

Marcin WÓLCZYŃSKI, Ewa WIŚNIEWSKA, Marta JANOSZ-RAJCZYK

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii i Ochrony Środowiska  
Katedra Chemii, Technologii Wody i Ścieków  
ul. Dąbrowskiego 69, 42-200 Częstochowa

## Wpływ kondycjonowania osadów ściekowych kwasem nadoctowym na zmiany ich właściwości fizyczno-chemicznych

Przedstawiono wyniki badań wpływu kwasu nadoctowego na przebieg stabilizacji tlenowej osadów ściekowych (mieszanina 1:1, v/v osadu nadmiernego i surowego). Stabilizację tlenową prowadzono w skali laboratoryjnej, w trzech reaktorach o objętości 12 dm<sup>3</sup>. Do osadu w reaktorze kontrolnym (R1) nie wprowadzano kwasu nadoctowego. Do reaktora R2 wprowadzono 2 cm<sup>3</sup> CH<sub>3</sub>COOOH/dm<sup>3</sup> osadów na początku stabilizacji, a następnie po 6 dniach dodatkowo 1, a po 11 dniach 0,5 cm<sup>3</sup> CH<sub>3</sub>COOOH. Do reaktora R3 wprowadzono jednorazowo 20 cm<sup>3</sup> CH<sub>3</sub>COOOH przed rozpoczęciem stabilizacji osadów. Proces stabilizacji tlenowej prowadzono przez 21 dni. Zawartość reaktorów była mieszana za pomocą powietrza doprowadzanego przez dyfuzory umieszczone na dnie reaktorów. Wprowadzane powietrze służyło równocześnie za źródło tlenu do procesu stabilizacji. Stężenie tlenu rozpuszczonego utrzymywano na poziomie 2 mg/dm<sup>3</sup>. Proces prowadzono w temperaturze pokojowej (21 ± 1°C). W celu przebiegu stabilizacji w osadzie lub cieczy nadosadowej oznaczano zawiesiny ogólne i organiczne, indeks Mohlmanna, czas ssania kapilarnego, pH oraz ChZT. Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że wprowadzanie CH<sub>3</sub>COOOH do osadów stabilizowanych tlenowo spowalniało przebieg procesu w porównaniu z próbką kontrolną. Dodanie kwasu nadoctowego pogarszało również podatność osadów na odwadnianie. W cieczy nadosadowej osadu, do którego wprowadzono 20 cm<sup>3</sup> CH<sub>3</sub>COOOH, zaobserwowano znaczący wzrost ChZT. Zmiany we właściwościach fizyczno-chemicznych osadów stabilizowanych chemicznie pozwalają stwierdzić, że kwas nadoctowy powodował utlenienie części zawieszin organicznych osadów przy równoczesnej inaktywacji mikroorganizmów osadu.

Słowa kluczowe: kwas nadoctowy, osady ściekowe, stabilizacja tlenowa osadów

### Wprowadzenie

Stabilizacja tlenowa osadów jest stosowana w oczyszczalniach do 2000 RLM (generujących niewielkie ilości osadów ściekowych), a także do przeróbki osadów z miejskich oczyszczalni przyjmujących ścieki przemysłowe (> 30%), w których obecne są substancje inhibitujące fermentację metanową [1].

Biologiczna tlenowa stabilizacja jest metodą wykorzystującą udział mikroorganizmów w rozkładzie biomasy obciążającej osady ściekowe głównie do CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Proces prowadzony jest najczęściej pod normalnym ciśnieniem, w temperaturze otoczenia, przy niedoborze substancji pożywkowych [2].

Przykładowe zmiany wybranych właściwości fizyczno-chemicznych osadów ściekowych podczas stabilizacji tlenowej przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

**Zmiany właściwości osadu poddanego stabilizacji tlenowej [3]**

Wskaźnik	Jednostka	Osad niestabilizowany	Osad stabilizowany
pH	-	7,58	8,48
Zasadowość	mval/dm <sup>3</sup>	7,2	30,8
Kwasowość	mval/dm <sup>3</sup>	0,7	0
Eh	mV	-117 ÷ -101	35÷73
Uwodnienie	%	97,05	97,76
Sucha pozostałość	g/dm <sup>3</sup>	28,82	22,42
Straty przy prażeniu	g/dm <sup>3</sup>	19,64	12,50
LKT	mg CH <sub>3</sub> COOH/dm <sup>3</sup>	27	13,2
Aktywność dehydrogenaz	μmol TF/mg s.m.	6,82	2,92

Charakterystycznymi zmianami właściwości osadów podczas stabilizacji tlenowej jest wzrost pH i zasadowości ogólnej oraz zmiana potencjału oksydacyjno-redukcyjnego układu w kierunku wartości dodatnich. W wyniku upłynniania organicznych frakcji osadów następuje wzrost ich uwodnienia oraz obniżenie suchej masy.

