



Ocena efektywności biopreparatów w beztlenowym oczyszczaniu ścieków bytowo-gospodarczych

Krystyna Olańczuk-Neyman

Jerzy Prejzner

Krzysztof Czerwionka

Rafał Bray

Wydział Hydrotechniki

Politechnika Gdańska

1. Wstęp

Ścieki bytowo gospodarcze zawierają znaczne ilości zanieczyszczeń chemicznych i bakteriologicznych. Minimalna ilość ścieków produkowana dziennie przez jednego człowieka, wynosi ok. 4 dm³. W osiedlach zaopatrzonych w dostateczną ilość zimnej i ciepłej wody wielkość ta może wzrosnąć nawet stukrotnie. Ścieki takie stanowią mieszaninę różnych związków organicznych i nieorganicznych pochodzenia naturalnego oraz pewnej ilości substancji pochodzenia obcego (antropogenicznego). Głównym źródłem zanieczyszczeń występujących w ściekach bytowo-gospodarczych są odchody ludzkie, mniejszy zaś udział mają odpadki spożywcze oraz nieczystości pochodzące z łazienek i pralni.

Dorosły człowiek wydala dziennie średnio od 35 – 70 g suchej masy kału (g s.m.) oraz od 50 – 70 g s.m. moczu. Przyjmuje się, że zanieczyszczenia orga-

niczne produkowane przez jednego człowieka w ciągu doby (dobowy ładunek odprowadzany do ścieków przez jednego równoważnego mieszkańca) wyrażone w postaci BZT_5 wynoszą 60 g $O_2/M \cdot d$ (1).

Ważnym wskaźnikiem decydującym o sposobach i możliwościach oczyszczania ścieków jest stężenie zawartych w nich zanieczyszczeń. Wielkość ta zależy głównie od zużycia wody, co z kolei zależy jest od standardu życia mieszkańców. Im większe jest zużycie wody, tym mniejsze jest stężenie zanieczyszczeń w powstających ściekach.

Zanieczyszczenie środowiska, w obrębie małych obiektów pozbawionych kanalizacji sanitarnej, spowodowane odprowadzaniem ścieków bezpośrednio do gruntu lub do wód naturalnych, wymaga podjęcia natychmiastowych działań. W tym kontekście na uwagę zasługują biopreparaty, które zgodnie z oceną przedstawioną przez producentów mogłyby, przynajmniej przejściowo, poprawić istniejącą sytuację. W wielu krajach (Francja, Niemcy, Anglia, Stany Zjednoczone Ameryki Północnej) w celu utylizacji ścieków z pojedynczych domów i gospodarstw stosowane są małe, przydomowe oczyszczalnie. W obiektach tych, do wspomagania beztlenowych lub względnie beztlenowych procesów oczyszczania ścieków, są niekiedy stosowane określone biopreparaty.

Badania przeprowadzone na Wydziale Hydrotechniki Politechniki Gdańskiej (w Katedrze Technologii Wody i Ścieków) miały na celu ocenę wpływu wybranych biopreparatów na przebieg oczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych gromadzonych w osadnikach gnilnych oraz ocenę ich skuteczności w usuwaniu zanieczyszczeń chemicznych i bakteriologicznych (2).

2. Charakterystyka biopreparatów

Biopreparaty, zwane inaczej biokatalizatorami, są mieszaniną wyselekcjonowanych żywych kultur mikroorganizmów o wysokiej aktywności enzymatycznej, która jest zdolna do rozkładu złożonych substancji organicznych, jak np. białka, tłuszcze, celuloza oraz specyficznych trudnorozkładalnych biologicznie substratów (jak np. niektóre substancje powierzchniowoczynne) (3). Biomasa mikroorganizmów w biopreparatach stanowią najczęściej bakterie, a czasami także i grzyby (4). Do mieszaniny mikroorganizmów wprowadzane są niekiedy również enzymy. Znane są też preparaty składające się z samych enzymów. Zaletą preparatów mikrobiologicznych zawierających w swoim składzie żywe organizmy, w stosunku do preparatów enzymatycznych, jest fakt, że organizmy te namnażają się w oczyszczanych ściekach. Preparaty enzymatyczne natomiast nie podlegają reprodukcji.

Zasadnicze działanie preparatów biologicznych polega na zapoczątkowaniu biologicznego rozkładu zanieczyszczeń ściekowych. Polega ono na wprowadzeniu tzw. zaszczepki zawierającej specyficzną mikroflorę przystosowaną do pracy w danych warunkach środowiskowych. Biopreparaty mogą stanowić pewne uzupełnienie dla naturalnej mikroflory ścieków, która zazwyczaj aktywnie uczestniczy w biologicznych procesach rozkładu zanieczyszczeń.

Biopreparaty można stosować w celu podczyszczania ścieków zawierających duże ilości tłuszczów, olejów i detergentów, np. z zakładów zbiorowego żywienia, zakładów przemysłu tłuszczowego lub mięsnego. Dozowane biopreparaty mogą aktywizować rozkład zanieczyszczeń organicznych oraz udrażniać sieć kanalizacyjną. Preparaty biologiczne stosuje się również do podczyszczania ścieków pochodzących z pojedynczych domów, ośrodków wczasowych i małych osiedli. Ścieki takie są gromadzone w szczelnych zbiornikach gnilnych. Preparaty wprowadza się bezpośrednio do ścieków w miejscu ich powstawania. W ten sposób można również zapobiegać zatykaniu się przewodów kanalizacyjnych, które często spowodowane jest osadzaniem na ich ściankach substancji tłuszczowych (5). Odpływ ze zbiorników należy kierować poprzez drenaż rozsączający do filtrów gruntowych. Rozwiązanie takie umożliwia pełną mineralizację (w warunkach tlenowych) produktów niepełnego biologicznego rozkładu zanieczyszczeń organicznych powstających w zbiorniku gnilnym przy ograniczonym dostępie tlenu (procesy beztlenowe). Dodatek preparatów biologicznych do ścieków może mieć istotne znaczenie, gdy zawierają one trudnorozkładalne biologicznie substancje, np. środki powierzchniowo-czynne.

W ulotkach reklamowych niektórzy producenci i dystrybutorzy zapewniają, że zastosowanie biopreparatów zapewni „całkowity rozkład zawartości szamba prowadzący do powstania przezroczystej, bezwonnej nieszkodliwej dla środowiska cieczy, która nadaje się do podlewania trawników, drzew i krzewów” (6). Tego typu informacje o skuteczności preparatów biologicznych, budzą wątpliwości i wymagają weryfikacji.

