



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka na lata 2007 - 2013



## INNOWACYJNA METODA ZWALCZANIA BAKTERII POWODUJĄCYCH PUCHNIĘCIE OSADU CZYNNEGO W BIOLOGICZNYCH OCZYSZCZALNIACH ŚCIEKÓW

### Wstęp

Metoda biologicznego oczyszczania ścieków z zastosowaniem osadu czynnego jest powszechnie stosowana zarówno w komunalnych, jak i przemysłowych oczyszczalniach ścieków. Wykorzystuje ona procesy zachodzące samoistnie w naturalnych zbiornikach, a składające się na tak zwane samooczyszczanie wód t.j.: rozcieńczenie, adsorpcję, sedymentację oraz biochemiczny rozkład i mineralizację. W odróżnieniu od środowiska naturalnego, w oczyszczalniach ścieków proces oczyszczania przebiega bardzo intensywnie. Intensyfikacja procesu w porównaniu z naturalnym samooczyszczaniem polega przede wszystkim na zwiększeniu ilości drobnoustrojów, oraz na sztucznym dotlenieniu środowiska, co pozwala na oczyszczenie większej ilości ścieków.

Zasadnicza część oczyszczania zachodzi przy udziale specyficznej biocenozy, zwanej osadem czynnym. Osad ten znajduje się w reaktorze biologicznym, jest intensywnie mieszany i napowietrzany, co zapewnia odpowiedni poziom tlenu dla mikroorganizmów oraz zapobiega sedymentacji zawiesiny. To właśnie tu mikroorganizmy spotykają się z dopływającymi ściekami, które służą im jako pokarm i tym samym redukują ich ilość.

### Osad czynny

Reaktor, w którym znajduje się osad czynny jest sztucznym ekosystemem, będącym pod wpływem zmiennych czynników biotycznych i abiotycznych, w którym zachodzi silne współzawodnictwo o dominację i dostęp do pożywienia i energii. Na jakość i efektywność pracy osadu składają się: aktywność metaboliczna, zrównoważony skład mikrobiologiczny oraz zdolność mikroorganizmów do tworzenia kłaczków, co warunkuje zdolność do sedymentacji, zagęszczania i odwadniania.

### Problemy związane z puchnięciem osadu

Bezpośrednią przyczyną wywołującą problemy z sedymentacją jest nadmierny wzrost mikroorganizmów nitkowatych. Powoduje on zjawisko zwane „puchnięciem” i/lub „pieniem” osadu czynnego. Puchnięcie osadu wywołane przez bakterie nitkowate polega na

rozproszeniu zwartej i zamkniętej struktury, charakterystycznej dla pozytywnych mikroorganizmów kłaczkujących, powodując uwięzienie znacznej ilości gazów wewnątrz kłaczków. Efektem tego jest znaczne pogorszenie właściwości sedymentacyjnych osadu oraz utrata zdolności do agregacji (tworzenie dużych flokuł posiadających znaczną masę). Zjawisko to jest określane za pomocą indeksu SVI (z ang. *Sludge Volume Index*; objętościowy indeks osadu). Jest to objętość w  $\text{cm}^3$ , jaką zajmuje 1 g suchej masy po 30 minutowej sedymentacji. Strefę krytyczną stanowi zakres indeksu od 100 do 150 ml/g, przy czym przekroczenie wartości 150 ml/g oznacza, że osad jest spuchnięty.



Ryc. 1. Wrotek *Lecane inermis* zjadający nitkę bakterii *Microthrix parvicella*. Fot. A. Pajdak-Stós

Pienienie, które często towarzyszy puchnięciu, również jest spowodowane przez mikroorganizmy. Jest to wynik skomplikowanego biologiczno-fizykochemicznego mechanizmu, wywołanego produktami metabolizmu nitek o właściwościach środków powierzchniowo czynnych i hydrofobowych. Tworzy się trójfazowy układ powietrze – woda – mikroorganizmy, który dodatkowo wiąże inne produkty hydrofobowe, takie jak tłuszcze przedostające się do reaktora biologicznego. Układ ten tworzy zwartą pianę. Powoduje to nie tylko problemy estetyczne, ale również wypływanie biomasy w osadnikach wtórnych, problemy eksploatacyjne komór fermentacyjnych oraz wiązanie znacznej ilości mikroorganizmów, które stają się niedostępne dla procesów oczyszczania ścieków.

W chwili obecnej znanych jest około 25 różnych mikroorganizmów, powodujących puchnięcie (ryc. 1). Do ich identyfikacji niezbędna jest znajomość cech morfologicznych i wyników reakcji na barwienie Grama i Neissera.

Czynniki sprzyjające rozwojowi bakterii nitkowatych, powodujących puchnięcie osadu to: niskie obciążenie, niskie stężenie tlenu, brak azotu lub fosforu, niskie pH w osadzie czynnym.

Bakterie nitkowate są obecnie problemem w wielu oczyszczalniach. W ostatnich latach najbardziej kłopotliwym stały się *Microthrix parvicella* oraz Typ 021N.

