

Kooksydacja wybranych niejonowych substancji powierzchniowo czynnych

Marta Janosz-Rajczyk

Elżbieta Grabińska-Sota

Elżbieta Litwin

Instytut Inżynierii Wody i Ścieków

Politechnika Śląska

Gliwice

1. Wprowadzenie

Wiele krajów, w tym od roku 1995, także Polska w trosce o ochronę środowiska naturalnego przed zanieczyszczeniem wprowadziło zakaz stosowania w środkach chemii gospodarczej anionowych i niejonowych substancji powierzchniowo czynnych nie ulegających biodegradacji pierwotnej, przynajmniej w 80%. Producenci substancji powierzchniowo czynnych prowadzą zatem nadal badania nad syntezą nowych substancji, nie tylko o wysokich walorach użytkowych, ale i bardziej bezpiecznych dla środowiska naturalnego. Ostatnio pojawiły się możliwości produkowania nowej niejonowej substancji powierzchniowo czynnej (NSPC) opierając na oksyetylacie cyklicznym acetalu (OCA). Wcześniej w prowadzonych badaniach nad toksycznością wykazano, że związek ten jest mało szkodliwy dla przedstawicieli biocenozy wodnej. Wartości średnich stężeń letalnych tego związku dla ryb i rozwielitki są kilka lub kilkanaście razy wyższe w porównaniu z oksyetylatem nonylofenolu, substancji powszechnie używanej do produkcji niejonowych detergentów (1). Dlatego też uważa się za zasadne podjęcie badań nad biodegradacją preparatu OCA i to zarówno w standardowych warunkach przy współdziałaniu osadu czynnego, jak i w warunkach naśladujących proces samooczyszczania się wody rzecznej czyli według standardów zalecanych w krajach Unii Europejskiej jak i w Polsce.

2. Cel i zakres badań

Celem badań była ocena biodegradacji dwóch niejonowych substancji powierzchniowo czynnych (NSPC): oksyetylatu cyklicznego acetalu (OCA) i oksyetylatu alkoholu laurowego (OAL). Proces biochemicznego utleniania NSPC prowadzono w obecności dodatkowego źródła węgla, jak i w warunkach, gdy NSPC

stanowiły główne źródło węgla i energii dla inkubowanych mikroorganizmów. Badania prowadzono w warunkach dynamicznych i statycznych.

Zakres badań w warunkach dynamicznych obejmował: założenie dwóch laboratoryjnych ciągłych hodowli osadu czynnego zasilanych ściekami bytowo-gospodarczymi, a następnie przeprowadzenie procesu adaptacji drobnoustrojów osadu czynnego do rozkładu preparatów OAL i OCA w obecności łatwo rozkładalnego substratu jaki stanowiły ścieki bytowo-gospodarcze.

Zakres badań prowadzonych w warunkach statycznych obejmował proces biodegradacji preparatów OAL i OCA, gdy:

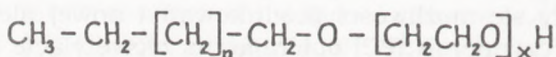
- badane NSPC stanowiły główne źródło węgla i energii dla inkubowanych mikroorganizmów,
- prócz badanych NSPC w hodowli występowało drugie łatwo przyswajalne źródło węgla,
- środowisko hodowlane zasiedlono makrofitami, a badane NSPC stanowiły główne źródło węgla i energii dla inkubowanych mikroorganizmów.

3. Część doświadczalna

3.1. Metodyka badań

3.1.1. Badane substraty

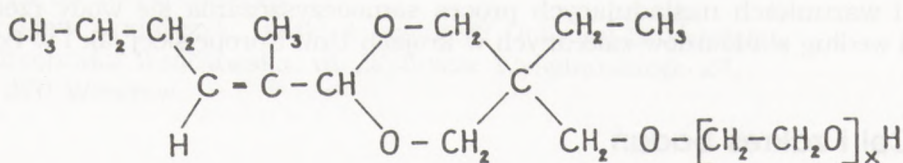
Strukturalny wzór chemiczny dla oksyetylatu alkoholu laurowego i oksyetylatu cyklicznego acetalu pokazano na ryc. 1. NSPC pochodziły z Instytutu



$$n = 8 + 10$$

OKSYETYLAT ALKOHOLU LAUROWEGO OAL

$$X_{sv} = 12$$



OKSYETYLAT CYKLICZNEGO ACETALU OCA

Ryc. 1. Schemat budowy chemicznej preparatów OAL i OCA.

Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia” z Kędzierzyna Koźła. Według producenta NSPC zawierały 100% substancji aktywnej, w badanych stężeniach dobrze rozpuszczały się w wodzie, były nietotne. W badaniach korzystano także z syntetycznych ścieków o charakterze bytowo-gospodarczym przygotowywanych zgodnie z Polską Normą (2).

3.1.2. Pochodzenie drobnoustrojów

Hodowlę drobnoustrojów w warunkach ciągłych zapoczątkowano z osadu czynnego pobranego z osiedlowej oczyszczalni ścieków bytowo-gospodarczych w Gliwicach Łabędach.

