

Katarzyna RUCKA, Małgorzata BALBIERZ*

OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW PRZEMYSŁOWYCH O DUŻEJ ZAWARTOŚCI OLEJÓW NA ZŁOŻU BIOLOGICZNYM

Przedstawiono wyniki laboratoryjnych badań technologicznych oczyszczania ścieków przemysłowych na złożu biologicznym. Ścieki poddawane oczyszczaniu na złożu stanowiły mieszaniny wodno-olejowe pochodzące z separatorów substancji ropopochodnych, wstępnie oczyszczone chemicznie w oczyszczalni ścieków przemysłowych. Badania prowadzono w laboratoryjnym układzie doświadczalnym. Stwierdzono ok. 50%-70% skuteczność obniżki ChZT i BZT₅ podczas oczyszczania ścieków na złożu biologicznym średnioobciążonym.

1. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było określenie skuteczności usuwania zanieczyszczeń ze ścieków stanowiących mieszaniny wodno-olejowe podczas biologicznego oczyszczania ścieków na złożu biologicznym. Wyniki badań wykorzystane zostaną do opracowania wytycznych do modernizacji jednej z działających na Dolnym Śląsku oczyszczalni ścieków przemysłowych.

Zakres opracowania obejmuje:

1. Badania technologiczne oczyszczania ścieków z oczyszczalni ścieków przemysłowych (po oczyszczeniu chemicznym) na złożu biologicznym w skali laboratoryjnej.
2. Wyznaczenie podstawowych parametrów technologicznych biologicznego oczyszczania ścieków na złożu biologicznym.

Ścieki przemysłowe stanowiące mieszaniny wodno-olejowe pochodzące z separatorów substancji ropopochodnych różnią się od ścieków bytowych. Oprócz typowych zanieczyszczeń występujących w ściekach bytowych, zawierają zanieczyszczenia specyficzne, wynikające z profilu produkcji oraz technologii stosowanej

* Politechnika Wrocławska, Wydział Inżynierii Środowiska, Katedra Technologii Oczyszczania Wody i Ścieków. Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, katarzyna.rucka@pwr.edu.pl.

w zakładach, w których zainstalowane są separatory. Stężenia zanieczyszczeń mogą być wielokrotnie wyższe niż w ściekach bytowych. Z tego względu przed wprowadzeniem tego typu ścieków przemysłowych do kanalizacji komunalnej konieczne jest ich podczyszczenie.

Dopuszczalny skład ścieków przemysłowych wprowadzanych do kanalizacji określa Rozporządzenie Ministra Budownictwa z dnia 14 lipca 2006 r. w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych [1].

W przypadku ścieków z separatorów substancji ropopochodnych za charakterystyczne zanieczyszczenia specyficzne z pewnością uważane mogą być biodegradowalne związki organiczne, tłuszcze, węglowodory ropopochodne oraz zawiesiny.

Modernizowana oczyszczalnia ścieków oczyszczać będzie docelowo ok. 100 m³/d ścieków pochodzących z separatorów substancji ropopochodnych oraz innych mieszanin wodno-olejowych. Ścieki te będą podczyszczone chemicznie w I stopniu oczyszczania, a następnie oczyszczane biologicznie na złożach.

Odpyływające z instalacji podczyszczającej ścieki kierowane będą do miejskiej sieci kanalizacyjnej i oczyszczane w gminnej oczyszczalni ścieków komunalnych.

2. BADANIA TECHNOLOGICZNE

2.1. OPIS UKŁADU BADAWCZEGO

Badania prowadzono w układzie laboratoryjnym, składającym się ze złoża biologicznego z wypełnieniem z tłucznia granitowego, współpracującego z osadnikiem wtórnym. Ścieki surowe pompowano ze zbiornika pompą perystaltyczną o stałej wydajności, recyrkulację ścieków z osadnika na złożo zapewniała strumienica wodno-powietrzna. Wymiary złoża były następujące:

- średnica złoża: 8,7 cm,
- wysokość złoża: 90 cm,
- powierzchnia rzutu złoża: 0,59 dm²,
- objętość złoża: 5,34 dm³.

