

### Sposób oczyszczania ścieków metodą mechaniczno-biologiczną

Przedmiotem wynalazku jest sposób oczyszczania ścieków metodą mechaniczno-biologiczną, mająca zastosowanie w oczyszczaniu ścieków zawierających trudno biodegradowalne związki o charakterze ksenobiotyków, a w szczególności imidazoliowe ciecze jonowe oraz związki o podobnej strukturze powstające w procesach produkcji cieczy jonowych lub w innych procesach produkcji z ich wykorzystaniem.

Niedostateczne usunięcie ze ścieków ksenobiotyków, szczególnie aktywnych biologicznie, stanowi jedno z największych zagrożeń i wyzwań obecnej cywilizacji. Trudno biodegradowalne związki wykorzystywane powszechnie w celach medycznych (farmaceutyki) oraz w gospodarstwie domowym są przyczyną wzrastającego zanieczyszczenia wód powierzchniowych i głębinowych. Związki te pojawiają się w wodzie pitnej i przy długotrwałym oddziaływaniu na organizm nawet w niewielkich stężeniach mogą prowadzić do zmian nowotworowych i alergii. Równie szkodliwy będzie wpływ na wybrane elementy biosfery.

Szereg tych związków występuje w ściekach w stężeniu na granicy ich oznaczalności. Stanowią one węgiel trudno przyswajalny dla mikroorganizmów. W ściekach zawsze obecny jest węgiel łatwiej przyswajalny w wystarczającej ilości, dlatego biodegradacja ksenobiotyku jest utrudniona. Szczególnym przypadkiem ksenobiotyku są ciecze jonowe, które mogą być głównym źródłem ksenobiotyków pochodzenia przemysłowego zwłaszcza przy gwałtownie wzrastającym zastosowaniu cieczy jonowych.

Ciecze jonowe ze względu na relatywnie wysoką toksyczność dla organizmów osadu czynnego wpływają hamująco na proces biologicznego oczyszczania ścieków. Oczyszczanie ścieków z wykorzystaniem osadu czynnego może więc okazać się niewystarczające lub nawet zagrożone.

Znane jest z opisu patentowego US 6284523 B1 rozwiązanie tego problemu, poprzez wykorzystanie reaktora dwufazowego. Zastosowano „bufor

chemiczny” zezwalający na obecność ksenobiotyku w ściekach o stężeniu nie przekraczającym stężenia dopuszczalnego. Oczyszczanie ścieków zawierających ksenobiotyki, np. halogenowane związki organiczne, fenol, toluen, benzen, prowadzi się poprzez kontaktowanie fazy organicznej zawierającej ksenobiotyk z fazą wodną zawierającą mikroorganizmy zdolne do degradacji tego ksenobiotyku. W wyniku kontaktu część ksenobiotyku przechodzi do fazy wodnej w zależności od współczynnika podziału. Faza organiczna musi być dobrana tak, aby stężenie ksenobiotyku w fazie wodnej nie było toksyczne. Metoda jest niepewna, żywotność mikroorganizmów i skuteczność biodegradacji może być ograniczona. Ponadto metoda wymaga zastosowania rozpuszczalnika organicznego.

Znana jest również technologia oczyszczania ścieków zawierających ksenobiotyk, opisana w zgłoszeniu patentowym AU 1793876 A1, która uwzględnia ich mokre utlenianie, a następnie utlenianie biologiczne. Etap mokrego utleniania ma na celu rozłożenie zanieczyszczeń organicznych na związki o mniejszej masie cząsteczkowej, charakteryzujące się mniejszą toksycznością. Ścieki poddane mokrej oksydacji są następnie oczyszczane z wykorzystaniem osadu czynnego, wspomaganego ewentualnie dodaniem węgla aktywowanego w celu zaadsorbowania pozostałości ksenobiotyków, które nie uległy degradacji na etapie mokrego utleniania. Po procesie biologicznego oczyszczania materia organiczna oraz węgiel aktywowany zostają oddzielone poprzez sedymentację również z wykorzystaniem flokulantów. Ciecz nadosadowa zostaje odprowadzona, natomiast osad po sedymentacji zostaje zawrócony, połączony ze świeżą porcją ścieków i poddany mokrej oksydacji. Wadą opisanej metody jest konieczność rozbudowy infrastruktury o instalację do mokrej oksydacji, a ponadto stosowania wysokich – jak na oczyszczanie ścieków – temperatur od 150 °C do 375 °C, co podnosi koszty procesu. Ponadto stosowane są substancje pomocnicze, co zwiększa koszty procesu i zmienia właściwości osadu nadmiernego w odniesieniu do możliwości jego utylizacji.

