

ZWALCZANIE BAKTERII NITKOWATYCH TYPU *NO-STOCIDA LIMICOLA* I 0041 W OCZYSZCZALNI W TŁUCZEWIE

Autor: dr inż. Krzysztof Czerwionka

Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Politechnika Gdańska

Gminna oczyszczalnia w Tłuczewie umożliwia biologiczne, zintegrowane usuwanie związków organicznych, azotu i fosforu w niskoobciążonym procesie osadu czynnego. Ścieki oczyszczone odprowadzane są do Łeby, która po ok. 90 km wpada do jeziora Łebsko leżącego na terenie Słowińskiego Parku Narodowego.

Układ technologiczny oczyszczalni stanowią: punkt zlewny i zbiornik retencyjny ścieków dowożonych, krata rzadka, osadnik Imhoffa, reaktor biologiczny z osadem czynnym, zespolony z „kieszeniowym” osadnikiem wtórnym, stacja odwadniania osadu („workownice”) oraz instalacja do chemicznego wspomaganie biologicznej defosfatacji. Obiekt przyjmuje ścieki dopływające kanalizacją sanitarną z miejscowości Linia (siedziba gminy) oraz ścieki dowożone taborem asenizacyjnym z okolicznych wsi. Biologiczne usuwanie związków organicznych oraz azotu i fosforu zachodzi w jednej, przepływowej komorze osadu czynnego, w której utrzymywane są zmienne w czasie warunki tlenowe. Zachowanie odpowiedniej sekwencji oraz czasów trwania faz bez-tlenowych, niedotlenionych i tlenowych zapewnia efektywny przebieg procesów usuwania węgla organicznego, nityfikacji, denityfikacji i podwyższonej biologicznej defosfatacji. Ścieki dowożone wprowadzane są do układu technologicznego ze zbiornika retencyjnego ze stałym wydatkiem, co pozwala na zmniejszenie ich negatywnego wpływu na procesy oczyszczania biologicznego. Osad czynny jest recyrkulowany samoczynnie do reaktora biologicznego przez szczelinę, wykonaną w dolnej części „kieszeniowego” osadnika wtórnego.

Występujące naturalnie w biocenozie osadu czynnego bakterie nitkowate mogą, przy nadmiernym rozwoju, powodować niekorzystne zjawiska puchnięcia i pienienia osadu. Puchnięcie osadu polega na rozluźnieniu zwartej struktury kłaczków, utworzonej z mikroorganizmów kłaczkujących (*Zooglea*). W kłaczkach związana jest duża ilość wody i gazów, co powoduje pogorszenie sedimentacji osadu i utratę zdolności do tworzenia dużych aglomeratów. Pienienie

natomiast jest mechanizmem biofizykochemicznym, spowodowanym nadmiernym rozwojem bakterii nitkowatych. Proces wywołują specyficzne substancje dopływające ze ściekami i produkty metabolizmu bakterii o właściwościach hydrofobowych i powierzchniowo-czynnych. Wytwarza się trójfazowy układ powietrze-woda-mikroorganizmy. W początkowej fazie występuje pienienie osadu, później tworzy się gęsty, stabilny kożuch na całej powierzchni reaktora.

Zgodnie z klasyfikacją mikroorganizmów nitkowatych, zaproponowaną przez Wannera i Grau¹, do grupy F – mikroorganizmów tworzących pianę – zaliczono bakterie *Microthrix parvicella*, *Typ 0092*, *Typ 0041*, *Nostocoida limicola* oraz promieniowce nocardiodopodobne (*Nocardia*). Nitki bakterii *Nostocoida limicola* są wygięte, nieruchome, o długości 100-300 μm . Komórki są mniej lub bardziej kuliste, nie posiadają rozgałęzień ani substancji zapasowych. Nitki bakterii *Typ 0041* są proste lub lekko wygięte, nieruchome, ich długość waha się od 200 do 300 μm . Znajdują się one zarówno w kłaczkach, jak i w fazie płynnej między kłaczkami². Rozwojowi bakterii *Nostocoida limicola* i *Typ 0041* sprzyja niskie obciążenie osadu [poniżej 0,15 kg BZT₅/(kg_{s,m}*d)] oraz duże jego stężenie. Obserwowane są również zmiany sezonowe w populacji poszczególnych typów bakterii nitkowatych, np. w okresie letnim dominuje *Nocardia*, *Typ 0041*, *Nostocoida limicola*, a w okresie zimowym *Microthrix parvicella*³.

