

Marcin Dębowski, Marcin Zieliński

Usuwanie związków węgla, azotu i fosforu w systemach oczyszczania ścieków

Problemy eksploatacyjne i propozycje rozwiązań technologicznych

Ochrona środowiska



VERLAG
DASHÖFER

Wydawnictwo
VERLAG DASHÖFER Sp. z o.o.
Świat profesjonalnej wiedzy



Copyright © 2012
ISBN 978-83-7537-145-1

Wydawnictwo Verlag Dashofer Sp. z o.o.
Al. Krakowska 271, 02-133 Warszawa
tel.: (22) 559 36 00, faks: (22) 829 27 00, 829 27 27
www.dashofer.pl

Opracowanie edytorskie: Anna Skowrońska
Skład: Dariusz Ziach

Wszelkie prawa zastrzeżone, prawo do tytułu i licencji jest własnością Dashöfer Holding Ltd. Kopiowanie, przedrukowywanie i rozpowszechnianie całości lub fragmentów niniejszej publikacji, również na nośnikach magnetycznych i elektronicznych, bez zgody Wydawcy jest zabronione. Ze względu na stałe zmiany w polskim prawie oraz niejednolite interpretacje przepisów Wydawnictwo nie ponosi odpowiedzialności za zamieszczone informacje.

Spis treści:

1. Wprowadzenie	4
2. Podstawy procesów usuwania związków węglowych i biogennych ze ścieków	6
3. Usuwanie związków organicznych	8
3.1. Identyfikacja trudności eksploatacyjnych	8
3.2. Propozycje rozwiązań technologicznych	8
3.2.1. Wprowadzenie stopnia beztlenowego	8
3.2.2. Wprowadzenie stopnia chemicznego utleniania	14
3.2.3. Wspomaganie biopreparatami	17
3.2.4. Zastosowanie technologii membranowych	19
4. Usuwanie związków azotu	23
4.1. Identyfikacja trudności eksploatacyjnych procesów nityfikacji i denityfikacji.....	23
4.2. Propozycje rozwiązań technologicznych	24
4.2.1. Mikrofalowe stymulowanie warunków termicznych	24
4.2.2. Proces Anammox	28
4.2.3. Elektrostymulacja procesu denityfikacji	31
4.2.4. Preparaty biotechnologiczne	33
4.2.5. Zastosowanie zeolitów	33
4.2.6. Reaktory membranowe	36
5. Usuwanie związków fosforu	38
5.1. Identyfikacja trudności eksploatacyjnych w procesach defosfatacji	38
5.2. Propozycje rozwiązań technologicznych	38
5.2.1. Alternatywne źródła LKT	38
5.2.2. Wypełnienia aktywne	41
5.2.3. Metoda roztwarzania metali	47
6. Podsumowanie	49
7. Skorowidz	50

1. Wprowadzenie

Poprawienie efektywności usuwania związków biogenych i organicznych ze ścieków jest wciąż w centrum zainteresowania badaczy, administratorów oraz eksploatatorów systemów degradacji zanieczyszczeń. Rosnąca wiedza społeczeństwa, świadomość ekologiczna ośrodków decyzyjnych oraz odpowiedzialność podmiotów bezpośrednio związanych z funkcjonowaniem systemów oczyszczania skutkuje zaostrzaniem norm jakościowych ścieków oczyszczonych oraz dbałością o stosowanie skutecznych i sprawnych rozwiązań technologicznych.

Obowiązujące regulacje prawne wymuszają na eksploatatorach miejskich oraz przemysłowych oczyszczalni ścieków stosowanie technik uniwersalnych, które zapewniają usunięcie ze ścieków nie tylko z substancji organicznych, ale także związków azotu i fosforu. Zanieczyszczenia te stanowią bowiem bezpośrednie zagrożenie dla ekosystemów wodnych, wpływając na ich eutrofizację, a w dalszej konsekwencji: degradację. Zgodnie z krajowym Programem Oczyszczania Ścieków Komunalnych do 2015 r. przewidywano modernizację i rozbudowę ponad 1200 miejskich oczyszczalni ścieków, w których zadaniem nadrzędnym jest skuteczne usuwanie związków biogenych. Uzyskanie zakładanego celu wiąże się z koniecznością aplikacji innowacyjnych technologii oczyszczania ścieków.

W wielu przypadkach osiągnięcie wydajnej redukcji stężenia związków biogenych i węglowych jest zadaniem bardzo trudnym lub wręcz niemożliwym bez przeprowadzenia odpowiednich zabiegów technologicznych i prac modernizacyjnych. Biochemiczne procesy kompleksowego usuwania zanieczyszczeń wymagają bowiem zmiennych parametrów technologicznych związanych z koncentracją tlenu, zawartością lotnych kwasów tłuszczowych czy stężeniem biomasy osadu czynnego.

