

Katarzyna JAROMIN<sup>1</sup>, Anna M. GIROL<sup>2</sup> i Piotr WOŚ<sup>1</sup>

## **BADANIA BIOINDYKACYJNE PROCESÓW OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW MIEJSKICH NA PRZYKŁADZIE OCZYSZCZALNI „HAJDÓW” W LUBLINIE**

### **BIOINDICATION RESEARCHES OF THE MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PROCESS AT THE “HAJDOW” WASTEWATER TREATMENT PLANT**

**Abstrakt:** W kolejnych urządzeniach ciągu technologicznego oczyszczalni ścieków bytują mikroorganizmy spotykane również w naturalnych zbiornikach wodnych, gdzie badania bioindykacyjne prowadzone są od dziesięcioleci. Mikroorganizmy w komorach bioreakcji, występując w postaci osadu czynnego, tworzą biologiczny czynnik procesowy oczyszczania ścieków. Występując również na powierzchni urządzeń stykających się ze ściekami, tworzą specyficzny biofilm (pekton), który - co prawda - nie pełni funkcji procesowych tak jak osad czynny, ale podobnie jak on może spełniać funkcje obiektu używanego do celów bioindykacyjnych. Proponowana praca zawiera przegląd informacji związanych z bioindykacyjną kontrolą procesów oczyszczania ścieków oraz przykładowe wyniki badań prowadzonych na obiektach miejskiej oczyszczalni ścieków „Hajdów” w Lublinie. Badania te prowadzono, wykorzystując podczas identyfikacji organizmów często w ostatnim czasie stosowane grupy morfologiczno-funkcjonalne. Uzyskane w ten sposób wyniki mogą posłużyć podczas obliczania indeksów biocenotycznych skorelowanych z biochemicznymi wskaźnikami poziomu zanieczyszczeń, takimi jak BZT<sub>5</sub> czy ChZT.

**Słowa kluczowe:** jakość ścieków, bioindykacja, osad czynny, błona biologiczna, pekton

Technologia osadu czynnego jest obecnie powszechnie stosowana do oczyszczania ścieków miejskich. Zasada oczyszczania jest taka sama jak w przypadku tlenowych procesów samooczyszczania, zachodzących w wodach w środowisku naturalnym. Różnicą jest tworzenie za pomocą środków technicznych optymalnych warunków przebiegu procesu, zwiększając tym samym jego szybkość i skuteczność. Opisany proces oczyszczania polega na mineralizacji zanieczyszczeń organicznych znajdujących się w ściekach przez drobnoustroje osadu czynnego w instalacjach technicznych. Zróżnicowana biocenoza osadu czynnego wykazuje zdolność do wykorzystywania różnorodnych substratów, tym samym usuwania ich ze ścieków, oraz przystosowywania się do zmieniających się warunków środowiskowych [1, 2].

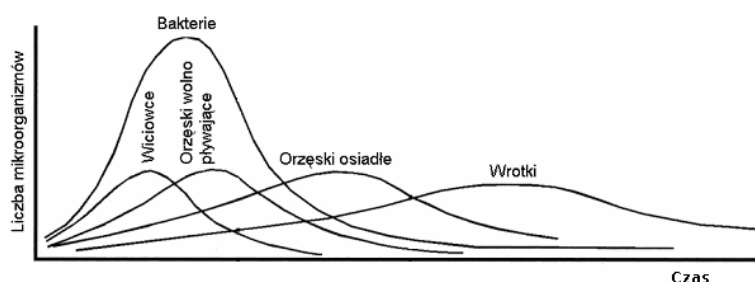
#### **Mikroorganizmy w osadzie czynnym i błonie biologicznej**

Osad czynny jest to kłaczkowata zawiesina złożona głównie z bakterii i pierwotniaków, wykorzystywana podczas procesu oczyszczania ścieków. Zanieczyszczenia organiczne absorbowane są na powierzchni kłaczek, a następnie mineralizowane na skutek procesów metabolicznych zachodzących w mikroorganizmach, a także pod wpływem egzoenzymów [2]. Metoda osadu czynnego wymaga doprowadzenia

<sup>1</sup> Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, Polska, tel. 81 538 43 22, email: k.m.jaromin@gmail.com

<sup>2</sup> Państwowy Uniwersytet Gospodarki Wodnej i Wykorzystania Zasobów Przyrody, ul. Soborna 11, 33000 Rivne, Ukraina

tłenu jako akceptora wodoru i substratu bioutleniania - zanieczyszczeń organicznych. Wielkość populacji poszczególnych typów bakterii w zawieszynie kłaczków zależy od jakości ścieków oraz od szybkości rozwoju zawartych w nich mikroorganizmów. Największą wadą tego procesu jest wrażliwość mikroorganizmów na związki trujące oraz inne wpływające na ich rozwój czynniki [3-5]. Początkowo podczas hodowli okresowej osadu czynnego w ściekach obecne są głównie bakterie, wiciowce oraz ameby. Z czasem pojawiają się orzęski odżywiające się bakteriami oraz orzęski drapieżne. W następnym etapie pojawiają się osiadłe formy orzęsków przyczepione do kłaczków. W etapie ostatnim rozwijają się wrotki. Opisane przemiany przedstawia rysunek 1 [1, 6].