3.1.3. Badania biodegradacji w układzie dynamicznym

Ciągłą hodowlę drobnoustrojów osadu czynnego prowadzono w dwóch instalacjach. Każda instalacja składała się ze zbiornika wstępnego o pojemności 24 dm³ przeznaczonego na dopływ, komory napowietrzania o pojemności około 3 dm³ (3,38 – 3,54 dm³), osadnika wtórnego o pojemności 2 dm³, zbiornika o pojemności 24 dm³ przeznaczonego na odpływ, dwóch pompki przeponowych służących do napowietrzania i wymuszania recyrkulacji osadu czynnego, pompki dozującej dopływ. Instalację zestawiono zgodnie z zaleceniami Normy Polskiej (2). Hodowlę mikroorganizmów osadu czynnego prowadzono w temperaturze pokojowej w pięciu okresach hodowlanych. W okresie pierwszym zasilano drobnoustroje przez tydzień tylko ściekami bytowo-gospodarczymi, w okresie drugim obejmującym około 14-dniową adaptację drobnoustrojów do wzrastających dawek NSPC, drobnoustroje zasilano nadal ściekami bytowo-gospodarczymi i NSPC zmieniającym się w zakresie od 2,0 do 5,0 mg/dm³. W następnych okresach 3, 4 i 5, trwających w sumie około 30 dni, zmieniano stężenie dozowanych do ścieków NSPC kolejno na 10,0, 15,0 i 20,0 mg/dm³. Kontrola procesu obejmowała codzienne pomiary intensywności dopływu, sprawdzanie i regulowanie stężenia tlenu w komorze napowietrzania (do około 2,0 mg/dm³), usuwanie osadu nadmiernego, analizę fizykochemiczną średniodobowych prób dla dopływów i odpływów. Oznaczano pH potencjometrycznie, ChZT metodą dwuchromianową skróconą wg Polskiej Normy (3), NSPC metodą kolorymetryczną z kwasem fosforowolframowym w modyfikacji hydrochinonowej po uprzednim wypienieniu próby do octanu etylu (4). Dla osadu czynnego 2-3 razy w tygodniu określano stężenie zawiesiny (wagowo metodą bezpośrednią) i indeks Mohlmanna (w cylindrze o pojemności 100 cm³). Ponadto 6-7 razy określano dla średniodobowych dopływów BZT₅ metodą rozcieńczeń (3).

3.1.4. Badania biodegradacji w warunkach statycznych bez udziału makrofitów

Założono pięć hodowli mikroorganizmów. Do każdego zbiornika, w którym znajdowało się 50 dm³ odstanej wody wodociągowej wzbogaconej solami mi-

neralnymi (azotowymi i fosforanowymi) wprowadzono 10,0 mg/dm³ zawiesiny mikroorganizmów osadu czynnego, badany substrat i włączono napowietrzanie.

Do pierwszego zbiornika wprowadzono 10,0 mg/dm³ preparatu OAL, do drugiego 10,0 mg/dm³ preparatu OCA, do trzeciego 10,0 mg/dm³ glukozy, do czwartego 10,0 mg/dm³ preparatu OAL i 10,0 mg/dm³ glukozy, do piątego 10,0 mg/dm³ preparatu OCA i 10,0 mg/dm³ glukozy.

Kontrola procesu obejmowała codzienne pomiary temperatury hodowli, odczynu, stężenia rozpuszczonego tlenu, ChZT, NSPC.

3.1.5. Badania biodegradacji w warunkach statycznych z udziałem makrofitów

Założono cztery hodowle. W każdym zbiorniku, dno (o powierzchni 64 cm × 24 cm) wypełniono 5 cm warstwą wyprażonego piasku, po czym w dwóch, zasadzono po 15 makrofitów z rodzaju *Cryptocoryne*, a następnie do wszystkich wprowadzono po 50 dm³ odstanej wody wodociągowej oraz sole mineralne (azotowe i fosforanowe), 5,0 mg/dm³ zawiesiny mikroorganizmów osadu czynnego, badany substrat, a następnie włączono napowietrzanie. Do pierwszego zbiornika z makrofitami wprowadzono 3,0 mg/dm³ preparatu OAL, a do zbiornika drugiego, bez makrofitów, wprowadzono też 3,0 mg/dm³ preparatu OAL. Do zbiornika trzeciego, z makrofitami, wprowadzono 3,0 mg/dm³ preparatu OCA, do zbiornika czwartego, bez makrofitów, wprowadzono też 3,0 mg/dm³ preparatu OCA.

Kontrola procesu obejmowała te same pomiary jakie prowadzono podczas badania biodegradacji w układzie statycznym bez udziału makrofitów. Dodatkowo na początku i na końcu inkubacji wykonywano pomiary ilościowe bakterii zasiedlających dany zbiornik (wodę i makrofity) (5).

4. Wyniki badań

4.1. Biodegradacja preparatu OAL metodą osadu czynnego w warunkach dynamicznych

Proces prowadzono przez 47 dni. Do komory napowietrzania dozowano dopływ o ChZT zmieniającym się w zakresie od 220 do 470 mg/dm³ i napowietrzano wraz z osadem czynnym przez 3,5 do 4,2 godzin. W komorze napowietrzania utrzymywano stężenie zawiesiny osadu czynnego od 2,2 do 4,2 g/dm³, proces prowadzono przy obciążeniu substratowym osadu czynnego zmieniającym się od 0,28 do 1,09 g sm.o.d. Stwierdzono, że biodegradacja pierwotna, związana z utratą właściwości powierzchniowo czynnych przez cząsteczki OAL, oceniana na podstawie usunięcia NSPC zachodziła w wysokim stopniu. Podczas całego okresu badań średnio nie spadła poniżej 90% (tab. 1). Wykazano, że biodegradacja całkowita oceniana na podstawie stopnia usunięcia ChZT była związana z dawką NSPC i stopniem adaptacji mikroorganizmów. W po-

