

ARTYKUŁY – REPORTS

Anna Wiejak*

OCENA PRZYDATNOŚCI MATERIAŁÓW ZASZCZEPIAJĄCYCH W OZNACZANIU BIOCHEMICZNEGO ZAPOTRZEBOWANIA NA TLEN W ŚCIEKACH

Biochemiczne zapotrzebowanie tlenu (BZT) jest jednym z parametrów kontrolowanych podczas określania skuteczności oczyszczania ścieków przez małe domowe oczyszczalnie. W badaniach BZT₅ należy wstępnie przygotować próbki ścieków do analizy i rozcieńczyć je w różnym stosunku wodą do rozcieńczeń wzbogaconą tlenem i zawierającą zaszczerp mikroorganizmów pochodzący z wody do zaszczerpień. Przedmiotem badań opisanych w artykule był dobór materiału do zaszczerpień zapewniający właściwy przebieg procesów biochemicznego utleniania. W badaniach wykorzystano wody pochodzące ze źródeł naturalnych, ścieki surowe ze studzienki na terenie ITB oraz ścieki surowe i oczyszczone z małej domowej oczyszczalni ścieków zainstalowanej pod Sochaczewem.

1. Wstęp

W Polsce bardzo dużo miejscowości położonych na terenach niezurbanizowanych nie ma rozwiązane go problemu oczyszczania ścieków. Odprowadzane ścieki nie spełniają wymagań sanitarnych i ochrony środowiska. Jedną z możliwości poprawy istniejącego stanu jest wykorzystanie przydomowych oczyszczalni ścieków – obiektów obsługujących do 50 mieszkańców, mających odpowiednią skuteczność usuwania zanieczyszczeń [1–6]. Zgodnie z wymaganiami małe oczyszczalnie ścieków są wyrobami podlegającymi ocenie zgodności, a ITB jest zainteresowane certyfikacją tych wyrobów. W normie PN EN 12566-3 *Małe oczyszczalnie ścieków dla obliczeniowej liczby mieszkańców (OLM) do 50. Część 3: Kontenerowe i/lub montowane na miejscu budowy domowe oczyszczalnie ścieków* [7] określono wymagania, metody badania, znakowanie oraz ocenę zgodności dotyczące tych oczyszczalni. Metody badania ujęte w normie służą do wyznaczenia parametrów użytkowych oczyszczalni, koniecznych do potwierdzenia jej przydatności do przewidywanego zastosowania. Jednym z parametrów jest skuteczność

* mgr inż. – Zakład Materiałów Budowlanych ITB

oczyszczania określona redukcją następujących wskaźników: chemicznego zapotrzebowania na tlen (ChZT), biochemicznego zapotrzebowania na tlen (BZT), ilości zawiesiny. Wszystkie te parametry monitoruje się na dopływie i odpływie oczyszczalni. W Laboratorium Materiałów Budowlanych ITB wdrożono metody badań służące do oceny skuteczności oczyszczania ścieków [8].

Jednym z podstawowych parametrów oceny efektywności procesów wykorzystywanych w technologii oczyszczania ścieków jest BZT, które pozwala określić podatność wody na biodegradację. Oznaczenie opiera się na określeniu ilości tlenu (mgO_2/dm^3) potrzebnego do utlenienia związków organicznych w ściekach w temperaturze 20°C , przy udziale mikroorganizmów. Na przebieg badania może mieć wpływ wiele różnych czynników: temperatura, odczyn pH, brak substancji odżywczych, brak tlenu, obecność substancji, z których największe zagrożenie stanowią substancje toksyczne dla mikroorganizmów, na przykład środki bakteriobójcze, metale toksyczne, wolny chlor. Substancje te mogą spowalniać procesy biochemiczne i znacząco zaniżać wyniki badań.

Aby wykonać oznaczenie BZT zgodnie z PN-EN 1899-1 [9], należy wstępnie przygotować próbki ścieków do analizy i rozcieńczyć je w różnym stosunku wodą do rozcieńczeń wzbogaconą tlenem i zawierającą zaszczep mikroorganizmów pochodzący z wody do zaszczepień. Próbki są inkubowane przez 5 dni (BZT_5) w temperaturze 20°C w ciemności, bez dostępu powietrza. Oznacza się stężenie tlenu rozpuszczonego przed i po inkubacji i oblicza tlen zużyty na litr próbki. Równoległe z badaniem określa się BZT_5 ślepej próby i roztworu wzorcowego.