W przebiegu procesu wyróżnić można dwie fazy. Pierwsza polega na intensywnym utlenianiu substancji organicznej zawartej w cieczy nadosadowej, czemu towarzyszy przyrost biomasy. W fazie tej przyrost biomasy mikroorganizmów uwarunkowany jest specyficzną szybkością przyrostu  $\mu$  [1/d]. W drugiej fazie endogennej respiracji, w warunkach niedoboru substratu organicznego, następuje rozkład polimerów organicznych zawartych w osadzie ściekowym. Występuje wówczas spadek zarówno substancji organicznej, jak i całkowitej masy osadu, który staje się bezwonny i podczas dalszej przeróbki nie zagniwa [2].

Związki niepodatne na biodegradację nadal pozostają w osadach lub odprowadzane są wraz z cieczą nadosadową oddzielaną w procesie odwadniania osadu. Metoda charakteryzuje się dużą energochłonnością związaną z intensywnym dostarczaniem powietrza; stosowana jest jedynie w małych oczyszczalniach. Jej zaletą jest to, że należy do mało wymagających i tym samym do stabilniejszych pod względem warunków technologicznych w porównaniu przykładowo z fermentacją metanową.

W badaniach przyjęto, że istnieje możliwość wspomagania biochemicznej tlenowej stabilizacji metodą chemiczną, wykorzystującą proces pogłębionego utleniania chemicznego. Zakłada się, iż wprowadzanie silnego utleniacza chemicznego, jak na przykład kwas nadoctowy, wpłynie stymulująco na rozkład frakcji organicznej osadów, zarówno łatwo ulegającej biodegradacji, jak i mało podatnej na biologiczny rozkład, co powinno przyczynić się bezpośrednio do skrócenia czasu biologicznej stabilizacji, a tym samym oszczędności w zużywanej energii.

Celem badań było sprawdzenie, w jakim stopniu proces wspomagający rozkład substratu organicznego (pogłębione chemiczne utlenianie) wpłynie na zmiany fizyczno-chemiczne osadu.

Zakres badań obejmował przeprowadzenie:

- konwencjonalnej biochemicznej stabilizacji tlenowej osadu mieszanego;
- stabilizacji osadu mieszanego wspomaganej okresowym wprowadzaniem chemicznego utleniacza;
- stabilizacji osadu mieszanego, uprzednio traktowanego dużą dawką utleniacza chemicznego wprowadzanego jednorazowo.

## 1. Materiały, przebieg i metodyka badań

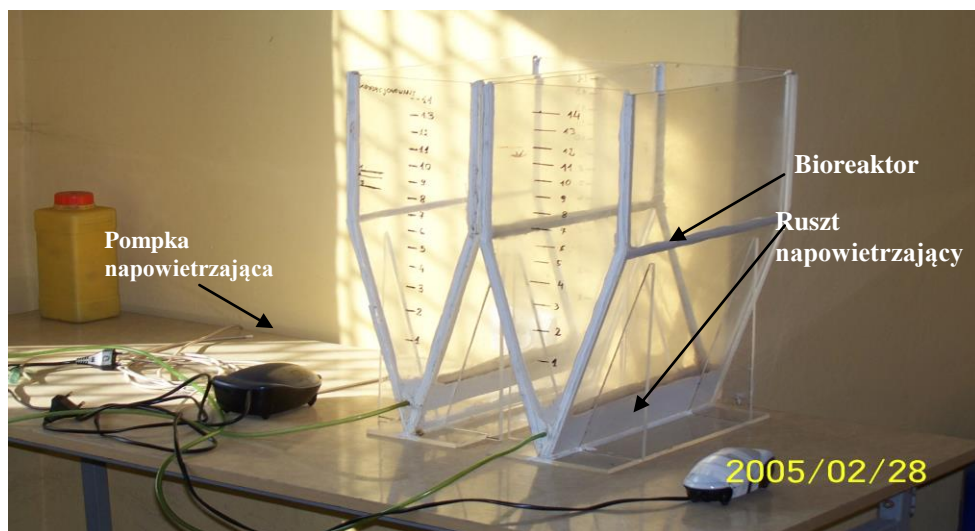
### 1.1. Materiały

W badaniach wykorzystano osad mieszany uzyskany w wyniku zmieszania w proporcji 1:1 osadu surowego z osadem nadmiernym. Osady pobrano z komunalnej oczyszczalni ścieków, w której oczyszcza się ścieki bytowo-gospodarcze, z około 40% udziałem ścieków przemysłowych. Osad surowy (wstępny) pobierano z osadnika wstępnego po procesie zagęszczania podczas spustu osadu. Osad nadmierny pobierano z zagęszczacza mechanicznego. Proces technologiczny oczyszczania ścieków w tej oczyszczalni obejmuje wstępną chemiczną defosfatację, usuwanie związków węgla, denitryfikację wstępną oraz nitryfikację.

Przed przystąpieniem do badań skład osadów wyrównywano poprzez cedzenie przez sito o średnicy oczek 2 mm.

Biologiczną stabilizację tlenową osadów wstępnie kondycjonowanych chemicznie prowadzono w otwartych prostopadłościennych bioreaktorach, z dnem w kształcie ściętego odwróconego ostrosłupa o całkowitej objętości 12 dm<sup>3</sup>. Powietrze do reaktorów doprowadzane było od dołu pod ciśnieniem za pomocą pomp przeponowych. Ruszt dyfuzyjny stanowiły kostki pumeksowe zamontowane w dolnej, najniższej części reaktora. Stanowisko do tlenowej stabilizacji osadów przedstawiono na rysunku 1.