3. Zakres i metodyka badań

Badania nad efektywnością biopreparatów przeznaczonych do podczyszczania ścieków bytowo-gospodarczych wykonano w dwóch etapach, tj. prac laboratoryjnych i terenowych (2).

Badania laboratoryjne miały na celu porównanie efektywności działania czterech, wybranych biopreparatów w procesie oczyszczania ścieków oraz ocenę ich skuteczności w odniesieniu do ścieków surowych, nie poddanych działaniu biopreparatu. Badania wykonano w warunkach nieprzepływowych, utrzymując przez cały okres takie same parametry doświadczalne. Stanowisko badawcze było izolowane od bezpośredniego wpływu promieni słonecznych, a temperatura pomieszczenia wynosiła 20-28°C. Do badań laboratoryjnych użyto uśrednionych ścieków bytowo-gospodarczych pobranych ze zbiornika bezodpływowego zlokalizowanego przy budynku mieszkalnym w Gdyni-Orłowie. Pełną charakterystykę obiektu i ścieków surowych przedstawiono w opisie badań terenowych.

Ścieki umieszczono w sześciu butlach o pojemności 5 dm³ każda, praktycznie bez swobodnego kontaktu z otoczeniem. Do czterech butli wprowadzono określone, zgodne z zaleceniami przedstawionymi przez producentów, dawki wytypowanych biopreparatów:

- Bioenzyklar (preparat bakteryjno-enzymatyczny) 50 g/10 m³ ścieków;
- Enzybac (preparat bakteryjno-enzymatyczny) 15 g/m³ ścieków;
- BIO-7 (bakteryjny) 1 dawka/3 m³ ścieków;
- Digest (bakteryjny) 1 dm³/m³ ścieków.

Przebieg biodegradacji w ściekach surowych (bez biopreparatu) był badany równolegle w dwóch próbkach. Okres badawczy, dla każdej serii pomiarowej, wynosił trzy tygodnie. Z poszczególnych butli pobierano, w określonych odstępach czasu, próbki do badań, zawsze z tej samej wysokości (w celu zapewnienia jednakowych warunków poboru). Próbki ścieków pobierano na początku badań (w dniu „0”) oraz po 2, 4, 7, 14 i 21 dniach retencji.

Prace terenowe miały na celu dalszą ocenę wytypowanych w badaniach laboratoryjnych dwóch preparatów biologicznych Bio-7 i Enzybac w aktualnie eksploatowanych zbiornikach gromadzących ścieki bytowo-gospodarcze. Do prac terenowych wytypowano dwa obiekty. Pierwszy obiekt stanowił osadnik typu Imhoffa przy Państwowym Domu Opieki Społecznej dla Dzieci Niepełnosprawnych w Sobieszewie. Jest to obiekt o pojemności 15 m³, średnim przepływie 0,54 m³/h i średnim czasie zatrzymania ścieków 10,2 h. Uzupelnienie obiektu stanowi osadnik wtórny złożony z trzech studni o łącznej pojemności 1,25 m³. Z uwagi na przepływowy typ osadnika zastosowano preparat Enzybac, który dawkowano codziennie przez trzy tygodnie o stałej godzinie (22⁰⁰). W dniu „0” wprowadzono 15 g preparatu na m³ ścieków, a następnie po 5 g/10 m³ ścieków odprowadzanych dobowo. Próbki ścieków pobierano dwukrotnie w ciągu doby o godz. 6⁰⁰ i 14⁰⁰ w okresie dawkowania preparatu biologicznego (3 tygodnie) oraz w okresie po zaprzestaniu dozowania preparatu (5 tygodni). Drugim obiektem był dwukomorowy, nieprzepływowy osadnik w Gdyni-Orłowie. Łączna pojemność osadnika wynosi 6 m³, a średni czas zatrzymania ścieków 25 dni. Zastosowano preparat Bio-7, który zgodnie z zaleceniem producenta wprowadzono w dniu „0” oraz w dniu „7”, po 1 dawce na każde 3 m³ zawartości osadnika. Próbki do badań pobierano z drugiej komory osadnika. Badania trwały dwa miesiące.

W obu obiektach do badań analitycznych pobierano próbki ścieków (cieczy nadosadowej) z głębokości 15 – 20 cm poniżej powierzchni. Badania przeprowadzono w okresie październik – listopad 1992 r., w którym temperatura otoczenia nie przekraczała 10°C.

W pobranych próbkach ścieków surowych i ścieków z dodatkiem biopreparatów wykonywano oznaczenia fizykochemiczne: ChZT, BZT₅, pH, zapach oraz bakteriologiczne: ogólna liczba bakterii mezofilnych w 1 cm³, najbardziej prawdopodobna liczba (NPL) bakterii grupy *coli* w 100 cm³ i NPL bakterii grupy *coli* typu kałowego (fekalnego) w 100 cm³. Analizy wykonywano zgodnie z obowiązującymi Polskimi Normami (7).

Średnie wartości podstawowych wskaźników zanieczyszczeń ścieków surowych (cieczy nadosadowej) z obu obiektów przedstawiono w tab. 1.

TABELA 1
ŚREDNIE WARTOŚCI PODSTAWOWYCH WSKAŹNIKÓW ZANIECZYSZCZEŃ ŚCIEKÓW SUROWYCH
(CIECZY NADOSADOWEJ)
Z OSADNIKÓW W SOBIESZEWIE I W GDYNI-ORŁOWIE

Wskaźnik	Jednostka	Ścieki surowe	
		Sobieszewo	Gdynia-Orłowo
ChZT	mg O ₂ /dm ³	286	280
BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	170	172
odczyn	pH	7,2	7,3
zapach	—	K ₂	G ₃
ogólna liczba bakterii mezofilnych	kolonie/cm ³	2,2x10 ⁵	1,8x10 ⁵
bakterie grupy coli	NPL/100 cm ³	2,4x10 ⁶	1,5x10 ⁶
bakterie grupy coli typu kałowego	NPL/100 cm ³	1,4x10 ⁶	7,0x10 ⁵

4. Wyniki badań i dyskusja

4.1. Badania laboratoryjne

4.1.1. Wskaźniki fizykochemiczne

W badaniach laboratoryjnych oceniano wpływ biopreparatów na proces biodegradacji zanieczyszczeń organicznych zawartych w ściekach bytowo-gospodarczych.

