

Oczyszczalnia ścieków

– osadniki wtórne

dr Eugeniusz Klaczyński
Envirotech w Poznaniu

W oczyszczalniach komunalnych po mechanicznym usunięciu ze ścieków skrętek i piasku wykorzystuje się osadniki wstępne do odciążenia układu biologicznego oczyszczalni.

Osadniki wstępne zatrzymują nie tylko zawiesiny łatwo opadające, ale również część zawieszin trudno opadających i tłuszcze, które gromadzą się na powierzchni lustra ścieków w osadniku. Duża część oczyszczalni ścieków nie stosuje osadników wstępnych, wszystkie są jednak wyposażone w osadniki wtórne, których działanie nie może być rozpatrywane w oderwaniu od układów technologicznych, wykorzystywanych do zintegrowanego usuwania ze ścieków związków węgla azotu i fosforu, przedstawionych w poprzednim artykule. Najczęściej budowane i eksploatowane krajowe oczyszczalnie są wyposażone w wielofazowe reaktory biologiczne z osadem czynnym. Wysoka efektywność procesów biologicznych przebiegających w reaktorach może ulec obniżeniu w wyniku nieprawidłowo działających osadników wtórnych, w których następuje klarowanie ścieków, czyli rozdzielanie mieszaniny ścieków oczyszczonych i osadu czynnego, odprowadzanych z układu biologicznego (reaktorów biologicznych) oczyszczalni. Osadniki wtórne zatrzymują praktycznie ponad 99% zawieszin dopływających do nich w mieszaninie osadu czynnego i ścieków oczyszczonych. Ścieki oczyszczone są następnie odprowadzane z osadnika wtórnego do odbiornika ścieków, a sedimentujący (opadający na dno osadnika wtórnego) osad czynny jest recykulowany do części biologicznej lub usuwany z układu w celu dalszej obróbki technologicznej i stabilizacji w części osadowej oczyszczalni. Nieprawidłowe obciążenie osadników wtórnych osadem czynnym, a także krótki lub wydłużony czas gromadzenia w nim osadu, są przyczynami wynoszenia osadu czynnego ze ściekami oczyszczonymi do odpływu. Wówczas zwiększa się ilość odprowadzanej ze ściekami zawiesziny ogólnej, a wraz z nią ładunku węgla, azotu i fosforu, znajdujących się w komórkach organizmów tworzących osad czynny. Rośnie również ilość fosforu znajdującego się w osadzie chemicznym, też odprowadzanym z zawiesziną (stanowi on mieszaninę z osadem czynnym, powstaje w wyniku reakcji strącania chemicznego stosowanego na wielu obiektach do wspomagania procesu

biologicznego usuwania fosforu koagulacją chemiczną). Zbyt długie przetrzymanie osadu czynnego w osadnikach wtórnych sprzyja powstawaniu warunków beztlenowych (i wtórnej defosfatacji biologicznej), a w konsekwencji wtórnemu uwalnianiu ortofosforanów do ścieków oczyszczonych ze zgromadzonego na dnie zbiornika osadu czynnego. Wynoszenie osadu z osadników wtórnych może być spowodowane niewłaściwym w stosunku do założeń projektowych utrzymywaniem stężenia osadu czynnego w reaktorze, długim wiekiem osadu i przeciążeniem hydraulicznym, wynikającym z ponadnormatywnego dopływu ścieków do oczyszczalni. Przyczyną wynoszenia osadu do odpływu mogą być również zakłócenia w pracy reaktora biologicznego, na przykład związane z wtórną denitryfikacją, która powoduje, że kłaczkosy osadu czynnego z uwiecznionymi pęcherzykami azotu gazowego są odrywane od masy sedimentującego na dnie zbiornika osadu i wynoszone do odpływu (fot. 1).

Sytuacje niebezpieczne

Odwrotna sytuacja wystąpi wówczas, jeśli proces nityfikacji będzie niewystarczający, na przykład w trakcie ponadnormatywnych dopływów ścieków do oczyszczalni z dodatkową dużą ilością amoniaku. Wtedy niedostateczna efektywność nityfikacji będzie przyczyną zwiększenia

w odpływie z oczyszczalni stężenia amoniaku. Bardzo niebezpieczna sytuacja wiąże się z ograniczoną możliwością sedimentacji „spuchniętego osadu”, w którym dominują bakterie nitkowate, lub odrywaniem od dna dużych „bul” osadu czynnego o słabej kondycji, zatrutego i zagnilego (fot. 2) za sprawą związków zawartych w ściekach dopływających do oczyszczalni lub na przykład awarii układu napowietrzania komory nityfikacji.