czątkowym okresie hodowli podczas dozowania preparatu OAL w stężeniu od 5,0 do 10,0 mg/dm³ uzyskiwano przeszło 80% usunięcie ChZT. Następnie stwierdzono, że podczas dozowania preparatu o stężeniu 15 mg/dm³, usunięcie ChZT obniżyło się średnio do 70,5%, a pod koniec procesu hodowlanego, kiedy to dawka NSPC wynosiła 20,0 mg/dm³, usunięcie ChZT wynosiło też średnio 73%. Zaobserwowano, że podczas całego okresu badawczego usunięcie BZT₅ było wysokie i wynosiło ponad 90% (tab. 1). Ocenę biodegradacji NSPC przeprowadzono zgodnie z zaleceniami Polskiej Normy (2) na podstawie średniego usunięcia NSPC dla dawek 5,0, 10,0, 15,0, 20,0 mg/dm³. Wyliczono, że usunięcie NSPC wynosiło około 95%. Stwierdzono zatem, że preparat OAL w obecności łatwo rozkładalnego substratu, ulegał biodegradacji pierwotnej w wysokim stopniu. Natomiast proces biodegradacji całkowitej NSPC był związany ze stężeniem i przy dawce 15,0 mg/dm³, i wyższej, zachodził w około 70%. Wykazano zatem, że po procesie biodegradacji preparatu OAL pozostawały w odplywie trudno rozkładalne pośrednie produkty utlenienia.

TABELA 1

USUNIĘCIE CHZT, BZT₅, NSPC W PROCESIE BIODEGRADACJI METODĄ OSADU CZYNNEGO PREPARATU OAL

Dawka NSPC (mg/dm ³)	usunięcie ChZT* (%)	usunięcie BZT ₅ * (%)	usunięcie NSPC* (%)
2	81,0	—	—
5	80,1	93,7	95,5
10	88,4	98,0	96,5
15	70,5	98,0	92,1
20	73,0	97,5	97,0

* — wartości średnie

4.2. Biodegradacja preparatu OCA metodą osadu czynnego w warunkach dynamicznych

Biodegradację prowadzono przez 53 dni. Do komory napowietrzania dozowano dopływ o ChZT zmieniającym się w zakresie od 220 do 470 mg/dm³ i napowietrzano wraz z osadem czynnym przez 3,5 do 4,2 godzin. W komorze napowietrzania utrzymywano stężenie zawiesiny osadu czynnego od 2,0 do 3,9 g/dm³. Proces biodegradacji prowadzono przy obciążeniu substratowym osadu czynnego zmieniającym się od 0,22 do 1,10 g ChZT/g sm.o.d. Pownownie stwierdzano, że biodegradacja pierwotna, zachodziła w wysokim stopniu i podczas całego okresu badań nie spadła poniżej 85% (tab. 2). Wykazano również, że i w tym przypadku biodegradacja całkowita była związana z dawką NSPC i stopniem adaptacji mikroorganizmów. W początkowym okresie hodowli podczas dozowania preparatu OCA w stężeniu 5,0, a następnie 10,0 mg/dm³ uzyskiwano około 88% usunięcie ChZT. Następnie stwierdzono, że podczas dozowania preparatu w stężeniu 15,0 i 20,0 mg/dm³ wystąpiły wahania w usunięciu ChZT, które zmieniało się od 73,6 do 67,2% (tab. 2). Tak jak poprzednio obserwowano, że podczas całego okresu badaw-

czego występowało wysokie usunięcie BZT₅ które, wynosiło średnio 92% (tab. 2). Następnie wyliczono, że średnie usunięcie NSPC dla dawek 5,0, 10,0, 15,0, 20,0 mg/dm³ wynosiło 88%. Wykazano zatem, że preparat OCA ulegał w wysokim stopniu biodegradacji pierwotnej, wówczas gdy proces prowadzono w obecności łatwo rozkładalnego substratu. Proces biodegradacji całkowitej zależał od stężenia NSPC, przy wyższych dawkach w odpływie pozostawały pośrednie, trudno rozkładalne produkty biochemicznego utleniania.

TABELA 2

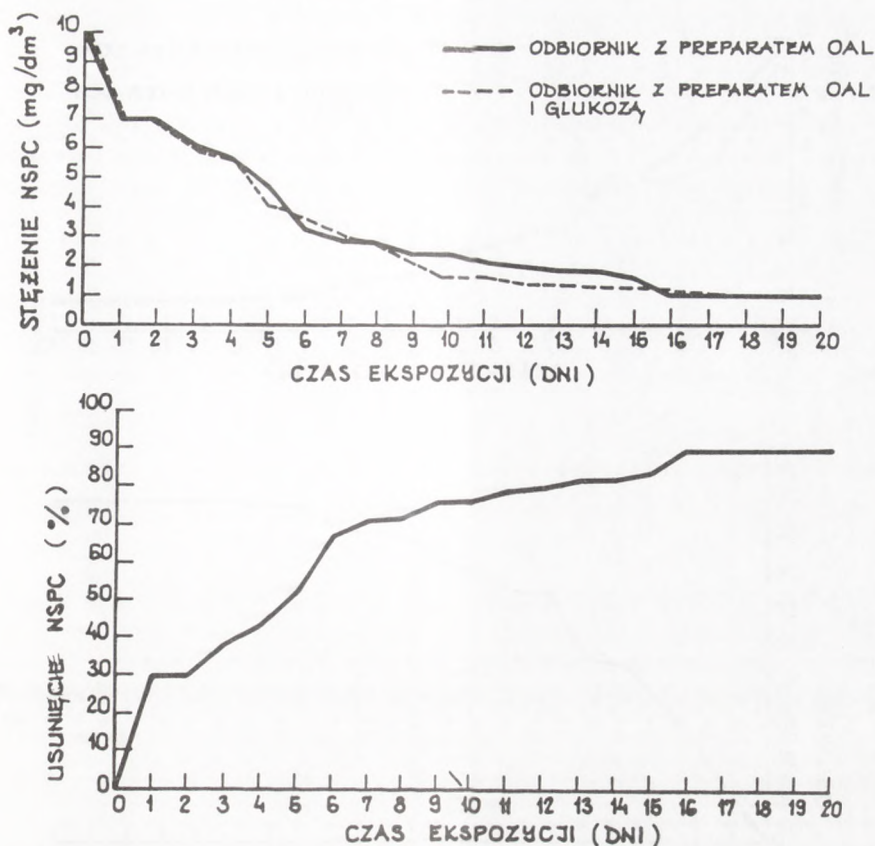
USUNIĘCIE ChZT, BZT₅, NSPC W PROCESIE BIODEGRADACJI METODĄ OSADU CZYNNEGO PREPARATU OCA

