

Marek Mołczan, Andrzej Biłyk, Marin Slunjski, Kornelia Celer

Zastosowanie testów naczyniowych do oceny skuteczności usuwania substancji organicznych z wody w procesie MIEX[®] DOC

Skuteczne usunięcie związków organicznych przed procesem dezynfekcji staje się coraz ważniejszym problemem w oczyszczaniu wody przeznaczonej do spożycia. Sprostanie rosnącym wymogom jakości wody, a szczególnie dotyczącym obecności w wodzie do picia ubocznych produktów dezynfekcji, będzie wymagało wysoce skutecznego usunięcia z niej rozpuszczonych związków organicznych, zwłaszcza o niskich ciężarach cząsteczkowych. Prekursorami ubocznych produktów dezynfekcji w wodach są w dużym stopniu kwasy fulwowe i humusowe o ciężarach cząsteczkowych w zakresie 0,2+100 kDa i powyżej. Ciężary cząsteczkowe obecnych w wodach naturalnych kwasów fulwowych wynoszą 0,5+2 kDa, humusowych – 1,5+5 kDa, glebowych – 4+6 kDa [1]. Najczęściej występującymi w nich grupami funkcyjnymi są zdysocjowane grupy karboksylowe, których zawartość waha się w szerokich granicach i wynosi średnio 4,2 mval/g w kwasach humusowych i 5,2 mval/g w kwasach fulwowych [2–4].

Wykorzystując wysoko sprawne techniki chromatograficzne, dokonano rozdzielenia naturalnych związków organicznych w 34 wodach surowych i uzdatnionych w Finlandii [5]. Wszystkie wody jeziorne, rzeczne, sztucznie infiltrowane, podziemne i uzdatnione zawierały sześć wyraźnych frakcji w zakresie ciężarów cząsteczkowych od <1 kDa do 100 kDa i powyżej. W wodach jeziornych i rzecznych dominowały frakcje I–IV, o najwyższych ciężarach cząsteczkowych, natomiast w wodach infiltracyjnych i podziemnych frakcje IV–VI, o średnich i niskich ciężarach cząsteczkowych. W wodach podziemnych i uzdatnionych nie występowały frakcje I–II, usuwane w procesie koagulacji. Klasyczne procesy oczyszczania wody wykazywały sprawność usuwania substancji organicznych (OWO) wynoszącą około 60%. Lepsze efekty o około 10% uzyskano przez zastosowanie ozonowania z następującą po nim sorpcją na złożach węgla aktywnego. W wodzie oczyszczonej pozostały jedynie frakcje niskocząsteczkowe IV–VI [5].

Usunięcie związków organicznych z wody do jak najniższego poziomu staje się zatem coraz pilniejszym zadaniem technologicznym. Koagulacja i filtracja nie są już wystarczająco skuteczne, a wprowadzenie do układu oczyszczania wody sorpcji na węglu aktywnym staje się coraz częściej konieczne.

Obok klasycznych procesów oczyszczania wody, obiecująca jest nowa technologia pod nazwą MIEX[®] DOC, zaproponowana przez firmę Orica Watercare [6]. Technologia ta polega na wypieraniu przez małowcząsteczkowe zdysocjowane aniony rozpuszczonych kwasów humusowych jonów chlorowych z silnie zasadowej namagnetyzowanej żywicy jonowymiennej MIEX[®]. Wymiana jonowa zachodzi w przepływowej komórce reakcji o pełnym wymieszaniu, przy czasie kontaktu w granicach 10+30 min. Następnie w osadniku składnik magnetyczny żywicy powoduje, że jej bardzo drobne cząstki łączą się w duże agregaty, szybko sedimentują, a następnie są recykulowane do komory reakcji. Część żywicy (4+10%) jest regenerowana 12% roztworem solanki i zwracana do obiegu. Woda po procesie MIEX[®] DOC zawiera minimalne ilości drobnych ziaren żywicy, które powinny być zatrzymane w złożu filtrów pospiesznych. Odpadem poprocesowym jest stężony brunatny roztwór kwasów humusowych w solance (roztworze poregeneracyjnym). Sprawność usuwania rozpuszczonych związków organicznych (RWO) wynosi 40+90%. Technologia ta dobrze współpracuje z innymi procesami oczyszczania wody, pozwalając na zmniejszenie dawek koagulantów, utleniaczy, dezynfektantów oraz ochronę złóż sorpcyjnych i zmniejszenie zawartości ubocznych produktów dezynfekcji [7–12].