W literaturze światowej brakuje w pełni potwierdzonych informacji o skutecznych metodach zwalczania bakterii *Nostocoida limicola* i *Typ 0041*. Podstawowa metoda polega na dociążaniu osadu, tj. stosowaniu soli żelaza (roztworu siarczanu żelaza II)⁴ z zawartością żelaza od 20 do 30 mg/dm³. Jednocześnie najskuteczniejszą metodą zwalczania bakterii nitkowatych *Microthrix parvicella*, należących do tej samej grupy co analizowane bakterie, jest dawkowanie polichlororku glinowego (PAX). Stosuje się dawki w zakresie od 1 do 6 g Al³⁺/kg_{s,m}.³

Masowy rozwój bakterii

W maju 2006 r. na oczyszczalni zaobserwowano typowe symptomy masowego rozwoju bakterii nitkowatych. Na powierzchni komory osadu czynnego oraz osadnika wtórnego występowała gruba warstwa piany w postaci wyflocowanego osadu. Jednocześnie osad charakteryzował się złymi właściwościami sedymentacyjnymi (opadalność powyżej 900 cm³/dm³). Analiza mi-

krobiologiczna osadu wykazała, że w osadzie czynnym dominuje bakteria *Nostocoida limicola*. Podjęto więc decyzję o zastosowaniu jonów glinu w postaci reagenta PAX-18 przy dawce wynoszącej 4 g Al/kg_{s.m.}. Prowadzone przez dwa miesiące badania wykazały skuteczność reagenta w zwalczaniu skutków nadmiernego rozwoju bakterii nitkowatych z rodzaju *Nostocoida limicola* (likwidacja piany), a jednocześnie jedynie nieznaczne zmniejszenie ich liczebności. Jedną z przyczyn takiej sytuacji mogły być problemy z odwadnianiem osadu, co spowodowało wzrost jego stężenia z 4,5 kg_{s.m.}/m³ (na początku badań) do ok. 8 kg_{s.m.}/m³ (pod koniec).

We wrześniu 2007 r. ponownie stwierdzono występowanie na powierzchni komory napowietrzania osadu czynnego grubej warstwy piany w postaci wyflotowanego kożucha osadu. Także na powierzchni osadnika wtórnego występowała warstwa osadu pływającego. W celu weryfikacji składu mikrobiologicznego pobrano do analiz biologicznych próby obu osadów. Warstwę kożucha na powierzchni komory napowietrzania tworzyła nitkowata bakteria *Typ 0041*. Subdominantem w kożuchu była *Nostocoida limicola*. W kożuchu znajdowały się duże, ciemne kłaczki osadu (200-500 μm), a sporadycznie pojawiały się orzęski osiadłe (*Opercularia*) – innych organizmów tam nie stwierdzono. Także w osadzie czynnym dominującym organizmem była nitkowata bakteria *Typ 0041*. Subdominantami były *Nostocoida limicola* i *Typ 021N*. *Zooglea* i swobodnie pływające bakterie cylindryczne były widoczne sporadycznie (tab. 1). Bakterie nitkowate powodowały silne pęcznienie osadu. Jednocześnie wykonane oznaczenie stężenia osadu czynnego w komorze osadu wykazało bardzo wysoką jego koncentrację, wynoszącą 7,3 kg_{s.m.}/m³ (co jest wartością znacznie wyższą od założonej w dokumentacji projektowej, tj. 4,5 kg_{s.m.}/m³).

Z uwagi na doświadczenia z roku poprzedniego powtórnie zdecydowano się na dawkowanie PAX-18, przy dawce wynoszącej 4 g Al/kg_{s.m.}. Uwzględniając jednak występujące w oczyszczalni problemy z zagęszczaniem i odwadnianiem osadu, założono także konieczność systematycznego badania stężenia osadu w komorze w celu odpowiedniej weryfikacji dobowej objętości wprowadzanego reagenta.