Znane jest również ze zgłoszenia patentowego CA 1090925 A1 oraz zgłoszenia patentowego US 3994804 A1, usuwanie ksenobiotyków na kolumnie

adsorpcyjnej zawierającej węgiel aktywowany, minerały ilaste lub też w reaktorze zawierającym te materiały w postaci zawiesiny. Węgiel aktywowany po adsorpcji jest najczęściej regenerowany w procesie mokrej oksydacji i ponownie zwracany do adsorpcji lub też poddawany pirolizie. W przypadku zastosowania kolumn adsorpcyjnych problemem są znaczne rozmiary kolumn, aby zapewnić wystarczającą przepustowość.

Innym znanym sposobem postępowania ze ściekami zawierającymi znaczne ilości zanieczyszczeń organicznych jest ich rozcieńczanie w celu obniżenia stężenia zanieczyszczeń. Metoda ta jest powszechnie stosowana ale powoduje konieczność stosowania reaktorów o większej objętości.

Sposób oczyszczania ścieków metodą mechaniczno-biologiczną według wynalazku, charakteryzuje się tym, że po oczyszczaniu mechanicznym i korzystnie oczyszczaniu chemicznym a przed oczyszczaniem biologicznym ścieki oczyszcza się dwustopniowo. Ścieki oczyszczone mechanicznie doprowadza się w pierwszej kolejności do reaktora, dalej ścieki kieruje się do osadnika, gdzie oddziela się poprzez sedymentację osad nadmierny z zaadsorbowanym ksenobiotykiem a następnie ścieki kieruje się do drugiego reaktora i kolejno do drugiego osadnika, gdzie oddziela się poprzez sedymentację osad nadmierny z zaadsorbowanym ksenobiotykiem.

Dalej oczyszczone ścieki kieruje się do reaktora biologicznego do oczyszczania metodą osadu czynnego, przy czym osad nadmierny z zaadsorbowanym ksenobiotykiem z obu osadników odprowadza się i poddaje się odwadnianiu właściwemu w urządzeniu do odwadniania i utylizacji, korzystnie spalaniu lub fermentacji, zaś odciek z odwadniania odprowadza się.

Osad nadmierny po przejściu z reaktora biologicznego oraz kolejno przez co najmniej jeden osadnik wtórny zagęszcza się w urządzeniu do zagęszczania do zawartości suchej masy od 40 do 300 g/dm<sup>3</sup> i recyrkuje się go do dozownika osadu. W dozowniku osadu strumień osadu nadmiernego zagęszczonego rozdziela się na dwa strumienie o odpowiednim stężeniu wagowym, a ciecz nadosadową z urządzenia do zagęszczania recyrkuje się do reaktora biologicznego. Pierwszy

strumień osadu nadmiernego w dozowniku zagęszcza się do ilości od 60 do 90 % wagowych i dostarcza się do pierwszego reaktora, gdzie ścieki po oczyszczeniu mechanicznym i korzystnie oczyszczeniu chemicznym miesza się z osadem nadmiernym dostarczonym przez dozownik osadu i usuwa się ksenobiotyk poprzez adsorpcję na osadzie nadmiernym. Drugi strumień osadu nadmiernego w dozowniku zagęszcza się do ilości od 10 do 40 % wagowych i dostarcza się do drugiego reaktora, gdzie wstępnie oczyszczone ścieki miesza się z kolejną porcją osadu nadmiernego i usuwa się ksenobiotyk pozostały po pierwszym etapie oczyszczania poprzez adsorpcję na świeżej porcji osadu nadmiernego.

Urządzeniem do odwadniania korzystnie jest co najmniej jedna prasa filtracyjna lub co najmniej jedna wirówka odwadniająca. Dozownikiem korzystnie jest dozownik taśmowy z ruchomym podzielnikiem strumienia. Reaktorem korzystnie jest zbiornik cylindryczny wyposażony w mieszadło.

Sposób oczyszczania ścieków według wynalazku i usuwania ksenobiotyków przez kontaktowanie ścieków surowych z zagęszczonym osadem nadmiernym wykorzystuje dostępny w oczyszczalni produkt odpadowy jakim jest osad nadmierny oraz nie wymaga dodatkowych materiałów sorpcyjnych i nie generuje nowych odpadów, które należy unieszkodliwiać lub poddać utylizacji. Zaletą sposobu oczyszczania ścieków według wynalazku jest jej przebieg w temperaturze pracy oczyszczalni oraz wykorzystanie zużytego sorbentu do innych działań, przykładowo przez przekształcenie termiczne może być z niego odzyskany fosfor.

