawna stosowana mikrobiologiczna bioremediacja jakości wód za pomocą probiotycznych bakterii środowiskowych.

Wzmiankowane powyżej klasyczne i stosunkowo stare technologie poprawy jakości wód oraz restytucji biologicznej zdegradowanych zbiorników wodnych bardzo często są niezwykle inwazyjne, czasami wręcz katastrofalne ekologicznie, np. (3) metoda bagrowania osadów dennych czy też (4) chemiczne wytrącanie fosforu z toni wodnej, dla środowiska naturalnego albowiem, albo niszczą całkowicie faunę i mikroflorę bentosową (3) lub wprowadzają do środowiska naturalnego ogromne ilości glinu (4) (średnio 1,0–1,5 tony PAX/PIX na 1 ha rekultywowanego jeziora), o którym wiadomo, że jest pierwiastkiem powszechnie toksycznym dla narybku ryb, hamuje rozwój i funkcje biochemiczne bakterii wodnych i należy do czynników powodujących chorobę Alzheimera u ludzi. Te niebezpieczne

metody dla środowiska naturalnego przynoszą pozytywny efekt redukcji fosforu w wodzie zwykle w krótkim okresie kilku lat (2-4 lata) i są jednymi z najstarszych metod rekultywacji, ale najczęściej w ostatnich latach stosowanymi w Polsce!

Mikrobiologiczne metody bioremediacji z zastosowaniem probiotycznych mikroorganizmów środowiskowych zostały wprowadzone i zastosowane do oczyszczania wody z zanieczyszczeń organicznych i mineralnych dopiero od kilkunastu lat na świecie i zyskują coraz większe zastosowanie dając w akwakulturach szybkie efekty poprawy jakości wód. Unikatową cechą tych metod bioremediacji probiotycznej jest ich absolutne bezpieczeństwo dla środowiska naturalnego, nieinwazyjność w naruszaniu struktury i funkcji wodnych organizmów, oraz szybkość zadziałania w środowisku skutkująca poprawą jakości wody i redukcją zanieczyszczeń w kilkumiesięcznym okresie od zastosowania. W Polsce do tej pory metody mikrobiologicznej bioremediacji probiotycznej nie były stosowane na szerszą skalę, aczkolwiek do tej pory przeprowadzone jednostkowe zabiegi rekultywacji wód tymi metodami wykazały ich dużą skuteczność i przydatność do poprawy stanu jakości wód i rewitalizacji ekologicznej zdegradowanych zbiorników wodnych. W Polsce od 2-3 lat kilka firm próbuje zastosować zagraniczne mikrobiologiczne preparaty probiotyczne do bioremediacji zanieczyszczonych zbiorników wodnych z różnym skutkiem i powodzeniem w środowisku. Najczęstszą przyczyną niepowodzeń lub małej efektywności w bioremediacji jest bezpośrednio zastosowanie zagranicznej technologii producenta używanego biopreparatu (często opracowanego do innych warunków klimatycznych środowisk i potrzeb) bez znajomości szczegółowej biotechnologii „know-how” opartej na badaniach naukowych. Zagraniczni producenci biopreparatów importowanych i stosowanych w Polsce nie udostępniają technologii „know-how” stanowiącej tajemnicę handlową firmy, a importerzy tych produktów na rynek krajowy nie posiadają najczęściej naukowych umiejętności i możliwości opracowania biotechnologii „know-how” do polskich warunków klimatycznych i specyfiki

zanieczyszczonych i zeutrofizowanych środowisk wodnych, w których te probiotyki mają zostać użyte.

W Zakładzie Ekologii Mikroorganizmów UW i Laboratorium Ochrony i Rekultywacji Wód, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych UW podjęto badania nad opracowaniem i wdrożeniem do praktyki gospodarczej nowej, innowacyjnej biotechnologii mikrobiologicznej bioremediacji płytkich, zanieczyszczonych i silnie zeutrofizowanych zbiorników wodnych (jeziora, stawy rybne i rekreacyjne, biologiczne laguny przy oczyszczalniach ścieków, itp.) do tej pory nie stosowanej powszechnie w kraju ani na świecie w klimatycznej strefie umiarkowanej. Istotą biotechnologii jest wprowadzenie do wody i osadów dennych bioremediowanych zbiorników liofilizowanego inokulum naturalnego zespołu mikroorganizmów niepatogennych (nie zawierających GMO) wyselekcjonowanych pod kątem wysokiej aktywności biochemicznej i adaptowanych do degradacji materii organicznej i zanieczyszczeń. Wraz z inokulowanymi mikroorganizmami zostaje wprowadzony tlen cząsteczkowy w postaci nano- i mikropęcherzyków gazu, których zadaniem jest natlenienie środowiska oraz transport inokulowanych mikroorganizmów do górnych warstw kolumny wody, ich dyspersja i adsorpcja na powierzchni zawiesziny detrytusowej. Zadaniem wprowadzonego do środowiska inokulum mikroorganizmów jest szybka inicjacja tlenowych procesów degradacji oraz mineralizacji zanieczyszczeń organicznych oraz wspomoczenie zakłóconych procesów samooczyszczania się wód wraz z naturalnie występującą w zbiorniku mikroflorą bakterii, promieniowców i mikrogrzybów wodnych. Rozpuszczone w wodzie związki organiczne i zawieszina zanieczyszczające środowisko wodne zostaną enzymatycznie zdegradowane do substancji monomerycznych, zasymilowane przez mikroheterotrofy i wbudowane w ich biomasę, oraz w 80-90% zmineralizowane w procesie respiracji do dwutlenku węgla i soli mineralnych. Mineralne produkty azotowe i fosforowe, powstałe w respiracji tlenowej, zostaną częściowo zasymilowane i zużyte do produkcji biomasy mikroorganizmów, a pozostała część nieorganicznych

