

ALINA DERESZEWSKA

Katedra Chemii i Towaroznawstwa Przemysłowego, Akademia Morska, Gdynia

STANISŁAW CYTAWA

Oczyszczalnia Ścieków „Swarzewo”

Podczyszczanie ścieków przemysłowych obciążonych surfaktantami na osadzie nadmiernym biologicznej oczyszczalni ścieków

Wstęp

Surfaktanty, dzięki swoim właściwościom fizykochemicznym są powszechnie używane zarówno w życiu codziennym jak i w wielu dziedzinach przemysłu. Zakłady branży spożywczej są najczęściej źródłem ścieków o dużym ładunku i różnym charakterze zanieczyszczeń. Charakterystyki tych ścieków generalnie nie uwzględniają zanieczyszczeń przedostających się do kanalizacji w związku z procesami mycia i dezynfekcji. Do ścieków przedostaje się tym samym bliżej nieokreślona ilość różnorodnych składników środków myjących, w tym dodecylobenzenosulfonian (LAS). Surfaktanty zawarte w ściekach, trafiają do oczyszczalni (*Wastewater Treatment Plant* – WWTP), gdzie poddawane są procesom fizycznym i biologicznym ulegając częściowo procesom biodegradacji a częściowo sorpcji na osadzie czynnym. Osad czynny jest usuwany w postaci osadu nadmiernego, często kompostowany i używany jako nawóz. Stężenie surfaktantów w typowych ściekach komunalnych zawiera się w przedziale (5–20) mg/dm³, tymczasem w ściekach przemysłowych może osiągać wartości rzędu 300 mg/dm³ [1]. Niskie stężenia LAS umożliwiają szybką jego biodegradację w procesach aerobowych [1, 2] natomiast stężenie 500 mg/dm³ jest stężeniem blokującym zarówno degradację jak i sorpcję na osadzie czynnym [3]. Wysokie stężenia surfaktantów w ściekach utrudniają pracę oczyszczalni wpływając negatywnie na morfologię kłaczków osadu czynnego, zakłócając procesy nitryfikacji oraz wpływając hamująco na rozkład innych związków zawartych w środowisku [4, 5]. Z tego względu bardzo ważnym zagadnieniem jest współdziałanie zakładów odprowadzających ścieki przemysłowe z oczyszczalnią ścieków komunalnych.

Celem pracy było zbadanie potencjalnych możliwości wykorzystania osadu nadmiernego z biologicznej oczyszczalni ścieków, do usuwania wysokich stężeń surfaktantów anionowo czynnych ze ścieków przemysłowych. Jako surfaktant do analiz wybrano liniowy dodecylobenzenosulfonian sodu. Zmniejszenie stężenia LAS uzyskano poprzez wstępną jego adsorpcję na osadzie nadmiernym, stanowiącym odpad biologicznej oczyszczalni ścieków. Zaproponowano i opisano proces, pozwalający na 95% redukcję stężenia LAS w krótkim okresie czasu.

Metodyka badań

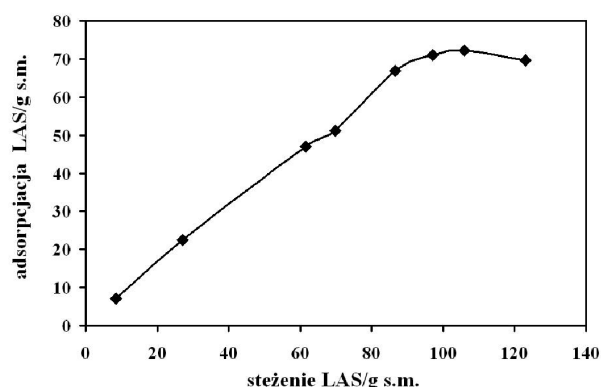
Material

Do badań stosowano sól sodową kwasu dodecylobenzenosulfonowego (LAS) firmy *Sigma* o czystości 80%. Jako ścieki stosowano roztwór LAS o stężeniu 320 mg/dm³.

Badania prowadzono w skali laboratoryjnej. Do oczyszczania ścieków użyto osadu nadmiernego z WWTP w Swarzewie. Ze względu na różne wartości suchej masy osadu nadmiernego użytego do podczyszczania ścieków (od 2,6 do 5,2 g/dm³), obciążenie osadu zmieniało się w zakresie (61,5–123) mg LAS/g.s.m. osadu.