Ocena przydatności procesu MIEX[®] DOC do oczyszczania wody pochodzącej z konkretnego źródła wymaga wykonania wstępnych badań technologicznych. Standardowa procedura obejmuje kilka kroków badawczych, poczynając od analiz składu chemicznego oraz właściwości domieszek wody, poprzez testy naczyniowe, aż do badań pilotowych. W niniejszej pracy omówiono etap badawczy poprzedzający badania pilotowe.

Przedmiot i sposób prowadzenia badań

Badania procesu oczyszczania wody z wykorzystaniem żywicy MIEX[®] pozwalają na określenie jej przydatności do:

- usuwania substancji organicznych naturalnie obecnych w ujmowanej wodzie (NOM – Natural Organic Matter), charakteryzowanej wartościami takich wskaźników, jak ChZT, RWO, absorbancja w UV₂₅₄^{nm}, barwa,
- zwiększenia skuteczności procesu koagulacji lub zmniejszenia dawki koagulantu,
- zmniejszenia częstości płukania złóż filtrów pospiesznych,
- wydłużenia cyklu pracy złóż sorpcyjnych,
- ochrony przed zjawiskiem blokowania membran (*fouling*) w układach wykorzystujących techniki membranowe,

Dr inż. M. Mołczan, dr inż. A. Biłyk: Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50–370 Wrocław

marek.molczan@pwr.wroc.pl, andrzej.bilyk@pwr.wroc.pl

M. Slunjski: Orica Watercare, 1 Nicholson str., Melbourne 3000, Victoria, Australia
marin.slunjski@orica.com

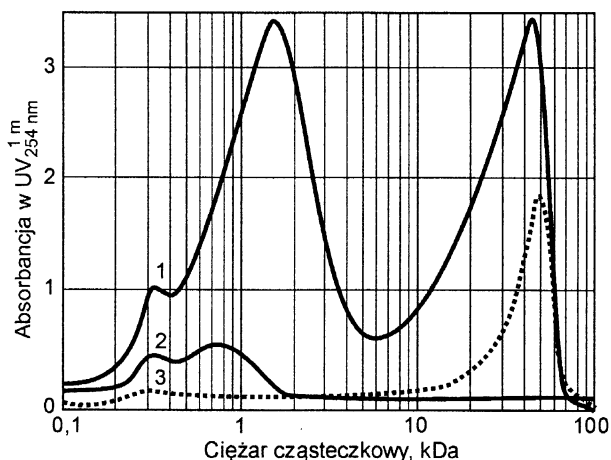
Mgr inż. K. Celer: Wojewódzki Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu, ul. Krakowska 36–38, 50–425 Wrocław

- wyeliminowania procesów utleniania z układu technologicznego oczyszczania wody,
- zmniejszenia dawek środków dezynfekcyjnych,
- sezonowego wspomaganie innych procesów oczyszczania (okresowe pojawianie się w ujmowanych wodach wysokich ładunków substancji organicznych).

Precyzyjne zdefiniowanie celów stosowania procesu MIEX[®]DOC jest niezbędnym warunkiem do prawidłowego przeprowadzenia analizy możliwości jego wdrożenia.

Skład i właściwości domieszek wody

Wstępną ocenę możliwości realizacji założonych celów daje analiza składu chemicznego oraz istotnych z – punktu widzenia analizowanego procesu – cech substancji organicznych obecnych w ujmowanej wodzie. Podwyższone wartości takich wskaźników, jak ChZT, RWO, absorbancja w UV oraz barwa sugerują zasadność przystąpienia do kolejnych kroków badawczych. Z analiz niestandardowych szczególnie przydatne jest wyznaczenie rozkładu ciężarów cząsteczkowych substancji organicznych naturalnie obecnych w ujmowanej wodzie, np. w postaci chromatogramów wykluczenia (SEC – Size Exclusion Chromatography) (rys. 1). Przy pomocy żywicy MIEX[®] możliwe jest usuwanie przede wszystkim substancji organicznych o charakterze anionowym i stosunkowo niskich ciężarach cząsteczkowych, do około 10 kDa.