W pracy wykorzystano kwas nadoctowy. Był to preparat o nazwie handlowej STERIDIAL W-15, który jest koncentratem zawierającym 15% roztwór kwasu nadoctowego i nadtlenek wodoru w mieszaninie równowagowej. Jest to preparat o sprawdzonych właściwościach silnie bakteriobójczych (m.in. *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*) i grzybobójczych (*Candida albicans*, *Triphopyton gypseum*), używany m.in. do dezynfekcji maszyn, urządzeń i powierzchni w przemyśle spożywczym oraz w procesie ekstrakcji cukru w cukrowniach. Prace zagranicznych autorów [4-10] wskazują, że zastosowanie kwasu nadoctowego w celu stabilizacji osadów ściekowych sprzyja powstawaniu wysokoreaktywnych rodników hydroksylowych, stanowiących główny czynnik utleniający podczas prowadzenia procesu.



Rys. 1. Stanowisko badawcze do tlenowej stabilizacji osadów ściekowych

### 1.2. Przebieg badań

Stabilizację tlenową prowadzono w trzech równolegle pracujących reaktorach. Do reaktorów wprowadzano osady stanowiące mieszaninę osadów wstępnego i nadmiernego w ilości  $10 \text{ dm}^3$  wymieszanych w stosunku objętościowym 1:1. Proces stabilizacji tlenowej prowadzono w temperaturze pokojowej ( $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ). W bioreaktorze o symbolu R1 prowadzono konwencjonalną biochemiczną stabilizację tlenową. W bioreaktorze R2 prowadzono stabilizację wspomaganą działaniem kwasu nadoctowego, który dozowano okresowo w ten sposób, że: pierwszego dnia procesu dodano dawkę utleniacza wynoszącą  $2 \text{ g/dm}^3$ , szóstego dnia wprowadzono go w ilości  $1 \text{ g/dm}^3$ , a ostatnią dawkę wprowadzono jedenastego dnia i wynosiła ona  $0,5 \text{ g/dm}^3$ . W bioreaktorze R3 prowadzono stabilizację po uprzednim traktowaniu osadu kwasem nadoctowym w ilości  $20 \text{ g/dm}^3$ . Proces prowadzono przez 21 dni.

### 1.3. Metodyka badań

Kontrola procesu polegała na wykonywaniu analizy fizyczno-chemicznej osadów w odstępach dwudniowych (oprócz badań zawiesiny ogólnej, zawiesiny mineralnej i organicznej - które wykonywano co siódmą dobę). Każdorazowo przed poborem próbek osadów do analiz w reaktorach uzupełniano wodą destylowaną straty powodowane parowaniem wody. Warunki prowadzenia procesu stabilizacji tlenowej oraz wykonywane analizy fizyczno-chemiczne zestawiono w tabeli 2.

Oznaczenia wykonywano zgodnie z ogólnie przyjętą metodyką [11, 12]. Analizy fizyczno-chemiczne wykonywano w czasie nieprzekraczającym 12 godzin

(CSK natychmiast po poborze) od momentu poboru próbki, w dwóch lub trzech powtórzeniach.

Tabela 2

**Warunki prowadzenia procesu stabilizacji tlenowej osadów wstępnie kondycjonowanych chemicznie oraz wykonane analizy fizyczno-chemiczne**

Rodzaj substratu	Dzień badań d	Dawka $\text{CH}_3\text{COOOH}$ w zależności od reaktora, $\text{g}/\text{dm}^3$			Kontrola procesu (wskaźniki)
		R1	R2	R3	
mieszanina osadów surowego i nadmiernego wymieszanych w proporcji objętościowej 1:1	1	-	2	20	pH, zawiesina ogólna, zawiesina mineralna, zawiesina organiczna, ChZT, CSK, $\text{O}_2$ rozpuszczony, opadalność, indeks Mohlmana
	6	-	1	-	
	11	-	0,5	-	

## 2. Wyniki i ich dyskusja

Wartości wybranych wskaźników fizyczno-chemicznych osadu kontrolnego przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3

**Charakterystyka mieszaniny osadów surowego i nadmiernego wymieszanych w stosunku objętościowym 1:1**

Oznaczenie	Jednostka	Uzyskana wartość
pH*	-	6,5
CSK	s	147
ChZT*	$\text{mgO}_2/\text{dm}^3$	907
Zawiesina ogólna	$\text{g s.m.}/\text{dm}^3$	14
Zawiesina mineralna	$\text{g s.m.}/\text{dm}^3$	4
Zawiesina organiczna	$\text{g s.m.o.}/\text{dm}^3$	10
	%	68
Opadalność	$\text{cm}^3/\text{dm}^3$	980
Indeks Mohlmana	$\text{cm}^3/\text{g}$	70

\* oznaczenia wykonywano dla cieczy nadosadowej

Osad kontrolny charakteryzował się odczynem zbliżonym do neutralnego. Odnotowano średni udział substancji organicznej (68%) w suchej masie. Dobre właściwości sedymentacyjne osadu określane przez indeks objętościowy znacznie wpłynęły na fakt, iż badany osad odznaczał się dość wysoką podatnością na od-

wadnianie. Znaczący wpływ na to zjawisko miało wymieszanie osadu surowego z osadem nadmiernym. Zawartość substancji organicznych wyrażona wskaźnikiem ChZT w cieczy nadosadowej była dość wysoka i wynosiła  $907 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ . Wartość tę można uznać za przeciętną dla cieczy z nad osadów poddawanych stabilizacji biochemicznej w oczyszczalniach stosujących mechaniczno-biologiczne metody oczyszczania ścieków.