Zmiany wartości ChZT w procesie oczyszczania ścieków surowych i ścieków z dodatkiem biopreparatów przedstawiono w tab. 2.

TABELA 2
ZMIANY WARTOŚCI CHZT (w mg O₂/dm³) W PROCESIE OCZYSZCZANIA
ŚCIEKÓW SUROWYCH I ŚCIEKÓW ZAWIERAJĄCYCH BIOPREPARATY
(BADANIA LABOARTORYJNE)

Preparat	Czas (doby)					
	0	2	4	7	14	21
ścieki surowe	297,1	219,5	150,2	90,4	52,1	45,5
Bioenzuklar	299,6	239,2	157,7	91,4	51,1	44,9
Enzybac	316,9	226,9	137,9	85,5	48,2	43,7
Bio-7	336,7	204,7	130,5	78,6	53,0	48,3
Digest	356,5	268,8	208,0	122,6	75,2	66,9

Stwierdzono, że wprowadzenie biopreparatów do ścieków powodowało chwilowy wzrost ChZT. W ściekach surowych (bez biopreparatu) wartość ChZT

po pierwszych siedmiu dniach procesu zmalała o około 70%, a w ściekach z biopreparatem (Enzybac lub Bio-7) obniżenie wartości ChZT było o ok. 0,5 – 4% większe. Po 14 dniach redukcja zanieczyszczeń stabilizowała się na poziomie 82 – 84% zarówno dla ścieków surowych, jak i dla ścieków z preparatami Bioenzyklar, Enzybac i Bio-7. Nieco gorsze wyniki redukcji ChZT ścieków (w stosunku do ścieków surowych), otrzymano stosując biopreparat Digest.

Zmiany wartości BZT₅, w trzytygodniowym okresie badawczym, w ściekach surowych i w ściekach z dodatkiem biopreparatów przedstawiono w tab. 3.

TABELA 3
ZMIANY WARTOŚCI BZT₅ (w mg O₂/dm³) W PROCESIE OCZYSZCZANIA
ŚCIEKÓW SUROWYCH I ŚCIEKÓW ZAWIERAJĄCYCH BIOPREPARATY
(BADANIA LABORATORYJNE)

Preparat	Czas (doby)					
	0	2	4	7	14	21
ścieki surowe	183	142	102	64	38	30
Bioenzyklar	181	125	84	56	36	29
Enzybac	163	103	71	48	31	26
Bio-7	197	101	65	46	30	25
Digest	162	128	95	63	40	34

Wykazują one, że oczyszczanie ścieków zachodzi efektywniej w obecności biopreparatów, niż w ściekach surowych. Szczególnie wyraźne różnice występują w pierwszych 2 – 4 dniach procesu, kiedy szybkość rozkładu zanieczyszczeń, wyrażonych przez BZT₅, dla ścieków z preparatami Enzybac i Bio-7 jest od 50 do 100% większa, niż dla ścieków surowych. Działanie biopreparatów Bioenzyklar i Digest było w tym okresie nieco mniej efektywne. Od 14 do 21 dnia nastąpiło stopniowe wyrównanie efektów oczyszczania ścieków surowych i ścieków z dodatkiem biopreparatów. Uzyskane wyniki (tab. 3) jednoznacznie wskazują, że efektywność oddziaływania poszczególnych biopreparatów na łatworozkładalne zanieczyszczenia organiczne w ściekach była większa od efektywności naturalnego procesu biodegradacji. Najlepsze wyniki w eliminacji zanieczyszczeń określanych wartością BZT₅ otrzymano dla biopreparatów Bio-7 i Enzybac. Należy podkreślić, że przedstawione wartości redukcji zanieczyszczeń (wyrażonych przez ChZT i BZT₅) dotyczą zmian zachodzących w ściekach ponad warstwą osadów i są wynikiem zarówno procesu biodegradacji (zachodzącej przy udziale mikroflory ścieków oraz biopreparatów), jak i procesu sedymentacji.

Wartości pH we wszystkich próbkach ścieków ulegały niewielkim zmianom od 7,2 w dniu „0” do 7,6 po 14 dobach i 7,4 po 21 dobach przebiegu procesu.

Wprowadzenie biopreparatów do ścieków powodowało już w ciągu pierwszej doby zmianę rodzaju zapachu z gnilnego na kanalizacyjny, łagodniejszy w porównaniu z próbką kontrolną. Jedynie dodatek biopreparatu Digest

wpływał na bardzo szybką zmianę zapachu z gnilnego na mydlany. Po 14 dniach stwierdzono praktycznie zanik zapachu ścieków we wszystkich rodzajach badanych próbek (łącznie z próbką kontrolną).

4.1.2. Wskaźniki bakteriologiczne

Ocenę bakteriologiczną oparto na stopniu eliminacji wskaźnikowych bakterii *coli* typu kałowego, których czas przeżycia jest zbliżony do przeżywalności bakterii chorobotwórczych pochodzenia jelitowego. Występowanie tych bakterii w ściekach może wskazywać na równoczesną obecność bakterii i wirusów patogennych, pochodzących z przewodu pokarmowego ludzi chorych i nosicieli i rozpowszechnianych drogą wodną (dur brzuszny, dur rzekomy, salmonellozy, czerwonka, cholera, gruźlica, żółtaczką bakteryjną i zakaźną, paraliż dziecięcy, zapalenie opon mózgowych). Ponadto określano eliminację bakterii grupy *coli* ze ścieków surowych oraz występowanie w nich ogólnej liczby bakterii mezofilnych.

Zmiany ogólnej liczby bakterii oraz liczby bakterii grupy *coli* typu kałowego w ściekach surowych i w ściekach z dodatkiem biopreparatów przedstawiono odpowiednio w tab. 4 i 5.

