Politechnika Śląska

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Katedra Biotechnologii Środowiskowej

STRESZCZENIE
ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Wspomaganie procesu anammox w niskich temperaturach zredukowanym tlenkiem grafenu

Supporting the anammox process at low temperatures by reduced graphene oxide

mgr inż. Mariusz Tomaszewski

Promotor:

dr hab. Aleksandra Ziembińska-Buczyńska, prof. Pol. Śl.

Promotor pomocniczy:

dr inż. Grzegorz Cema

Gliwice 2019

STRESZCZENIE

Proces beztlenowego utleniania azotu amonowego (ang. ***an**aerobic **amm**onium **ox**idation,* anammox) stanowi obiecującą alternatywę dla powszechnie wykorzystywanych metod usuwania azotu ze ścieków. Wykorzystanie tego procesu w oczyszczaniu ścieków komunalnych pozwoliłoby na znaczne ograniczenie kosztów eksploatacji, a także przyczyniło się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych. Niestety, odpowiedzialne za prowadzenie tego procesu bakterie charakteryzują się niską szybkością wzrostu i stosunkowo wysokim optimum temperaturowym (30 - 40˚C), co stanowi jedną z głównych przeszkód dla jego aplikacji w głównym ciągu komunalnej oczyszczalni ścieków. Z tego powodu poszukuje się sposobów na zwiększenie aktywności procesu anammox w temperaturach poniżej 20˚C (tzw. „zimny anammox"). Innowacyjnym rozwiązaniem tego problemu mogą być nanomateriały. Najnowsze doniesienia literaturowe dowodzą, że pochodne grafenu mogą stymulować aktywność i szybkość wzrostu bakterii anammox w temperaturze 35˚C. W związku z tym sformułowano tezę, że efektywność procesu anammox w niskich temperaturach może być zwiększona poprzez dodatek zredukowanego tlenku grafenu (ang. ***R**educed **G**raphene **O**xide*, RGO). Głównym celem pracy była więc ocena wpływu RGO na aktywność bakterii anammox w niskich temperaturach (10 - 20˚C).

W ramach pracy określono: (I) wpływ temperatury na aktywność bakterii anammox za pomocą testów porcjowych; (II) wpływ pH na aktywność bakterii anammox w niskich temperaturach, przy użyciu testów porcjowych zaplanowanych zgodnie z planem centralnym kompozycyjnym; (III) krótkoterminowe efekty wpływu RGO na aktywność bakterii anammox w szerokim zakresie temperatur, za pomocą testów porcjowych zaplanowanych zgodnie zplanem centralnym kompozycyjnym; (IV) długoterminowe efekty wpływu RGO na efektywność procesu anammox w niskich temperaturach na podstawie pracy sekwencyjnego reaktora biologicznego (ang. ***S**equencing **B**atch **R**eactor*, SBR); (V) wpływ RGO na strukturę biocenozy bakteryjnej, za pomocą sekwencjonowania metagenomowego; (VI) wpływ aktywności mikrobiologicznej na strukturę i właściwości RGO z wykorzystaniem zaawansowanych technik mikroskopowych i spektroskopowych.

Etap badań wstępnych wykazał, że optymalny zakres pH może zawężać się wraz ze spadkiem temperatury, co oznacza, że zachowanie optymalnej kondycji zimnego procesu

anammox wymaga precyzyjnej kontroli tego parametru. Właściwe badania nad wpływem RGO wskazują na możliwość stymulacji procesu anammox w niskich temperaturach. Maksymalną stymulację aktywności bakterii anammox obserwowano w temperaturze 13°C, przy stężeniu RGO 15 mg/L. W testach krótkoterminowych i długoterminowych była to odpowiednio 28% i 17% stymulacja. Co więcej, odnotowano, że efekt stymulacji rośnie wraz ze spadkiem temperatury, co potwierdziło wcześniejsze obserwacje, że w przedziale temperatur pomiędzy 15 a 20°C dochodzi do zmiany w kinetyce reakcji anammox. Zestawienie wszystkich otrzymanych wyników pozwoliło stwierdzić, że efekt RGO może zależeć nie tylko od stężenia nanomateriału, ale też od jego dawki w stosunku do jednostki biomasy. Optymalną dla stymulacji bakterii anammox dawkę RGO wyznaczono na zakres pomiędzy 20 a 45 $mg/g_{s.m.o.}$ (suchej masy organicznej). Analiza mikrobiologiczna z użyciem sekwencjonowania metagenomowego wykazała natomiast, że oddziaływanie RGO nie wpływa na strukturę biocenozy bakteryjnej. Sugeruje to, że bakterie żyjące w złożonych zbiorowiskach wykazują wyższą odporność na czynniki zewnętrzne. Ponadto, stwierdzono zmiany w strukturze i właściwościach RGO, które wskazują na możliwość biologicznej degradacji i modyfikacji nanocząstek. Analiza wszystkich wyników pozwoliła zaproponować wyjaśnienie dwóch zjawisk odpowiedzialnych za zwiększenie efektywności procesu anammox: stymulacji wzrostu biomasy bakteryjnej oraz zdolności przyspieszania reakcji enzymatycznych.

Podsumowując, przeprowadzone badania dowiodły, że dodatek RGO może wspomagać efektywność procesu anammox w niskich temperaturach. Uzyskano wszechstronny obraz oddziaływań pomiędzy bakteriami i RGO, uwzględniający efektywność procesu anammox, strukturę mikrobiologiczną zbiorowiska prowadzącego proces oraz właściwości nanomateriału. Dodatkowo, informacje na temat biodegradacji nanomateriału węglowego stanowią cenną informację z punktu widzenia zagrożeń płynących z rosnącej emisji tych nanocząstek do środowiska.