Obserwuje się wówczas powstawanie na całej powierzchni lustra ścieków kożucha, który z wielkim trudem usuwa się mechanicznie urządzeniami zgarniającymi. Na podstawie przedstawionych przykładów można zrozumieć zależności pomiędzy reaktorami biologicznymi a osadnikami wtórnymi, stanowiącymi łącznie zamknięty biologiczny układ technologiczny. Eksploatacja osadników wtórnych jest trudniejsza niż osadników wstępnych (czy pośrednich), ponieważ gromadzony na dnie osad czynny musi być odbierany równomiernie, najczęściej w sposób ciągły. W przeciwnym wypadku mogą zostać zakłócone właściwe proporcje pomiędzy strefami opadania osadu i zagęszczania osadu, sumarycznie tworzące głębokość roboczą osadnika wtórnego. Dlatego tak ważne dla rozdzielania mieszaniny ścieków oczyszczonych i osadu czynnego jest wyznaczenie właściwych wysokości stref swobodnego opadania, czyli klarowania ścieków oraz strefy zagęszczania osadu.

Założenia technologiczne

Najczęściej eksploatowanymi osadnikami wtórnymi w oczyszczalniach ście-



Fot. 1. Wtórna denitryfikacja – wynoszenie osadu czynnego w osadniku wtórnym pionowym

ków są osadniki radialne o przepływie pionowym (fot. 3) lub prostokątne o przepływie poziomym. Projektując osadniki wtórne, zakłada się czas przetrzymania dopływającej mieszaniny ścieków oczyszczonych i osadu czynnego w zakresie od 2-4 h¹ lub 2,5-3,5 h². Wydłużenie czasu zagęszczania sprzyja zwiększaniu wartości stężenia osadu recyrkulowanego, jednak może być również przyczyną problemów technologicznych (takich jak wtórne uwalnianie fosforu czy końcowa denitryfikacja osadu). Wymagany czas przetrzymania powinno się określić doświadczalnie, uwzględniając przede wszystkim stężenie zawiesin oraz charakterystyczny dla dobrze pracującego osadu czynnego indeks osadu (stosunek objętości osadu w litrowym cylindrze do stężenia suchej masy w badanej próbie). Na podstawie indeksu określamy zdolność do zagęszczania osadu. Dla większości oczyszczalni właściwy indeks osadu wynosi od 50 do 150². Niemieckie normy ATV wymiarowania osadników wtórnych zakładają, że przy obciążeniu osadu czynnego ładunkiem $BZT_5 > 0,05 \text{ kg}_{BZT_5}/\text{kg}_{s.m.os.}$ prawidłowy indeks osadu wyniesie pomiędzy 100 a 150, a przy obciążeniu ładunkiem $BZT_5 \leq 0,05 \text{ kg}_{BZT_5}/\text{kg}_{s.m.os.}$ od 50 do 75³. Prędkość opadania kłaczków osadu ma zasadniczy wpływ na indeks osadu – wolniej opadają kłaczkowate, rozwinięte powierzchnie, z wyraźnymi pustymi przestrzeniami, co powoduje podwyższenie indeksu. Wyższe wartości indeksu są również charakterystyczne dla osadu z dużą ilością bakterii nitkowatych. Indeks można poprawić, zmieniając strukturę kłaczków osadu, na przykład sterując obciążeniem osadu ładunkiem BZT_5 , wiekiem osadu, czy nie dopuszczając do jego przetlenia w komorze nitrifikacji. Obniżenie indeksu jest również efektem ubocznym stosowania w wielu oczyszczalniach wspomaganie procesów biologicznego usuwania fosforu koagulantami chemicznymi. Mieszanina osadu czynnego i chemicznego jest cięższa, a więc lepiej sedymentuje. Należy również pamiętać, że proces sedymentacji osadu ulega poprawie wraz ze wzrostem temperatury ścieków.