Osad kontrolny poddano 21-dniowej biochemicznej stabilizacji tlenowej wspomaganą działaniem chemicznego utleniacza. Kontrolą objęto zmiany wartości wskaźników fizyczno-chemicznych, które ujęto w tabeli 4.

Tabela 4

**Zmiany właściwości fizyczno-chemicznych osadów poddanych wstępnej stabilizacji chemicznej w trakcie trwania procesu stabilizacji tlenowej**

Oznaczenie	pH	CSK	ChZT	Zawiesina ogólna	Zawiesina mineralna	Zawiesina organiczna	Opadalność	Indeks Mohlman-na	
Jednostka	-	s	$\text{mgO}_2/\text{dm}^3$	$\text{g s.m./dm}^3$	$\text{g s.m./dm}^3$	$\text{g s.m./dm}^3$	$\text{cm}^3/\text{dm}^3$	$\text{cm}^3/\text{g s.m.}$	
1 doba	R1	6,5	147	907	14	4	10	980	70
	R2	6,0	253	1815	14	5	9	975	69
	R3	3,5	196	8651	15	4	11	970	66
3 doba	R1	7,0	302	1827	-	-	-	970	-
	R2	6,5	356	1680	-	-	-	970	-
	R3	3,5	300	14490	-	-	-	980	-
6 doba	R1	7,5	297	1097	-	-	-	970	-
	R2	7,0	373	1871	-	-	-	975	-
	R3	3,5	341	12255	-	-	-	980	-
8 doba	R1	7,5	165	724	13	4	9	970	76
	R2	7,0	411	2066	12	4	8	975	85
	R3	3,5	255	7242	14	4	10	980	70
13 doba	R1	8,0	69	562	-	-	-	960	-
	R2	7,5	357	1620	-	-	-	970	-
	R3	3,5	385	6912	-	-	-	980	-
15 doba	R1	7,5	109	1025	12	4	8	940	80
	R2	7,5	404	1875	11	4	7	960	86
	R3	4,0	360	7194	14	4	10	980	70
18 doba	R1	7,5	55	642	-	-	-	940	-
	R2	8,0	269	1241	-	-	-	950	-
	R3	4,5	335	5564	-	-	-	970	-
21 doba	R1	7,5	76	469	7	2	5	930	130
	R2	7,5	281	980	10	4	6	950	99
	R3	5,0	363	5538	13	4	9	970	76

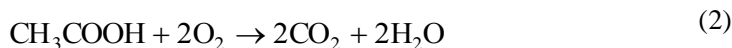
Dla osadu niekondycjonowanego chemicznie ubytek zawiesiny organicznej wyniósł 50%, co w głównej mierze przyczyniło się do obniżenia zawartości zawiesin ogólnych z poziomu 14 do 7 g/dm<sup>3</sup>. Świadczy to o prawidłowym przebiegu biochemicznej stabilizacji tlenowej. Z danych literaturowych wynika, iż maksymalny ubytek frakcji organicznej osadów podczas stabilizacji tlenowej sięga 50% [2]. Potwierdzeniu prawidłowości przebiegu tlenowej stabilizacji mogą posłużyć badania Janosz-Rajczyk i wsp., w których wykazano 39% eliminację masy organicznej osadu [14]. Dla osadów wstępnie kondycjonowanych kwasem również uzyskano obniżenie zawartości zawiesin ogólnych i organicznych. Dla osadów, do których wprowadzano stopniowo reagent (reaktor R2), zanotowano ubytek zawiesiny organicznej wynoszący 40% oraz obniżenie zawartości zawiesin ogólnych o 28%. Najniższe obniżenie obserwowano dla osadów kondycjonowanych jednorazową dawką kwasu wynoszącą 20 g/dm<sup>3</sup>. Uzyskane efekty to 7% ubytek zawiesin ogólnych i 10% zawiesin organicznych (tab. 3, rys. 2).

Przeprowadzone badania wykazały, że podczas procesu stabilizacji osad kontrolny ulegał prawidłowo stopniowej mineralizacji. Na podstawie zmian ChZT stwierdzono, że podczas procesu substrat organiczny częściowo przechodził do cieczy osadowych, po czym ulegał biodegradacji. Na początku procesu ChZT wynosiło 907 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, w kolejnych dobach nastąpił wzrost wartości wskaźnika, osiągając 1827 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 3 dobie i 1025 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> w 15 dobie, zaś w ostatnim zanotowano jego obniżenie do 469 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>.