Rys. 1. Sukcesja mikroorganizmów podczas hodowli okresowej osadu czynnego [6]

Fig. 1. Succession of activated sludge microorganisms [6]

W skład biocenozy złożonych zraszanych, będących jedną z implementacji błony biologicznej, wchodzi oprócz bakterii także organizmy wyższe (wrotki, nicienie oraz larwy owadów). Cechą charakterystyczną złoża biologicznego jest pionowe zróżnicowanie ich biocenozy. Wynika to z przebiegu procesu oczyszczania spływających ścieków od góry złoża ku dołowi, z czym wiążą się zmiany w stężeniu zanieczyszczeń i napowietrzania. Zbiorowiska organizmów są więc skorelowane ze zmniejszającym się stężeniem zanieczyszczeń w ściekach podczas ich przepływu przez złożo. Na zróżnicowanie przestrzenne organizmów mają też wpływ warunki tlenowe. Największe stężenie tlenu występuje u dołu oraz w górnych partiach złoża, warunki bliskie beztlenowym powstają natomiast w głębi wypełnienia. Zawarte w ściekach trucizny są absorbowane przez błonę już w górnych jej częściach i nie mają kontaktu z organizmami żyjącymi niżej, czym powodowana jest stosunkowo duża stabilność biologiczna złoża [2, 3, 7].

### Wykorzystanie mikroorganizmów czynnika procesowego do celów bioindykacyjnych

Badania opisywane w cytowanej powyżej literaturze przedmiotu potwierdzają zdolność biocenozy osadu czynnego oraz błony biologicznej do przeżycia w obecności substancji trujących, a także reagowania na ich pojawienie się w dopływie do oczyszczalni. Zwracają one uwagę na rolę pierwotniaków jako wskaźników obecności substancji trujących w systemach oczyszczania ścieków. Zmiany w zbiorowisku pierwotniaków mogą wpłynąć na sieć troficzną osadu, oddziałując w ten sposób na biologiczną wydajność oczyszczania ścieków. Dlatego też struktura zbiorowiska pierwotniaków może być wskaźnikiem warunków procesów realizowanych w oczyszczalni. W powiązaniu

z organizmami tkankowymi i bakteriami pierwotniaki tworzą mikroekosystem czuły na zmiany środowiska i często pozostają w nim gatunki najlepiej przystosowane. Stąd skład gatunkowy takich ekosystemów nie jest stały i odzwierciedla bieżące warunki panujące w bioreaktorach. Zjawisko to jest stosowane w praktyce do optymalizacji procesów wykorzystujących technologie osadu czynnego [1, 8-10].

Pierwotniaki, wśród nich orzęski, są po bakteriach najważniejszymi drobnoustrojami w procesie oczyszczania ścieków. Wywierają one stałą presję na populacje bakteryjne poprzez odżywanie się bakteriami, które pobudzane są przez to do wzmożonych podziałów i wzrostu, a tym samym rozwoju nowych kłaczków. Poza tym orzęski przyczyniają się do klarowania ścieków, żerując na bakteriach niesflokulowanych. Eliminują również zanieczyszczenia o większych rozmiarach, przez co zmniejszają ilość materii organicznej oraz bakterii chorobotwórczych. Orzęski pełzające wydzielają ponadto śluz, pomagający w zlepianiu się w kłaczkach żywej i martwej materii oraz zawieszin, przez co wspomagają proces flokulacji osadu [6, 8, 9].

Analiza mikroskopowa próbek osadu pozwala określić właściwości tego specyficznego czynnika procesu oczyszczania. Obejmuje ona oprócz wyglądu kłaczków również skład mikrofauny. Stwierdzenie dużej liczebności wiciowców i ameb, a więc pierwotniaków pionierskich, świadczy o przeciążeniu osadu i jego niedotlenieniu. Natomiast występowanie orzęsków zwykle świadczy o dobrej pracy osadu [6, 11].

