

Andrzej Butarewicz

MONITORING PRACY KOMUNALNEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW Z WYKORZYSTANIEM ZESTAWU MICROTOX

Andrzej Butarewicz, dr inż. – Politechnika Białostocka

adres korespondencyjny:

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska

Zakład Biologii Sanitarnej i Biotechnologii

ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok

e-mail: a.butarewicz@pb.edu.pl

MONITORING OF THE MUNICIPAL WASTEWATER TREATMENT PLANT USING A SET OF MICROTOX ANALYZER

SUMMARY: The paper presents the results of acute toxicity investigation of sewage and sewage sludge samples from the municipal treatment plant located in Białystok. The toxicity was measured by means of the acute test using luminescent bacteria *Vibrio fischeri* and by Microtox Model 500 analyzer. According to Sawicki's classification, three out of five raw sewage samples were of high toxicity, contrary to the treated wastewaters in which no toxicity was observed. The obtained results confirmed the correct work of the plant. Treated sewage did not contain toxic chemicals and was safety for the environment. It was also found that regardless of the assessment system, sewage sludge was characterized by high or very high toxicity. Its use may cause a significant threat to the environment.

KEY WORDS: wastewater treatment, monitoring, Microtox analyzer

Wstęp

W ostatniej dekadzie wybudowano w Polsce wiele nowych oczyszczalni ścieków, a także zmodernizowano wiele starszych obiektów, aby poprawić stan środowiska naturalnego. W latach 1990-2005 wybudowano w Polsce około 3000 oczyszczalni ścieków (w tym około 1000 w miastach i 2000 na obszarach wiejskich), przy czym niemal wszystkie obiekty reprezentują wysoki poziom techniki i wysoką sprawność oczyszczania ścieków¹. Pozytywnym efektem takich działań jest poprawa jakości wód powierzchniowych i podziemnych.

Ilość ścieków wymagających oczyszczenia w Polsce w roku 2010 przedstawiono na rysunku 1. Należy zwrócić uwagę, że z ogólnej ilości ścieków wymagających oczyszczenia 26% jest oczyszczonych tylko mechanicznie, a 8,7% ścieków jest bezpośrednio odprowadzanych do odbiorników jako ścieki nieoczyszczone. Wraz z oczyszczonymi ściekami do wód powierzchniowych przedostają się różnego rodzaju związki chemiczne, drobnoustroje, w tym drobnoustroje patogenne.

Ze względu na brak odpowiednich przepisów sanitarnych ścieki oczyszczone nie podlegają w naszym kraju badaniom, a także nie prowadzi się ich dezynfekcji². Nie ma również obowiązku prowadzenia badań toksykologicznych, które dałyby odpowiedź na pytanie, czy ścieki odprowadzane do odbiorników są bezpieczne dla mikroflory i mikrofauny zasiedlającej dany akwen.

Jakość ścieków odpływających jest uzależniona od rodzaju dopływających do oczyszczalni ścieków, jak i zastosowanego systemu ich oczyszczania. Dodatkowy problem stanowią osady ściekowe, które są produktem „ubocznym” procesu oczyszczania ścieków³.

Jakość ścieków odpływających jest uzależniona od rodzaju dopływających do oczyszczalni ścieków, jak i zastosowanego systemu ich oczyszczania. Dodatkowy problem stanowią osady ściekowe, które są produktem „ubocznym” procesu oczyszczania ścieków⁴.

Jakość ścieków odpływających jest uzależniona od rodzaju dopływających do oczyszczalni ścieków, jak i zastosowanego systemu ich oczyszczania. Dodatkowy problem stanowią osady ściekowe, które są produktem „ubocznym” procesu oczyszczania ścieków⁵.

Skład chemiczny ścieków jest najczęściej bardzo złożony i zależy od wielu czynników. Większość zawartych w surowych ściekach związków chemicznych generuje się w osadach ściekowych, przy czym część z nich to związki toksyczne. W osadach deponuje się ponad połowa ładunku zanieczyszczeń zawartych

¹ *Polityka ekologiczna państwa w latach 2009-2012 z perspektywą do roku 2016*, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2008, www.mos.gov.pl [08-03-2013].