Dawkowanie kwasu powodowało wzrost ChZT proporcjonalnie do ilości wprowadzanego reagenta (rys. 3). Według Frasera i wsp. [14], kwas nadoctowy w środowisku wodnym ulega hydrolizie na kwas octowy i nadtlenek wodoru zgodnie z równaniem (1):

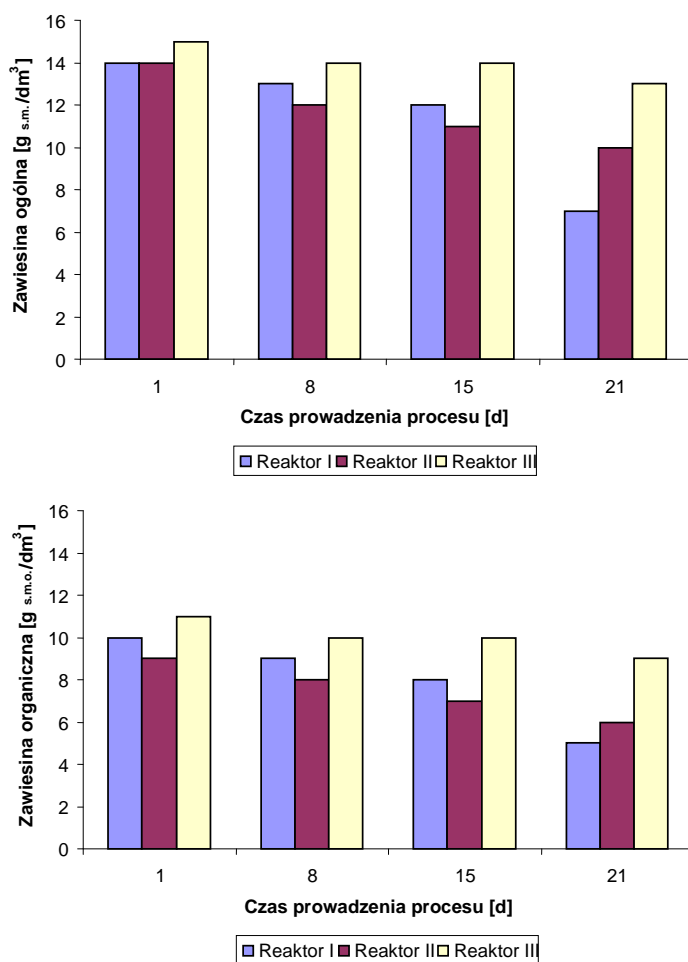


I tak, dla osadów w reaktorze R2 zanotowano wzrost ChZT z 907 do 1815 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>, a dla osadów w reaktorze R3 wartość ChZT osiągnęła poziom 8651 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>. Wysoki wzrost ChZT mógł być spowodowany zarówno wprowadzeniem do układu kwasu organicznego, nadtlenu wodoru, jak i uwolnieniem substancji wewnątrzkomórkowej mikroflory bakteryjnej (liza komórek). Z przeprowadzonych obliczeń uwzględniających proces całkowitego utlenienia kwasu octowego równanie (2), dawkę kwasu zastosowaną dla reaktora R3, procentową zawartość kwasu nadoctowego w preparacie dezynfekcyjnym oraz gęstość osadu i substancji utleniającej wynika, iż wprowadzanie kwasu nadoctowego do osadów powodowało wzrost ChZT cieczy nadosadowych o 4200 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup>:



Z sumy wartości ChZT wprowadzanego reagenta oraz cieczy z nad osadu kontrolnego wynika, iż pozostała część w ilości 3544 mgO<sub>2</sub>/dm<sup>3</sup> może pochodzić zarówno z liza komórek mikroorganizmów (na co wskazuje obniżenie zawartości zawiesin