Parametry technologiczne złoża podczas badań zasadniczych:

• obciążenie hydrauliczne powierzchni rzutu złoża: $O_h = 6,1 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ (bez recyrkulacji),

• recyrkulacja ścieków: $2,4 \text{ dm}^3/\text{d} = 1600\% Q$,

• obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń organicznych objętości złoża:

$O_L = \text{ok. } 1,5\text{--}4,9 \text{ kg ChZT}/\text{m}^3\text{d}$

$O_L = \text{ok. } 0,2\text{--}1,5 \text{ kg BZT}_5/\text{m}^3\text{d}$.

Przeprowadzono dwie serie badań: badania wstępne oraz badania zasadnicze.

2.2. BADANIA WSTĘPNE

Celem badań wstępnych było wpracowanie złoża – wytworzenie na powierzchni wypełnienia złoża błony biologicznej, zasiedlonej mikroorganizmami zdolnymi do rozkładu zanieczyszczeń zawartych w poddawanych oczyszczaniu ściekach. ChZT ścieków (podczyszczonych chemicznie) dostarczonych do laboratorium Politechniki Wrocławskiej wynosiło ok. 12000–16000 g O₂/m³.

Ścieki rozcieńczano wodą wodociągową w stosunku ok. 1:10 i podawano na złożo w obiegu zamkniętym (zbiornik ścieków surowych-złożo biologiczne-zbiornik ścieków surowych) przy wyłączonej recyrkulacji.

Pompa podająca ścieki pracowała z wydajnością 45 dm³/d (O_h = 76 m³/m²d). Temperatura prowadzenia procesu wynosiła ok. 20 °C. Pojemność zbiornika ścieków wynosiła 10 dm³.

Co kilka dni oznaczano ChZT ścieków. Po uzyskaniu ChZT ścieków o około 50–70% ChZT początkowego zwiększano stężenie początkowe ścieków w zbiorniku do ok. 3000–5000 g O₂/m³ przez dodanie odpowiedniej ilości stężonych ścieków przemysłowych zmieszanych w odpowiedniej proporcji z wodą wodociągową. Badania wstępne trwały około 6 miesięcy.

2.3. BADANIA ZASADNICZE

Badania prowadzono w układzie przepływowym z włączoną recyrkulacją ścieków z osadnika wtórnego. Złożo zasilane było ściekami przygotowywanymi na bazie dostarczanych z oczyszczalni podczyszczonych chemicznie ścieków przemysłowych i wody wodociągowej mieszanych w odpowiedniej proporcji tak, aby ChZT ścieków wynosiło ok. 2500–7000 g O₂/m³. Temperatura prowadzenia procesu wynosiła ok. 20 °C. Badania zasadnicze trwały ok. 2,5 miesiąca.

Zarówno w badaniach wstępnych jak i zasadniczych, w celu określenia skuteczności usuwania zanieczyszczeń oraz prawidłowości pracy złoża okresowo pobierano do analiz fizykochemicznych ścieki surowe i oczyszczone.

3. WYNIKI BADAŃ

3.1. WYNIKI BADAŃ WSTĘPNYCH

W badaniach uzyskano około 70–80% zmniejszenie ChZT. Wartość ChZT ścieków obniżała się do około 300 g O₂/m³ przy 1200 g O₂/m³ w ściekach surowych i do około 1000 g O₂/m³ przy ok. 4000 g O₂/m³ w ściekach surowych. W początkowej fazie doświadczenia, czas w którym uzyskiwano 70% obniżki ChZT wynosił 20 d,

w końcowej fazie badań 70–80% obniżkę ChZT uzyskiwano w czasie o połowę krótszym – 10 d przy ładunku zanieczyszczeń ścieków podawanym na złożo trzykrotnie większym niż na początku badań. Wyniki ostatniej fazy badań wstępnych uznano za zadowalające. W ciągu 8 dób uzyskano 78% obniżki ChZT. Wartość ChZT z 4200 g O₂/m³ w ściekach surowych obniżyła się do 930 g O₂/m³. Wyniki badań wstępnych zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki badań wstępnych