² A. Butarewicz, *Toksyczność osadów ściekowych*, w: *Gospodarka odpadami komunalnymi*, t. VII, red. K. Szymański, Wyd. FENIKS, Koszalin 2011, s. 163-171.

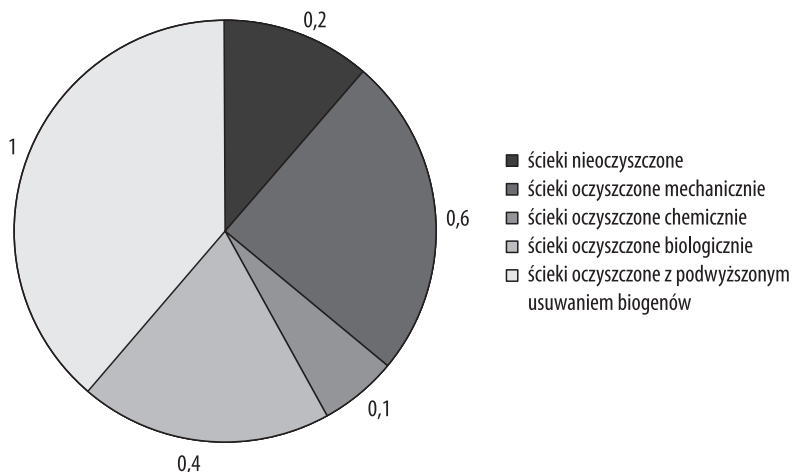
³ A. Butarewicz, *Zagrożenia biologiczne związane ze ściekami i osadami ściekowymi*, XII Sympozjum Naukowo-Techniczne WOD-KAN-EKO'2009, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Warszawie, Warszawa 21-23 września 2009 roku, s. 52.

⁴ *Ibidem*.

⁵ *Ibidem*.

Rysunek 1

Stopień oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych w 2010 roku

Źródło: *Ochrona środowiska*, GUS, Warszawa 2011.

w ściekach dopływających do oczyszczalni⁶. Zanieczyszczenia, które wykrywane są w osadach ściekowych, mogą być zakwalifikowane do następujących kategorii⁷:

- zanieczyszczenia nieorganiczne, przykładowo metale ciężkie, do których zaliczamy związki arsenu, ołowiu, kadmu, rtęci, miedzi, molibdenu, niklu, cynku i selenu oraz pierwiastki śladowe;
- zanieczyszczenia organiczne, na przykład wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WWA), polichlorowane bifenyle (PCB), polichlorowane dibenzodiodoksyny i dibenzofurany (PCDD/F), nonylofenole (NPE) i nonylofenyloetoksylaty (NPEO), trójchlorometany, środki farmaceutyczne, środki powierzchniowo czynne oraz substancje promieniotwórcze;
- organizmy chorobotwórcze, przykładowo bakterie, wirusy, pierwotniaki pasożytnicze oraz nicienie i tasiemce.

Ranking substancji toksycznych utworzony przez Amerykańską Agencję Substancji Toksycznych i Rejestrowania Chorób (ATSDR), tworzony w oparciu o dane statystyczne dotyczące ilości związku występującego na danym terenie, jego toksyczności oraz potencjalnego zagrożenia, jakie może wywoływać u ludzi i innych organizmów żywych, potwierdza, że główne zagrożenie stanowią metale ciężkie. Metale ciężkie i metaloidy, do których zalicza się arsen, zajmują następujące miejsca: 1 (As), 2 (Pb), 3 (Hg), 8 (Cd) i 17 (Cr). Na pełnej liście znajdują się także nikiel

⁶ A. Butarewicz, *Czy ścieki oczyszczone z komunalnych oczyszczalni są bezpieczne pod względem sanitarnym?*, „Ochrona Środowiska” 2010 nr 2/3, s. 59-61.

⁷ J. Bernacka, L. Pawłowska, *Substancje potencjalnie toksyczne w osadach z komunalnych oczyszczalni ścieków*, Wyd. Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa 2000; S. R. Jenkins, C. W. Armstrong, M.M. Monti, *Health Effects of Biosolids Applied to Land: Available Scientific Evidence* (2007), www.vdh.state.va.us [14-02-2013].