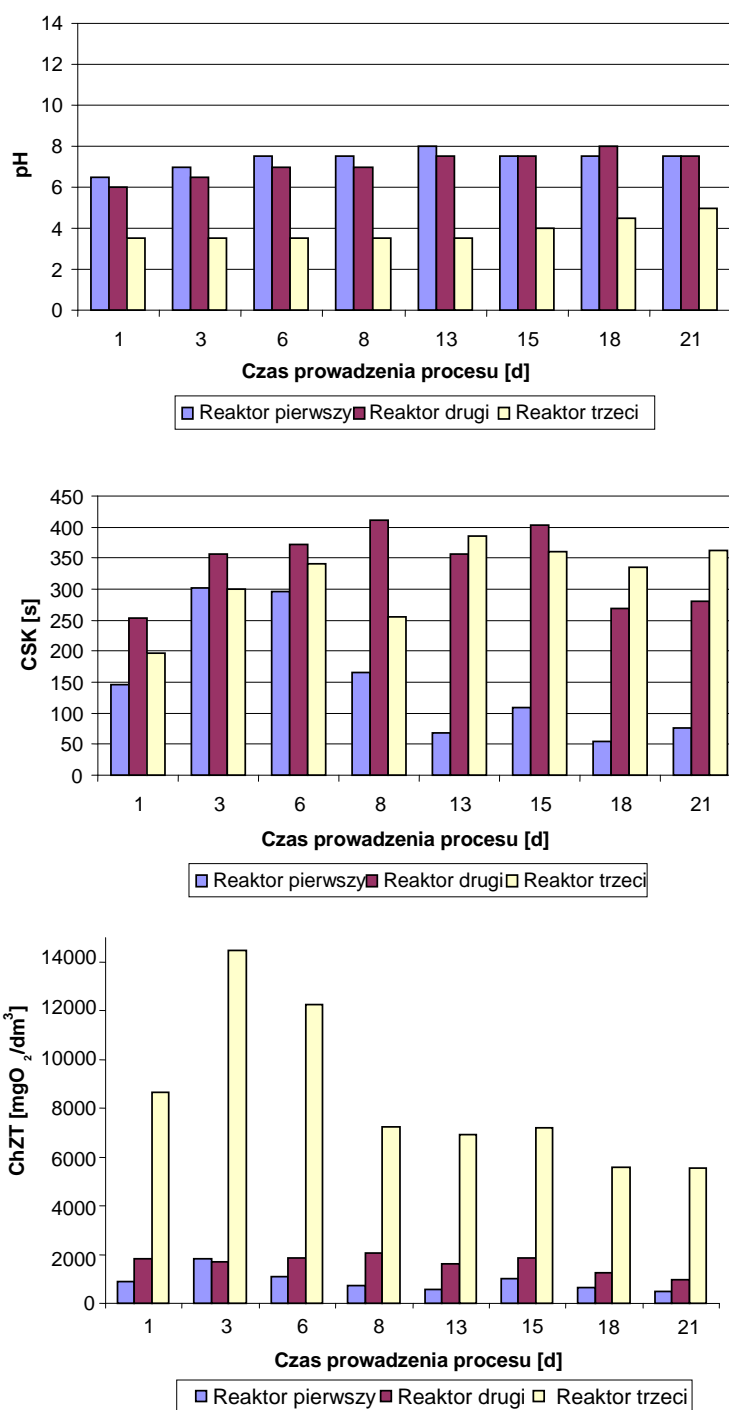
organicznych), jak i w wyniku zawyżenia wartości ChZT przez wprowadzanie do osadów nadtlenu wodoru. W efekcie końcowym uzyskano redukcję ChZT wynoszącą kolejno 48% w reaktorze oznaczonym symbolem R1, 46% w reaktorze R2 i 36% w reaktorze R3 w porównaniu do wartości wyjściowych z pierwszej doby.



Rys. 2. Zmiany zawartości zawiesiny ogólnej i organicznej w trakcie stabilizacji tlenowej osadów niekondycjonowanych i kondycjonowanych chemicznie

pH cieczy nadosadowej badanych osadów w trakcie prowadzenia procesu stopniowo wzrastało. Oznacza to, że środowisko ulegało alkalizacji w wyniku utleniania frakcji organicznej i w jego następstwie powstawały kwaśne węglany. Drastyczne obniżenie się pH osadów poddanych chemicznemu kondycjonowaniu dawką kwasu wynoszącą  $20 \text{ g/dm}^3$  (tab. 3, rys. 3) spowodowało zniszczenie mikroflory bakteryjnej prowadzącej tlenowy biochemiczny rozkład substancji organicznych.

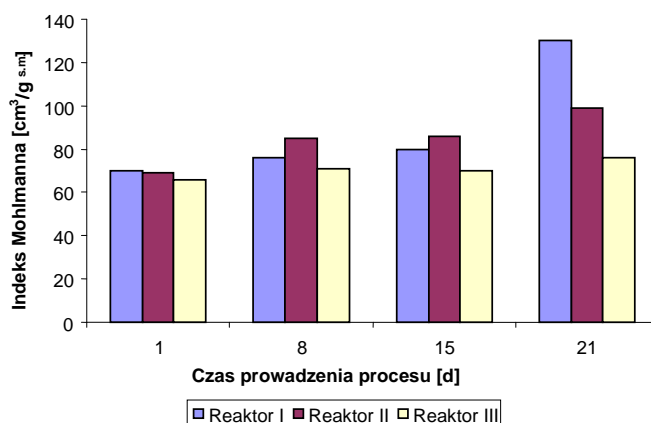




Rys. 3. Zmiany pH, CSK i ChZT cieczy nadosadowych w procesie stabilizacji tlenowej osadów niekondycjonowanych i kondycjonowanych chemicznie

Dawkowanie kwasu powodowało wzrost CSK osadów odpowiednio o 106 s dla osadu, do którego stopniowo dodawano kwas nadoctowego, oraz o 49 s dla osadu, do którego dodano jednorazowo kwas w ilości  $20 \text{ g/dm}^3$ . Dla tych osadów po 21 dobach prowadzenia procesu stabilizacji tlenowej nie uzyskano redukcji CSK w porównaniu z wartością wyjściową charakteryzującą mieszaninę osadów surowego i nadmiernego wprowadzaną do bioreaktorów. Wartości CSK dla ostatniego dnia procesu wynosiły kolejno 281 s dla osadów w reaktorze R2 i 363 s dla osadów w reaktorze R3. Spadek CSK o 48% uzyskano dla osadów niepoddanych wstępnej stabilizacji kwasem nadoctowym (tab. 3, rys. 3). Zjawisko to powodowane jest wprowadzeniem utleniacza chemicznego do układu i związaną z tym dyspersją frakcji osadowej. W wyniku tego procesu właściwości filtracyjne osadów kondycjonowanych chemicznie są słabsze.