Orzęski swobodnie pływające pojawiają się w osadach o małym wieku lub wysokoobciążonych. W takich warunkach następuje rozwój bakterii fakultatywnych, zaczynają dominować wiciowce oraz korzenionózki. Obserwuje się wtedy obumieranie wielu pierwotniaków i wrotków. Pojawiają się trudności z nityfikacją, zaś odpływ staje się mętny. Obecność dużej ilości korzenionózek i wiciowców, masowe występowanie bakterii pomiędzy kłaczkami, brak orzęsków i wrotków świadczyć może o nadmiernym przeciążeniu osadu substancjami organicznymi. Gdyby w osadzie czynnym nie występowały organizmy w stanie żywym, oznaczałoby to, że ze ściekami do komór bioreakcji przedostałyby się substancje trujące [1, 4, 6].

Różne gatunki pierwotniaków mogą wykazywać zmienną wrażliwość na substancje chemiczne, a ponadto czułość jednego gatunku może wahać się w zależności od rodzaju substancji szkodliwej [6].

Substancje trujące mogą dostać się do ścieków z zakładów przemysłowych albo ze spłukiwanych przez wodę deszczową ulic. Do substancji tych należą najczęściej pestycydy oraz chemikalia, takie jak: benzen, fenol, związki chloru, a także metale ciężkie. Nadmierne stężenie substancji szkodliwych może spowodować śmierć mikroorganizmów wchodzących w skład osadu czynnego. Podobnie negatywny wpływ na mikroorganizmy mogą mieć nagłe zrzuty ścieków zawierające duże ilości substancji dezynfekujących oraz środków czystości, które mogą w przypadkach dużej akumulacji spowolnić lub całkowicie wyeliminować procesy biodegradacji związków organicznych zachodzące w komorach bioreakcji oczyszczalni ścieków [8, 12].

Ścieki przemysłowe, pochodzące z produkcji niektórych związków organicznych, mogą działać w osadzie czynnym inhibicyjnie na bakterie nityfikacyjne. Najbardziej szkodliwe w odniesieniu do bakterii nityfikacyjnych są ścieki pochodzące z produkcji kauczuków butadienowo-styrenowych i akrylonitrylowych, terpenów, rozpuszczalników, styrenu i emulgatorów. Ścieki te są również szkodliwe dla procesu oczyszczania z uwagi na



Badany materiał biologiczny (pekton) pozwalał na wyróżnienie w swoim składzie co najmniej dziesięciu grup morfologiczno-funkcjonalnych możliwych do identyfikacji bez specjalistycznego przygotowania (rys. 2) [14, 16-19].

Jeśli identyfikacja wykonywana jest na podstawie gatunków, to oprócz znajomości kilkuset, a nawet kilku tysięcy organizmów wskaźnikowych należy zwiększyć powiększenia mikroskopu, a to wiązałoby się ze zmianą liczby pól widzenia oraz problemem zaobserwowania w polu większych pierwotniaków i wielokomórkowców. Pomiary stałyby się w takiej sytuacji bardziej skomplikowane.

### Podsumowanie i wnioski

W ciągu technologicznym oczyszczalni ścieków można wyróżnić swoistego rodzaju strefy, które charakteryzują się różną liczebnością organizmów, które mogą być przyporządkowane do odpowiednich grup morfologiczno-funkcjonalnych. W związku z tym wyróżnione strefy będą cechowały się odpowiednimi wartościami wskaźników i indeksów biocenotycznych [10, 14, 16-20].

Biomonitoring wykorzystujący mikroskopową analizę pektonu pozwala dostrzec zmiany zachodzące w procesie oczyszczania ścieków bez konieczności przyporządkowywania organizmów do konkretnych gatunków, co stanowi o dużej oszczędności czasu oraz pieniędzy.

W badanym materiale stwierdzono jednoczesne występowanie od dwóch do dziewięciu z wyróżnionych grup morfologiczno-funkcjonalnych. Najwięcej stwierdzono ich w komorach tlenowych i na wlocie z oczyszczalni. Najmniej na wlocie do oczyszczalni oraz na wlocie do piaskownika.