Rozwiązanie trudności eksploatacyjnych dotyczących efektywności pracy biologicznych systemów oczyszczania jest obecnie sprawą priorytetową dla wielu miejskich i przemysłowych oczyszczalni ścieków, które nie spełniają wymogów związanych z jakością ścieków oczyszczonych. Wybór właściwego, z punktu widzenia ekonomicznego i technologicznego, sposobu modernizacji systemu oczyszczania ścieków jest poważnym wyzwaniem dla projektantów, technologów oraz wykonawców instalacji.

Zastosowanie typowego układu technologicznego opartego na wykorzystaniu zmiennych warunków beztlenowo-tlenowych w celu sprawnego przeprowadzenia procesów rozkładu związków organicznych, wiązania ortofosforanów, amonifikacji, nityfikacji i denityfikacji w wielu przypadkach musi zostać uzupełnione o inne elementy decydujące o zwiększeniu sprawności oczyszczania. Obecnie na rynku istnieje wiele możliwości, których implementacja wpływa pozytywnie na efekty procesu.

W niniejszej publikacji zaprezentowano nowe, niestosowane powszechnie metody pozwalające na zwiększenie stopnia oczyszczania ścieków, które mogą zostać wprowadzone do istniejących i funkcjonujących obiektów. Poznanie potencjalnych możliwości aplikacyjnych zaprezentowanych urządzeń oraz technologii pozwoli na realną ocenę ich wprowadzenia i zastosowania na konkretnych oczyszczalniach ścieków, umożliwi również dotarcie do producentów i dystrybutorów opisywanych technologii.

2. Podstawy procesów usuwania związków węglowych i biogennych ze ścieków

Procesy oczyszczania ścieków, które pozwalają na uzyskanie odpowiedniego stopnia redukcji wskaźników zanieczyszczeń i odprowadzenie ich do odbiorników, opierają się głównie na procesach biologicznych prowadzonych przez bakterie osadu czynnego. Tego rodzaju technologia pozwala na jednoczesne usunięcie ze ścieków substancji organicznych oraz związków biogennych. Prawie wszystkie procesy biologicznego oczyszczania ścieków są procesami aerobowymi, w których ścieki muszą być bezwarunkowo napowietrzane i zawierają określoną koncentrację tlenu, który wykorzystywany jest przez mikroorganizmy osadu czynnego, tzn. bakterie i pierwotniaki, w ich procesach życiowych.

Odpowiednio stymulowane parametry technologiczne warunkują właściwe funkcjonowanie biomasy osadu czynnego i pozwalają na zintensyfikowanie procesów biochemicznego rozkładu zanieczyszczeń. Intensyfikację procesów biologicznego utleniania na odpowiednim poziomie osiąga się dzięki utrzymaniu w układzie technologicznym odpowiedniej ilości aktywnej biomasy osadu czynnego, właściwego obciążenia hydraulicznego ładunkiem zanieczyszczeń, sposobu mieszania czy temperatury procesu. Jednym z najważniejszych czynników jest sposób i efektywność procesu napowietrzania. Aeracja polega na wprowadzeniu tlenu do ścieków. W przypadku złóż biologicznych jest to proces naturalny związany z poborem tlenu z otaczającego powietrza. Przy oczyszczaniu ścieków metodą osadu czynnego tlen jest wtłaczany do komory aeracji (podawanie powietrza lub czystego tlenu). Do rozdziału gazu w ściekach stosuje się materiały porowate (filtrosy, dyfuzory), urządzenia mechaniczne (aeratory) lub urządzenia strumienicowe.

Aeracja

W tlenowych systemach biochemicznego usuwania zanieczyszczeń związki organiczne rozkładane są w wyniku działania enzymów, a ich komponenty są wykorzystywane do syntezy nowych komórek mikroorganizmów oraz utleniania do prostych związków nieorganicznych, takich jak: dwutlenek węgla, woda, azotany, siarczany i fosforany. Charakterystyczną cechą tlenowego rozkładu substancji węglowych jest wydzielanie dużej energii, co pozwala na przyrost biomasy i szybki przebieg rozkładu.

Usuwanie substancji biogennych

Oprócz usuwania ze ścieków zanieczyszczeń organicznych istnieje konieczność usuwania substancji biogennych, tj. związków azotu i fosforu. Wpływa to bezpośrednio na konieczność prowadzenia procesów nityfikacji, denityfikacji oraz defosfatacji. Nityfikacja jest wynikiem działania autotroficznych bakterii *Nitrosomonas* i *Nitrobacter* i przebiega dwustopniowo. Ilość tlenu niezbędna do utlenienia 1 g azotu amonowego do azotanów (V) wynosi około 4,6 g O₂. W podanych równaniach nie uwzględnia się asymilacji. Przyrost masy komórkowej wynosi 0,15 g s.m.o./g NH₄.