TABELA 4
ZMIANY OGÓLNEJ LICZBY BAKTERII (JEDNOSTEK TWORZĄCYCH KOLONIE/cm³)
W PROCESIE OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW SUROWYCH I ŚCIEKÓW ZAWIERAJĄCYCH BIOPREPARATY
(BADANIA LABORATORYJNE)

Preparat	Czas (doby)					
	0	2	4	7	14	21
ścieki surowe	$7,0 \times 10^4$	$9,0 \times 10^2$	$3,1 \times 10^5$	$1,1 \times 10^4$	$2,7 \times 10^5$	$1,2 \times 10^5$
Bioenzylklar	$1,9 \times 10^4$	$6,9 \times 10^3$	$2,3 \times 10^4$	$5,5 \times 10^3$	$1,6 \times 10^5$	$5,0 \times 10^5$
Enzybac	$1,1 \times 10^4$	$4,0 \times 10^3$	$1,2 \times 10^5$	$1,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^5$	$1,8 \times 10^5$
Bio-7	$2,3 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$	$1,1 \times 10^4$	$1,6 \times 10^5$	–
Digest	$1,5 \times 10^4$	$1,0 \times 10^3$	$9,2 \times 10^5$	$1,3 \times 10^4$	$1,9 \times 10^5$	$8,6 \times 10^5$

TABELA 5
ZMIANY LICZBY BAKTERII GRUPY *COLI* TYPU KAŁOWEGO (FEKALNEGO) (NPL/100 cm³)
W PROCESIE OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW SUROWYCH I ŚCIEKÓW ZAWIERAJĄCYCH BIOPREPARATY
(BADANIA LABORATORYJNE)

Preparat	Czas (doby)						
	0	1	2	4	7	14	21
ścieki surowe	$7,0 \times 10^5$	–	$9,0 \times 10^2$	$2,4 \times 10^1$	6	<5	$2,4 \times 10^4$
Bioenzylklar	$7,0 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	$1,3 \times 10^4$	$2,3 \times 10^1$	<5	<5	$7,0 \times 10^4$
Enzybac	$7,0 \times 10^5$	$1,3 \times 10^5$	$2,4 \times 10^4$	$2,4 \times 10^2$	5	6	$2,4 \times 10^4$
Bio-7	$7,0 \times 10^5$	$2,4 \times 10^6$	$6,2 \times 10^4$	$2,3 \times 10^1$	5	<5	<5
Digest	$7,0 \times 10^5$	$2,1 \times 10^4$	$1,4 \times 10^3$	$2,3 \times 10^1$	6	<5	10^5

W krótkim czasie po wprowadzeniu preparatów biologicznych do ścieków surowych, wzrosła w nich ogólna liczba bakterii mezofilnych (w porównaniu z próbką kontrolną). Zawartość tych bakterii, po okresie adaptacji, czwartego dnia osiągnęła wartości maksymalne, co wskazywało na ich dużą aktywność w biodegradacji zanieczyszczeń organicznych. W późniejszym okresie liczba tych bakterii była nieco niższa (tab. 4). Efektywność oczyszczania ścieków surowych, określona szybkością eliminacji wskaźnikowych bakterii grupy *coli* typu kałowego, już na początku procesu była bardzo duża i po pierwszej dobie liczba ich zmalała o 99,87%. Wolniej natomiast malała liczba tych bakterii w ściekach z biopreparatami, w ściekach z preparatem Digest w pierwszej dobie spadła o 97%, a w ściekach z pozostałymi biopreparatami redukcja wynosiła tylko ok. 65%. Dopiero w czwartej dobie redukcja bakterii grupy *coli* typu kałowego, we wszystkich próbkach, przekroczyła 99% (w stosunku do początkowej liczby w ściekach surowych). Od 7 do 14 dnia retencji liczba bakterii grupy *coli* typu kałowego w ściekach surowych i w ściekach z dodatkiem biopreparatów (z wyjątkiem preparatu Enzybac) zbliżała się do zera z podobną prędkością. Ponowny wzrost liczby tych bakterii wskaźnikowych zaobserwowano w ściekach surowych i w ściekach z dodatkiem biopreparatów: Bioenzyklar, Enzybac i Digest w 21 dniu okresu badawczego. Jedynie w ściekach z preparatem Bio-7 liczba bakterii grupy *coli* typu kałowego utrzymywała się nadal na niskim poziomie ($NPL < 5$).

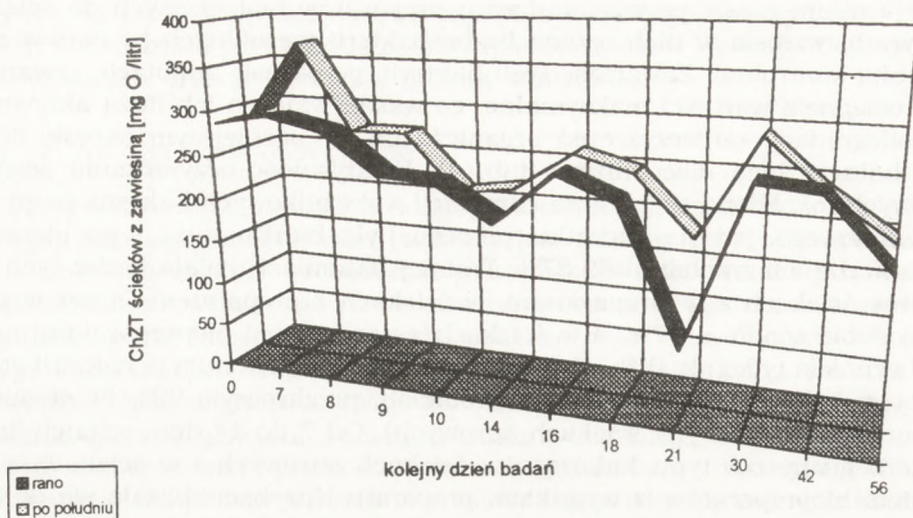
Zjawisko wzrostu liczby bakterii grupy *coli* typu kałowego po dłuższym czasie oczyszczania ścieków, należy wiązać z procesami zachodzącymi w osadach ściekowych. Biologiczny rozkład substancji organicznych zdeponowanych w osadach przyczynił się, w końcowym etapie badań, do częściowej desorpcji zanieczyszczeń bakteriologicznych z osadów. Uwolnione w ten sposób bakterie przedostawały się do cieczy nadosadowej powodując wzrost jej zanieczyszczenia.