| Czas, d | ChZT, gO ₂ /m ³ | Obniżka ChZT, % | Czas, d | ChZT, gO ₂ /m ³ | Obniżka ChZT, % | Czas, d | ChZT, gO ₂ /m ³ | Obniżka ChZT, % |
|----------------|--|-----------------------|----------------|--|-----------------------|----------------|--|-----------------------|
| Seria 1 | | | Seria 2 | | | Seria 3 | | |
| 0 | 1220 | | 0 | 860 | | 0 | 2630 | |
| 8 | 880 | 25 | 1 | 790 | 8 | 3 | 2000 | 24 |
| 9 | 790 | 35 | 7 | 310 | 64 | 8 | 1250 | 53 |
| 14 | 620 | 49 | 11 | 225 | 74 | | | |
| 20 | 272 | 78 | | | | | | |
| Seria 4 | | | Seria 5 | | | Seria 6 | | |
| 0 | 3800 | | 0 | 2950 | | 0 | 4200 | |
| 2 | 2720 | 28 | 2 | 2060 | 30 | 3 | 2535 | 40 |
| 7 | 1360 | 64 | 4 | 1880 | 36 | 6 | 1540 | 63 |
| | | | 7 | 994 | 66 | 8 | 930 | 78 |
| | | | 9 | 590 | 80 | | | |
| | | | 11 | 470 | 84 | | | |

3.2. WYNIKI BADAŃ ZASADNICZYCH

Obciążenie hydrauliczne podczas badań zasadniczych było stałe, obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń zmieniało się w granicach 1,5–4,9 kg O₂/m³d. Przy obciążeniu złoża ładunkiem ChZT wynoszącym 4,9; 3,7 i 3,1 kg O₂/m³d skuteczność zmniejszenia ChZT wynosiła ok. 50%. Przy niższym obciążeniu ładunkiem ChZT (1,5 kg O₂/m³d) uzyskiwano ok. 70% obniżki ChZT.

W trakcie badań kontrolowano zawartość związków biogenych w ściekach podawanych na złożo. W przypadku stwierdzenia niedoboru związków azotu lub fosforu uzupełniano ich zawartość w ściekach w ilościach wynikających z wymagań metabolicznych mikroorganizmów błony biologicznej (BZT:N:P = 100:5:1).

Ścieki surowe dostarczane do badań na ogół charakteryzowały się wystarczającą do biologicznego oczyszczania zawartością azotu. Tylko jeden raz w trakcie badań konieczna była korekta zawartości azotu. Częściej ścieki dostarczane do badań charakteryzowały się niedoborem fosforu. Korekta składu ścieków polegała na dozowaniu do zbiornika ścieków surowych związków fosforu w celu podwyższenia stężenia do ok. 10–15 g P/m³. W ściekach oczyszczonych, na skutek asymilacyjnego

wbudowywania fosforu w komórki mikroorganizmów, zawartość fosforanów malała do około 1,5–3 g P/m³.

W wyniku procesu amonifikacji i asymilacji azotu przez mikroorganizmy stężenie TKN w ściekach oczyszczonych obniżało się o ok. 40–50%. Wyniki badań zasadniczych zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki badań zasadniczych

| Dzień, d | Obciążenie ładunkiem ChZT, kgO ₂ /m ³ d | Obciążenie ładunkiem BZT ₅ , kgO ₂ /m ³ d | ChZT, gO ₂ /m ³ | | | BZT ₅ , gO ₂ /m ³ | | |
|----------|---|--|---------------------------------------|-------------|----------------|--|-------------|----------------|
| | | | surowe | oczyszczone | % zmniejszenia | surowe | oczyszczone | % zmniejszenia |
| 1 | 3,2 | 0,9 | 4700 | | | 1400 | | |
| 3 | 3,2 | 0,9 | 4700 | 2250 | 52 | 1400 | 620 | 55 |
| 6 | 4,9 | 1,5 | 7300 | | | 2200 | | |
| 8 | 4,9 | 1,5 | 7300 | 4070 | 44,4 | 2200 | 1120 | 49 |
| 10 | 4,9 | | 7300 | 3420 | 53,1 | | | |
| 13 | 4,9 | | 7300 | 3270 | 55,2 | | | |
| 21 | 3,3 | | 4900 | | | | | |
| 23 | 3,3 | 1,1 | 4900 | 2690 | 45,1 | 1760 | 830 | 53 |
| 27 | 3,7 | | 5446 | | | | | |
| 29 | 3,7 | | 5446 | 3025 | 44,4 | | | |
| 35 | 1,5 | 0,2 | 2240 | | | 320 | | |
| 41 | 1,5 | 0,2 | 2240 | 656 | 71 | 320 | 124 | 61 |
| 45 | 3,1 | 0,8 | 4625 | | | 1300 | | |
| 48 | 3,1 | 0,8 | 4625 | 2028 | 56,1 | 1300 | 540 | 58 |