Rys. 1. Chromatogramy wykluczenia dla wody surowej (1), wody po koagulacji (2) oraz wody oczyszczonej w procesie MIEX[®]DOC (3)

Procedura testu naczyniowego

Test naczyniowy procesu MIEX[®]DOC składa się z trzech części, z których każda realizuje odmienne cele:

- test kinetyczny, którego celem jest uzyskanie informacji o szybkości usuwania zanieczyszczeń organicznych (RWO) z wody w kontakcie z różnymi dawkami żywicy oraz dobór optymalnych wartości dawki i czasu kontaktu,
- test symulacyjny, którego celem jest imitacja pracy żywicy w układzie przepływowym, w tym również uzyskanie niezbędnych danych do zaprojektowania badań pilotowych,
- test koagulacji, którego celem jest ocena zasadności łącznego stosowania procesów MIEX[®]DOC i koagulacji.

Przygotowanie żywicy

Testy naczyniowe można prowadzić na bazie świeżej lub wstępnie kondycjonowanej żywicy MIEX[®]. Kondycjonowanie żywicy polega na jednokrotnym przeprowadzeniu cyklu jej pracy, polegającym na wstępnym kontakcie z badaną wodą

oraz późniejszej regeneracji. Zastosowanie żywicy świeżej daje lepszą powtarzalność wyników. Zastosowanie żywicy wstępnie kondycjonowanej pozwala bardziej zbliżyć warunki jej pracy do rzeczywistych, jednak za cenę większego rozrzutu wyników. Można się wówczas spodziewać także nieco gorszych efektów oczyszczania wody.

Test kinetyczny

Test kinetyczny wykonywany jest w naczyniach o pojemności 1 dm³ lub 2 dm³, przy dawkach żywicy w granicach 5÷20 cm³/dm³ (w uzasadnionych wypadkach wyższe). Dawki żywicy zależą od zawartości RWO w badanej wodzie. Test polegający na mieszaniu żywicy z wodą trwa 60 min, przy czym intensywność mieszania musi zagwarantować utrzymanie żywicy w stanie zawieszonym oraz jej równomierny rozkład w całej objętości wody. Próbkę do analiz pobiera się w odstępach 5 min, a następnie 10 min, bez przerw w mieszanii. Sumaryczna objętość pobranych próbek wody nie może istotnie uszczuplić próbki nastawionej do mieszania, ani też wpłynąć na zawartość żywicy. Przed wykonaniem oznaczeń analitycznych próbki wody sączy się przez filtr membranowy (0,45 μm). Zakres typowych oznaczeń analitycznych obejmuje absorbancję w UV_{254 nm}, zawartość RWO i barwę wody. W wodzie surowej oraz po czasie kontaktu 60 min można dodatkowo oznaczyć pH, temperaturę, przewodność właściwą, ChZT i zawartość anionów. Objętość wody potrzebna do wykonania tego testu wynosi 6÷12 dm³, w zależności od pojemności użytych naczyń.

Test symulacyjny

W teście symulacyjnym żywica MIEX[®] pracuje w warunkach zbliżonych do występujących w układzie przepływowym. Równoważność tych warunków stwierdza się na podstawie krotności wymiany (BV – bed volumes). Krotność wymiany, podobnie jak w wypadku złóż sorpcyjnych, opisuje wielokrotność objętości oczyszczonej wody w stosunku do zastosowanej objętości żywicy. Typowe wartości tego wskaźnika dla procesu MIEX[®]DOC mieszczą się w granicach 1000÷2000. W wypadku wód, których podatność na oczyszczanie przy pomocy żywicy jest niska lub zawartość zanieczyszczeń jest ekstremalnie wysoka, należy zastosować niską krotność wymiany, w razie potrzeby nawet istotnie poniżej 1000. Wyniki standardowego testu symulacyjnego pozwalają na ocenę efektów pracy żywicy w zakresie krotności wymiany od 100 do 2000, z krokiem 100. Wykonanie testu polega na:

- przygotowaniu w 1- lub 2-litrowym naczyniu określonej dawki żywicy wymieszanej z badaną wodą,
- mieszaniu zawartości w ustalonym czasie,
- odstawieniu próbki do sedymentacji w czasie 5 min,
- zdekantowaniu cieczy nadosadowej, przy pozostawieniu w naczyniu całej objętości żywicy wraz z niewielką ilością wody,
- poborze próbek zdekantowanej wody w celu wykonania analiz fizyczno-chemicznych,
- uzupełnieniu objętości próbki odpowiednio do 1 dm³ lub 2 dm³,
- powtarzaniu powyższych czynności aż do uzyskania krotności wymiany objętości żywicy równej 2000.

Badania powinny być wykonane w dwóch powtórzeniach, koniecznie bez przerw. Dawkę żywicy (zazwyczaj od 10 cm³/dm³ do 20 cm³/dm³) oraz czas kontaktu (zazwyczaj 10 min) określa się w oparciu o wyniki testu kinetycznego.

Powinny to być parametry gwarantujące wysoki poziom usuwania RWO w możliwie krótkim czasie. W teście symulacyjnym zaleca się stosowanie żywicy kondycjonowanej.

Wody nadosadowe, zlewane po kolejnych etapach testu symulacyjnego, tworzą większe objętości próbek zbiorczych, które mogą służyć do dalszych analiz, w tym do badań procesów towarzyszących technologii MIEX[®]DOC. Standardowo gromadzi się trzy zbiorcze próbki wody:

- próbka „BV 1000” pochodzi z pierwszych powtórzeń testu, aż do uzyskania krotności wymiany równej 1000,
- próbka „BV 1500” pochodzi z pierwszych powtórzeń testu, aż do uzyskania krotności wymiany równej 1500,
- próbka „BV 2000” pochodzi ze wszystkich powtórzeń testu, aż do uzyskania krotności wymiany równej 2000.

Próbki „BV 1000” i „BV 2000” służą do wykonania pełnych analiz fizyczno-chemicznych wody, natomiast próbka „BV 1500” jest przeznaczona do dalszych badań nad oczyszczaniem wody w procesach następujących po kontakcie z żywicą, jak koagulacja, filtracja, sorpcja itp.

Test koagulacji

Dysponowanie zbiorczymi próbkami wody, uzyskanymi w teście symulacyjnym, umożliwia dokonanie oceny wpływu stosowania procesu MIEX[®]DOC na przebieg i efekty oczyszczania wody w kolejnych procesach, a w szczególności w procesach koagulacji filtracji i adsorpcji. Koagulacja, jak wynika z rysunku 1, jest uzupełnieniem technologii MIEX[®]DOC, pozwalającym na usunięcie cząstek powodujących mętność wody, a także wysokocząsteczkowych naturalnych związków organicznych. Rozmiary cząstek usuwanych w obu procesach są w zakresie niskocząsteczkowym częściowo rozłączne.

Koagulację prowadzi się według procedury testu naczyniowego koagulacji, jako procesu samodzielnego. Regułą jest dwukrotny test, tj. dla wody surowej i dla próbki „BV 1500”, uzyskanej w teście symulacyjnym. W rezultacie uzyskuje się informację o wartości możliwego zmniejszenia dawki koagulantu w efekcie stosowania procesu MIEX[®]DOC. Optymalizacja uzdatniania wody w sekwencji procesów MIEX[®]DOC–koagulacja zmierza do takiego wzajemnego doboru dawki koagulantu oraz stężenia i obciążenia żywicy, aby układ pracował przy możliwie niskim zużyciu obu materiałów lub też przy możliwie niskich kosztach całego procesu. Wyniki stanowią wytyczne do badań w skali pilotowej. Nie wyklucza się również sytuacji, gdy może być uzasadniona odwrotna sekwencja procesów, tj. koagulacja–MIEX[®]DOC.