Istotnym czynnikiem wpływającym na przebieg procesu biochemicznego jest wystarczająca ilość aktywnych mikroorganizmów. Aby w badanych próbkach zachodziły procesy biochemiczne, do wody używanej do rozcieńczeń (badanie BZT) dodaje się czynnik zaszczepiający. Norma PN-EN 1899-1 dopuszcza stosowanie kilku rodzajów wody zaszczepiającej:

- ścieków miejskich o maksymalnej wartości ChZT 300 mg/l pobranych z głównego kanału ściekowego lub z kanału strefy mieszkalnej, wolnych od większych ilości zanieczyszczeń przemysłowych,
- wody z rzeki lub jeziora zawierającej ścieki miejskie,
- ścieków odprowadzanych z oczyszczalni po odstaniu,
- wody z odbiornika, pobranej poniżej punktu wprowadzania wody, która będzie analizowana, lub wody zawierającej mikroorganizmy adaptowane do wody, która będzie analizowana i namnażana w laboratorium,
- materiału zaszczepiającego dostępnego w handlu.

W praktyce stosuje się również wyciągi glebowe [10].

Ponieważ nie znaleziono gotowego materiału do zaszczepień, dostępnego w handlu, oraz nie było możliwości pozyskania ścieków miejskich z oczyszczalni, w badaniach mających na celu dobór właściwego materiału do zaszczepień wykorzystano wodę pochodzącą z różnych zbiorników naturalnych, ścieki pobrane ze studzienki na terenie ITB oraz ścieki z małej domowej oczyszczalni, zainstalowanej w gospodarstwie pod Sochaczewem.

2. Metoda badania

W celu sprawdzenia przydatności materiału zaszczepiającego wykonano kilka analiz, stosując roztwór kontrolny do zaszczepień: glukoza/kwas glutaminowy z dodatkiem wody pochodzącej z różnych zbiorników.

W badaniach były zastosowane następujące roztwory:

- roztwór kontrolny, sporządzany przez rozpuszczenie w wodzie 150 mg bezwodnej glukozy i 150 mg kwasu L-glutaminowego, wysuszonych uprzednio w temperaturze 10 ± 55 °C przez 1 godz., uzupełniany wodą do objętości 1000 cm³; wartość BZT₅ takiego roztworu mieści się w przedziale 210 ± 40 mg O₂/l,
- woda do rozcieńczeń – woda dejonizowana z dodatkiem roztworów: fosforanu – roztworu buforowego o pH 7,2, 7-Hydrat siarczanu (VI) magnezu, chlorku wapnia, 6-Hydrat chlorku żelaza; woda jest napowietrzana co najmniej 7 godz.,
- woda do zaszczepień – woda pochodząca ze zbiorników naturalnych, ścieki pobrane na terenie ITB oraz ścieki z zainstalowanej w gospodarstwie pod Sochaczewem małej przydomowej oczyszczalni ścieków,
- roztwór stosowany do analizy; do wody do rozcieńczeń dodawano 20 ml roztworu kontrolnego, 2 ml ATU (allilotiomicznik, roztwór 1 g/l), określone ilości wody do zaszczepień i uzupełniano wodą do rozcieńczeń do objętości 1000 ml,
- roztwór ślepej próby – woda do rozcieńczeń zaszczepiona taką samą ilością wody do zaszczepień, jak roztwór badany, z dodatkiem 2 ml ATU.

BZT₅ roztworu kontrolnego wyznaczano, określając zawartość tlenu w badanym roztworze w pierwszym dniu badania i w roztworze przechowywanym przez 5 dni w ciemności, w temperaturze 20°C. Oznaczenie tlenu rozpuszczonego wykonano zgodnie z PN-EN 26813 *Jakość wody. Oznaczenie tlenu rozpuszczonego. Metoda jodometryczna* [9]. Metoda oparta jest na reakcji tlenu rozpuszczonego w próbce ze świeżo strąconym wodorotlenkiem manganu, utworzonym przez dodanie wodorotlenku sodu do siarczanu manganu. Zakwaszenie i utlenienie jodku przez utworzony związek manganu o wyższym stopniu utlenienia uwalnia równoważną ilość jodu, którą odmiareczkowiec się tiosiarczanem sodu.