4.2. Badania terenowe

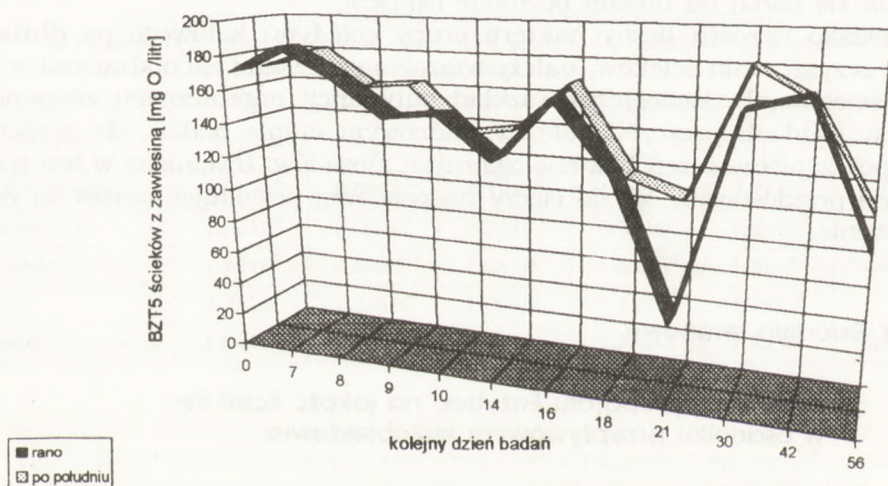
a. Wpływ biopreparatu Enzybac na jakość ścieków w osadniku przepływowym w Sobieszewie

4.2.1. Wskaźniki fizykochemiczne

W okresie dawkowania biopreparatu Enzybac (do 21 dnia doświadczeń włącznie) zaobserwowano tendencję spadkową wartości ChZT i BZT₅ ścieków pobranych zarówno rano, jak i w godzinach popołudniowych (rys. 1 i 2). Tendencja ta została dwukrotnie zakłócona — po 7 i 14 dniach trwania eksperymentu. Pomimo to, po trzech tygodniach codziennego dawkowania preparatu biologicznego Enzybac, redukcja ChZT i BZT₅ wynosiła ok. 70% w ściekach pobranych w godzinach rannych (dłuższy czas kontaktu ścieków z biopreparatem) i tylko 37% w próbkach popołudniowych. Dwukrotnie występu-



Rys. 1. Wyniki badań ChZT ścieków z osadnika przepływowego w Sobieszewie w okresie dozowania preparatu Enzybac i po jego zakończeniu.



Rys. 2. Wyniki badań BZT₅ ścieków z osadnika przepływowego w Sobieszewie w okresie dozowania preparatu Enzybac i po jego zakończeniu.

jące zakłócenia procesu oczyszczania ścieków w okresie dawkowania biopreparatu były spowodowane różnymi przyczynami. Wynikały one z jednorazowych zrzutów większych ładunków zanieczyszczeń oraz z uwalniania substancji organicznych z osadów dennych w wyniku przyspieszonych procesów rozkładu beztlenowego. Po zakończeniu dawkowania preparatu Enzybac, po-

między 22 a 30 dniem zaobserwowano wzrost wartości ChZT i BZT₅ ścieków zarówno w próbkach pobranych rano, jak i po południu. Maksymalny poziom ChZT i BZT₅ osiągnięty w trzydziestym dniu odpowiadał wartościom tych wskaźników w ściekach surowych (przed wprowadzeniem biopreparatu). W końcowym okresie (do 56 dnia doświadczeń) następował stopniowy spadek wartości ChZT i BZT₅.

Nie zaobserwowano pozytywnego wpływu biopreparatu na zmianę intensywności i charakteru zapachu ścieków. Przez cały okres trwania eksperymentu ścieki miały zapach kanalizacyjny o intensywności 2 (K2), taki sam jak ścieki przed okresem dawkowania biopreparatu. Podwyższona wartość zapachu występowała tylko w okresie wzrostu wartości ChZT i BZT₅.

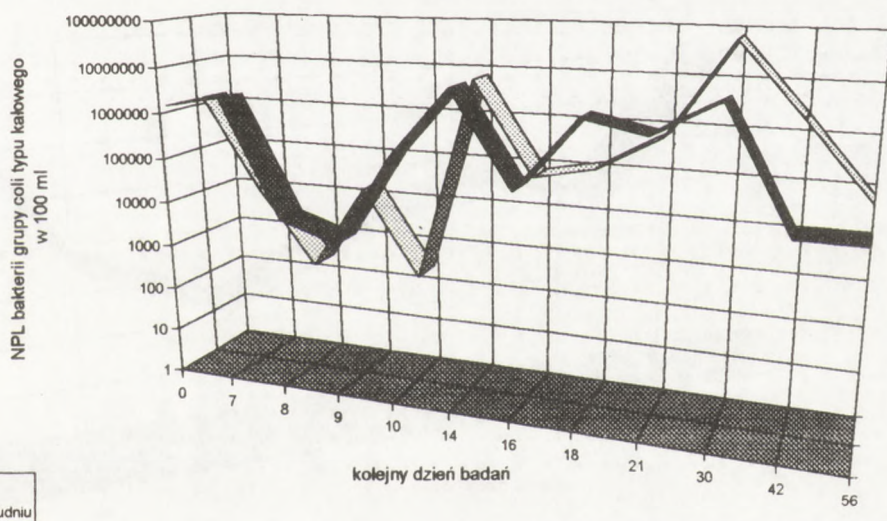
Wartości odczynu (pH) ścieków w czasie dawkowania biopreparatu były niemal stałe i utrzymywały się w granicach 7,2 – 7,3. W późniejszym okresie zaobserwowano niewielki wzrost wielkości pH do wartości 7,4.

4.2.2. Wskaźniki bakteriologiczne

W okresie dawkowania biopreparatu Enzybac tendencje zmian wskaźników bakteriologicznych tylko okresowo pokrywały się z wynikami badań chemicznych. Ogólna liczba bakterii mezofilnych oraz bakterii grupy *coli* utrzymywały się na podobnym poziomie w granicach od $2,4 \times 10^6$ do $2,4 \times 10^7$ /100 ml ścieków.

Inny charakter zmian występował w przypadku bakterii grupy *coli* typu kałowego (rys. 3).

Zaobserwowano, że liczba tych mikroorganizmów w ściekach zmalała (w sto-



Rys. 3. Wyniki badań bakteriologicznych ścieków z osadnika przepływowego w Sobieszewie w okresie dozowania preparatu Enzybac i po jego zakończeniu.