Denityfikacja – definicja

Denityfikacja to desymilacja azotu w wyniku działania bakterii heterotroficznych, takich jak *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Bacillus*. W procesie tym substancje

organiczne służą jako donor elektronów, a azotany (V) i azotany (III) pełnią taką funkcję jak tlen, tzn. są akceptorami elektronów. Do denitryfikacji konieczna jest obecność azotanów (V) w mieszaninie ścieków i osadów, warunki niedotlenienia, odpowiednia masa bakteryjna i źródło energii w postaci substancji organicznych. W czasie denitryfikacji, oprócz redukcji związków azotu, ulegają rozkładowi również związki węgla. Wyraża się to obniżeniem wartości ChZT o 4,76 g O₂/g NO_{3us}.

Defosfatacja to zjawisko usuwania związków fosforu ze ścieków. Proces ten może być zrealizowany poprzez wykorzystanie chemicznego strącania (defosfatacja chemiczna) solami glinu lub żelaza oraz wapnem lub podwyższoną biologiczną defosfatacja w wyniku wzrostu stopnia asymilacji fosforu przez biomasę biorącą udział w procesie oczyszczania. Strącanie solami metali (żelaza lub glinu) powoduje wchodzenie ich w reakcje z fosforanami, tworząc nierozpuszczalne, wytrącane związki. Zwiększone usuwanie fosforu metodą biologiczną można osiągnąć, utrzymując w układzie oczyszczania przemienne warunki beztlenowe. Pewne grupy bakterii (*Acinetobacter*, *Arthrobacter Globiformis*) są zdolne do gromadzenia znacznych ilości polifosforanów (nawet do 25% suchej masy komórkowej). Zdolność ta stanowi mechanizm zwiększonego usuwania fosforu pod warunkiem zachowania odpowiedniego stosunku ilości substancji węglowych do fosforu w ściekach poddawanych oczyszczaniu.

**Defosfatacja
– definicja**

3. Usuwanie związków organicznych

3.1. Identyfikacja trudności eksploatacyjnych

Obecnie wiele przedsiębiorstw posiadających konwencjonalne oczyszczalnie ścieków ma problemy z dostosowaniem się do wymogów obowiązujących na mocy wydanych im zezwoleń na odprowadzanie ścieków. Spowodowane jest to stosowaniem przestarzałych, nieskorygowanych systemów oczyszczania, niedostateczną kontrolą eksploatacyjną, zamarzaniem urządzeń i niską efektywnością oczyszczania biologicznego w miesiącach zimowych. W technologii oczyszczania ścieków poszukuje się zatem nowych rozwiązań, które przy jednoczesnym rozwiązywaniu problemu ekologicznego, jakim jest zagospodarowanie ścieków, pozwoliłyby osiągnąć korzyści ekonomiczne.

Problemy eksploatacyjne związane z usuwaniem związków organicznych dotyczą przede wszystkim zbyt wysokiego obciążenia komór osadu czynnego ładunkiem związków węglowych, nierównomiernością przepływu i co za tym idzie: dużą zmiennością obciążenia hydraulicznego systemów oczyszczania ścieków oraz niejednorodnością w składzie jakościowym ścieków dopływających. Bardzo częstą przyczyną zbyt niskiej efektywności technologicznej jest wadliwe lub zbyt mało wydajne funkcjonowanie systemów napowietrzania. Przyczyn tego zjawiska może być wiele, począwszy od stosowania starej i wyeksploatowanej instalacji, przez złą eksploatację, do zarastania i kolmatacji aeratorów wstępnych. Inne przyczyny ograniczenia sprawnego usuwania związków organicznych ze ścieków to:

- występowanie substancji toksycznych i metali ciężkich;
- obecność związków niepodatnych na rozkład biochemiczny;
- zbyt krótki czas hydraulicznego zatrzymania w układzie;
- niskowydajny system mieszania prowadzący do powstawania martwych stref;
- obecność bakterii nitkowatych czy niewystarczająca koncentracja osadu czynnego w bioreaktorach.

KONIEC PRZYKŁADU

Pozostałe publikacje z serii ochrona środowiska:



Gospodarka wodno-ściekowa

Poradnik obejmuje całość tematyki wodno-ściekowej. Oparty jest na obowiązujących przepisach prawnych i normach. Pomoże rozwiązać problemy związane z oczyszczaniem ścieków, uzdatnianiem wody, zagospodarowaniem osadów ściekowych.



Wodociągi i kanalizacja na CD

Poradnik powstał z myślą o projektantach i firmach zajmujących się wykonawstwem i renowacją sieci. Dostarcza zawsze aktualną wiedzę z zakresu instalacji sanitarnych oraz obowiązujących przepisów branżowych. Publikacja na CD zawiera całą treść w jednym pliku PDF, co umożliwia łatwiejsze i szybsze wyszukiwanie konkretnych zagadnień.



Gospodarka osadowa oczyszczalni ścieków

Eksploatacja oczyszczalni ścieków związana jest ściśle z koniecznością prowadzenia odpowiedniej gospodarki osadowej. Publikacja prezentuje nowe rozwiązania technologiczne, które pozwalają na skuteczną stabilizację, higienizację oraz odwodnienie osadów ściekowych powstających zarówno w sektorze komunalno-bytowym, jak i zakładach przemysłowych.

Szczegółowa oferta na stronie internetowej:

www.dashofer.pl