Dawka NSPC (mg/dm ³)	Usunięcie ChZT* (%)	Usunięcie BZT ₅ * (%)	Usunięcie NSPC* (%)
2	85,7	-	-
5	88,4	90,5	87,6
10	89,0	90,0	92,3
15	73,6	95,5	86,6
20	67,2	91,0	85,6

* — wartości średnie

4.3. Biodegradacja preparatów OAL i OCA w warunkach statycznych bez udziału makrofitów

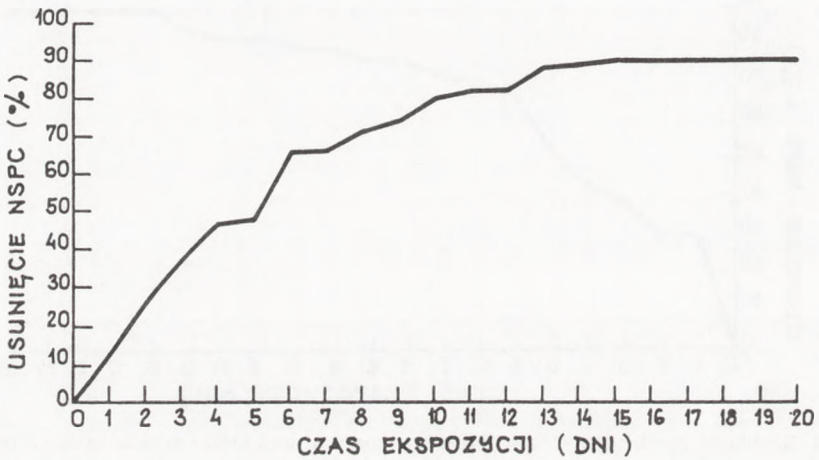
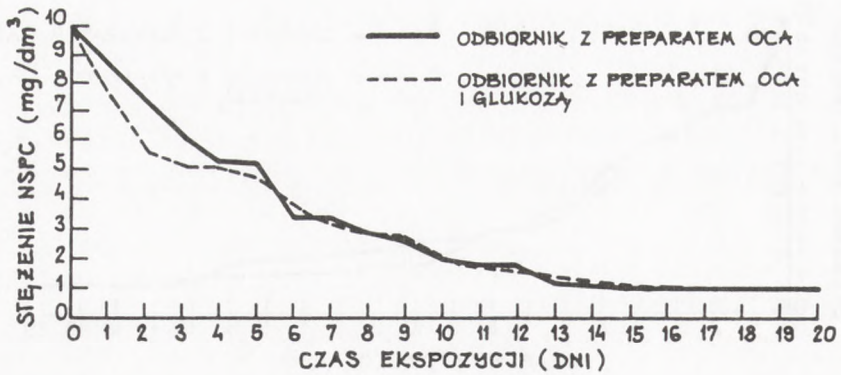
Badania prowadzono w temperaturze 20°C przez okres 20 dni utrzymując wysokie stężenie tlenu, powyżej 5,0 mg/dm³ przy lekko alkalicznym odczynie hodowli. Podczas biodegradacji prowadzonej zarówno w obecności glukozy jak i bez jej udziału, obserwowano stopniowe obniżanie się stężenia NSPC od 10,0 do około 1 mg/dm³ (ryc. 2 i 3). Stwierdzono, że biodegradacja pierwotna zaszła w czasie od 15 do 17 dni i nie zaobserwowano wyraźnego wpływu obecności glukozy na ten proces. Natomiast w przypadku biodegradacji całkowitej stwierdzono, że występowała wyraźna różnica w usuwaniu ChZT w zależności od udziału glukozy. Stwierdzono w przypadku preparatu OAL, że podczas biodegradacji całkowitej był w nieznacznym stopniu (około 5%) inhibowany (ryc. 4). Na możliwość występowania inhibicji procesu biodegradacji, prowadzonego przez drobnoustroje uprzednio zaadaptowane do rozkładu specyficznego rozkładu specyficznego substratu, w obecności dodatkowego źródła węgla łatwo utleniającego — glukozy zwracał uwagę Dojlido (6). Natomiast w przypadku preparatu OCA stwierdzono, że proces biodegradacji całkowitej był wyraźnie stymulowany obecnością glukozy (ryc. 5). W zależności od czasu inkubacji stymulacja wynosiła od 40 do 10% i była wyraźnie wyższa w początkowym okresie hodowli. Uważa się, że na proces biodegradacji całkowitej miała wpływ budowa chemiczna łańcucha hydrofobowego badanych NSPC. W tym przypadku, gdy łańcuch hydrofobowy był rozgałęziony (preparat OCA), czyli mniej podatny na biochemiczny rozkład, obecność łatwo rozkładalnego substratu glukozy wspomagała proces biodegradacji, czyli stwierdzano wyraźny wpływ procesu kooksydacji.