Kolejnym ważnym wskaźnikiem, który należy uwzględnić przy projektowaniu osadników wtórnych, jest obciążenie hydrauliczne osadnika wtórnego (jego pole powierzchni) ilością przepływającej z reaktora mieszaniny ścieków i osadu czynnego oraz obciążenie powierzchni osadnika masą zawiesin. Obciążenie hydrauliczne osadnika wtórnego typowej oczyszczalni z osadem czynnym wynosi średnio od 0,7 do 1,4 m³/m²-h, natomiast maksymalnie od 1,7 do 2,1 m³/m². Dla stosowanych powszechnie osadni-



Fot. 2. Wyfotowane „buly” zagniętego osadu czynnego

ków wtórnych o przepływie pionowym (najczęściej używane osadniki radialne) powierzchnie właściwą przyjmuje się jako powierzchnię liczoną w połowie wysokości pomiędzy poziomem wlotu osadu do osadnika a lustrem ścieków. Dla osadników o przepływie poziomym (prostokątne zbiorniki przepływowe zbliżone do osadnika wstępnego) jako miarodajną powierzchnię przyjmuje się powierzchnię ścieków³. Obciążenie masą zawiesin jest iloczynem przepływu mieszaniny ścieków i osadu czynnego oraz stężenia osadu czynnego – najczęściej przyjmuje się wartości od 3,8 do 5,4 kg/m²-h, a maksymalne nawet 9,8 kg/m²-h².

Głębokość osadników wtórnych opisać można za pomocą charakterystycznych stref zagęszczania osadu i swobodnego opadania – klarowania, którą dzieli się jeszcze na strefę sklarowaną, rozdziału i gromadzenia. Stopień zagęszczania osadu w strefie zagęszczania osadnika wtórnego wpływa na stężenie osadu recyrkulowanego (nazywanego osadem recyrkulowanym zewnętrznym). Wielkość strefy zagęszczania eksploatacyjnie nie powinna być mniejsza od 0,5 h. Nato-

miast stopień recyrkulacji osadu w stosunku do dopływających do reaktorów biologicznych ścieków to od 75 do 100%.

Strefę klarowania najczęściej dzieli się na strefę sklarowaną o wysokości ok. 0,5 m, strefę rozdziału o pojemności ok. 1,5 godzinowego przepływu mieszaniny osadu czynnego i ścieków oczyszczonych oraz strefę gromadzenia o pojemności 1,5 godzinowego dopływu osadu z reaktora, przyjmując³ stężenie osadu na poziomie 500 l/m³. Dla osadników wtórnych poziomych prostokątnych strefę klarowania wyznacza się zgodnie z wytycznymi UNIKLAR 77 – od 2,5 do 3,5 m, a strefa zagęszczania wynosi od 2,4 do 3 m⁴. W osadnikach wtórnych radialnych o przepływie pionowym strefa klarowania dla zbiornika o średnicy do 21 m nie przekracza 2 m, a strefa osadowa 0,53 m⁴. Najczęściej używane osadniki wtórne radialne nie przekraczają średnicy 48 m. Należy pamiętać, że przy bardzo dużych średnicach osadników może wystąpić falowanie w wyniku wiatru, zakłócające równomierny odpływ. Natomiast długość osadników wtórnych prostokątnych nie przekracza 72 m (najczęściej



Fot. 3. Osadnik wtórny radialny o przepływie pionowym z przelewem pilastym pojedynczym oraz lejem zbierającym wyfotowany na powierzchni osad czynny



Fot. 4. Studnia i zgrzeblto zgarniacza osadu w osadniku wtórnym o przepływie pionowym

to 10-15-krotność głębokości osadnika przy prędkości poziomej przepływającej mieszaniny osadu i ścieków oczyszczonych wynoszącej 8-15 mm/s²).

Mieszanina ścieków i osadu czynnego doprowadzana jest do osadnika radialnego pionowego najczęściej przez studnię umieszczoną w środkowej części zbiornika, a usuwanie osadu odbywa się z wykorzystaniem zgarniaczy mechanicznych, nagarniających osad zgrzebltem zamontowanym na dnie zbiornika (poruszającym się na kółkach i wyposażonym w gumowy fartuch do leja umieszczonego w centralnej części zbiornika pod studnią, fot. 4).