53, cynk 74 i miedź 128⁸. Barięą ograniczającą wykorzystanie osadów ściekowych może być zbyt wysoka zawartość toksycznych metali ciężkich lub czynniki biologiczne⁹. Jak wykazały badania osadów ściekowych pochodzących z komunalnych oczyszczalni ścieków przeprowadzone przez Bernacką i in.¹⁰, zawartość w nich metali ciężkich ulega systematycznemu zmniejszeniu, co jest związane ze zmniejszeniem ilości ścieków przemysłowych dopływających do oczyszczalni komunalnych. Ta korzystna tendencja powinna utrzymać się również w przyszłości. Nie zwalnia to jednak od prowadzenia badań jakości odpływu z oczyszczalni, a także badania osadów ściekowych. Nie ma jednak możliwości badania wszystkich substancji chemicznych obecnych w ściekach lub kumulujących się w osadach ściekowych, które mogą wykazywać działanie toksyczne w odniesieniu do żywych organizmów. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych¹¹ prowadzi się standardowe analizy chemiczne, na podstawie których można określić poziom zanieczyszczenia metalami ciężkimi. Jest to niezwykle ważne zarówno ze względu na mechanizm ich działania, jak i możliwość ich kumulacji w organizmach żywych¹². Dobrym uzupełnieniem badań chemicznych mogą być badania toksykologiczne. Podczas gdy badania chemiczne dają esencjonalną odpowiedź co do zawartości metali w osadach, testy toksykologiczne uzupełniają tę informację o wpływ wykrytych stężeń na materię żywą¹³. W ostatnich latach rozwinęły się różne systemy analizatorów do prowadzenia badań toksykologicznych z wykorzystaniem bakterii luminescencyjnych – *Vibrio fischeri*, na przykład Lumistox, Microtox, BioTox czy ToxAlert. Najczęściej wykorzystywanym zestawem jest system Microtox oraz jego odmiana stosowana do badań polowych – Deltatox.

System Microtox

System Microtox jest uznanym i powszechnie stosowanym na całym świecie standardem w zakresie badania toksyczności ostrej i chronicznej oraz testów mutagenności. Ten test jest szybki w użyciu, czuły, powtarzalny i ekologicznie

⁸ www.atsdr.cdc.gov [14-04-2013].

⁹ Q.R. Wang i in., *Soil contamination and plant uptake of heavy metals at polluted sites in China*, „Journal of Environmental Science and Health” Part A, Toxic/hazardous substances & environmental engineering 2003 nr 38, s. 823-838; A. Butarewicz, *Czy ścieki oczyszczone ...*, op. cit.; A. Butarewicz, *Dlaczego należy wprowadzić do praktyki dezynfekcję oczyszczonych ścieków?* „Gaz Woda i Technika Sanitarna” 2012 t. 86, nr 6, s. 241-243.

¹⁰ J. Bernacka i in., *Zmiany zawartości substancji potencjalnie toksycznych w komunalnych osadach ściekowych w latach 1998-2007*, Wyd. Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa 2008, s. 1-76.

¹¹ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. 2010 nr 137 poz. 924).

¹² A. Butarewicz, *Dlaczego należy...*, op. cit.

¹³ S. Girotti i in., *Monitoring of environmental pollutants by bioluminescent bacteria*, „Analytica Chimica Acta” 2008 nr 608, s. 2-29.

Rysunek 2
Analizator Microtox® 500



Źródło: zdjęcie A. Butarewicz.

istotny¹⁴. Testem tym oznaczane mogą być próbki ciekłe, takie jak: woda czy ścieki (Microtox® – System Oceny Toksyczności Ostrej)¹⁵, oraz stałe (wodne ekstrakty na przykład z gleby lub osadów ściekowych) (Microtox® – Test Fazy Stałej obejmuje protokoły Microtox Solid Phase Test, SPT, i Basic Solid Phase Test, BSPT)¹⁶. Na rysunku 2 przedstawiono analizator Microtox® 500, który wykorzystuje bakterie luminescencyjne z gatunku *Vibrio fischeri*. Bakterie stosowane w badaniach są przechowywane w zliofilizowanej postaci w temperaturze minus 20°C przez okres roku, zachowując zdolność do luminescencji. W każdej chwili mogą być użyte do testu po dodaniu odpowiedniego reagentu.