Ryc. 2. Szybkość zaniku NSPC w odbiorniku z preparatem OAL i w odbiorniku z preparatem OAL i glukozą.

4.4. Biodegradacja preparatów OAL i OCA w warunkach statycznych z udziałem makrofitów

Badania prowadzono w temperaturze 20°C przez 13 dni, utrzymując wysokie stężenie tlenu, powyżej 5,0 mg/dm³ przy lekko alkalicznym odczynie hodowli. Ze względu na obecność makrofitów biodegradację zainicjowano przy niższym niż uprzednio stężeniu początkowym NSPC 3,0 mg/dm³. Badania nad dynamiką usuwania NSPC wskazują, że obecność makrofitów praktycznie nie wpłynęła na proces biodegradacji pierwotnej ani w przypadku preparatu OAL (ryc. 6) ani preparatu OCA (ryc. 7). Zaobserwowano jednak, że w połowie okresu hodowlanego wystąpiło przejściowo nieznaczne podwyższenie się stężenia NSPC w roztworze hodowlanym (ryc. 6 i 7). Uważa się, że zjawisko to było związane z desorpcją NSPC z powierzchni liści makrofitów. W badaniach biodegradacji całkowitej NSPC prowadzonych w zbiornikach zasiedlonych makrofitami wykazano, że proces zachodził z wyższą efektywnością, w porównaniu z procesem prowadzonym bez udziału makrofitów. Stopień usunięcia ChZT był w większości przypadków o kilka procent wyższy

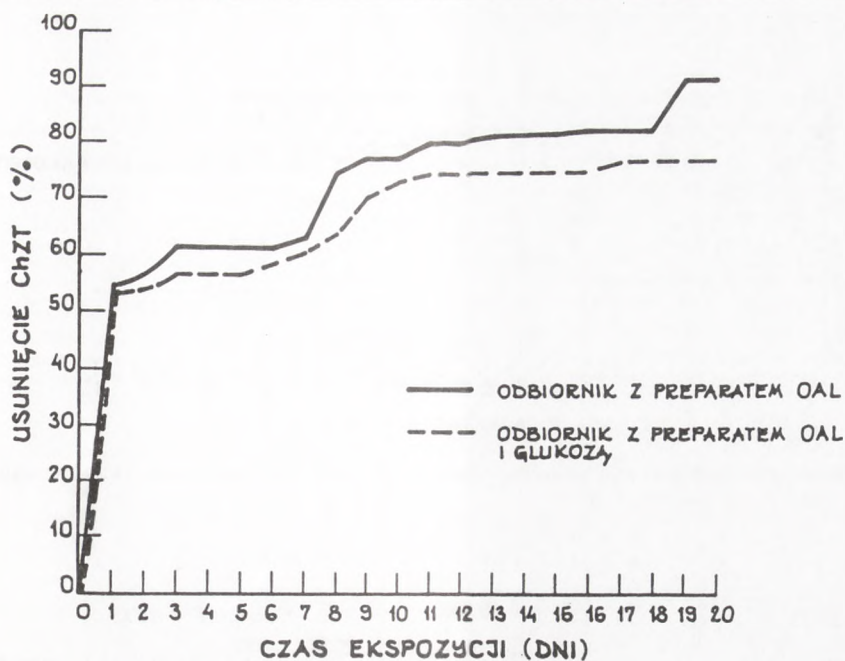


Ryc. 3. Szybkość zaniku NSPC w odbiorniku z preparatem OCA i w odbiorniku z preparatem OCA i glukozą.

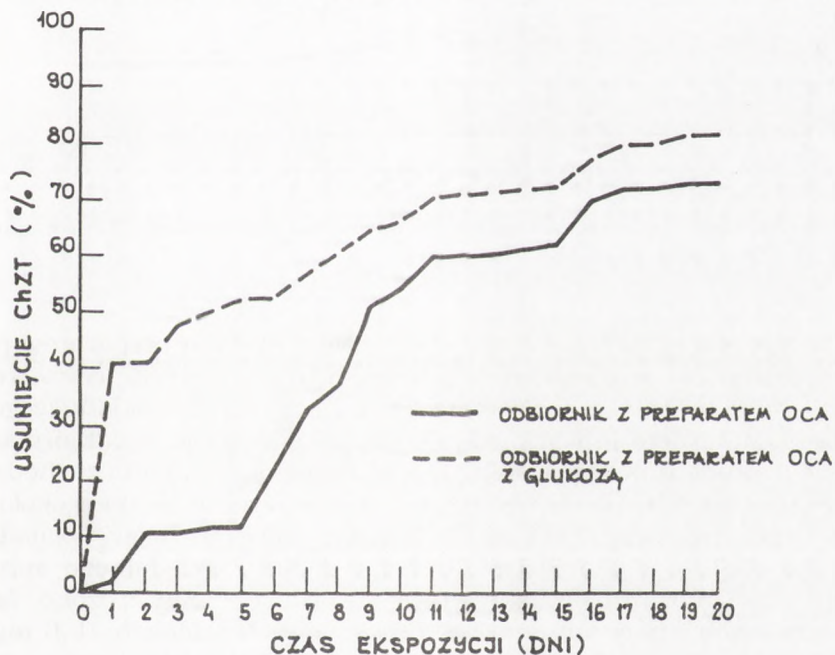
(ryc. 8 i 9). W badaniach wykazano, że w zbiornikach z makrofitami ilość bakterii była dwukrotnie wyższa, z czego połowa drobnoustrojów znajdowała się w toni wodnej, a druga część zasiedlała roślinność (5).