ortofosforanów (trudno rozpuszczalna w wodzie w tlenowym potencjale redox) zostanie wytrącona z wody i unieruchomiona biologicznie w wysoko zmineralizowanych natlenionych osadach dennych. Zredukowane formy azotu zostają utlenione i dalej w procesie anammox (beztlenowego utleniania amoniaku) przekształcone do azotu cząsteczkowego. Wytworzona biomasa bakterii w tych procesach zostanie konsumowana przez bakteriożerne pierwotniaki, które z kolei staną się bazą pokarmową dla mikrozooplanktonu > zooplanktonu > ryb > ssaków i ptaków doprowadzając do zwiększenia biomasy gatunków kręgowców gospodarczo użytecznych.

Skutkiem mikrobiologicznej bioremediacji są: (a) usunięcie nadmiaru związków organicznych i mineralnych z wody i osadów dennych; (b) poprawa jakości chemicznej

i biologicznej wody; (c) wzrost przezroczystości wody; (d) zmniejszenie miąższości organicznych osadów dennych i wzrost ich stopnia zmineralizowania; (e) korzystne zmiany w strukturze fitoplanktonu (zmniejszenie udziału cyanobakterii); (f) ograniczenie zakwitów fitoplanktonu; (g) zwiększenie stopnia natlenienia wód i osadów dennych.

Opracowywana koncepcja nowej biotechnologii „know-how” mikrobiologicznej bioremediacji zbiorników wodnych należy do grupy tzw. „zielonych technologii” („green technology”) przyjaznych środowisku naturalnemu i nie powodujących zakłóceń ekologicznego funkcjonowania ekosystemów wodnych. Ocenia się, że odbiorcami opracowanej biotechnologii „know-how” może być szeroka grupa podmiotów gospodarczych (których ilość lawinowo wzrasta w Polsce i krajach europejskich) oferująca w swojej

działalności biznesowej zabiegi rekultywacji i biologicznej rewitalizacji zanieczyszczonych zbiorników wodnych, a także szereg instytucji państwowych i samorządowych odpowiedzialnych za poprawę jakości wód śródlądowych. Mając na uwadze coraz bardziej malejące zasoby dobrej jakości śródlądowych wód powierzchniowych podjęto szereg działań zmierzających do opracowania i praktycznego zastosowania technologii poprawy jakości wód oraz rewitalizacji ekologicznej zdegradowanych i/lub silnie zeutrofizowanych zbiorników wodnych.

Prof. dr hab. Ryszard J. Chróst
Zakład Ekologii Mikroorganizmów
Uniwersytetu Warszawskiego
i Laboratorium Ochrony i Rekultywacji Wód,
Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych
Uniwersytetu Warszawskiego

Więcej na ten temat

- Water Quality and Health Strategy 2013-2020 – World Health Organization, 2013, str. 15
- Peretyatko A., Teissier S., De Backer S., Triest L. 2012. Biomanipulation of hypereutrophic ponds: when it works and why it fails – Environ. Monit. Assess. 184: 1517-1531.
- Padmavathi P., Sunitha K., Veeraiah K. 2012. Efficacy of probiotics in improving water quality and bacterial flora in fish ponds – African J. Microbiol. Res. 6: 7471-7478.
- Bonisławska M., Tański A., Nędzarek A., Tórz A. 2012. Effect of the coagulants PAX and PIX on the embryonic development of pike (*Esox lucius* L.) – Limnol. Rev. 12: 125-132.
- Lewicka-Rataj K., Kaczorkiewicz M., Heese T., Wasiniewska M., Mischczyn M. 2014. Structure and function of bacterioplankton in a rehabilitated Lake Trzecieko – Ecohydrol. Hydrobiol. (in press),
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecohyd.2014.02.002>
- Martyn C.N., Osmond C., Edwardson J.A., Barker D.J.P., Harris E.C., Lacey R.F. 1989. Geographical relations between Alzheimer's disease and aluminium in drinking water – The Lancet, 333: 61-62.
- Iribarren D., Daga P., Moreira M.T., Feijoo J. 2012. Potential environmental effects of probiotics used in aquaculture – Aquacult. Int. 20:779-789.

Redakcja

Kwartalnik Wiadomości Hydrobiologiczne Biuletyn Polskiego Towarzystwa Hydrobiologicznego

Redaktor naczelny:

Dr Jan Igor Rybak

Redaktorzy:

Dr Iwona Kostrzewska-Szlakowska
iwona.ks@wp.pl

Dr Urszula Niewiadomska
u.niewiadomska@op.pl

Piotr Panek

piotr-panek@wp.pl

Joanna Rybak

joan.rybak@gmail.com

Wydawca:

**Polskie Towarzystwo
Hydrobiologiczne**

ul. Żwirki i Wigury 101
02-089 Warszawa

ISSN 2299-4076

Kwartalnik jest bezpłatnie dostępny
w Internecie pod adresem
www.pth.home.pl

Copyright © 2012–2014 PTH
All rights reserved.

Fotografia na okładce:
Mozaika z włoskiej katedry w Aquilei
Barbara Szlakowska



Panta rhei kai ouden menei. foto. Wallabia