Proces adsorpcji

Osad nadmierny bardzo dobrze adsorbuje surfaktanty anionowe. Jeden gram suchej masy osadu zdolny jest zaadsorbować ok. 70 mg LAS. Ze względu na równowagę procesu adsorpcja/desorpcja tak duże wartości wysycenia osadu detergentem uzyskuje się przy roztworach o stężeniu przekraczającym 90 mg LAS/1 g s.m. Dla niższych stężeń adsorpcja LAS na osadzie nadmiernym ma charakter liniowy (Rys. 1).



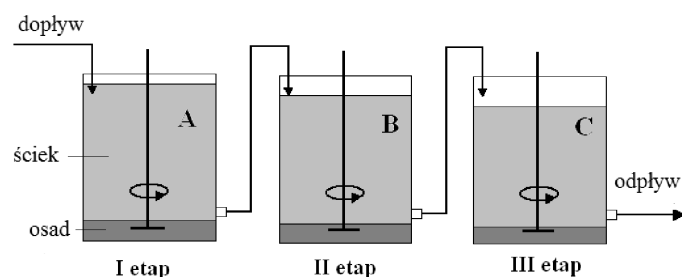
Rys. 1. Adsorpcja LAS na osadzie nadmiernym

W celu optymalizacji czasu jaki należy przewidzieć dla procesu adsorpcji badano stopień zaadsorbowania LAS przez osad nadmierny w ciągu jednej godziny. Wyznaczono, że w procesie podczyszczania ścieków, optymalnym czasem procesu adsorpcji jest okres 10 min. Po tym czasie dalsza adsorpcja LAS jest niewielka i niewspółmierna do kosztów zatrzymania ścieków i mieszania.

Modele procesu

W projekcie założono podczyszczenie ścieków do poziomu 15 mg/dm^3 , co jest zgodne z wymogami normy dopuszczającej stężenie detergentu w ściekach doprowadzanych do biologicznej oczyszczalni [6]. Drugim założeniem było obniżenie stężenia LAS w ściekach przy zminimalizowanej ilości stosowanego osadu nadmiernego oraz jak najmniejszej liczbie etapów podczyszczania.

Wybrano trójstopniowy proces podczyszczania ścieków (Rys. 2.).



Rys. 2. Schemat trójstopniowego procesu podczyszczania ścieków, w którym jako dopływ zastosowano wodny roztwór LAS o stężeniu 320 mg LAS/dm^3

Ponieważ tylko w I i II etapie adsorbuje znaczna ilość LAS, osad z III etapu może być wykorzystany dwukrotnie ze względu na niski poziom wysycenia surfaktantem. Zaproponowano następujący model dla oczyszczania:

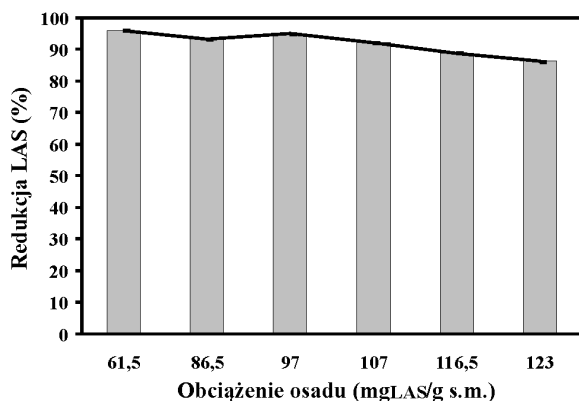
1 cykl. $A \rightarrow B \rightarrow C$ osad ze zbiorników A i B jest usuwany

2 cykl. $A \leftarrow B \leftarrow C$ osad ze zbiorników C i B jest usuwany

Zastosowanie 2-stopniowego podczyszczania byłoby bardziej ekonomiczne ze względu na niższe koszty przepompowywania ścieków oraz skrócenie czasu podczyszczania.