Rzadziej wykorzystuje się układ ssawek umieszczonych promieniście na dnie zbiornika lub zamontowanych do pomostu przesuwającego się po bieżni na koronie osadnika. W przypadku osadników prostokątnych stosuje się zgarniacze

łańcuchowe lub przymocowane do samojazdnych pomostów, a lej osadowy jest umieszczany najczęściej na początku osadnika. Przy zbiornikach o długości powyżej 40 m w celu równomiernego odpływu stosuje się dwa umieszczone kolejno po sobie leje³. Konstrukcja osadników i urządzeń zgarniających jest praktycznie identyczna jak w przypadku osadników wstępnych. Ścieki po osadnikach powinny być równomiernie odbierane całą szerokością zbiornika lub obwodem – w przypadku osadników radialnych najczęściej wykorzystuje się do tego przelewy pilaste, odbierające ścieki z pojedynczych (fot. 3) lub dwustronnych koryt (fot. 5). Obciążenie hydrauliczne przelewu mieści się w granicach 5-10 m³/h·m². Dodatkowo stosuje się deskę deflektorową, zanurzoną poniżej zwierciadła ścieków na głębokość 0,2-0,3 m w odległości 0,3-0,5 m od przele-



Fot. 5. Przelew pilasty dwustronny z deską deflektorową osadnika wtórnego pionowego

wu, zapobiegającą przedostawaniu się do koryt części pływających (np. tłuszczy) czy wynoszonych na powierzchnię kłaczków osadu zbieranych zgarniaczami powierzchniowymi do specjalnych lejów substancji flotujących³, fot. 3).

Nowoczesne metody

Wymiarowanie i prowadzenie kontroli właściwego zagęszczania osadu w osadnikach wtórnych od kilkunastu lat ulega zmianom, zwłaszcza dzięki nowoczesnym i coraz bardziej dostępnym na rynku urządzeniom kontrolnym. Gęstościomierze umożliwiają sprawdzanie na bieżąco stężenia osadu recykulowanego z osadników wtórnych, płynnie dostosowując objętość recykulacji do stopnia zagęszczenia (stężenia osadu recykulowanego) i utrzymania właściwych proporcji stref klarowania i zagęszczania. Dzięki postępowi technicznemu eksploataccy oczyszczalni mogą eliminować obserwowane w wielu oczyszczalniach niepożądane skutki pracy recykulacji przy zmiennej charakterystyce dobowej ilości ścieków dopływających do oczyszczalni. Szczególnie widoczne jest to w okresie nocnym, kiedy ilość ścieków dopływających do oczyszczalni to często mniej niż 30% przepływów średniodobowych. Wówczas obliczeniowy procent recykulacji jest na tyle mały, że pompy, którymi jest najczęściej recykulowany osad, wyłączają się i nie pracują z uwagą na niebezpieczną dla ich działania charakterystykę. Wydłużający się w związku z tym okres przetrzymania osadów powoduje wtórne uwolnienie ortofosforanów wbudowanych w strukturę mikroorganizmów osadu czynnego, co skutkuje podwyższeniem ilości ortofosforanów w odpływie oczyszczalni.

Osadniki wtórne razem z reaktorami biologicznymi stanowią system biologicznego usuwania węgla, azotu i fosforu. Optymalizacja pracy tego zintegrowanego biologicznego układu technologicznego gwarantuje uzyskiwanie wysokiej efektywności redukcji zanieczyszczeń w ściekach, które po oczyszczeniu są odprowadzane do środowiska naturalnego.

Źródła

1. Mołniewicz W., Sędzikowski T., Bonikowski T.: *Mate oczyszczalnie ścieków. Projektowanie i wykonawstwo*. Warszawa 1979.
2. Dymaczewski Z., Sozański M.M.: *Poradnik eksploatatora oczyszczalni ścieków*. Poznań 1995.
3. Bever J., Stein A., Teichmann H.: *Zaawansowane metody oczyszczania ścieków*. Bydgoszcz 1997.
4. System unifikacji oczyszczalni ścieków UNIKLAR-77. Katalog Typowych Obiektów. Podstawa i zasady stosowania systemu „Uniklar-77”. Centrum Techniki Komunalnej. Warszawa 1981.