

Katarzyna PAŹDZIÓR, Anna KLEPACZ-SMÓŁKA, Julita WRĘBIAK, Stanisław LEDAKOWICZ

e-mail: katarzyna.pazdzior@p.lodz.pl

Katedra Inżynierii Bioprocusowej, Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska, Politechnika Łódzka, Łódź

Biodegradacja wydzielonego strumienia ścieków włókienniczych w reaktorze o działaniu ciągłym

Wstęp

Problematyka ścieków włókienniczych jest zagadnieniem niezwykle ważnym, ponieważ w przemyśle tym powstają ścieki należące do jednych z bardziej uciążliwych dla środowiska. Związane jest to z ich znacznym obciążeniem związkami chemicznymi, do których można zaliczyć detergenty, sole oraz barwniki [Amaral i in., 2014]. W związku z tym, że jest to również przemysł wysoko wodochłonny rekomendowanym rozwiązaniem jest zamykanie obiegów wody. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu różnych (biologicznych, pogłębionego utleniania, membranowych), ale zintegrowanych metod.

Metody biologiczne są uznawane za rozwiązania ekonomiczne (niskie zużycie energii) i przyjazne dla środowiska. Jakkolwiek charakteryzują się określonymi ograniczeniami. Mogą być wykorzystywane tylko do rozkładu związków biodegradowalnych. Co więcej, drobnoustroje są wrażliwe na związki toksyczne obecne w rozpatrywanych ściekach [Ganzenko i in., 2014]. Zazwyczaj stosowane są jako jeden z elementów systemu oczyszczania ścieków włókienniczych. Mogą być stosowane jako pierwsza metoda oczyszczania ścieków biodegradowalnych, bądź kolejna w przypadku ścieków mało podatnych na biodegradację.

W ramach niniejszej pracy zastosowano metodę osadu czynnego w reaktorze o działaniu ciągłym do oczyszczenia ścieków barwiariskich, z których wydzielono strumień po praniu z bielaniem, barwieniu i pierwszym płukaniu po barwieniu.

Materiały i metody

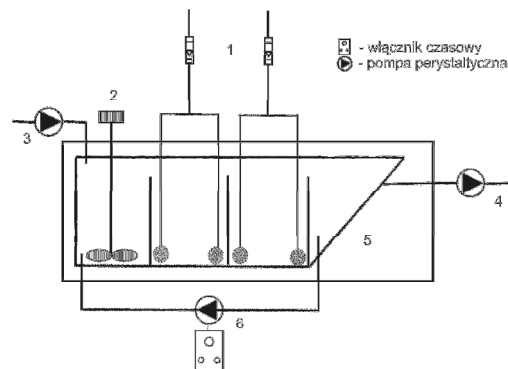
Ścieki rzeczywiste poddawane biodegradacji pochodziły z jednego z zakładów włókienniczych w okolicach Łodzi. Ze wszystkich ścieków powstających na terenie zakładu wyodrębniany był strumień ścieków niskoobciążonych (pozbawionych ścieków po praniu z bielaniem, barwieniu i pierwszym płukaniu po barwieniu).

Inokulum stanowił osad czynny z oczyszczalni ścieków włókienniczych. Utrzymywano hydrauliczny czas zatrzymania (HRT) na poziomie 32 h.

Obciążenie organicznymi związkami węgla zmieniało się w przedziale $0,2 \div 0,6 \text{ kgChZT} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$. W drugiej części badań do wszystkich komór reaktora dodano keramzyt sferyczny (średnica ziaren $9 \div 13 \text{ mm}$), który tworzył ruchomą warstwę filtracyjną na powierzchni ścieków zajmując około 20% objętości każdej z komór.