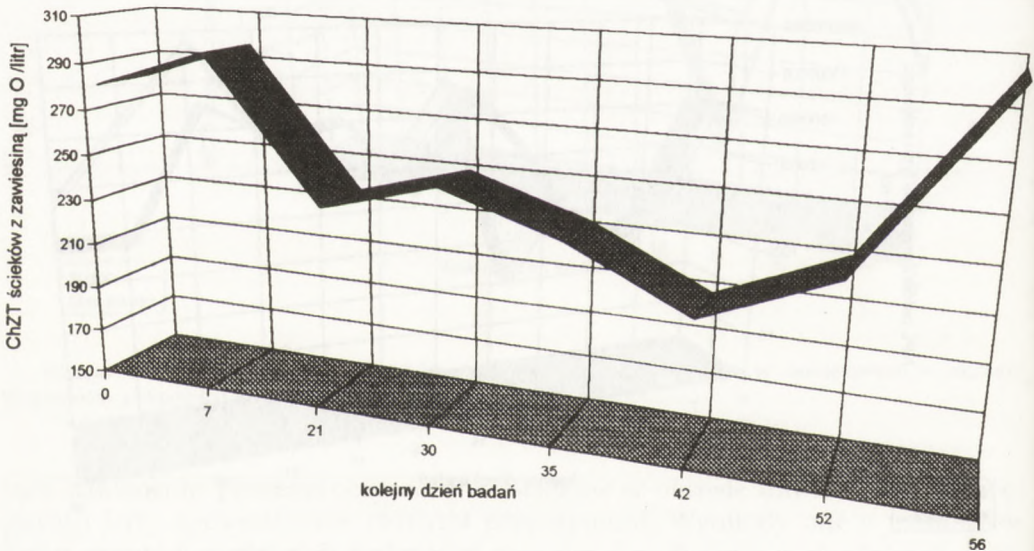
sunku do dnia „0”, w ciągu pierwszych 10 dni okresu badawczego o 90 – 99,9%. Było to jednak zjawisko krótkotrwałe, gdyż pomiędzy 14 a 21 dniem liczba tych bakterii ponownie zbliżyła się do poziomu w ściekach surowych. Prawdopodobnie efekt eliminacji bakterii pochodzenia kałowego ze ścieków pod wpływem biopreparatu był niweczony w wyniku dopływu nowych bakterii z osadów. O stałym uruchomianiu bakterii z osadów, które zachodziło z różnym nasileniem, świadczy większa liczba bakterii grupy *coli* typu kałowego w próbkach rannych (po dłuższym okresie kontaktu ścieków z biopreparatem i mniejszym przepływie w osadniku) niż w popołudniowych.

Po zakończeniu dawkowania biopreparatu Enzybac charakter zmian liczby bakterii *coli* typu kałowego był podobny do zmian parametrów chemicznych (ChZT i BZT₅). Po około tygodniowej przerwie w dawkowaniu preparatu liczba bakterii pochodzenia kałowego osiągnęła maksymalną wartość ($7 \times 10^7 / 100$ ml), przy czym była ona wyższa niż w ściekach surowych. W późniejszym okresie (3 kolejne tygodnie) następował stopniowy spadek liczby tych bakterii w ściekach.

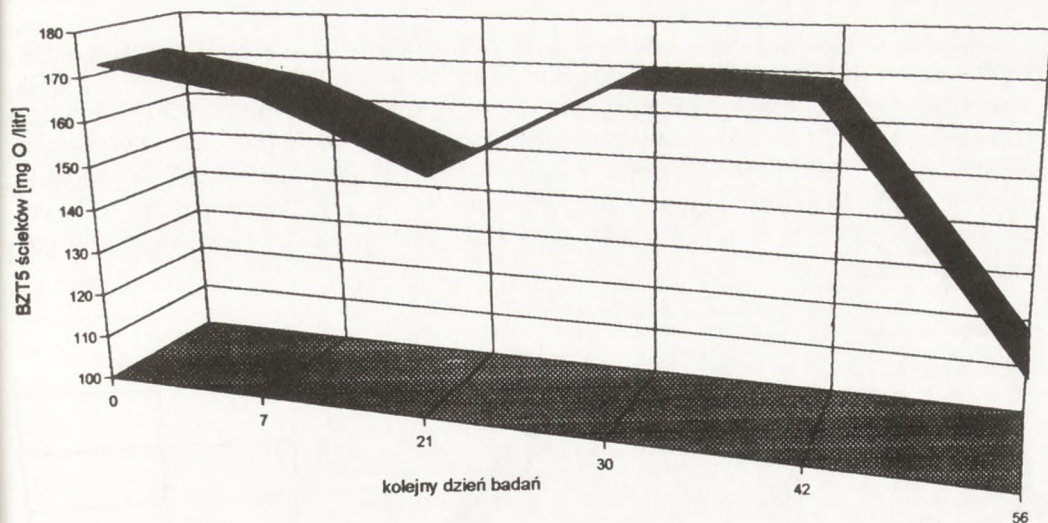
b. Wpływ biopreparatu Bio-7 na jakość ścieków w osadniku nieprzepływowym w Gdyni-Orłowie

4.2.3. Wskaźniki fizykochemiczne

Zmiany wartości ChZT w ściekach po wprowadzeniu biopreparatu Bio-7 przedstawiono na rys. 4. Zaobserwowano pewien wzrost wartości ChZT ście-



Rys. 4. Wyniki badań ChZT ścieków z osadnika przepływowego w Gdyni-Orłowie w okresie po wprowadzeniu preparatu Bio-7.