Dawkowanie chlorku poliglinu

Wprowadzanie reagenta – PAX-18 do komór reaktora oczyszczalni w Tłuszczewie rozpoczęto 28 września 2007 r. Miejscem dawkowania reagenta była

komora osadu czynnego. Na pomoście technicznym przy turbinie napowietrzającej umieszczono zbiornik instalacji dawkowania, a następnie przeprowadzono regulację ustawienia zaworu spustowego do wydatku ok. 5 dm³/h. W dniu rozpoczęcia dawkowania PAX-u stwierdzono występowanie grubej warstwy piany na powierzchni komory osadu czynnego oraz warstwy osadu na powierzchni osadnika wtórnego.

Po sześciu dniach dawkowania preparatu stwierdzono stopniowe zmniejszanie grubości kożucha piany występującej w komorze osadu czynnego. Na powierzchni osadnika wtórnego występowały duże ilości cienkiej i rozdrobnionej piany, sukcesywnie zbieranej i kierowanej do komory osadu czynnego poprzez system specjalnych lejów osadu pływającego. Obserwacje mikroskopowe osadu wskazały na nieznaczny spadek liczebności bakterii nitkowatych *Typ 0041* (z kat. 4 do kat. 3 – tab. 1).

Praktycznie całkowite ustąpienie piany z powierzchni komory osadu czynnego i osadnika wtórnego stwierdzono po 11 dniach od rozpoczęcia dawkowania reagenta. Występowała ona tylko w okresie pracy turbiny napowietrzającej jako tzw. piany technologicznej. Obserwacje mikroskopowe osadu wskazały na bardzo znaczące obniżenie liczebności bakterii nitkowatych *Typ 0041* (z kat. 3 do kat. 1) i spadek liczebności bakterii *Nostocoida limicola* (z kat. 3 do kat. 2 – tab. 1). Poprawa struktury osadu umożliwiła nieznaczne obniżenie stężenia osadu z 8,5 kg_{s.m.}/m³ (po 11 dniach) do 8,1 kg_{s.m.}/m³ (w 15 dniu badań – tab. 2). Wykonane w tym dniu badania osadu wykazały całkowitą eliminację z biocenozy bakterii nitkowatej *Typ 0041*. Jednocześnie zaobserwowano masowy rozwój bakterii *Zooglea* na powierzchni kłaczek utworzonych przez kłębki nitek bakterii *Nostocoida limicola* (tab. 1).

19 października 2007 r. po 21 dniach zakończono wprowadzanie reagenta PAX-18 do komór osadu czynnego. Wymiernym, pozytywnym skutkiem tego działania był utrzymujący się od pewnego czasu zanik piany biologicznej na powierzchniach komory osadu czynnego oraz osadnika wtórnego. Nie udało się jednak obniżyć stężenia osadu w komorze, które utrzymywało się na poziomie ok. 8 kg_{s.m.}/m³. Analiza biologiczna osadu wskazała na praktycznie całkowitą eliminację bakterii nitkowatej *Nostocoida limicola* (kat. 1/0 – tab. 1). Przez cały okres prowadzonych badań parametry jakości ścieków oczyszczonych spełniały wymagania obowiązującego oczyszczalnię pozwolenia wodnoprawnego.