Dla osadów niekondycjonowanych kwasem nadoctowym odnotowano wzrost wartości indeksu Mohlmanna o  $60 \text{ cm}^3/\text{g s.m.}$ . Jest to zjawisko świadczące o prawidłowości przebiegu biochemicznej stabilizacji tlenowej wynikające z intensywnego napowietrzania osadu oraz ubytku suchej masy. Skutkuje to rozdrobnieniem kłaczków i objawia się gorszą zdolnością sedymentacyjną. Przy okresowym dawkowaniu kwasu indeks wzrósł o  $29 \text{ cm}^3/\text{g m.s.}$ , a przy jednorazowym o  $6 \text{ cm}^3/\text{g s.m.}$  (tab. 3). Uzyskiwane wyniki wskazują na stymulujący wpływ jednorazowego dawkowania reagenta chemicznego na właściwości sedymentacyjne badanych osadów, ponieważ w tym przypadku wskaźnik ten utrzymywał się na stosunkowo stałym poziomie (rys. 4).



Rys. 4. Zmiany właściwości sedymentacyjnych osadów

### 3. Podsumowanie wyników

Wprowadzanie kwasu nadoctowego jako proces wspomaganie tlenowej stabilizacji osadów ściekowych wpływa na ich właściwości fizyczno-chemiczne. Kwas nadoctowy jako czynna substancja o właściwościach utleniających powodował wzrost zawartości związków organicznych w cieczach nadosadowych oraz obniże-

nie pH, doprowadzając do inaktywacji mikroflory bakteryjnej prowadzącej proces tlenowego rozkładu. Jednorazowe dawkowanie kwasu w ilości  $20 \text{ g/dm}^3$  obniżyło pH do wartości 3,5, która utrzymywała się na tym poziomie przez dwa pierwsze tygodnie, oraz spowodowało uwolnienie substancji wewnątrzkomórkowych mikroorganizmów, co częściowo mogą potwierdzać dokonane obliczenia. Należy zwrócić uwagę na fakt, że nie oznaczano resztkowego stężenia nadtlenu wodoru. To z kolei nie pozwala jednoznacznie stwierdzić, że pozorny przyrost ChZT cieczy nadosadowych był powodowany lizą komórek. Zjawisko to uniemożliwiło przeprowadzenie procesu stabilizacji tlenowej, a notowane ubytki ChZT oraz zawiesiny ogólnej i organicznej wynikały z działalności substancji aktywnej, czyli rodnika hydroksylowego.

Okresowe dawkowanie kwasu miało również znaczący wpływ na przebieg stabilizacji tlenowej. W tym przypadku prawdopodobnie nie doszło do całkowitej inaktywacji metabolizmu mikroorganizmów, jednakże uzyskane wyniki wskazują, iż ten sposób dozowania silnego utleniacza wpływa na inhibicję, a tym samym na końcowy efekt stabilizacji tlenowej. Potwierdzają to otrzymane wyniki ChZT cieczy nadosadowych, zawiesiny ogólnej i organicznej oraz CSK, które są wyższe w ostatnim dniu badań w porównaniu z uzyskanymi wartościami dla osadu kontrolnego.

Właściwości filtracyjne osadów kondycjonowanych chemicznie uległy pogorszeniu, na co bezpośredni wpływ miało działanie dyspersyjne środka chemicznego podczas procesu chemicznego utleniania, nie powodując przy tym znaczącego pogorszenia właściwości sedymentacyjnych osadów, zwłaszcza w przypadku jednorazowego dawkowania kwasu.

## Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, iż:

- dawkowanie kwasu nadoctowego (okresowo lub jednorazowo), jako proces wspomagający rozkład substratu organicznego, ma ujemny wpływ na przebieg biochemicznej tlenowej stabilizacji osadów, powodując prawdopodobnie częściową lub całkowitą inhibicję działalności mikroorganizmów. Pełny obraz zachodzących procesów biochemicznych dałoby wzbogacenie kontroli procesu o oznaczenie aktywności dehydrogenaz;
- w niesprzyjających dla rozwoju mikroorganizmów warunkach środowiskowych ( $\text{pH} = 3,5$ ) wykorzystanie kwasu nadoctowego do wspomagania procesów biochemicznych jest możliwe poprzez wprowadzanie do zhydrolizowanego osadu (po odpowiedniej korekcie pH) czynnika zaszczipiającego w postaci osadu stabilizowanego tlenowo.

Dalsze badania powinny dotyczyć ustalenia optymalnego stosunku wymieszania osadu zhydrolizowanego chemicznie i czynnika zaszczipiającego, przy którym uzyskuje się lepsze wyniki niż w przypadku stosowania metody konwencjonalnej.