Sposób oczyszczania ścieków metodą biologiczno-chemiczną według wynalazku jest bliżej objaśniona w przykładach wykonania oraz na rysunku, gdzie fig. 1 przedstawia schemat oczyszczalni ścieków. Fig. 2 przedstawia zależność ilości usuniętego ksenobiotyku od zawartości osadu w reaktorze, fig. 3 przedstawia zależność ilości usuniętego ksenobiotyku od stężenia w ściekach dopływających.

P r z y k ł a d 1 Układ dwustopniowy w sposobie oczyszczania ścieków metodą mechaniczno-biologiczną.

Wynalazek w przykładzie wykonania pokazano na fig.1 w układzie dwustopniowym. Układ składa się z dwóch reaktorów i dwóch osadników. Do reaktora pierwszego 1 dopływają ścieki po oczyszczeniu mechanicznym i chemicznym. Z osadnika drugiego 4 odprowadzane są ścieki wstępnie oczyszczone.

Do cylindrycznego reaktora z mieszadłem 1 i cylindrycznego reaktora z mieszadłem 3, doprowadzany jest osad nadmierny zagęszczony w różnych proporcjach. Z osadnika pierwszego 2 i drugiego 4 odprowadzany jest osad z zaadsorbowanym ksenobiotykiem do urządzenia do odwodnienia 6, a następnie unieszkodliwienia lub wykorzystania.

Ścieki po oczyszczeniu mechanicznym i strąceniu osadu pierwotnego wpływają do reaktora pierwszego 1, gdzie mieszają się z osadem nadmiernym dostarczonym przez dozownik taśmowy z ruchomym podzielnikiem strumienia 8. W reaktorze 1 zachodzi sorpcja ksenobiotyków na osadzie nadmiernym. Następnie ścieki przepływają do osadnika 2, gdzie następuje sedymentacja osadu nadmiernego. Wstępnie oczyszczone ścieki przepływają do reaktora 3, a oddzielony w osadniku 2 osad nadmierny kierowany jest do urządzenia do odwadniania 6. W reaktorze 3 wstępnie oczyszczone ścieki mieszane są z kolejną porcją osadu nadmiernego, w rezultacie zachodzi sorpcja ksenobiotyku pozostałego po pierwszym etapie oczyszczania na świeżej porcji osadu. Następnie mieszanina przepływa do osadnika 4, gdzie zachodzi sedymentacja osadu nadmiernego z zaadsorbowanym ksenobiotykiem. Tak oczyszczone ścieki kierowane są do dalszego oczyszczania metodą osadu czynnego w reaktorze biologicznym 5. Oddzielony w osadniku 7 osad nadmierny jest kierowany do urządzenia do odwadniania 8. Dalszy i szczegółowy przebieg ilustrują przykłady 2 do 5.

30 P r z y k ł a d 2

Osad nadmierny z osadnika wtórnego 7 został zagęszczony grawitacyjnie do zawartości suchej masy  $50 \text{ g/dm}^3$ . Strumień zagęszczonego osadu o wielkości  $15000 \text{ dm}^3/\text{h}$  został podzielony w dozowniku taśmowym na dwa strumienie, z których jeden, stanowiący 60% (w/w), został skierowany do reaktora 1 a drugi, stanowiący 40% (w/w), do reaktora 3. Strumień ścieków z oczyszczania mechanicznego zawierający ksenobiotyk w stężeniu  $0,125 \text{ mol/dm}^3$  skierowano do układu oczyszczania według wynalazku złożonego z dwóch reaktorów i dwóch osadników.