5. Dyskusja wyników

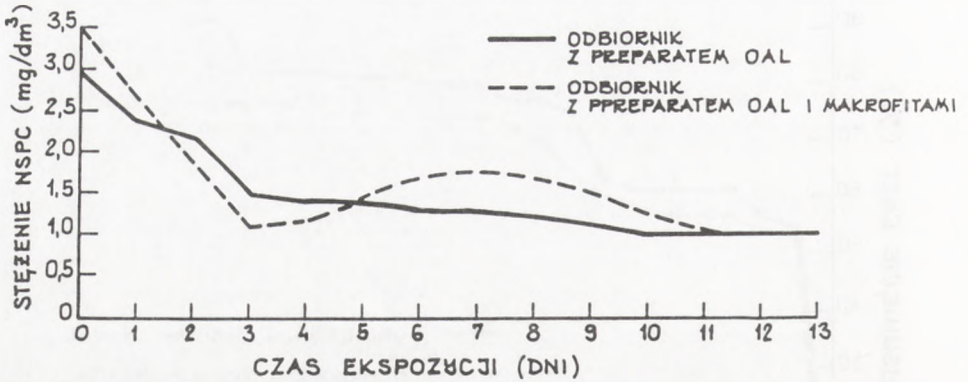
Badania biodegradacji prowadzono na przykładzie preparatów opisanych symbolami OAL i OCA, które różniły się zasadniczo budową łańcucha hydrofobowego (ryc. 1). W przypadku preparatu OAL był to 12-węglowy, prosty łańcuch, w OCA 13-węglowy łańcuch rozgałęziony posiadający jedno wiązanie podwójne. Według informacji literaturowych preparat OAL można zaliczyć do NSPC łatwo rozkładalnych (7,8). OCA był natomiast nowo zsyntetyzowanym preparatem, który po raz pierwszy został wprowadzony do naturalnego środowiska.



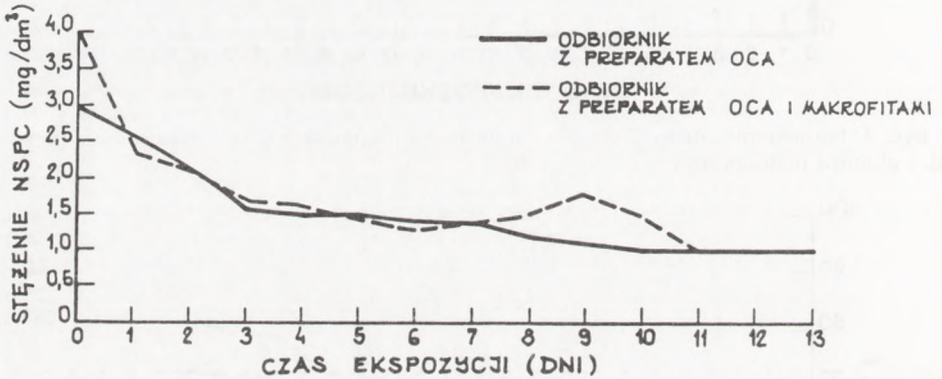
Ryc. 4. Porównanie zmian ChZT dla odbiornika z preparatem OAL i odbiornika z preparatem OAL i glukozą podczas procesu biodegradacji.



Ryc. 5. Porównanie zmian ChZT dla odbiornika z preparatem OCA i odbiornika z preparatem OCA i glukozą podczas procesu biodegradacji.

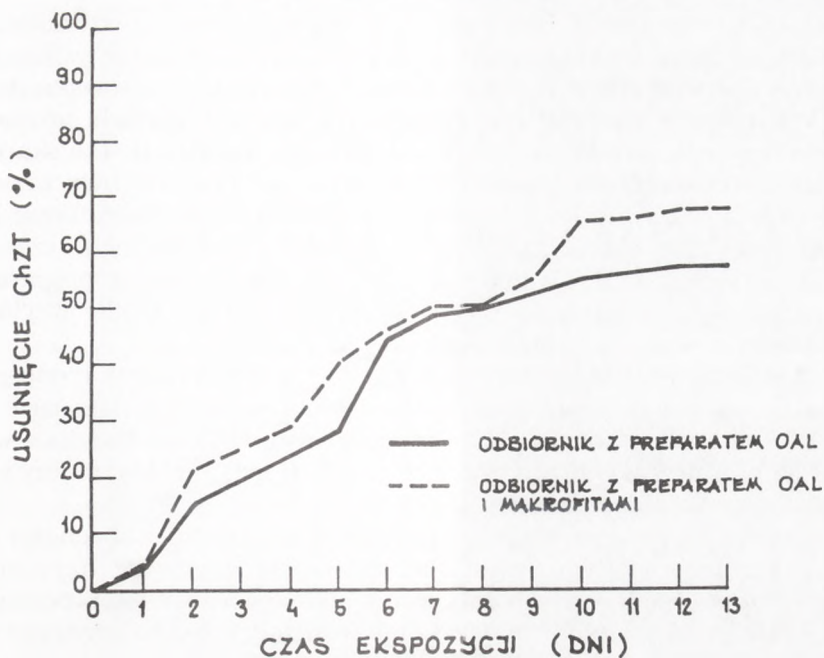


Ryc. 6. Porównanie szybkości zaniku NSPC w odbiorniku z preparatem OAL i w odbiorniku z preparatem OAL i makrofitami.