Bakterie luminescencyjne

Po raz pierwszy zjawisko inhibicji luminescencji bakterii pod wpływem szkodliwych substancji wykorzystano ponad 30 lat temu do oceny toksyczności próbek wody. Obecnie w badaniach próbek środowiskowych dość powszechnie stosuje się biotesty oparte na bakteriach luminescencyjnych należących do gatunków: *Vibrio fischeri*, *Vibrio harveyi*, ***Photobacterium leiognathi*** czy *Pseudomonas fluorescens*¹⁷. W ostatnich latach w badaniach toksykologicznych najczęściej wykorzystuje się przecinkowce z rodzaju *Vibrio*. Do tego rodzaju należą dwa gatunki charakteryzujące się bioluminescencją: *Vibrio fischeri* oraz *Vibrio harveyi*.

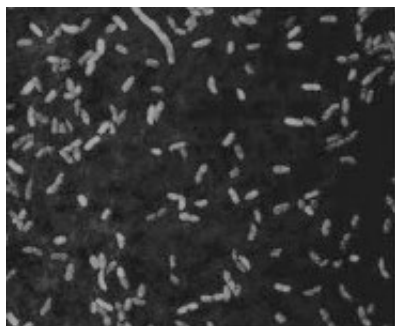
¹⁴ E. Fulladosa i in., *Patterns of metals and arsenic poisoning in Vibrio fischeri bacteria*, „Chemosphere” 2005 nr 60, s. 43-48; T. M. Traczewska, *Biologiczne metody oceny skażenia środowiska*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011, s. 60.

¹⁵ G. Nałęcz-Jawecki, *Badanie toksyczności środowiska wodnego metodą bioindykacji*, Biuletyn Wydziału Farmaceutycznego Akademii Medycznej, Warszawa 2003, s. 1-12.

¹⁶ T.M. Traczewska, *Biologiczne...*, op. cit.; A. Butarewicz, *Dlaczego należy...*, op. cit.

¹⁷ S. Girotti i in., *Monitoring of...*, op. cit.; A. Butarewicz, *Toksyczność osadów...*, op. cit.

Rysunek 3
Bakterie z gatunku *Vibrio fischeri*

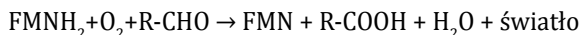


Źródło: www.microbewiki.kenyon.edu [12-02-2013].

Przecinkowce *Vibrio* należą do heterotrofów, są względnymi beztlenowcami. Należą do bakterii Gram ujemnych. Posiadają zdolność ruchu.

Cechą charakterystyczną tych bakterii jest ich zdolność do luminescencji, czyli wytwarzania światła pod wpływem zachodzących w komórkach reakcji enzymatycznych. Jak podaje Widder¹⁸, bakterie z gatunku *Vibrio fischeri* występują w środowisku mórz i oceanów, jednak liczebność tych bakterii w wodach morskich nie jest wysoka. Duże skupiska tych bakterii spotyka się jedynie na niektórych organizmach morskich oraz na martwych rybach morskich i rozkładającej się materii organicznej. Koncentracja tych bakterii może wynosić nawet 10^{10} komórek / cm^3 . *Vibrio fischeri* żyją w symbiozie z niektórymi organizmami morskimi, na przykład kałamarnicami¹⁹. Kałamarnice z gatunku *Euprymna scolopes* dostarczają *V. fischeri* pokarmu, a w zamian bakterie wytwarzają światło w narządzie świetlnym kałamarnicy²⁰.