Do reaktora 1 doprowadzono ścieki o strumieniu objętościowym  $120\ 000 \text{ dm}^3/\text{h}$  oraz zagęszczony osad nadmierny w ilości  $9\ 000 \text{ dm}^3/\text{h}$ . W rezultacie uzyskano mieszaninę ścieków z osadem nadmiernym o zawartości suchej masy  $3,75 \text{ g/dm}^3$ . W wyniku adsorpcji na osadzie czynnym ze ścieków usunięto około 24% (w/w) ksenobiotyku a stężenie zostało obniżone do około  $0,0948 \text{ mol/dm}^3$ . Następnie zawiesina przepłynęła do osadnika 2, gdzie dochodzi do grawitacyjnego oddzielenia osadu od wstępnie oczyszczonych ścieków. Ścieki przepływają następnie do reaktora 3, gdzie są mieszane z drugim strumieniem zagęszczonego osadu nadmiernego o strumieniu objętościowym  $6\ 000 \text{ dm}^3/\text{h}$  dając zawiesinę o zawartości suchej masy  $2,5 \text{ g/dm}^3$ . W wyniku adsorpcji na osadzie czynnym ze ścieków usunięto około 23% (w/w) pozostałego po pierwszym etapie oczyszczania ksenobiotyku a stężenie zostało obniżone do około  $0,0731 \text{ mol/dm}^3$ . Ścieki przepływają następnie do reaktora biologicznego 5. W rezultacie zastosowania oczyszczania dwustopniowego metodą adsorpcji na osadzie nadmiernym według wynalazku ze ścieków usunięto 41,5% (w/w) ksenobiotyku.

### Przykład 3

Osad nadmierny z osadnika wtórnego 7 został zagęszczony na prasie filtracyjnej do zawartości suchej masy  $50 \text{ g/dm}^3$ . Strumień zagęszczonego osadu o wielkości  $15000 \text{ dm}^3/\text{h}$  został podzielony w dozowniku taśmowym na dwa strumienie, z których jeden, stanowiący 90% (w/w), został skierowany reaktora 1 a drugi, stanowiący 10% (w/w), do reaktora 3. Strumień ścieków z oczyszczania

mechanicznego zawierający ksenobiotyk w stężeniu  $0,125 \text{ mol/dm}^3$  skierowano do układu oczyszczania według wynalazku złożonego z dwóch reaktorów i dwóch osadników.

Do reaktora 1 doprowadzono ścieki o strumieniu objętościowym  $120000 \text{ dm}^3/\text{h}$  oraz zagęszczony osad nadmierny w ilości  $13500 \text{ dm}^3/\text{h}$ . W rezultacie uzyskano mieszaninę ścieków z osadem nadmiernym o zawartości suchej masy  $5,625 \text{ g/dm}^3$ . W wyniku adsorpcji na osadzie czynnym ze ścieków usunięto około 26% (w/w) ksenobiotyku a stężenie zostało obniżone do około  $0,0925 \text{ mol/dm}^3$ . Następnie zawiesina przepłynęła do osadnika 2, gdzie dochodzi do grawitacyjnego oddzielenia osadu od wstępnie oczyszczonych ścieków. Ścieki przepływają następnie do reaktora 3, gdzie są mieszane z drugim strumieniem zagęszczonego osadu nadmiernego o strumieniu objętościowym  $1500 \text{ dm}^3/\text{h}$  dając zawiesinę o zawartości suchej masy  $0,625 \text{ g/dm}^3$ . W wyniku adsorpcji na osadzie czynnym ze ścieków usunięto około 21% (w/w) pozostałego po pierwszym etapie oczyszczania ksenobiotyku a stężenie zostało obniżone do około  $0,0731 \text{ mol/dm}^3$ . Ścieki przepływają następnie do reaktora biologicznego 5. W rezultacie zastosowania oczyszczania dwustopniowego metodą adsorpcji na osadzie nadmiernym według wynalazku ze ścieków usunięto 41,56% (w/w) ksenobiotyku.

#### Przykład 4

Osad nadmierny z osadnika wtórnego 7 został zagęszczony w wirówce sedymentacyjnej do zawartości suchej masy  $300 \text{ g/dm}^3$ . Strumień zagęszczonego osadu o wielkości  $15000 \text{ dm}^3/\text{h}$  został podzielony w dozowniku taśmowym na dwa strumienie, z których jeden, stanowiący 60% (w/w), został skierowany do reaktora 1 a drugi, stanowiący 40% (w/w), do reaktora 3. Strumień ścieków z oczyszczania mechanicznego zawierający ksenobiotyk w stężeniu  $0,125 \text{ mol/dm}^3$  skierowano do układu oczyszczania według wynalazku złożonego z dwóch reaktorów i dwóch osadników.