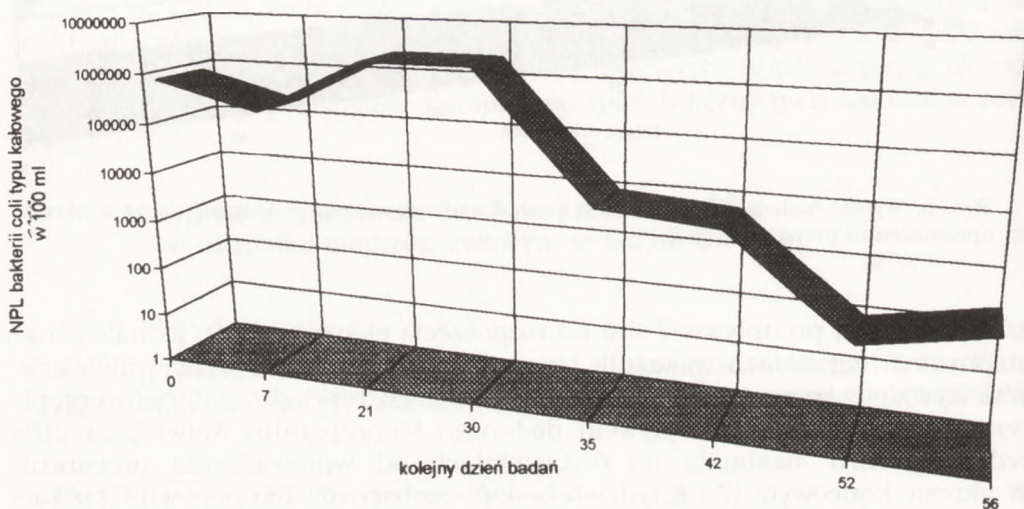
Rys. 5. Wyniki badań BZT₅ ścieków z osadnika przepływowego w Gdyni-Orlowie w okresie po wprowadzeniu preparatu Bio-7.

ków (o ok. 6%) po upływie 7 dni od rozpoczęcia eksperymentu, jednak w następnych 5 tygodniach wskaźnik ten wykazywał ogólną tendencję malejącą. Wskazywałoby to na zintensyfikowanie przebiegu rozkładu materiału organicznego w ściekach pod wpływem dodanego biopreparatu. Największa 26% redukcja ChZT nastąpiła po 6 tygodniach od wprowadzenia preparatu. W okresie końcowym (7 i 8 tydzień badań) zaobserwowano ponowny, początkowo niewielki, wzrost wartości ChZT do 109,2% wartości początkowych. Wartości BZT₅ zmieniały się w podobny sposób (rys. 5). Największa 30% redukcja BZT₅ wystąpiła także po 6 tygodniach od wprowadzenia preparatu do ścieków. Nie zaobserwowano natomiast wzrostu wartości tego wskaźnika w ciągu ostatnich dwóch tygodni eksperymentu. Przeciwnie, wartość BZT₅ nadal malała, co było efektem działania pozostałego w ściekach biopreparatu na łatworozkładalne zanieczyszczenia organiczne ścieków. Obserwacje przebiegu zmienności wartości ChZT i BZT₅ potwierdzają zalecenie producenta, że dawkowanie biopreparatu Bio-7 należy powtarzać w odstępach 5 – 6-tygodniowych. Rozpatrując przebieg oczyszczania ścieków, nie można wykluczyć wpływu substancji pochodzących z osadów zdeponowanych na dnie osadnika, na przebieg tego procesu.

Wartości pH ścieków wykazywały w okresie badawczym stałą tendencję wzrastającą (od 7,3 do 7,8). W okresie tym preparat nie zmieniał w zasadniczy sposób intensywności i charakteru zapachu ścieków.

4.2.4. Wskaźniki bakteriologiczne

Wyniki uzyskane na podstawie przeprowadzonych badań bakteriologicznych wskazują, że efektywne oddziaływanie biopreparatu na obniżenie liczby bakterii pochodzenia kałowego ujawnia się dopiero po upływie 30-dniowego czasu kontaktu (rys. 6). Najwyższą redukcję liczby tych bakterii, wynoszącą 99,9%, stwierdzono po 52 dniach eksperymentu. Preparat Bio-7 skutecznie eliminował ze ścieków zanieczyszczenia bakteriologiczne pochodzenia kałowego. Już po 35 dniach miała miejsce 98,7% redukcja liczby bakterii grupy coli typu kałowego.



Rys. 6. Wyniki badań bakteriologicznych ścieków z osadnika przepływowego w Gdyni-Orłowie w okresie po wprowadzeniu preparatu Bio-7.

5. Podsumowanie

Prezentowane wyniki dotyczą przeprowadzonych badań laboratoryjnych oraz badań terenowych nad efektywnością wybranych biopreparatów przeznaczonych do rozkładu zanieczyszczeń zawartych w ściekach bytowo-gospodarczych.

Wykazano, że badane biopreparaty okresowo przyspieszają eliminację zanieczyszczeń organicznych oraz bakteriologicznych występujących w cieczy ponad warstwą osadów ściekowych. Jednakże, w wyniku oddziaływania preparatów biologicznych na osady zgromadzone na dnie osadników gnilnych, istnieje realna możliwość okresowego uwalniania niektórych zawartych w nich zanieczyszczeń chemicznych i bakteriologicznych i wtórnego skażenia cieczy nadosadowej. Jednocześnie ustalono, że preparaty biologiczne wprowadzane

do osadników gnilnych nie poprawiały w sposób znaczący charakteru zapachu ścieków, ani jego intensywności. Pozytywny wpływ preparatów w tym zakresie obserwowano jedynie w badaniach laboratoryjnych (8). Wnioski z przeprowadzonych badań terenowych z zastosowaniem preparatów Bio-7 i Enzybac znalazły potwierdzenie w wynikach prac dotyczących wpływu biopreparatów Bio-enzyklar, Enzymix, Enzybac i BAC-T-ENZ na rozkład ścieków gromadzonych w zbiornikach bezodpływowych (9).

Wartości wybranych wskaźników chemicznych i bakteriologicznych ścieków poddanych działaniu biopreparatów zebrano w tab. 6.

TABELA 6
CHARAKTERYSTYKA JAKOŚCI ŚCIEKÓW PO ZASTOSOWANIU BIOPREPARATÓW W ODNIESIENIU
DO PRZEPISÓW OKREŚLAJĄCYCH NAJWYŻSZE DOPUSZCZALNE WARTOŚCI
WSKAŹNIKÓW ZANIECZYSZCZEŃ W ŚCIEKACH WPROWADZANYCH DO WÓD I GRUNTÓW
(NA PODSTAWIE WYNIKÓW WH PG ORAZ „PROJMORSU”)

Wskaźnik	Jednostki	Bio-7	Enzybac	Bioenzyklar	MDS ścieków wprowadzanych do wód i gruntów*	MDS ścieków wprowadzanych do kanalizacji miejskiej**
ChZT	mg O ₂ /dm ³	208,1	180,4 (392)	(258,0)	150,0	500,0
BZT ₅	mg O ₂ /dm ³	170,0	107,0 (247)	(105,0)	30,0	350,0
zawiesina	mg/dm ³	–	(60,8)	(30,3)	50,0	275,0
azot ogólny	mg N/dm ³	–	(132,0)	(98,5)	30,0	–
fosfor ogólny	mg P/dm ³	–	(12,0)	(8,7)	5,0	–
bakterie grupy coli typu kałowego	NPL/100 cm ³	9,0x10 ¹	1,3x10 ⁶ (7,0x10 ⁷)	(2,4x10 ⁸)	I klasa do 100 II klasa do 1000 III klasa do 10000	–

*Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z 5.11.1991 r. (Dz.U., nr 116, poz. 503).