Aparatura. Badania prowadzono w reaktorze o działaniu ciągłym o pojemności roboczej 12 dm^3 podzielonym na trzy komory i osadnik wtórny (Rys. 1). Reaktor zaopatrzony w króćce umożliwiające recyrkulację wewnętrzną i recyrkulację osadu wyposażono w: mieszadło mechaniczne firmy IKA (komora anoksydacyjna); system napowietrzania zasilany z sieci sprężonego powietrza, składający się z rotametrów i kamieni napowietrzających (2 komory tlenowe); pompy perystaltyczne firmy Vertex umożliwiające dopływ, odpływ ścieków oraz recyrkulację wewnętrzną i recyrkulację osadu. Reaktor był umieszczony w łaźni wodnej, w której za pomocą termostatu utrzymywana była temperatura 30°C .

Badania efektywności procesów biologicznych były prowadzone w oparciu o następujące wskaźniki: barwa (zgodnie z normą PN-EN ISO 7887:2002), sucha masa i sucha masa organiczna (zgodnie ze standardowymi metodami [APHA, 1989]), tlen rozpuszczony (elektroda Cellox 325 podłączona do miernika WTW Multi Lab 1), chemiczne zapotrzebowanie na tlen (ChZT, testy kuwetowe firmy Hach-Lange), pięciodniowe biochemiczne zapotrzebowanie na tlen (BZT₅, metoda rozcieńczeń zgodnie ze standardowymi metodami [APHA,



Rys. 1. Schemat reaktora ciągłego z wyposażeniem: 1) system napowietrzania, 2) mieszadło mechaniczne, 3) dopływ ścieków, 4) odpływ ścieków, 5) reaktor z osadem czynnym umieszczony w łaźni wodnej, 6) recyrkulacja wewnętrzna i osadu

1989]), azot ogólny i ogólny węgiel organiczny (za pomocą analizatora TOC-TN typ IL550), fosfor ogólny (testy kuwetowe firmy Hach-Lange), przewodność (elektroda TetraCon 325 podłączona do miernika WTW Multi 720), pH (elektroda SenTix 21 podłączona do miernika WTW Multi 720) oraz mikroskopowe obserwacje osadu.

Wyniki i dyskusja

Charakterystyka oczyszczanych ścieków

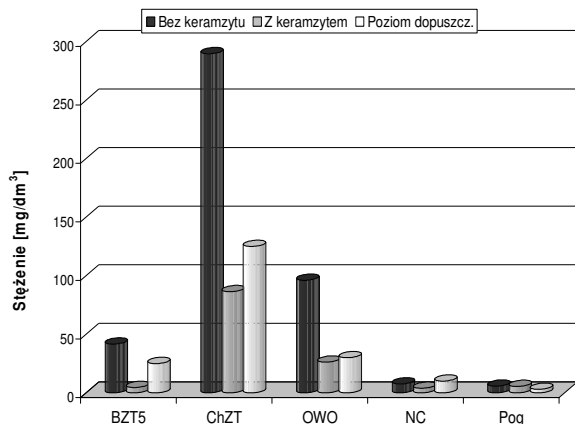
Ścieki pobierane były sześciokrotnie w przeciągu dwóch miesięcy. Wartości poszczególnych wskaźników zanieczyszczeń ulegały wahaniom w szerokim zakresie (Tab. 1) – np. wartość ChZT zmieniała się od 260 aż do $800 \text{ mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$. Natomiast wartość stosunku BZT₅ do ChZT (który jest miarą podatności ścieków na biodegradację) ulegał stosunkowo niewielkim wahaniom ($0,35 \div 0,41$) i mieścił się w przedziale właściwym dla ścieków podatnych na biodegradację. Ścieki charakteryzowały się wartościami pH ($7,88 \div 9,99$) wyższymi niż optymalne dla drobnoustrojów. Niemniej jednak w badaniach stosowany był osad czynny, który był zaadaptowany do takich wartości pH. Stosunek BZT₅ do azotu ogólnego oscylował wokół wartości typowej dla zawartości węgla i azotu w biomase – usunięcie związków azotu powinno następować na zasadzie wbudowywania w biomasę. Natomiast ilość związków fosforu znacząco przekraczała zapotrzebowanie żywych organizmów – usunięcie związków fosforu wymaga zastosowania procesów defosfatacji na drodze biologicznej bądź chemicznej (strącanie).