Wyniki badań zasadniczych wykazały wysoką skuteczność obniżki ChZT. Przy wartości ChZT w ściekach surowych wynoszącej około 4700 g O₂/m³ (obciążenie ładunkiem ChZT = 3,2 kg ChZT/m³ d) wartość ChZT w ściekach oczyszczonych wynosiła 2250 g O₂/m³ (52% obniżki). Przy niższym obciążeniu ładunkiem ChZT wynoszącym 1,5 kg ChZT/m³ d uzyskano 71% obniżki ChZT, a wartość ChZT w ściekach oczyszczonych wynosiła 656 g O₂/m³.

Stwierdzono również wysoką skuteczność zmniejszenia BZT₅. Przy wartości BZT₅ w ściekach surowych wynoszącej ok. 1400 g O₂/m³ (obciążenie ładunkiem BZT₅ – 0,9 kg O₂/m³ d) wartość BZT₅ w ściekach oczyszczonych obniżyła się do 620 g O₂/m³ (55% obniżki). Przy niższym obciążeniu ładunkiem BZT₅ wynoszącym 0,2 kg O₂/m³d uzyskano 61% obniżki, a wartość BZT₅ w ściekach oczyszczonych obniżyła się do 124 g O₂/m³.

4. WNIOSKI Z BADAŃ

1. Z przeprowadzonych badań laboratoryjnych wynika, że zadowalające efekty usuwania zanieczyszczeń organicznych ze ścieków przemysłowych pochodzących z separatorów substancji ropopochodnych można uzyskać stosując po ich chemicznym oczyszczeniu w I^o metodę złoż biologicznych średnio lub wysokoobciążonych (w II^o oczyszczania).
2. Zadowalającą skuteczność oczyszczania ścieków (40–70% obniżkę ChZT) uzyskano przy obciążeniu ładunkiem zanieczyszczeń organicznych objętości złoża z zakresu:

$$O_{L,ChZT} = \text{ok. } 1,5\text{--}4,8 \text{ kg ChZT/m}^3\text{d}$$

$$O_{L,BZT5} = \text{ok. } 0,2\text{--}1,4 \text{ kg BZT}_5\text{/m}^3\text{d}$$
3. Najwyższą efektywność oczyszczania ścieków (70% obniżkę ChZT) zapewniającą wartość ChZT w ściekach oczyszczonych na poziomie 656 g O₂/m³ uzyskano przy następujących parametrach technologicznych:
 - obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń organicznych objętości złoża:

$$O_{L,ChZT} = \text{ok. } 1,5 \text{ kg ChZT/m}^3\text{d}$$

$$O_{L,BZT5} = \text{ok. } 0,2 \text{ kg BZT}_5\text{/m}^3\text{d}$$
 - obciążenie hydrauliczne powierzchni rzutu złoża:

$$O_h = 6,1 \text{ m}^3\text{/m}^2\text{d}$$

LITERATURA

- [1] ROZPORZĄDZENIE MINISTRA BUDOWNICTWA z dnia 14 lipca 2006 r. w sprawie sposobu realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych (Dz. U. Nr 136, Poz. 964).
- [2] WYTYCZNA DWA 281 P (dawna ATV A-135), *Wytyczne do wymiarowania złoż zraszanych i zanurzanych*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, 2001.

TREATMENT OF INDUSTRIAL WASTEWATER WITH HIGH OIL CONCENTRATION USING
A TRICKLING FILTER

The results of a bench-scale investigation of industrial wastewater treatment using a trickling filter were presented. Wastewater incoming to the trickling filter was a water-oil mixture from oil (and oil derivative substances) separators, pretreated chemically in a full-scale treatment plant before feeding to a biological step in a lab-scale. It has been shown that 50–70% efficiency of COD and BOD₅ removal could be obtained using a medium-loaded trickling filter.