

POLITECHNIKA ŚLĄSKA
WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA I ENERGETYKI

ROZPRAWA DOKTORSKA

**Układ sekwencyjny
fotokataliza - ciśnieniowa filtracja membranowa
w pogłębionym oczyszczaniu odpływów
z oczyszczalni komunalnych zawierających
związki aktywne farmaceutycznie**

mgr inż. Edyta Kudlek

Promotor
prof. dr hab. inż. Jolanta Bohdziewicz

Promotor pomocniczy
dr hab. inż. Mariusz Dudziak, prof. nzw. w Pol. Śl.

Gliwice 2016

Streszczenie

Obecność związków aktywnych biologicznie w środowisku wodnym, w tym związków farmaceutycznych może negatywnie oddziaływać na organizmy żywe. Główne źródło mikrozanieczyszczeń farmaceutycznych w środowisku wodnym stanowią ścieki oczyszczone w trakcie konwencjonalnych ciągów oczyszczania opartych o metody biologiczne. Związki farmaceutyczne ze względu na swój trudnobiodegradowalny charakter jedynie w nieznacznym stopniu ulegają rozkładowi przez mikroorganizmy osadu czynnego. Stale wzrastające wymagania stawiane eksploatatorom oczyszczalni ścieków dotyczące eliminacji nowych grup zanieczyszczeń uznawanych za potencjalnie niebezpieczne wymuszają opracowanie skutecznych metod pogłębionego doczyszczania ścieków.

Celem podjętych w ramach dysertacji badań było opracowanie kompleksowej metody zapewniającej usunięcie ze ścieków komunalnych po mechaniczno-biologicznym ciągu ich oczyszczania związków należących do grupy niesteroidowych leków przeciwbólowych i przeciwzapalnych (ibuprofen, diklofenak) oraz leków psychotropowych (karbamazepina). Proces pogłębionego doczyszczania przeprowadzono z zastosowaniem procesów fotolizy, heterogenicznej fotokatalizy oraz ciśnieniowego procesu membranowego - nanofiltracji.

Stopień usunięcia farmaceutyków w procesie fotolizy zależny był od czasu prowadzenia procesu oraz od mocy stosowanej lampy UV i przekraczał 58%. Wprowadzenie do mieszaniny fotokatalizatora (proces heterogenicznej fotokatalizy) wpłynęło na intensyfikację procesu utleniania i redukcji mikrozanieczyszczeń. Wykazano, że skuteczność procesu zależna była od: rodzaju i dawki fotokatalizatora oraz czasu kontaktu z mieszaniną reakcyjną przed procesem naświetlania, stężenia związków farmaceutycznych, pH i stężenia tlenu w doczyszczanym odpływie oraz objętości reaktora. Dla najkorzystniejszych warunków stopień eliminacji diklofenaku i ibuprofenu przekraczał 93% natomiast karbamazepiny 79%. Ponadto obecność związków nieorganicznych, w tym jonów CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Al^{3+} oraz Fe^{3+} hamuje przebieg zachodzących reakcji utleniania mikrozanieczyszczeń. Natomiast zróżnicowany skład fizykochemiczny (obecność wysokocząsteczkowych związków organicznych) modelowego i rzeczywistego odpływu po biologicznym oczyszczaniu ścieków intensyfikował rozkład badanych związków farmaceutycznych.

Procesy heterogenicznej fotokatalizy mikrozanieczyszczeń nie zawsze pozwala na ich pełną mineralizację do CO_2 oraz H_2O . Wykonana analiza chromatograficzna techniką GC-MS (EI) pozwoliła na zaproponowanie poszczególnych etapów szlaków fotokatalitycznego utleniania związków farmaceutycznych, a analiza toksykologiczna

potwierdziła toksyczny charakter powstających ubocznych produktów rozkładu mikrozanieczyszczeń.

Przeprowadzony proces nanofiltrycyjnego doczyszczania odpływu po biologicznym oczyszczaniu ścieków pozwolił na obniżenie stężenia mikrozanieczyszczeń w stopniu przekraczającym 90%. Wyznaczone wartości względnego objętościowego strumienia permeatu jak również wykonana analiza topografii membrany wykazały zachodzenie w trakcie filtracji zjawiska foulingu membrany, którego wynikiem było obniżenie jej wydajności hydraulicznej.

Układ sekwencyjny integrujący proces heterogenicznej fotokatalizy z procesem nanofiltrycji zapewnił całkowitą eliminację zarówno związków farmaceutycznych jak i metabolitów generowanych w trakcie ich naturalnego oraz wspomaganego rozkładu. W tych warunkach zminimalizowano również występowanie zjawisko blokowania membrany. Opracowana metoda, po uzupełnieniu o analizę ekonomiczną, może stanowić rozwiązanie problemu wzrastającej obecności toksycznych mikrozanieczyszczeń farmaceutycznych w środowisku naturalnym.