Tab. 1. Charakterystyka niskoobciążonych ścieków włókienniczych

Wskaźnik	Wartość		
	średnia	maks.	min
pH	8,58	9,99	7,88
Przewodność [$\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$]	3,02	3,16	2,9
BZT ₅ [$\text{mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	218	280	105
ChZT [$\text{mgO}_2 \cdot \text{dm}^{-3}$]	578	800	260
BZT ₅ /ChZT [–]	0,38	0,41	0,35
OWO [$\text{mgC} \cdot \text{dm}^{-3}$]	218	380	100
NC [$\text{mgN} \cdot \text{dm}^{-3}$]	8,1	12,6	4,5
BZT ₅ /NC [$\text{mgO}_2 \cdot \text{mgC}$]	29	44	13
Fosfor ogólny [$\text{mgP} \cdot \text{dm}^{-3}$]	5,8	6,2	5,1
BZT ₅ /Pog [$\text{mgO}_2 \cdot \text{mgP}$]	35	46	20

Biodegradacja ścieków w reaktorze o działaniu ciągłym

W pierwszym etapie badań obserwowano niezadowalające efekty biodegradacji badanych ścieków w reaktorze o działaniu ciągłym. Wartości większości badanych wskaźników w ściekach (Rys. 2) wypływających z bioreaktora przekraczały dopuszczalny poziom [Rozporządzenie MŚ, 2014].

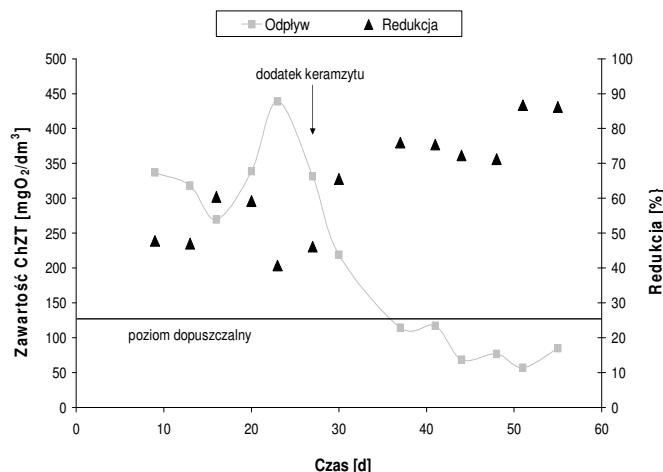


Rys. 2. Wartości podstawowych wskaźników zanieczyszczeń w odpływie z bioreaktora o działaniu ciągłym

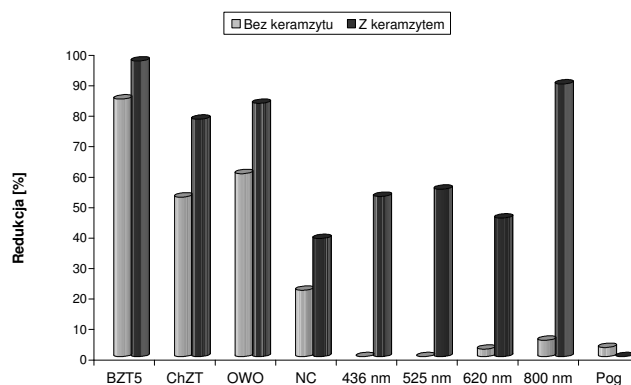
Stwierdzono, że osadnik wtórny nie jest skuteczny w zatrzymywaniu biomasy – sucha masa organiczna w ściekach odpływających z oczyszczalni stanowiła od 30 do 100% suchej masy organicznej mierzonej w komorach reaktora. W efekcie realny wiek osadu oscylował wokół wartości 2 dób. Generalnie, zawartość suchej masy organicznej w poszczególnych komorach reaktora utrzymywała się na bardzo niskim poziomie – około 0,5 g·dm⁻³.