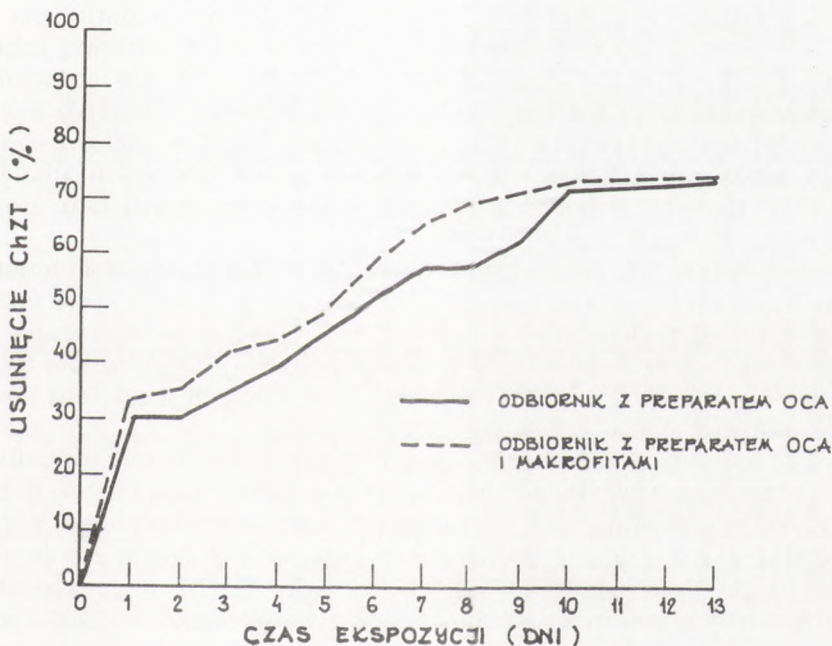


Ryc. 7. Porównanie szybkości zaniku NSPC w odbiorniku z preparatem OCA i w odbiorniku z preparatem OCA i makrofitami.

Badania biodegradacji pierwotnej i całkowitej dla obu preparatów prowadzono w różnych warunkach środowiskowych. Były one bądź odzwierciedleniem procesu samooczyszczania (z udziałem i bez udziału dodatkowego substratu oraz z udziałem lub bez makrofitów) zachodzącego w odbiorniku rzeczonym, bądź procesu biodegradacji, intensywnego oczyszczania zachodzącego w oczyszczalni ścieków. Proces biodegradacji zachodził w krótkim około 4-godzinnym czasie, przy znacznym udziale biomasy drobnoustrojów, dochodzącym do stężenia około $4,0 \text{ g/dm}^3$ i przy udziale łatwo rozkładalnego substratu jaki stanowiły syntetyczne ścieki bytowo-gospodarcze. Stwierdzono, że przy tych parametrach i przy stężeniu NSPC w surowych ściekach $10,0 \text{ mg/dm}^3$ (jest to zgodne z zaleceniami międzynarodowych standardów) proces zachodził z wysoką efektywnością w 90 i 85% odpowiednio dla preparatu OAL i OCA w przypadku biodegradacji pierwotnej oraz 80 i 88% w przypadku



Ryc. 8. Porównanie zmian ChZT dla odbiornika z preparatem OAL i odbiornika z preparatem OAL i makrofitami podczas biodegradacji.



Ryc. 9. Porównanie zmian ChZT dla odbiornika z preparatem OCA i odbiornika z preparatem OCA i makrofitami podczas biodegradacji.

biodegradacji całkowitej. W badaniach imitujących samooczyszczanie, które prowadzono też przy stężeniu $10,0 \text{ mg NSPC/dm}^3$ takie same efekty biodegradacji pierwotnej (90% usunięcie NSPC) uzyskiwano dla preparatu OAL po około 17-dniowej inkubacji, niezależnie od tego czy hodowlę prowadzono z udziałem, czy bez udziału łatwo przyswajalnego substratu. Uzyskanie wysokiego efektu biodegradacji pozwala stwierdzić, że hodowle były zasiedlone drobnoustrojami, które wykorzystywały jako źródło węgla hydrofilowe łańcuchy należące do cząsteczki OAL (po zdegradowaniu tego łańcucha cząsteczka OAL traciła właściwości powierzchniowo czynne). Uważa się, że preparat OAL był na tyle przyswajalnym substratem, że dodatek innego źródła węgla w celu podtrzymania wzrostu drobnoustrojów był zbędny.

Stwierdzono, że również w przypadku preparatu OCA proces biodegradacji pierwotnej zachodził w wysokim stopniu. Uzyskiwano 85% usunięcie NSPC w ciągu 13 dni. Biodegradacja pierwotna preparatu OCA zachodziła z wysoką wydajnością niezależnie od tego czy w środowisku była nieobecna, czy obecna glukoza.

Zaobserwowano, że w procesie samooczyszczania pomimo obecności w środowisku hodowlanym łatwo przyswajalnego źródła węgla nie uzyskano tak wysokiego stopnia biodegradacji całkowitej, jaki stwierdzano w procesie oczyszczania metodą osadu czynnego. Uzyskano w metodzie osadu czynnego 88,4% usunięcie ChZT dla preparatu OAL i 89,0% dla OCA, a w procesie samooczyszczania około 75% usunięcie ChZT dla OAL i 80% dla OCA. Zaobserwowano jednakże, że obecność glukozy korzystnie wpłynęła na biodegradację całkowitą, ale tylko w przypadku preparatu OCA. Stopień usunięcia ChZT w hodowli z glukozą był wyraźnie wyższy i wynosił po 17-dniowej inkubacji 80%, podczas gdy w hodowli bez dodatkowego źródła węgla stwierdzono tylko 70% usunięcie ChZT w porównywalnym czasie hodowli. Stwierdzono natomiast w przypadku preparatu OAL, że usunięcie ChZT w hodowli zasilanej dodatkowo glukozą było wręcz niższe. Wynosiło po 17-dniowej inkubacji około 75%, podczas gdy w hodowli zasilanej tylko preparatem OAL wynosiło około 80%.