Omówienie wyników

Pomimo stosowania różnych proporcji osadu do ścieków, nie udało się uzyskać niższego stężenia LAS niż 27 mg/dm^3 po 2 etapach adsorpcji. Stężenie surfaktantów było nadal wyższe niż dopuszczalne dla ścieków odprowadzanych do kanalizacji [6]. Uzyskanie wymaganego poziomu LAS w ściekach jest możliwe jedynie w procesie trójstopniowym, przy stężeniu osadu nadmiernego z zakresu $(3,3-4,0) \text{ g s.m./dm}^3$. Małe ilości osadu nie podczyszczają wystarczająco. Zastosowanie dużej ilości osadu powoduje natomiast wypłukiwanie znacz-



Rys. 3. Efektywność trójstopniowego procesu podczyszczania ścieków wyrażona jako wagowy procent redukcji stężenia LAS w ściekach

nej ilości substancji międzykomórkowych co skutkuje utrudnioną sedimentacją osadu. Wzrasta również indeks objętościowo wagowy osadu (objętość po zagęszczeniu) i w procesie dekantacji możliwe jest odprowadzenie jedynie 80–90% objętości wprowadzonych ścieków. Po każdym etapie procesu wartości indeksu pogarszają się.

Po trzystopniowym procesie podczyszczania ścieków osadem nadmiernym uzyskano redukcję zanieczyszczeń surfaktantem w zakresie 87–96% (Rys. 3).

Efektywność usuwania LAS ze ścieków zależy od obciążenia osadu oraz od jego aktywności. W celu optymalnego wykorzystania procesu należy tak dobrać stężenie osadu do stężenia LAS w ściekach, aby obciążenie osadu nie przekroczyło $100 \text{ mg LAS/g s.m. osadu}$.

Utylizacja osadu nadmiernego

W zaproponowanej technologii podczyszczania ścieków uzyskuje się jako odpad znaczne ilości osadu nadmiernego nasyconego dużymi stężeniami LAS. Utylizację takiego osadu należałoby prowadzić drogą termiczną [7]. Istnieją przesłanki literaturowe sugerujące, że w warunkach tlenowych LAS ulega w kompoście biodegradacji [2]. Ze względu na duże stężenie LAS, kompostowanie uzyskanego osadu nadmiernego może być jednak utrudnione, choć niewykluczone jest takie rozwiązanie. Wcześniej powinno być ono poprzedzone wnikliwą analizą – jakim zmianom i w jakim czasie ulega LAS.

Wnioski

W przeprowadzonych badaniach wykazano, że osad nadmierny cechuje duża aktywność biologiczna i zdolność adsorbowania LAS. W zastosowanej technologii posłużono się odpadem z biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych. Zaproponowany trój etapowy cykl podczyszczania ścieków pozwala, dzięki adsorpcji surfaktanta, w krótkim czasie obniżyć poziom stężenia LAS od 320 do 15 mg/dm^3 . Wydajność podczyszczania zależy od stężenia osadu nadmiernego oraz jego aktywności biologicznej. Największą skuteczność usuwania LAS ze ścieków uzyskano stosując obciążenie osadu $(90-100) \text{ mg LAS/g s.m.}$ Po każdym etapie podczyszczania spada stężenie LAS w ściekach, ale wzrasta udział substancji wypłukanych z osadu. Mają one znaczny wpływ na obniżenie zdolności sorpcyjnej osadu oraz zmniejszenie szybkości sedimentacji osadu. Z tego względu podczyszczanie ścieków należy ograniczyć do cyklu trójstopniowego. Osad nadmierny z I i II etapu podczyszczania ścieków w znacznym stopniu obniża swe właściwości sorpcyjne w stosunku do LAS, w związku z czym musi być on usuwany po każdym cyklu podczyszczania.

LITERATURA

1. V.A. Shcherbakowa, S. Kestutis, V. K. Akimenko: Chemosphere **39**, 1861 (1999).
2. E. Sanz, D. Prats, M. Rodriguez, A. Camacho: Waste Management **26**, 1237 (2006).
3. Ch. Zhang, K.T. Valsaraj, W.D. Constant, D. Roy: Water Research **33**, 115 (1999).
4. H. Feitkenhauer: Enzyme and Microbial Technology **33**, 250 (2003).
5. E. Liwarska-Bizukoje, M. Bizukoje.: Process Biochemistry **40**, 2067 (2005).
6. Rozporządzenie Ministra Dz.U. 136 poz. 964 z dn. 14.07.2006.
7. K.R. Imhoff „Kanalizacja miast i oczyszczanie ścieków”, org. „Taschenbuch der Stadtentwässerung” (1993).