Luminescencja u bakterii *Vibrio fischeri* (rysunek 4) zachodzi pod wpływem enzymu lucyferazy, katalizującego utlenianie tlenem cząsteczkowym, zredukowanego nukleotydu FMNH_2 i alifatycznego aldehydu długołańcuchowego (R-CHO) do nietrwałego kompleksu ($\text{LFMNH}_2\text{O}_2\text{R-CHO}$), który po rozpadzie emituje fotony, czyli kwanty energii świetlnej o długości fali 490 nm zgodnie z reakcją:



Wszystkie czynniki zakłócające metabolizm komórkowy, a także wpływające w istotny sposób na funkcjonowanie enzymów i układów enzymatycznych obniżają poziom świecenia bakterii²¹. Inaczej mówiąc, natężenie światła obniża się

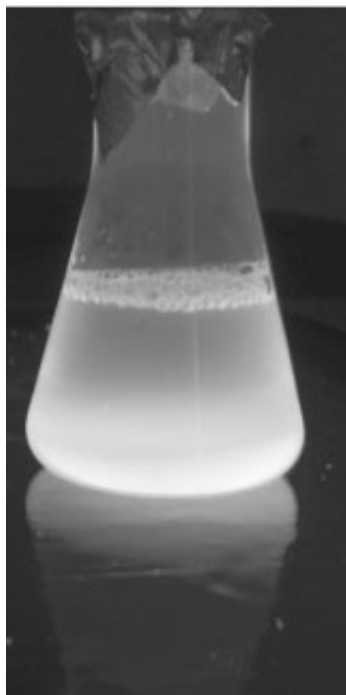
¹⁸ E.A. Widder, *Bioluminescence in the Ocean: Origins of Biological, Chemical, and Ecological Diversity*, *Science* 7, May 2010, s. 704-708.

¹⁹ Ibidem.

²⁰ A.A. Salyers, D.D. Whitt, *Mikrobiologia. Różnorodność, chorobotwórczość i środowisko*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2010.

²¹ A. Butarewicz, *Toksyczność osadów...*, op. cit.

Rysunek 4
Luminescencja bakterii z gatunku *Vibrio fischeri* namnożonych na pożywce płynnej



Źródło: zdjęcie A. Butarewicz.

wraz ze wzrostem stężenia substancji toksycznej, co zostało wykorzystane do opracowania urządzeń pomiarowych wykorzystujących tę zależność. Podstawowym urządzeniem stosowanym powszechnie na całym świecie do badań toksykologicznych jest analizator Microtox.

Materiały i metody

Celem przeprowadzonych badań było określenie skuteczności pracy oczyszczalni ścieków na podstawie wykonania badań toksyczności ostrej. Materiał wykorzystany w badaniach toksykologicznych stanowiły próbki ścieków surowych, ścieków oczyszczonych i próbki osadów ściekowych z komunalnej oczyszczalni ścieków w Białymstoku. Analizy wykonano w oparciu o system Microtox®500 firmy SDI.

Badania zostały przeprowadzone od marca do lipca 2011 roku, wykonano 5 serii pomiarów.

W przypadku badania ścieków surowych i oczyszczonych w pierwszym etapie przeprowadzono test skriningowy, tak zwany Screening 81,9%, a następnie dla próbek, które wykazały podwyższoną toksyczność (PE) $\geq 20\%$, wykonano

test podstawowy z rozcieńczeniami, tak zwany Basic Test 81,9. Następnie przy pomocy programu Omni.4.1. obliczono EC_{50} a otrzymaną wartość przekształcono na jednostki toksyczności TU według wzoru:

$$TU = (1/EC_{50/t}) \times 100 \quad (1)$$

W przypadku badania odwodnionych osadów ściekowych (po prasie) z uwagi na fakt, że wszystkie próbki osadów ściekowych powodują obniżenie luminescencji bakterii, nie wykonano testu skriningowego, lecz podstawowy test fazy stałej z rozcieńczeniami, tak zwany Solid Phase Test. Próbki osadu zostały odpowiednio przygotowane zgodnie z procedurą opracowaną i dostarczoną wraz z urządzeniem przez firmę SDI. W badaniach wykorzystano próbki o masie 7 gramów. Spadek luminescencji próbki był mierzony po 15 i 30 minutach ekspozycji. Obliczenia wyników dokonano, wykorzystując oprogramowanie Microtox Omni.4.1., które umożliwiało generowanie raportu. Wynikiem testu była wartość EC_{50} , czyli stężenie próbki powodujące obniżenie luminescencji o 50%. W celu określenia toksyczności otrzymane wyniki EC_{50} przekształcono w jednostki toksyczności -TU. W przypadku badania próbek osadów zastosowano system przeliczenia zaproponowany przez Falls i in.²²:

$$TU = (100/EC_{50}) \times 1000 \quad (2)$$

W celu określenia klasy toksyczności badanych próbek ścieków i osadów ściekowych zastosowano dwa różne systemy. Pierwszy, przedstawiony przez Sawickiego i in.²³, w którym przyjęto następujący podział na klasy toksyczności:

- | | | |
|---|-----------|--|
| 0 | TU<10 | brak istotnego efektu toksycznego |
| 1 | 10<TU<25 | istotny efekt toksyczny – próbka niskotoksyczna |
| 2 | 25<TU<100 | istotny efekt toksyczny – próba toksyczna |
| 3 | 100>TU | istotny efekt toksyczny – próbka wysokotoksyczna |

Do określenia toksyczności próbek wykorzystano również drugi system zaproponowany przez Persoone'a, w którym w zależności od uzyskanej wartości TU określono następujące klasy²⁴:

klasa 1 – TU<1 brak istotnej toksyczności,

klasa 2 – 1<TU<10 istotna toksyczność,

klasa 3 – 10<TU<100 wysoka toksyczność ostra,

klasa 4 – TU>100 bardzo wysoka toksyczność.

W obu przedstawionych systemach najwyższa klasa (odpowiednio 3 lub 4) określa bardzo wysoką toksyczność.

²² B. Falls i in., *A two-step approach to sediment toxicity testing Proof-of-concept*, 2009 www.sdx.com [08-03-2013].

²³ J. Sawicki i in., *Kompleksowa analiza ekotoksykologiczna wód powierzchniowych*, Projekt MNiI nr 2 P05F 056 28, Zakład Biologii Środowiska Akademii Medycznej, Warszawa 2007.

²⁴ I. Mantis, D. Voutsas, C. Samara, *Assessment of the environmental hazard from municipal and industrial wastewater treatment sludge by employing chemical and biological methods*, „Eco-toxicology and Environmental Safety” 2005 nr 62, s. 397-407.

Omówienie wyników badań

Wyniki badań toksyczności ścieków surowych przedstawiono w tabeli 1. Ścieki surowe, według Sawickiego, wykazały toksyczność w 3 próbkach, a 2 były próbkami niskotoksycznymi. W przypadku zastosowania systemu oceny według Persoone wszystkie próbki charakteryzowały się wysoką toksycznością ostrą. Drugi zastosowany system oceny zawiera dość dużą rozpiętość przedziału charakterystycznego dla próbek toksycznych i dlatego wszystkie badane próbki ścieków mieściły się w tym przedziale.

Ścieki oczyszczone nie wykazały toksyczności w teście skринingowym (procent efektu toksycznego $PE < 20$), więc nie było konieczności wykonania testu podstawowego z rozcieńczeniami. Uzyskane wyniki potwierdziły prawidłową pracę oczyszczalni. Pod względem chemicznym odpływ ścieków do odbiornika był bezpieczny dla środowiska.