Uważa się zatem, że prowadzenie długotrwałej adaptacji drobnoustrojów do rozkładu NSPC w środowisku ścieków bytowo-gospodarczych pozwoliło na wyhodowanie drobnoustrojów zdolnych do prowadzenia biodegradacji całkowitej badanych preparatów. W przypadku preparatu OCA wzrost tych mikroorganizmów musi być podtrzymywany obecnością innego łatwo rozkładalnego substratu.

Osobnego omówienia wymagają badania prowadzone przy współudziale makrofitów, gdyż ze względu na udział w hodowli roślinności wyższej, proces prowadzono przy stężeniu NSPC znacznie niższym, wynoszącym $3,0 \text{ mg/dm}^3$. Należy również zaznaczyć, że do hodowli tych wprowadzono nie tylko dodatkowe ilości mikroorganizmów (osiadłych na makrofitach), ale także nieduże ilości substratu organicznego (świadczyło o tym początkowe ChZT podłoża hodowlanego, które było wyższe od zakładanego). Stwierdzono, że czynniki te w niewielkim stopniu wpłynęły na szybkość i stopień biodegradacji całkowitej obu preparatów. Stwierdzono, że po 10- do 13-dniowej inkubacji dla

preparatów OCA i OAL biodegradacja całkowita zaszła w 70%. Niższy od spodziewanego stopień biodegradacji całkowitej był związany prawdopodobnie z zasiedleniem hodowli mikroorganizmami, które nie były wstępnie adaptowane do rozkładu NSPC.

6. Podsumowanie i wnioski

1. Badania prowadzono dla dwóch NSPC, różniących się między sobą budową łańcucha hydrofobowego. Biodegradację prowadzono w warunkach statycznych i dynamicznych zarówno z udziałem jak i bez udziału łatwo rozkładalnego źródła węgla oraz w hodowlach bez i z udziałem makrofitów.

2. Wykazano, że korzystając z mikroflory adaptowanej do rozkładu badanych substratów uzyskiwano dla obu NSPC podobny, wysoki stopień biodegradacji pierwotnej niezależnie od tego czy proces prowadzono z udziałem, czy bez udziału łatwo rozkładalnego źródła węgla.

3. Wykazano, że dla preparatu OCA czyli NSPC posiadającej rozgałęziony łańcuch hydrofobowy proces biodegradacji całkowitej we wszystkich hodowlach był stymulowany obecnością dodatkowego łatwo rozkładalnego źródła węgla.

4. Proces biodegradacji całkowitej preparatu OCA jak i OAL był niezależnie stymulowany również, gdy hodowlę prowadzono z udziałem makrofitów, czyli wówczas gdy zasiedlano ją dodatkowo mikroorganizmami nieadaptowanymi do rozkładu NSPC i wprowadzano dodatkowy substrat organiczny.

Literatura

1. Raszka A., (1992), Sprawozdanie z badań nad oceną ekologiczną oksyetylatu cyklicznego acetalu w porównaniu do typowego oksyetylowanego nonylofenolu. Maszynopis z pracy dla ICSO „Blachownia”, Kędzierzyn Koźle.
2. PN-72/C-04550 Arkusz 09: Woda i Ścieki. Badania zawartości substancji powierzchniowo czynnych oraz ich biochemicznego utleniania. Oznaczanie efektywności biochemicznego utleniania anionowych i niejonowych syntetycznych substancji powierzchniowoczynnych metodą osadu czynnego w warunkach kinetycznych.
3. Zdybiewska H., Janosz-Rajczyk M., Kwiatkowska K., Miksch K., (1980), *Ćwiczenia laboratoryjne z technologii oczyszczania ścieków*, Skrypt Pol. Śl., 918, Gliwice.
4. Dożańska W., (1969), *Oznaczanie detergentów niejonowych w ściekach*, Roczniki PZH, 2.
5. Selerzyńska M., (1993), Wpływ NSPC na aktywność fizjologiczną bakterii w zbiornikach z makrofitami i bez makrofitów, Maszynopis pracy, Pol. Śl., Gliwice.
6. Dojlido J., (1982), *Metody pomiaru biodegradacji. Nowa Technika w Inżynierii Sanitarnej*, z. 15, Ser. Wodociągi i Kanalizacja, Arkady, Warszawa.
7. Błażej A., Hodul P., Markušovska E., Novak L., Pavlovič M., Vyskočil I., (1977), *Tenzidy*, Alfa, Bratislava.
8. Swisher R. D., (1987), *Surfactant biodegradation*, Ed. M. Dekker, New York.

Cooxidation of some nonionic surfactants

Summary

Biodegradation was carried out in the laboratory continuous-flow activated sludge system

and the river water test. In the river water tests, the source of carbon and energy for the microorganisms was nonionic surfactant or nonionic surfactant and glucose. The river water tests were conducted with and without plants as *Cryptocoryne*. It has been found that the nonionic surfactant with chain branching was readily biodegradable in the cooxidation process by the microorganisms of activated sludge and microorganisms from the river water test.

Key words:

activated sludge, river water test, nonionic surfactant.

Adres do korespondencji:

Marta Janosz-Rajczyk, Elżbieta Grabińska-Sota, Instytut Inżynierii Wody i Ścieków, Politechnika Śląska, ul. M. Strzody 5/7, 44-101 Gliwice.