*Prezentowane badania realizowano w ramach projektu badawczego KBN 3 T09D 076 27 „Wysokoefektywne metody unieszkodliwiania odpadów organicznych*

*WEKTOR*”, 18.11.2004 - 17.11.2007 oraz w ramach projektu badawczego BW-402-201/07 „Pozyskiwanie bio - wodoru w procesie fermentacji produktów odpadowych” w ramach wiodącego kierunku badawczego „Efektywne technologie wytwarzania, przetwarzania i przechowywania energii oraz jej źródła odnawialne”.

## Literatura

- [1] Bień J., Osady ściekowe - teoria i praktyka, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2002.
- [2] Siuta J., Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych, Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej nt. Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych, Puławy - Lublin - Jeziorko 1997.
- [3] Borowski S., Stabilizacja tlenowa mieszanych osadów z oczyszczalni ścieków miejskich w Tomaszowie Mazowieckim, Gaz, Woda i Technika Sanitarna 1999, 73, 10, 366-370.
- [4] Rey J.F., Kruse A., ESGE/ESGENA technical note on cleaning and disinfection, Endoscopy 2003, 35, 869-77.
- [5] Brzyska E., Jakimiak B., Röhm-Rodowald E. i wsp., Preparaty dezynfekcyjne pozytywnie zaopiniowane przez PZH, przeznaczone do stosowania w zakładach opieki zdrowotnej, Informacja VIII, Zakład Zwalczania Skażeń Biologicznych PZH, Warszawa 2005.
- [6] Alfa M.J., DeGagne P., Olson N. i wsp., Comparison of liquid chemical sterilization with peracetic acid and ethylene oxide sterilization for long narrow lumens, Am. J. Infect. Control 1998, 26, 469-77.
- [7] Rideout K., Teschke K., Dmich-Ward H. i wsp., Considering risks to healthcare workers from glutaraldehyde alternatives in high-level disinfection, J. Hosp. Infect. 2005, 59, 4-11.
- [8] Rutala W.A., Weber D.J., Disinfection and Sterilization In Healthcare Facilities, [www.unc.edu/depts/spice/dis/DisinfectionAndSterilizationInHealthcare.pdf](http://www.unc.edu/depts/spice/dis/DisinfectionAndSterilizationInHealthcare.pdf) (08.10.2009 r.).
- [9] Fuselier H.A.Jr, Mason C., Liquid sterilization versus high level disinfection in the urologic office, Urology 1997, 50, 337-340.
- [10] Block S.S., Peroxygen compounds, [w:] Block S.S. (red.), Disinfection, sterilization, and preservation, Lippincott William & Wilkins, Philadelphia 2001 185-204.
- [11] Ćwiczenia laboratoryjne z technologii wody, praca zbiorowa pod red. M. Janosz-Rajczyk, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2003.
- [12] Hermanowicz W. i in., Fizyczno-chemiczne metody oznaczania wody i ścieków, Arkady, Warszawa 1999.
- [13] Janosz-Rajczyk M., Dąbrowska L., Rosińska A., Płoszaj J., Zakrzewska E., Zmiany ilościowo-jakościowe PCB, WWA i metali ciężkich w kondycjonowanych osadach ściekowych stabilizowanych biochemicznie, Monografie nr 120, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2006.
- [14] Fraser J.A.L., Godfree A.F., Jones F., Use of peracetic acid in operational sewage sludge disposal to pasture, Wat. Sci. Technol. 1984, 17.

## Effect of Conditioning with Peracetic Acid on Selected Physicochemical Properties of the Sludge

The study presents the results of investigations on aerobic digestion of excess and raw sludge mixture (1:1, v/v) in the presence of peracetic acid (PAA). Aerobic digestion of the sludge was performed in laboratory scale, in three bath reactors (12 L volume each). To the first (blank) reactor (R1) no oxidant was introduced. To the second one (R2) 2, 1 and 0.5 mL of CH<sub>3</sub>COOH were added at the beginning of stabilization, after 6 and 11 days, respective-

ly. To the third reactor (R3) 20 mL of  $\text{CH}_3\text{COOOH}$  was added before aerobic digestion. Digestion was continued for 21 days. Content of all reactors was mixed and aerated with air introduced in the bottom of the reactor through diffusers. Dissolved oxygen concentration was set at  $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ . Process was performed at temperature  $20 \pm 1^\circ\text{C}$ . Total suspended solids (TSS), volatile suspended solids (VSS), sludge volume index (SVI), capillary suction time (CST), pH and chemical oxygen demand (COD) were analysed in the sludge to monitor the progress of stabilization process. It can be concluded that application of peracetic acid didn't improve the aerobic digestion compared to classical process (blank reactor). Peracetic acid application worsen dewatering properties of the sludge. Significant increase of COD value in supernatant was also observed when 20 mL of  $\text{CH}_3\text{COOOH}$  was added. Application of  $\text{CH}_3\text{COOOH}$  caused oxidation of the part of organic solids in the sludge and inactivation of microorganisms.

**Keywords:** peracetic acid, sewage sludge, aerobic digestion