Tab.1. Bakterie nitkowate będące najczęstszą przyczyną puchnięcia osadu wg Bazeli 2003

Typ bakterii nitkowatych	Udział %
Typ 021N	23,3
<i>Microthrix parvicella</i>	15,2
Typ 0041	14,6
<i>Sphaerotilus natans</i>	9,0
<i>Nocardia</i> sp.	7,3
<i>Haliscomenobacter hydrossis</i>	4,8
<i>Nostocoida limicola</i>	4,2
Typ 1701	3,4
Typ 0961	2,8
Typ 0803	2,5

### Metody zwalczania puchnięcia osadu

Istnieje wiele metod zwalczania puchnięcia osadu czynnego. Większość z nich ogranicza się do zastosowania odpowiedniego środka chemicznego oraz zmian parametrów fizycznych osadu poprzez wykorzystanie procesów koagulacji i flokulacji. Szerokie zastosowanie mają koagulanty, takie jak sole glinu i żelaza, które mogą pomóc w zwiększaniu właściwości sedymentacyjnych osadu oraz chlor i nadtlenek wodoru. W przypadku chlorowania istnieje wiele doniesień o małej skuteczności tej metody w zwalczaniu wzrostu mikroorganizmów nitkowatych. Wiele zakładów przemysłowych w Polsce zajmuje się produkcją koagulantów chemicznych. Firmy te oferują zwykle pełny zestaw koagulantów do oczyszczania ścieków i uzdatniania wody. Wadą metod chemicznych jest jednak nie tylko wysoki koszt, ale również negatywne skutki uboczne. Często ingerują one w proces nityfikacji, a przede wszystkim zwalczają skutek, a nie przyczynę puchnięcia osadu.

Oprócz metod chemicznych istnieją również inne metody zwalczania puchnięcia. Należą do nich dostarczenie większej ilości tlenu, korygowanie odczynu (pH) ścieków, zmiana wieku lub obciążenia substratowego, temperatury. Popularna jest budowa dodatkowej komory przed reaktorem, tzw. selektora, gdzie osad czynny jest wyeksponowany na bardzo wysokie stężenie ścieków. Podstawowym zadaniem tych metod jest wykorzystanie właściwości mikroorganizmów kłaczkujących, które wygrywają współzawodnictwo w warunkach szybkiego wzrostu i wykorzystują substrat przy jego wysokim stężeniu.

Bardzo mało uwagi poświęca się jednak możliwości biologicznego zwalczania nadmiaru bakterii nitkowatych przez konsumentów nitek występujących w osadzie. Podczas kilkuletnich badań osadu czynnego prowadzonych w Instytucie Nauk o Środowisku

Uniwersytetu Jagiellońskiego zauważono, że wrotki (Rotifera) są zdolne do znacznego zmniejszenia liczebności bakterii nitkowatych. Jest to wielka szansa na opracowanie innowacyjnej, biologicznej metody ograniczenia puchnięcia osadu czynnego.

### Innowacyjna metoda ograniczenia puchnięcia osadu

Wrotki (Rotifera) są organizmami, które często występują w osadzie czynnym. Ich podstawowym pokarmem są bakterie rozproszone pomiędzy kłaczkami. Dzięki wydzielaniu przez wrotki lepkich, śluzowych substancji wspomagają również proces tworzenia kłaczek. Stwarzając odpowiednie dla wrotków w osadzie czynnym warunki, można spodziewać się wysokiego ich zagęszczenia, ponieważ mają one zdolność partenogenetycznego (czyli bez udziału samców) rozmnażania. Samce mogą pojawiać się okresowo w chwili pogorszenia warunków, np. podczas wysuszania lub przy braku pokarmu; żyją one jednak krótko (około 6 dni). Samce wrotków są dwukrotnie mniejsze od samic, ponieważ po wykluciu się z jaja nie odżywiają się i nie rosną. W osadzie czynnym do tej pory nie zanotowano obecności samców – być może jest to spowodowane stałym dopływem pokarmu w postaci ścieków.

Podczas prowadzonych badań odkryto, że wrotki zrodzaju *Lecane* są w stanie skutecznie zredukować liczebność bakterii nitkowatej *Macrothrix parvicella* w osadach z różnych oczyszczalni ścieków. Ponadto wrotki *Lecane inermis*, które zostały przeniesione do osadu czynnego z innej oczyszczalni, szybko adoptowały się w nowym środowisku i zwiększały swoją liczebność.

Do tej pory nie opracowano w pełni skutecznej metody zwalczania puchnięcia osadu, jednakże zainteresowanie tym tematem stało się inspiracją interesujących badań. Takie badania prowadzone są w ramach projektu badawczego zatytułowanego: „Ograniczenie puchnięcia osadu czynnego w oczyszczalniach ścieków z zastosowaniem wrotków (Rotifera)”. Projekt, współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007 – 2013, został przygotowany przez zespół naukowców z Instytutu Nauk o Środowisku UJ we współpracy z Centrum Innowacji, Transferu Technologii Uniwersytetu Jagiellońskiego (CITTU UJ).

Zastosowanie naturalnego drapieznika, żywiącego się bakteriami nitkowatymi jest doskonałym rozwiązaniem dla wielu biologicznych oczyszczalni, borykających się z problemem puchnięcia osadu czynnego. Jest to metoda nastawiona na usunięcie przyczyny problemu, a nie likwidująca tylko jego skutek.

Wioleta Kocerba & Beata Klimek (Kraków)