

# STRESZCZENIE

**Kamila Hamal**

## IMMOBILIZACJA BAKTERII ANAMMOX NA AGROWŁÓKNINACH

Słowa kluczowe: agrowłókna, Bakterie anammox, fluorescencyjna hybrydyzacja in situ (FISH), reakcja łańcuchowa polimerazy (PCR) z sekwencjonowaniem nowej generacji NGS, immobilizacja.

Zmiany w układach technologicznych oczyszczania ścieków były następstwem rozwoju wiedzy z zakresu nauk inżynierskich, biotechnologii oraz rosnących wymagań ochrony zasobów naturalnych, szczególnie zasobów wodnych z uwzględnieniem aspektów sanitarnych oraz skutków urbanizacji i wpływu przemysłu na środowisko naturalne. Wszystkie znane współcześnie technologie oczyszczania ścieków były rozwijane przez dziesięciolecia. Przykładem może być technologia osadu czynnego, która jest bardzo energochłonna. Potrzeba zmniejszenia zapotrzebowania na energię elektryczną przez urządzenia zainstalowane na oczyszczalniach ścieków przyczyniła się do rozwoju technologii usuwania azotu amonowego w układach pełnej nityfikacji/anammox. Oczyszczalnie, na których powstające osady ściekowe są stabilizowane w procesie fermentacji metanowej, przy zastosowaniu technologii SHARON/ANAMMOX®, ANAMMOX®, DEMON® czy ANITA™MOX na bocznym strumieniu ścieków uzyskują samowystarczalność energetyczną.

Wdrożenie bakterii anammox sprawia jednak liczne trudności z powodu m.in. zbyt niskiej temperatury ścieków w okresach zimowych, wahań stężenia azotu amonowego oraz dużej zmienności składu ścieków komunalnych. Kolejną przeszkodą w implementacji bakterii anammox do powszechnego stosowania jest ich powolny wzrost i łatwość wymywania z urządzeń technologicznych. W celu wyeliminowania tych problemów zaczęto stosować różnego rodzaju nośniki np.: kształtki. Alternatywą do takich rozwiązań mogą być przenośne moduły wykonane z włókien o konstrukcji analogicznej do spiralnych modułów stosowanych w technikach membranowych.

Sprawdzenie możliwości przenoszenia bakterii anammox immobilizowanych na modułach włókninowych pomiędzy reaktorami biologicznymi było głównym celem prowadzonych badań. Skonstruowano 5 modułów składających się z agrowłókniny nawiniętej na filtr umożliwiający wytworzenie podciśnienia w czasie immobilizacji bakterii. Moduły doświadczalne po immobilizacji były przenoszone do laboratoryjnych reaktorów wsadowych. W okresie od 12.12.2017 do 16.03.2022 przeprowadzono szereg eksperymentów m.in., sprawdzenie wpływu zamrażania na aktywność biochemiczną bakterii anammox, efekt

usuwania azotu amonowego na drodze denitritacji z zastosowaniem różnych pożywek, w tym również surowych ścieków komunalnych, a także eksperyment z tkaniną lnianą wprowadzoną pomiędzy warstwami agrowłóknin. Większość wykonanych badań była prowadzona w warunkach laboratoryjnych z zastosowaniem pożywek mineralnych. W trakcie badań okresowo wykonywano analizy fizykochemiczne, skład granulometryczny powstających osadów, identyfikację bakterii metodą FISH (ang. *Fluorescence In Situ Hybridization*) oraz barwienie bakterii metodą LIVE/DEAD<sup>®</sup> pozwalające pozyskać informacje o żywotności wybarwionych bakterii. W trakcie badań okresowo ustalano strukturę zbiorowiska bakteryjnego na poziomie gromad w mikrobiomach osadów zdeponowanych na modułach metodą PCR (ang. *Polymerase Chain Reaction*) z sekwencjonowaniem nowej generacji NGS (ang. *Next Generation Sequencing*).

Przeprowadzone eksperymenty wykazały, że na modułach włókninowych możliwa jest trwała immobilizacja kultur bakterii anammox, co pozwala na przenoszenie biomasy tych bakterii pomiędzy miejscem immobilizacji a innymi urządzeniami do oczyszczania ścieków. Wykazano również, że wprowadzenie jako odstępniaka tkaniny lnianej pomiędzy warstwy agrowłóknin nawiniętych na moduł wpływa korzystnie na rozwój bakterii anammox w module. Po zamrożeniu i rozmrożeniu kultury bakterii anammox nie dochodziło do zaniku aktywności biochemicznej.

Badania wykazały, że odczyn ma wpływ na rozwój poszczególnych gatunków bakterii z rodziny *Candidatus Brocadiaceae*. Odczyn niższy od pH 8,0 sprzyja rozwojowi bakterii *Ca. Brocadia*, natomiast przy odczynie wyższym dochodzi do rozwoju *Ca. Kuenenia*.

Wykazano, że badania metodą PCR NGS osadów odkładających się na modułach, pozwalają lepiej zrozumieć wpływ czynników środowiskowych i czasu eksploatacji na mikrobiom zdeponowanych osadów. Moduły włókninowe stanowią obiecującą technikę w układach z zastosowaniem denitritacji, a do głównych ich walorów należy zaliczyć łatwość immobilizacji bakterii anammox na agrowłókninach oraz ochronę przed wymywaniem biomasy w procesie technologicznym. Konstrukcja modułów włókninowych pozwala na utrzymanie biomasy bakterii anammox, przy czym nie eliminuje aktywności pozostałych grup bakterii biorących udział w przemianach związków azotowych podczas oczyszczania ścieków.