Do reaktora 1 doprowadzono ścieki o strumieniu objętościowym  $120000 \text{ dm}^3/\text{h}$  oraz zagęszczony osad nadmierny w ilości  $9000 \text{ dm}^3/\text{h}$ . W rezultacie uzyskano mieszaninę ścieków z osadem nadmiernym o zawartości suchej masy

22,5 g/dm<sup>3</sup>. W wyniku adsorpcji na osadzie czynnym ze ścieków usunięto około 42,89% (w/w) ksenobiotyku a stężenie zostało obniżone do około 0,0714 mol/dm<sup>3</sup>. Następnie zawiesina przepłynęła do osadnika 2, gdzie dochodzi do grawitacyjnego oddzielenia osadu od wstępnie oczyszczonych ścieków. Ścieki przepływają następnie do reaktora 3, gdzie są mieszane z drugim strumieniem zagęszczonego osadu nadmiernego o wielkości 6000 dm<sup>3</sup>/h dając zawiesinę o zawartości suchej masy 15 g/dm<sup>3</sup>. W wyniku adsorpcji na osadzie czynnym ze ścieków usunięto około 35,4% (w/w) pozostałego po pierwszym etapie oczyszczania ksenobiotyku a stężenie zostało obniżone do około 0,0461 mol/dm<sup>3</sup>. Ścieki przepływają następnie do reaktora biologicznego. W rezultacie zastosowania oczyszczania dwustopniowego metodą adsorpcji na osadzie nadmiernym według wynalazku ze ścieków usunięto 63,1% (w/w) ksenobiotyku.

#### Przykład 5

Osad nadmierny z osadnika wtórnego 7 został zagęszczony w wirówce sedymentacyjnej do zawartości suchej masy 300 g/dm<sup>3</sup>. Strumień zagęszczonego osadu o wielkości 15000 dm<sup>3</sup>/h został podzielony w dozowniku taśmowym na dwa strumienie, z których jeden, stanowiący 90% (w/w), został skierowany do reaktora 1 a drugi, stanowiący 10% (w/w), do reaktora 3. Strumień ścieków z oczyszczania mechanicznego zawierający ksenobiotyk w stężeniu 0,125 mol/dm<sup>3</sup> skierowano do układu oczyszczania według wynalazku złożonego z dwóch reaktorów i dwóch osadników.

Do reaktora 1 doprowadzono ścieki o strumieniu objętościowym 120000 dm<sup>3</sup>/h oraz zagęszczony osad nadmierny w ilości 13500 dm<sup>3</sup>/h. W rezultacie uzyskano mieszaninę ścieków z osadem nadmiernym o zawartości suchej masy 33,75 g/dm<sup>3</sup>. W wyniku adsorpcji na osadzie czynnym ze ścieków usunięto około 54,1% (w/w) ksenobiotyku a stężenie zostało obniżone do około 0,0573 mol/dm<sup>3</sup>. Następnie zawiesina przepłynęła do osadnika 2, gdzie dochodzi do grawitacyjnego oddzielenia osadu od wstępnie oczyszczonych ścieków. Ścieki przepływają następnie do reaktora 3, gdzie są mieszane z drugim strumieniem zagęszczonego osadu nadmiernego o wielkości 1500 dm<sup>3</sup>/h dając zawiesinę o

zawartości suchej masy  $3,75 \text{ g/dm}^3$ . W wyniku adsorpcji na osadzie czynnym ze ścieków usunięto około 24,1% (w/w) pozostałego po pierwszym etapie oczyszczania ksenobiotyku a stężenie zostało obniżone do około  $0,0435 \text{ mol/dm}^3$ . Ścieki przepływają następnie do reaktora biologicznego 5. W rezultacie zastosowania oczyszczania dwustopniowego metodą adsorpcji na osadzie nadmiernym według wynalazku ze ścieków usunięto 65,2% (w/w) ksenobiotyku

#### P r z y k ł a d 6 Badanie sorpcji.

Wykorzystano osad nadmierny pochodzący z miejskiej oczyszczalni ścieków, który zagęszczono do zawartości suchej masy od  $5 \text{ g/dm}^3$  do  $60 \text{ g/dm}^3$ .  
 10 Badanym ksenobiotykiem był chlorek 1-metylo-3-oktyloimidazolu w stężeniu  $0,125 \text{ mol/dm}^3$ . Do naczynia testowego zawierającego  $0,95 \text{ dm}^3$  osadu nadmiernego dodano  $0,05 \text{ dm}^3$  roztworu chlorku 1-metylo-3-oktyloimidazolu w stężeniu  $2,5 \text{ mol/dm}^3$ , zawiesinę mieszano przez 2 godziny. Po upływie tego czasu pobrano  $0,01 \text{ dm}^3$  zawiesiny, substancje stałe oddzielono poprzez wirowanie i  
 15 oznaczono stężenie chlorku 1-metylo-3-oktyloimidazolu w fazie wodnej metodą HPLC/UV.