Kontrola technologiczna

Oczyszczalnia w Tłuczewie ma ograniczone możliwości kontroli technologicznej efektywności przebiegających procesów. Sytuacja taka jest typowa dla mniejszych oczyszczalni ścieków komunalnych. W takim przypadku bardzo skuteczną metodą przybliżonej oceny przemian biocenozy osadu czynnego zdominowanego przez bakterie nitkowate jest pomiar opadalności, który w powiązaniu z okresowo wykonywanymi oznaczeniami stężenia osadu umożliwia ustalenie wartości indeksu objętościowego osadu (Sludge Volume Index – SVI) oraz indeksu objętościowego osadu rozcieńczonego (Diluted Sludge Volume Index – DSVI). W tym oznaczeniu objętość osadu czynnego po 30-minutowej sedymentacji w cylindrze miarowym (V_{30}) nie może przekroczyć $200 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$. W przeciwnym wypadku konieczne jest wykonanie odpowiedniego rozcieńczenia próbki. W trakcie prowadzonych badań oznaczano opadalność dla prób pobranych bezpośrednio z komory oraz przy rozcieńczeniach 1:1 (500 cm^3 osadu z komory + 500 cm^3 ścieków oczyszczonych), 1:2 (330 cm^3 osadu z komory + 670 cm^3 ścieków oczyszczonych), 1:3 (250 cm^3 osadu z komory + 750 cm^3 ścieków oczyszczonych), 1:4 (200 cm^3 osadu z komory + 800 cm^3 ścieków oczyszczonych) oraz 1:5,6 (150 cm^3 osadu z komory + 850 cm^3 ścieków oczyszczonych). W tab. 2 zestawiono wyniki pomiarów opadalności w trakcie prowadzonych prac oraz oznaczone wielkości stężenia osadu. Obliczone wartości indeksu osadu dla prób nierozcieńczonych (SVI) i przy wybranych rozcieńczeniach (DSVI) przedstawiono na rysunku. Z prezentowanych danych jednoznacznie wynika, że indeks osadu dla prób nierozcieńczonych nie może być wiarygodny przy ocenie właściwości sedymentacyjnych bardzo stężonego osadu (przez cały czas wartości były wyrównane i wahały się w zakresie $120\text{-}130 \text{ cm}^3/\text{g}_{\text{s.m.}}$). Rzeczywiste wartości początkowego indeksu osadu określone dla prób rozcieńczonych wynosiły $180\text{-}200 \text{ cm}^3/\text{g}_{\text{s.m.}}$. Analiza przebiegu zmian indeksu DSVI wskazuje, że poprawa właściwości sedymentacyjnych osadu nastąpiła mniej więcej ósmego dnia od rozpoczęcia badań (przy rozcieńczeniach 1:3 i 1:5.56). Efekt ten nie jest pełni zauważalny przy rozcieńczeniu 1:1, co potwierdza konieczność takiego doboru rozcieńczenia, aby objętość osadu po 30 minutach sedymentacji nie przekraczała 200 cm^3 .

Efekty stosowania PAX-18

Od 28 września do 19 października 2007 r. wykonano badania nad zwalczaniem masowego rozwoju bakterii nitkowatych *Typ 0041* i *Nostocoida limicola* w osadzie czynnym za pomocą reagenta PAX-18. Zaprezentowane wyniki wykazały, że:

- dozowanie PAX-18 do komory bioreaktora obiektu w Tłuczewie z dawką 4 g Al/kg_{s.m.} przyczyniło się do całkowitej eliminacji skutków nadmiernego rozwoju bakterii nitkowatych *Typ 0041* i *Nostocoida limicola* (likwidacja piany),
- reagent PAX-18 jest skuteczny w eliminacji bakterii nitkowatej *Typ 0041* (efekt całkowitej eliminacji tej bakterii uzyskano po 15 dobach stosowania go),
- eliminacja bakterii *Nostocoida limicola* wymaga wydłużonego czasu stosowania reagenta PAX-18 (po 22 dniach liczebność tej bakterii spadła do poziomu kat. 1/0),
- przeprowadzone badania potwierdziły uwagi zawarte w literaturze przedmiotu, iż zwykły objętościowy indeks osadu (SVI) nie jest parametrem dobrze opisującym własności sedymentacyjne osadu, znacznie lepsze wyniki można uzyskać, stosując oznaczenie indeksu osadu rozcieńczonego (DSVI), przy czym konieczny jest taki dobór rozcieńczenia, aby objętość osadu po 30 minutach sedymentacji nie przekraczała 200 cm³.