**Zgodnie z przepisami obowiązującymi w Przedsiębiorstwie Wodociągów i Kanalizacji Saur Neptun Gdańsk. Wartości w nawiasach dotyczą wyników badań uzyskanych przez „Projmors”.

Dane te uzyskano na Wydziale Hydrotechniki Politechniki Gdańskiej oraz w Biurze Projektów Budownictwa Morskiego „Projmors”. Wartości zamieszczone w tabeli odniesiono do dopuszczalnych wartości wskaźników zanieczyszczeń w ściekach odprowadzanych do wód i do gruntów (Dz.U., nr 116, poz. 503) i do kanalizacji miejskiej (Zarządzenie Saur-Neptun Gdańsk).

Prezentowane w tab. 6 wyniki wskazują, że badane biopreparaty mają pozytywny, lecz ograniczony wpływ na podczyszczanie ścieków gromadzonych

w osadnikach gnilnych. Odpływy z osadników nie odpowiadają wymaganiom fizykochemicznym stawianym ściekom odprowadzanym do wód oraz do gruntów. Stan bakteriologiczny odpływu zależał od rodzaju biopreparatu wprowadzanego do ścieków. Tylko jeden z zastosowanych preparatów biologicznych Bio-7, po odpowiednim czasie kontaktu ze ściekami (zgodnym z zaleceniem producenta), skutecznie eliminował zawarte w nich zanieczyszczenia bakteriologiczne. W pozostałych zbadanych przypadkach odpływy pod względem bakteriologicznym były pozaklasowe. Na podstawie uzyskanych wyników należy stwierdzić, że niedopuszczalne jest wylewanie ścieków z szamb lub osadników gnilnych, do których dozowano biopreparaty, na powierzchnię działki, tj. podlewanie trawników, krzewów i drzew. Również przepisy polskiego prawa sanitarnego i ochrony środowiska nie pozwalają na takie postępowanie (10). Odpływy takie mogą bowiem zawierać wirusy i bakterie chorobotwórcze pochodzenia kałowego i zagrażać zdrowiu, a nawet życiu ludzi. Nieznany jest również wpływ zróżnicowanych grup mikroorganizmów wchodzących w skład licznych dostępnych w handlu biopreparatów na organizm ludzki.

Wyniki przeprowadzonych badań dowodzą, że zastosowanie biopreparatów może być celowe do wspomagania procesu oczyszczania ścieków w przydomowych oczyszczalniach. Możliwe są dwa warianty układu technologicznego tego typu obiektów:

- zbiornik gnilny i drenaż rozsączający,
- zbiornik gnilny i sztuczne złożo filtracyjne.

Wybór rozwiązania zależy od warunków lokalnych. Zastosowanie takich rozwiązań umożliwi pełną mineralizację (w warunkach tlenowych) zanieczyszczeń zawartych w ściekach, a także eliminację z nich mikroorganizmów chorobotwórczych. Dla uzyskania lepszych efektów podczyszczania ścieków przy zastosowaniu biopreparatów, przed przystąpieniem do ich dozowania, zaleca się całkowite opróżnienie osadników (głównie z osadów ściekowych).

Przedstawione wnioski i opinie dotyczą określonej, badanej grupy preparatów biologicznych. Pożądane byłoby zatem porównanie ich z wynikami badań innych zespołów (nad efektywnością innych biopreparatów).

Literatura

1. Gray N.F., (1989), *Biology of Wastewater Treatment*, Oxford University Press, Oxford, New York, Tokyo.
2. Olańczuk-Neyman K., Prejzner J., Czerwionka K., (1992), opracowanie materiałów dla Fundacji Poszanowania Energii w Gdańsku, maszynopis.
3. Koe L. C. C., Ang F. G., (1989), *Wat. Res.*, 23, 145-149.
4. Wojnowska-Baryła I., Young J. C., (1983), *Journal WPCF*, 55, 1373-1380.
5. Wojnowska-Baryła I., Bednarski W., (1984), *Gaz Woda i Techn. Sanit.*, 7, 168-170.
6. Ulotka reklamowa preparatu Bio-7, A. H. RAPID, Warszawa.
7. Polskie Normy Woda i Ścieki, (1979), Wydawnictwa Normalizacyjne, Warszawa.
8. Olańczuk-Neyman K., Prejzner J., Czerwionka K., (1993), *Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej: Współczesne problemy gospodarki wodno-ściekowej*, Kozalin-Kołobrzeg, 17-19 maja 1993, 302-317.

9. Zabiegała W., Szczepaniak B., (1992), materiały opracowane w Biurze Projektów Budownictwa Morskiego „Projmors”, maszynopis.
10. Informacja w sprawie stosowania biopreparatów do oczyszczania ścieków, (1991), Ministerstwo Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa,

Anaerobic digestion of municipal wastewater with biocatalytic addition

Summary

The results of laboratory and field investigations concerning the influence of biocatalytic additions on anaerobic digestion of wastewater in septic tanks are presented. Commercially prepared bacterial cultures (Bio-7, Digest) and mixtures of bacterial cultures with enzymes (Bio-enzyclar, Enzybac) were applied. It was concluded that biocatalytic additions to septic tanks influenced the secondary chemical and bacteriological pollution of the mixed liquor over the primary sludge. The particular commercial biocatalysts did not improve the odour of wastewater. The effluent from septic tanks with biocatalytic additions did not meet the standards for wastewater to be drained off to the soil or to natural waters.

Key words:

anaerobic digestion, biocatalytic additions, microbiology, wastewater treatment.

Adres dla korespondencji:

Krystyna Olańczuk-Neyman, Katedra Technologii Wody i Ścieków,
Wydział Hydrotechniki, Politechnika Gdańska, ul. Narutowicza 11,
80-952 Gdańsk.