3. Wyniki badań

W tablicy 1 przedstawiono: miejsce pochodzenia wody używanej do zaszczepień, wskaźnik ChZT tej wody, wyniki oznaczeń tlenu w pierwszym dniu badania i po pięciu dniach oraz wyniki biochemicznego zapotrzebowania na tlen BZT₅.

Przy prawidłowo przebiegających procesach biochemicznych w roztworze wzorcowym, wartość BZT₅ powinna zawierać się w przedziale 170–250 mg tlenu na litr roztworu.

Pierwsze badania wykonane były w marcu 2009 r. Próbkę wody z Wisły i z Kanału Bródnowskiego pobierano w okresie silnych mrozów i przechowywano w lodówce w temperaturze około 3°C. BZT₅ wyznaczone dla roztworu wzorcowego, gdzie materiał zaszczepiający stanowiły wody pochodzące z naturalnych zbiorników, były zdecydowanie za niskie. Prawdopodobnie nie doszło do namnożenia wystarczającej do przebiegu

procesu ilości mikroorganizmów. Ponadto wody te charakteryzowały się dużym chemicznym zapotrzebowaniem na tlen, co przeszkadza w prawidłowym przebiegu procesów biochemicznych.

Kolejne badania przeprowadzono w drugim kwartale roku, z zastosowaniem wód ze zbiorników naturalnych: wody z Wisły, wody z kanałku na Kabatach i kanałku w Pyrach. Próbkę pobierano przy dodatnich temperaturach i przechowywano w laboratorium w temperaturze około 20°C, w celu naturalnego namnożenia mikroorganizmów. Do wody do rozcieńczeń dodawano po 5 ml i po 10 ml na 1 litr wody do zaszczepień. Uzyskano pozytywne wyniki, mieszczące się w granicach błędu określonego w PN-EN 1899-1, stosując dodatek 10 ml każdej z wód. Ilość 5 ml okazała się niewystarczająca do właściwego przebiegu procesów biochemicznych. Uzyskane wyniki: około 130 mg/l, odbiegały od wyniku oczekiwanego o około 30%.

W październiku wykonano badania, wykorzystując jako wodę do zaszczepień wodę z kanałku na Kabatach, która była również badana w maju. Przy takiej samej ilości wody do zaszczepień i podobnym wskaźniku ChZT uzyskano znacznie niższe wyniki BZT₅ roztworu kontrolnego (120 mg O₂/l). Temperatura wody pobranej w październiku wynosiła około 5°C. Można przypuszczać, że przy tak niskiej temperaturze zmniejszyła się znacznie ilość mikroorganizmów, co spowolniło procesy biochemiczne zachodzące w roztworze kontrolnym.

Tablica 1. Wyniki badań roztworu kontrolnego zaszczepianego różnymi materiałami
Table 1. Test results of control solution containing various seeding materials

Data wykonania oznaczenia	Materiał zaszczepiający	Ilość materiału zaszczepiającego, ml/l	ChZT mg/l	Pierwszy dzień	Po pięciu dniach	BZT ₅ mg/l
				zawartość O ₂ , mg/l	zawartość O ₂ , mg/l	
Próbki wód naturalnych pobrane w I kwartale roku						
03.2009	ślepa próba	–	–	9,0	8,9	–
	woda z Kanałku Bródnowskiego	5 ml/l	598	9,3	6,4	140
	ślepa próba	–	–	8,4	7,7	–
	woda z Wisły	5 ml/l	453	8,4	5,1	134
	ślepa próba	–	–	9,1	8,9	–
	woda z Wisły	10 ml/l	453	9,3	6,5	138
Próbki wód naturalnych pobrane w II kwartale roku						
04.2009	ślepa próba	–	–	8,4	7,7	–
	woda z Wisły	5 ml/l	278	8,4	5,1	134
	ślepa próba	–	–	8,7	8,3	–
	woda z Wisły	10 ml/l	278	8,5	3,5	230