Powodem zatrzymywania niewielkiej ilości biomasy w osadniku wtórnym mogła być niewłaściwa struktura kłaczków osadu czynnego. Kłaczkki były bardzo drobne albo tworzyły konglomeraty powyżej 1 mm średnicy mające tendencje do osadzania na elementach bioreaktora. Występowały duże ilości krętków, nicieni i orzęsków wolnożyjących oraz bardzo duże ilości bakterii wolnożyjących. Szczególnie te ostatnie mogły być odpowiedzialne za wypływanie biomasy z układu.

Celem poprawienia efektów biodegradacji poprzez zatrzymanie biomasy w reaktorze zastosowano dodatek keramzytu. Keramzyt może z jednej strony służyć jako nośnik dla biofilmu, z drugiej zaś jako materiał filtracyjny. Założony cel został osiągnięty. Już po tygodniu od dodania keramzytu widać było wzrost skuteczności biodegradacji badanych ścieków (Rys. 3).



Rys. 3. Zmiany wartości oraz redukcji wskaźnika ChZT w trakcie biodegradacji ścieków włókienniczych



Rys. 4. Stopnie redukcji podstawowych wskaźników zanieczyszczeń uzyskiwanych w bioreaktorze o działaniu ciągłym

Wiek osadu wzrósł do wartości około 20 dób. Wartości większości wskaźników w ściekach opuszczających reaktor spełniały wymogi Rozporządzenia Ministra Środowiska [Rozporządzenie MŚ, 2014] – Rys. 2 i 3. Jedynie usunięcie fosforu wymaga zastosowania dodatkowych procesów (np. chemicznego strącania).

Dodatek keramzytu przyczynił się również do istotnego odbarwienia oczyszczanych ścieków – około 50%. Na rys. 4 przedstawiono stopnie usunięcia barwy policzone dla absorbancji mierzonej przy trzech długościach fali: 436, 525 i 620 nm (zgodnie z normą PN-EN ISO 7887:2002). Redukcja absorbancji przy 800 nm informuje o znaczącym usunięciu mętności – około 90%.

Dodatkowo warstwa keramzytu zapewniła warunki anoksydacyjne w pierwszej komorze bioreaktora. Przed jej zastosowaniem stężenie tlenu w komorze anoksydacyjnej wahało się ok. 1,5 mgO₂·dm⁻³, natomiast w obecności keramzytu stężenie tlenu w tej komorze spadło do wartości 0,2 mgO₂·dm⁻³.

Wnioski

Ścieki włókiennicze pozbawione najbardziej zanieczyszczonych kąpieli (z prania z bielaniem, barwienia i pierwszego płukania po barwieniu) można oczyścić za pomocą procesów biologicznych do poziomu umożliwiającego odprowadzanie ścieków do wód powierzchniowych. Jedynie usunięcie fosforu wymaga zastosowania dodatkowych procesów (np. strącania chemicznego).

Ustalono, że prosta metoda osadu czynnego nie jest wystarczająca. Ze względu na niewłaściwą morfologię i skład kłaczków osadu czynnego niezbędne było zastosowanie materiału (keramzytu), który służył jako nośnik biofilmu i materiał filtrujący odpływ z oczyszczalni.

LITERATURA

- Amaral F.M., Kato M.T., Florencio L., Gavazza S., 2014. Color, organic matter and sulfate removal from textile effluents by anaerobic and aerobic processes. *Bioresource Technol.*, **163**, 364-369. DOI: 10.1016/j.biortech.2014.04.026
- APHA, 1989. *Standard method for the examination of water and wastewater*. APHA, Washington DC
- Ganzenko O., Huguenot D., van Hullebusch E.D., Esposito G., Oturan M.A., 2014. Electrochemical advanced oxidation processes for wastewater processes: a review of the combined approaches. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, **21**, 8493-8524. DOI: 10.1007/s11356-014-2770-6.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2014 r. w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego (Dz. U. 2014 poz. 1800

Praca była finansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu nr PBS2/A9/22/2013.