Źródła

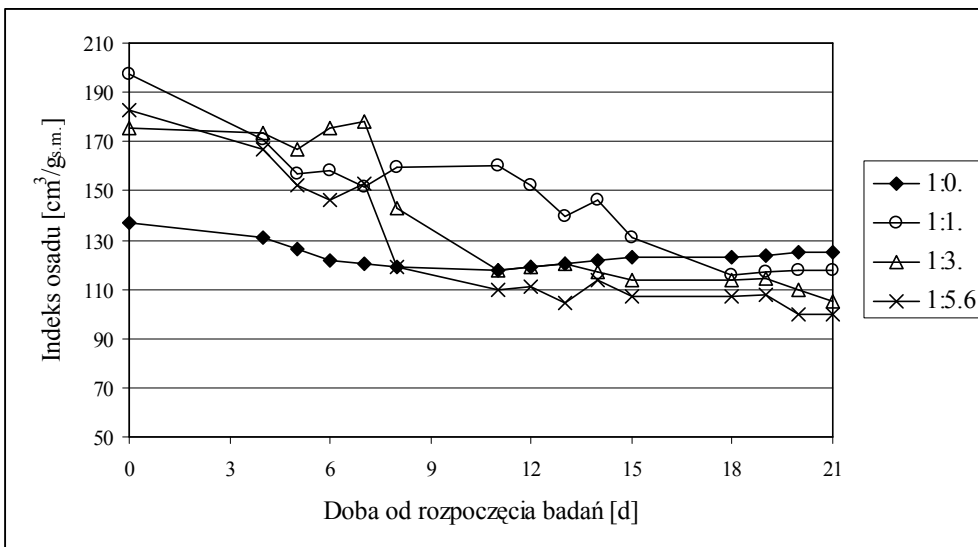
1. Albertson O.E.: *Control of bulking and foaming organisms. In design and retrofit of wastewater treatment plants biological nutrients removal*. Lancaster. PA: Technomic Publishing Co. Inc. 1992.
2. Eikelboom D.H., van Buijsen H.J.J.: *Podręcznik mikroskopowego badania osadu czynnego*. Wydawnictwo SEIDEL-PRZYWECKI. Szczecin 1999.
3. Geneja M.: *Aspekty technologiczne występowania mikroorganizmów nitkowatych w osadzie czynnym*. Materiały Seminarium Szkoleniowego „Mikroorganizmy nitkowate w osadzie czynnym. Identyfikacja i wpływ na funkcjonowanie oczyszczalni ścieków”. Gdańsk 2002.
4. Bazeli M.: *Problemy sedymentacji. Metody zwalczania mikroorganizmów nitkowatych*. Materiały Seminarium Szkoleniowego „Mikroorganizmy nitkowate w osadzie czynnym. Identyfikacja i wpływ na funkcjonowanie oczyszczalni ścieków”. Gdańsk 2002.

Tab. 1. Bakterie osadu czynnego w oczyszczalni Tłuczewo w okresie wprowadzania PAX-18

Bakterie	Data badania				
	28.09.2007	03.10.2007	08.10.2007	12.10.2007	19.10.2007
<i>Zooglea</i>	x	x	xx	xxx	xxx
Swobodnie pływające bakterie	-	x	xxx	xxx	xxx
Bakterie nitkowate					
<i>Typ 0041</i>	Kat. 4	Kat. 3	Kat. 1	-	-
<i>Nostocoida limicola</i>	Kat. 3	Kat. 3	Kat. 2	Kat. 2	Kat. 1/0
<i>Typ 021N</i>	Kat. 1	Kat. 1	Kat. 0	-	-
<p>Objaśnienie:</p> <p><u>Bakterie nitkowate:</u> <u>Zooglea:</u> <u>Swobodnie pływające bakterie:</u></p> <p>Kat. 0 – rzadko x – sporadycznie x – pojedynczo w preparacie</p> <p>Kat. 1 – w niewielkiej ilości xx – dość licznie w preparacie xx – nieliczne w preparacie</p> <p>Kat. 2 – średnio xxx – licznie w preparacie xxx – licznie w preparacie</p> <p>Kat. 3 – dużo xxxx – masowo w preparacie</p> <p>Kat. 4 – bardzo dużo</p>					

Tab. 2. Opadalność oraz stężenie osadu czynnego w oczyszczalni Tłuczewo w okresie badań

Doba od rozpoczęcia badań	Stężenie osadu [kg _{s.m} /m ³]	Opadalność [cm ³ /dm ³] przy rozcieńczeniu					
		1:0	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5.6
0	7,3	998	720	440	320	260	200
4	-	998	650	450	330	260	190
5	-	998	620	470	330	270	180
6	8,2	998	650	470	360	280	180
7	-	998	630	480	370	260	190
8	-	998	670	480	300	240	150
11	8,5	998	680	470	250	200	140
12	-	998	640	440	250	200	140
13	-	998	580	440	250	210	130
14	-	998	600	450	240	220	140
15	8,1	998	530	320	230	190	130
18	-	998	470	310	230	190	130
19	-	998	470	320	230	180	130
20	-	998	470	290	220	180	120
21	8,0	998	470	270	210	170	120



Objęściowy indeks osadu w trakcie prowadzonych badań dla prób nierozcieńczonych (SVI) i przy rozcieńczeniach 1:1, 1:3 i 1:5.6 (DSVI)