Ilość zaadsorbowanego chlorku 1-metylo-3-etyloimidazoliowego obliczono jako różnicę pomiędzy ilością dodaną do naczynia testowego a ilością oznaczoną w fazie wodnej po upływie 2 godzin. Procent usuniętego ksenobiotyku  
 20 wyznaczono ze wzoru:

$$\text{Procent usuniętego ksenobiotyku} = C_0 - C / C_0$$

gdzie:

C – początkowe stężenie chlorku 1-metyl-3-oktyloimidazolu w naczyniu testowym [ $\text{mol/dm}^3$ ]

25  $C_0$  – stężenie chlorku 1-metyl-3-oktyloimidazolu po upływie 2 godzin [ $\text{mol/dm}^3$ ]

Po upływie 2 godzin 1-metylo-3-oktyloimidazol uległ sorpcji w około 25% (w/w) w przypadku gdy ilość suchej masy wynosiła  $5 \text{ g/dm}^3$  i w 80% (w/w) w przypadku gdy ilość suchej masy wynosiła  $60 \text{ g/dm}^3$ . Wszystkie uzyskane wyniki przedstawiono na fig.2.

30 P r z y k ł a d 7 Badanie sorpcji.

Wykorzystano osad nadmierny pochodzący z miejskiej oczyszczalni ścieków, który zawierał  $5 \text{ g/dm}^3$  suchej masy. Badanym ksenobiotykiem był chlorek 1-metylo-3-oktyloimidazolu w stężeniach od  $2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$  do  $0,75 \text{ mol/dm}^3$ . Do naczynia zawierającego  $0,95 \text{ dm}^3$  osadu nadmiernego dodano  $0,05 \text{ dm}^3$  roztworu chlorku 1-metylo-3-oktyloimidazolu w takim stężeniu, aby uzyskać zamierzone stężenie końcowe, zawiesinę mieszano przez 2 godziny. Po upływie tego czasu pobrano  $0,01 \text{ dm}^3$  zawiesiny, substancje stałe oddzielono poprzez wirowanie i oznaczono stężenie chlorku 1-metylo-3-oktyloimidazolu w fazie wodnej metodą HPLC/UV.

Ilość zaadsorbowanego chlorku 1-metylo-3-etyloimidazoliowego obliczono jako różnicę pomiędzy ilością dodaną do naczynia testowego a ilością oznaczoną w fazie wodnej po upływie 2 godzin. Procent usuniętego ksenobiotyku wyznaczono ze wzoru:

$$\text{Procent usuniętego ksenobiotyku} = C_0 - C/C_0$$

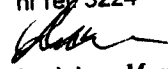
gdzie:

C – początkowe stężenie chlorku 1-metyl-3-oktyloimidazolu w naczyniu testowym [ $\text{mol/dm}^3$ ]

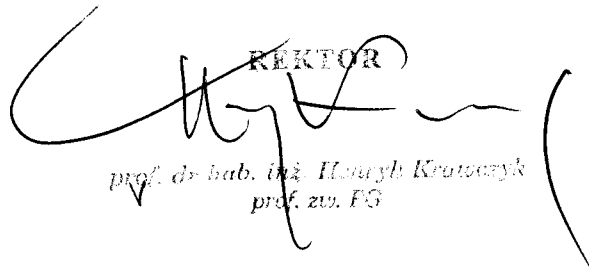
$C_0$  – stężenie chlorku 1-metyl-3-oktyloimidazolu po upływie 2 godzin [ $\text{mol/dm}^3$ ]

Po upływie 2 godzin 1-metylo-3-oktyloimidazol uległ sorpcji w około 75% (w/w) w przypadku gdy stężenie początkowe ksenobiotyku wynosiło  $2 \cdot 10^{-4} \text{ mol/dm}^3$  i w 32% (w/w) w przypadku gdy stężenie początkowe ksenobiotyku wynosiło  $0,75 \text{ mmol/dm}^3$ . Otrzymane wyniki przedstawiono na fig.3.

RZECZNIK PATENTOWY  
nr rej. 3224

  
mgr inż. Magdalena Muzalewska

REKTOR

  
prof. dr hab. inż. Henryk Kruczyński  
prof. zw. FG