### Literatura

- [1] Klimowicz H. Znaczenie mikrofauny przy oczyszczaniu ścieków osadem czynnym. Warszawa: Zak. Wyd. Instytutu Kształtowania Środowiska; 1983.
- [2] Turoboyski L. Hydrobiologia techniczna. Warszawa: PWN; 1979.
- [3] Bobrowski M. Podstawy biologii sanitarnej. Białystok: Wyd Ekonomia i Środowisko; 2002.
- [4] Kańska Z, Grabińska-Łoniewska A, Łębkowska M, Rzechowska E. Ćwiczenia laboratoryjne z biologii sanitarnej - część II. Warszawa: Ofic. Wyd Polit Warszaw; 2001.
- [5] Eikelboom DH, Buijsen HJJ. Podręcznik mikroskopowego badania osadu czynnego. Warszawa: Wyd Seidel-Przywecki; 1999.
- [6] Amaral AL, Pons MN, Viriver H. Survey of a wastewater treatment plant microfauna by image analysis. *Biochem Eng.* 2001;1137-1144.
- [7] Martín-Cereceda M, Serrano S, Guinea A. A comparative study of ciliated protozoa communities in activated-sludge plants. *FEMS Microbiol Ecol.* 1996;21:267-276.
- [8] Madoni P, Davoli D, Gibin G. Survey of filamentous microorganisms from bulking and foaming activated-sludge plants in Italy. *Water Res.* 1999;34:1767-1772. DOI: 10.1016/S0043-1354(99)00352-8.
- [9] Lee S, Basu S, Tyler CW. Ciliate populations as bio-indicators at Deer Island Treatment Plant. *Advances in Environ Res.* 2004;8:371-378. DOI: 10.1016/S1093-0191(02)00118-1.
- [10] Montusiewicz A, Malicki J, Łagód G, Chomczyńska M. Estimating the efficiency of wastewater treatment in activated sludge systems by biomonitoring. *Environ Eng. London: Taylor & Francis Group;* 2007:47-54.
- [11] Zhou K, Xu M, Dai J, Cao H. The microfauna communities and operational monitoring of anactivated sludge plant in China. *Europ J Protistol.* 2006;42:291-295.
- [12] Nicolau A, Martins MJ, Mota M, Lima N. Effect of copper in the protistan community of activated sludge. *Chemosphere.* 2005;58:605-614. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2004.08.096.
- [13] Wierzbicki TL. *Technologia wody i ścieków. Ćwiczenia laboratoryjne.* Białystok: Wyd Polit Białostoc; 1996.

- [14] Łągód G, Sobczuk H. The number and size of samples required to measure the saprobe population at various pollutant concentrations in sewage. *Arch Environ Protect*. 2008;34(3):281-285.
- [15] Montusiewicz A, Chomczynska M, Malicki J, Łągód G. Biofilm sampling for bioindication of municipal wastewater treatment. *Environmental Engineering III*. 2010:491-496. DOI: 10.1201/b10566-78.
- [16] Łągód G, Jaromin K, Kopertowska A, Plizga O, Lefanowicz A, Woś P. Bioindicative studies of pecton in selected facilities of the Hajdow Wastewater Treatment Plant - a case study. *Environmental Engineering III*. 2010: 455-461.
- [17] Plizga O, Woś P, Łągód G. Bioindication researches on pecton in chosen facilities of wastewater treatment plant "Hajdow". *Proc ECOpole*. 2010;4(1):173-179.
- [18] Łągód G, Malicki J, Chomczyńska M, Montusiewicz A. Interpretation of the results of wastewater quality biomonitoring using saprobes. *Environ Eng Sci*. 2007;24(7):873-879. DOI: 10.1089/ees.2006.0090.
- [19] Chomczynska M, Montusiewicz A, Malicki J, Łągód G. Application of saprobes for bioindication of wastewater quality. *Environ Eng Sci*. 2009;26(2):289-295. DOI: 10.1089/ees.2007.0311.
- [20] Łągód G, Chomczynska M, Montusiewicz A, Malicki J, Bieganowski A. Proposal of measurement and visualization methods for dominance structures in the saprobe communities. *Ecol Chem Eng S*. 2009;16(3):369-377.

### BIOINDICATION RESEARCHES OF THE MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PROCESS AT THE "HAJDOW" WASTEWATER TREATMENT PLANT

<sup>1</sup> Faculty of Environmental Engineering, Lublin University of Technology, Poland

<sup>2</sup> National University of Water Management and Natural Resources Use, Rivne, Ukraine

**Abstract:** The microorganisms common in the natural watercourses, where the bioindicative measurements have been conducted for decades, reside also in the following facilities of *wastewater treatment plants* (WWTPs) technological line. In the bioreactor chambers, the microorganisms forming an active sludge create the biological process factor of sewage treatment. Microorganisms covering also the surfaces of technological devices swilled by sewage forms the specific biofilm, which is not functioning as a process factors, like an active sludge, but it can function as a suitable object for bioindicative purposes. This paper presents the review of information concerning the problem of bioindicative control of wastewater treatment processes and exemplary results of researches conducted at the technological objects of municipal WWTP "Hajdow" in Lublin, Poland. During these researches to organisms identification the recently often applied morphological-functional groups were employed. The obtained results may be applied during the calculations of biocenotic indices correlated to the indicators of pollution *eg* BOD<sub>5</sub> and COD.

**Keywords:** wastewater quality, bioindication, activated sewage sludge, biofilm, pecton