Badane próbki osadów ściekowych wykazały zróżnicowaną toksyczność (tabela 2). W przypadku zastosowania klasyfikacji według Persoone'a w 3 próbkach stwierdzono bardzo wysoką toksyczność, a w 2 pozostałych wysoką toksyczność ostrą. Klasyfikacja według Sawickiego bardziej różnicuje badane próbki pod względem toksyczności. Uzyskane wyniki badań własnych są zbieżne z wynikami, które otrzymali Katsoyiannis i Samara²⁵, badając toksyczność ścieków i osadów ściekowych. Przeprowadzone przez cytowanych autorów badania wykazały wyższą toksyczność osadów ściekowych niż dopływających do oczyszczalni ścieków. W przypadku badania osadów cytowani autorzy stwierdzili, że nieznaczną toksycznością charakteryzowało się 6 próbek (46%) badanych osadów, 5 próbek (38%) było toksycznych, a 2 (15%) były bardzo toksyczne. Jakość osadów jest odzwierciedleniem ścieków dopływających do oczyszczalni. Poszczególne uśrednione próbki osadów pobrane w różnych terminach mogą dość znacznie różnić się pod względem toksyczności. Należy podkreślić, że osady ściekowe powinny spełnić wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych²⁶. Jeśli zawartość metali ciężkich spełnia określony w rozporządzeniu zakres, to przyczyną toksyczności osadów mogą być inne związki chemiczne. Nie da się wykluczyć synergicznego lub addytywnego działania różnych substancji chemicznych deponowanych w osadach²⁷. Niekiedy, pomimo niskich stężeń substancji zawartych w osadach, następuje zwiększenie toksyczności, choć jako pojedyncze składniki nie wywołują one takiego efektu²⁸.

²⁵ A. Katsoyiannis, C. Samara, *Ecotoxicological evaluation of the wastewater treatment process of the sewage treatment plant of Thessaloniki, Greece*, „Journal of Hazardous Materials” 2007 nr 141, s. 614-621.

²⁶ Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych (Dz. U. 2010 nr 137 poz. 924).

²⁷ G.S. Park i in., *Ecotoxicological Evaluation of Sewage Sludge Using Bioluminescent Marine Bacteria and Rotifer*, „Ocean Science Journal” 2005 nr 40 (2), s. 91-100.

²⁸ A. Butarewicz, *Toksyczność osadów ściekowych*, w: *Gospodarka odpadami komunalnymi*, t.7, red. K. Szymański, Wyd. FENIKS, Koszalin 2011, s. 163-171.

Tabela 1
Wyniki badań toksykologicznych próbek ścieków surowych

Numer próbki	Ścieki surowe			
	EC _{50/15min}	TU	Klasa toksyczności	
			według Sawickiego	według Persoona
1	3,306	30,248	2	3
2	2,780	35,997	2	3
3	7,140	14,006	1	3
4	5,400	18,519	1	3
5	3,860	25,907	2	3

Źródło: J. Sawicki i in., *Kompleksowa analiza ...*, op.cit.; I. Mantis, D. Voutsas, C. Samara, *Assessment of the environmental ...*, op. cit.

Tabela 2
Wyniki badań toksykologicznych próbek osadów ściekowych

Nr próbki	Osad ściekowy			
	EC _{50/15min}	TU	Klasa toksyczności	
			według Sawickiego	według Persoona
1	7045	14	1	3
2	655,9	152	3	4
3	647,5	154	3	4
4	563,2	178	3	4
5	1176	85	2	3

Źródło: ibidem.

Osady pochodzące z komunalnych oczyszczalni ścieków oraz ścieki z niektórych zakładów przemysłowych nie należą do najbardziej niebezpiecznych pod względem ogólnej toksyczności. Badania przeprowadzone przez Trusz-Zdybek i in.²⁹ wykazały niską toksyczność ścieków pochodzących z browaru.

Dużo wyższą toksycznością charakteryzują się osady z niektórych gałęzi przemysłu, a także wytwarzane przez oczyszczalnie przemysłowe. Potwierdzają to wyniki badań różnych rodzajów osadów ściekowych pochodzących zarówno z oczyszczalni komunalnych, przemysłowych, jak też z większych oczyszczalni prowadzone przez Park i in.³⁰. Najwyższy poziom toksyczności odnotowano w przypadku badania osadów pochodzących z oczyszczalni ścieków farbiarskich,

²⁹ A. Trusz-Zdybek i in., *Zastosowanie systemu Microtox w bioindykacji próbek środowiskowych*, s. 417-425.