04.2009	ślepa próba	–	–	8,6	8,2	–
	bez wody do zaszczepień	–	–	8,7	5,6	135
05.2009	ślepa próba	–	–	8,8	8,5	–
	woda z kanałku na Kabatach	5 ml/l	480	8,8	5,9	130
	ślepa próba	–	–	8,5	7,9	–
	woda z kanałku na Kabatach	10 ml/l	480	8,5	3,2	236
	ślepa próba	–	–	8,7	8,37	–
	woda z kanałku w Pyrach	10 ml/l	320	8,7	4,1	226
Próbki wód naturalnych pobrane w IV kwartale roku						
10.2009	ślepa próba	–	–	8,1	7,7	–
	woda z kanałku na Kabatach	10 ml/l	424	8,1	5,3	120
Ścieki						
04.2009	ślepa próba	–	–	9,1	9,0	–
	ścieki ze studzienki na terenie ITB	10 ml/l	509	9,3	6,5	130
10.2009	ślepa próba	–	–	8,4	8,1	–
	ścieki surowe z domu jednorodzinnego pod Sochaczewem	10 ml/l rozcieńczonych czterokrotnie	998	8,8	5,6	150
10.20010	ślepa próba	–	–	8,5	7,3	–
	ścieki surowe z domu jednorodzinnego pod Sochaczewem	5 ml/l rozcieńczonych czterokrotnie	1006	8,5	4,1	164
01.2010	ślepa próba	–	–	8,5	8,0	–
	ścieki oczyszczone z domu jednorodzinnego pod Sochaczewem	5 ml/l	318	8,8	4,2	202
03.2010	ścieki oczyszczone z domu jednorodzinnego pod Sochaczewem	5 ml/l	242	8,09	3,49	209

Wyniki badań podane w tablicy 1 wskazują, że do badań BZT₅ można wykorzystywać wody ze zbiorników naturalnych wyłącznie w okresie wiosenno-letnim, kiedy temperatura wód wynosi powyżej 10°C, ponieważ w takich warunkach dobrze namnażają się mikroorganizmy. Próbkę wody musi charakteryzować się również niskim wskaźnikiem ChZT lub być odpowiednio rozcieńczona, co wymusza konieczność wyznaczenia tego wskaźnika dla materiału zaszczipiającego, każdorazowo przed wykonaniem właściwego badania ścieków. W przypadku wysokiego wskaźnika ChZT można próbkę rozcieńczyć, ale wówczas ilość wody dodana do zaszczepień musi być większa.

Ze względu na trudności związane z każdorazowym pozyskiwaniem materiału do zaszczepień pochodzących z wód naturalnych podjęto próby zbadania przydatności do tego celu ścieków surowych, pobranych ze studzienki kanalizacyjnej na terenie ITB, oraz wykorzystania ścieków surowych i oczyszczonych pozyskanych z przydomowej oczyszczalni ścieków, będącej przedmiotem badań skuteczności oczyszczania ścieków. Oczyszczalnia ta została zainstalowana w gospodarstwie w okolicach Sochaczewa.

Stosowano różne ilości i rozcieńczenia próbek ścieków surowych jako materiałów zaszczipiających. Nie uzyskano oczekiwanych wyników – wskaźnik BZT₅ był niższy niż określony normowo. Ścieki surowe charakteryzują się bowiem wysokim wskaźnikiem ChZT – znikoma ilość tlenu zawarta w takich ściekach nie pozwala na rozwój mikroorganizmów. Jak wykazały badania, dodatek ścieków surowych jako materiału zaszczipiającego jest niecelowy.

Na podstawie wykonanych badań stwierdzono, że najlepszym materiałem do zaszczepień są ścieki oczyszczone. Uzyskane wartości wskaźnika BZT₅ roztworów kontrolnych zaszczepionych ściekami oczyszczonymi wskazują na właściwy przebieg badania. Określając skuteczność oczyszczania ścieków w badaniach małych oczyszczalni, zawsze dysponujemy próbką ścieków oczyszczonych. Każdorazowo oznacza się ChZT tych ścieków, co pozwala wyeliminować dodatkowe oznaczenia ChZT materiału zaszczipiającego. Ścieki oczyszczone charakteryzują się stosunkowo niskim wskaźnikiem ChZT i po przejściu przez złożo biologiczne zawierają dostateczną ilość mikroorganizmów, pozwalających na zainicjowanie i przebieg procesów biochemicznego utlenienia w badanych próbkach.

4. Podsumowanie

W badaniach biochemicznego zapotrzebowania na tlen (BZT₅) w wodzie i ściekach zastosowano trzy rodzaje materiałów zaszczipiających: wody naturalne, ścieki surowe i ścieki oczyszczone pochodzące z małej przydomowej oczyszczalni.

Na podstawie przeprowadzonych analiz stwierdzono, że najbardziej przydatnym materiałem do zaszczepień były ścieki oczyszczone pobrane podczas badań typu małej domowej oczyszczalni ścieków.

Do badań BZT₅ można również wykorzystywać wody pochodzące ze zbiorników naturalnych, pobierane wyłącznie w okresie wiosenno-letnim, kiedy temperatury wód kształtują się powyżej 10°C. Zawierają one wówczas wystarczającą do przebiegu utlenienia biochemicznego ilość mikroorganizmów. Przed zastosowaniem w badaniach, wody do zaszczepień należy przechowywać w warunkach laboratoryjnych, w tempera-

turze około 20°C. Przechowywanie ich w lodowce hamuje rozwój mikroflory, czyniąc wody nieprzydatnymi do badań.

Bibliografia

- [1] Błażejowski R.: Innowacje w oczyszczaniu małych ilości ścieków. *Wodociągi i kanalizacja*, 7, 2006
- [2] Długosz M.: Wybór technologii oczyszczania ścieków i rodzaju oczyszczalni dla osiedli wiejskich. Seminarium „Infrastruktura sanitarna wsi” AR w Krakowie, 2000
- [3] Chmielewski K., Ślizgowski R.: Charakterystyka ilościowa ścieków dopływających do przydomowej oczyszczalni z pojedynczego gospodarstwa wiejskiego. *Gaz Woda i Technika Sanitarna*, 9, 2008
- [4] Mazurkiewicz J.: Oczyszczalnie przydomowe – stan obecny, najnowsze technologie i perspektywy rozwoju. *Przegląd Komunalny*, 11, 2007
- [5] Mazurkiewicz J.: Skuteczność usuwania zanieczyszczeń przez przydomowe oczyszczalnie ścieków. VIII Ogólnopolska Konferencja Szkoleniowa „Kanalizacja terenów niezurbanizowanych”. Poznań, 20–21 listopada 2008
- [6] Osmólska-Mróż B.: Lokalne systemy unieszkodliwiania ścieków – poradnik. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 1995
- [7] PN EN 12566-3:2007 Małe oczyszczalnie ścieków dla obliczeniowej liczby mieszkańców (OLM) do 50. Część 3: Kontenerowe i/lub montowane na miejscu budowy domowe oczyszczalnie ścieków
- [8] Wiejak A.: Praca badawcza ITB nr 7.3.43.NM-20/2009 Wdrożenie metod analitycznych badań ścieków w określeniu skuteczności oczyszczania małych oczyszczalni ścieków wg PN EN 12566-3:2007; maszyn., biblioteka ITB
- [9] PN-EN 1899-1: 2002 Jakość wody. Oznaczanie biochemicznego zapotrzebowania tlenu po n dniach (BZT_n). Część 1. Metoda rozcieńczania i szczepienia z dodatkiem alliotiomocznika
- [10] Kostka B., Bebek M., Mitko K.: Badanie materiałów zaszczipiających pod kątem przydatności w oznaczaniu biochemicznego zapotrzebowania tlenu w wodzie i ściekach, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 2, 2007
- [11] PN-EN 26813:1997 Jakość wody. Oznaczenie tlenu rozpuszczonego. Metoda jodometryczna

ESTIMATION OF SEEDING MATERIALS SUITABILITY IN DETERMINATION OF BIOCHEMICAL OXYGEN DEMAND IN SEWAGE

Summary

Biochemical oxygen demand (BOD) is one of the parameters monitored during determination of effectiveness of small, household-based sewage treatment plants. In testing BOD₅ procedure, the sewage samples, after initial preparation for analysis, are diluted in various proportion by dilution water, which is enriched with oxygen and also contains micro-organism seed coming from the seeding water. The subject of tests described in the paper was to select the seeding materials, which would ensure the proper biochemical oxygenation process. The following samples were used during tests: water coming from natural springs, raw sewage taken from sewage well located in ITB premises, and raw sewage as well as treated sewage from a small, house-based sewage treatment plant near Sochaczew.

Praca wpłynęła do Redakcji 11 V 2010 r.