³⁰ G.S. Park i in., *Ecotoxicological Evaluation of ...*, op. cit.

a najniższą toksycznością charakteryzowały się osady z wiejskich oczyszczalni ścieków. Cytowani autorzy stwierdzili, że testy toksykologiczne, włączając w to system Microtox, są niezmiernie przydatne w badaniach toksykologicznych, a szczególnie do określenia toksyczności mieszanin różnych związków chemicznych, przykładowo ścieków. Pozwalają na dokładniejszą ocenę zagrożenia środowiska niż w przypadku badania pojedynczych składników chemicznych³¹.

Możliwość zastosowania zestawu Microtox do badania różnych próbek środowiskowych, w tym ścieków i osadów ściekowych sprawia, że analizator ten ma szerokie zastosowanie w ochronie środowiska. W niektórych krajach, jak na przykład w Stanach Zjednoczonych, badania toksykologiczne ścieków odpływających do odbiornika wprowadzono już w 1984 roku, a w 1987 w ponad 1400 pozwoleniach na zrzut ścieków uwzględniono wyniki testów toksyczności³². Wykorzystanie testów toksykologicznych do badania ścieków dopływających do oczyszczalni, jak i z niej odpływających powinno stać się czynnością rutynową, pomimo stosunkowo wysokich kosztów takich analiz. W przypadku ścieków surowych dopływających do oczyszczalni zawartość w nich substancji toksycznych nie pozostaje bez wpływu na życie biologiczne osadu czynnego czy błony biologicznej. Wczesne wykrycie w ściekach związków toksycznych może ochronić mikroorganizmy, które są odpowiedzialne za proces oczyszczania ścieków.

Badania toksykologiczne mogą być również ważnym elementem uzupełniającym ocenę jakości osadów ściekowych, zwłaszcza gdy mają one być wykorzystane rolniczo. Niezbędne jest jednak przeprowadzenie badań różnych rodzajów osadów ściekowych i ustalenie precyzyjnych kryteriów ich oceny. Zastosowanie skali oceny według Persoone'a powoduje, że wszystkie osady należy uznać za toksyczne.

Pomimo implementacji do naszego kraju norm toksykologicznych niezbędnych do wykonywania analiz przy użyciu zestawu Microtox wciąż brakuje odpowiednich aktów prawnych, które nakazywałyby wykonywanie takich testów do badania odpływów z oczyszczalni ścieków czy też badania osadów ściekowych. W Polsce coraz więcej ośrodków naukowych dysponuje zestawami Microtox i wykonuje badania na tym sprzęcie. Dzięki standaryzacji testów i opracowaniu niezbędnych norm laboratoria naukowe mogą prowadzić badania, których wyniki posłużą do opracowania odpowiednich aktów prawnych wykonawczych.

Wnioski

Ścieki surowe dopływające do oczyszczalni charakteryzowały się według klasyfikacji Persoone'a wysoką toksycznością ostrą. Zastosowanie klasyfikacji według Sawickiego bardziej różnicowało wyniki badań. Trzy próbki były toksyczne, a dwie niskotoksyczne.

³¹ Ibidem.

³² M. Leszczyńska, *Testy toksyczności w ochronie i kontroli jakości wód*, Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej „Zaopatrzenie w wodę miast i wsi”, Poznań 1996, s. 41-55.

Ścieki odpływające z oczyszczalni nie wykazały toksyczności ostrej. Świadczy to o skuteczności biologicznego oczyszczania ścieków i prawidłowej pracy oczyszczalni.

Badane odwodnione osady ściekowe charakteryzowały się wysoką lub bardzo wysoką toksycznością ostrą według klasyfikacji Persoone'a. Odmienne wyniki uzyskano, stosując klasyfikację Sawickiego – 3 próbki osadów były wysokotoksyczne, 1 była toksyczna, a 1 niskotoksyczna.

Należy doprecyzować klasyfikację toksyczności, którą będzie można stosować w monitoringu ścieków, jak i osadów ściekowych.

Wykorzystanie zestawu Microtox do badania toksyczności ścieków i osadów ściekowych jest optymalnym rozwiązaniem umożliwiającym szybką ocenę skuteczności pracy oczyszczalni.

Artykuł napisano w ramach pracy statutowej S/WBiŚ/03/2011 realizowanej w Zakładzie Biologii Sanitarnej i Biotechnologii Politechniki Białostockiej.