Wyniki Badań

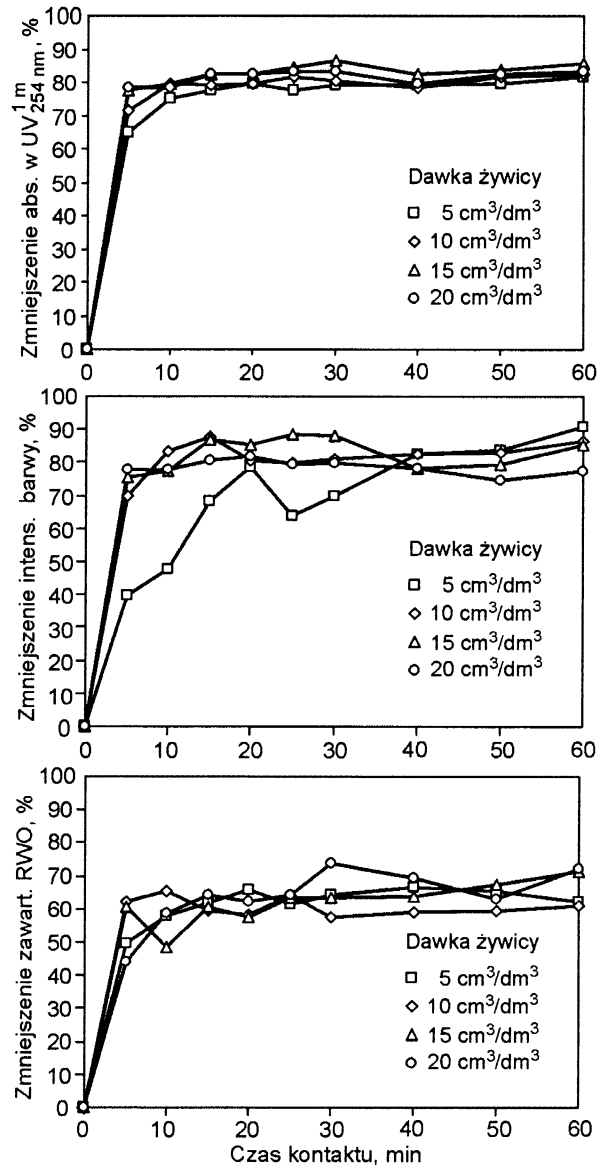
Test kinetyczny

Procedurę testów naczyniowych zastosowano w badaniach nad oczyszczaniem metodą MIEX[®]DOC wody powierzchniowej ujmowanej z Oławy przez Zakład Produkcji Wody „Mokry Dwór” we Wrocławiu. Badania były ukierunkowane wyłącznie na testowanie procedur badawczych, natomiast ich celem nie było wyznaczenie wartości parametrów technologicznych analizowanego procesu. Badaną wodę cechowały następujące wartości – istotnych z punktu widzenia procesu – wskaźników zanieczyszczeń:

- mętność: 9,2 NTU,
- barwa: 9,2 gPt/m³,

- absorbancja w UV₂₅₄^{nm}: 14,8,
- OWO: 6,5 gC/m³,
- RWO: 5,9 gC/m³,
- pH: 8,0.

Test kinetyczny wykonano dla dawek żywicy 5 cm³/dm³, 10 cm³/dm³, 15 cm³/dm³ i 20 cm³/dm³. Do badań zastosowano żywicę świeżą. W próbkach przesączonych przez filtr membranowy 0,45 μm wykonano oznaczenia wartości absorbancji w UV₂₅₄^{nm}, intensywności barwy oraz RWO. Wyniki przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wyniki testu kinetycznego procesu MIEX[®]DOC

Stwierdzono, że żywica MIEX[®] umożliwiła zmniejszenie intensywności barwy wody oraz absorbancji w UV₂₅₄^{nm} na podobnym poziomie, tj. 75÷90%. Rozpuszczony węgiel organiczny usuwany był natomiast w granicach 60÷70%. Wyniki te świadczą o podatności obecnych w badanej wodzie domieszek organicznych na usuwanie za pomocą żywicy MIEX[®].

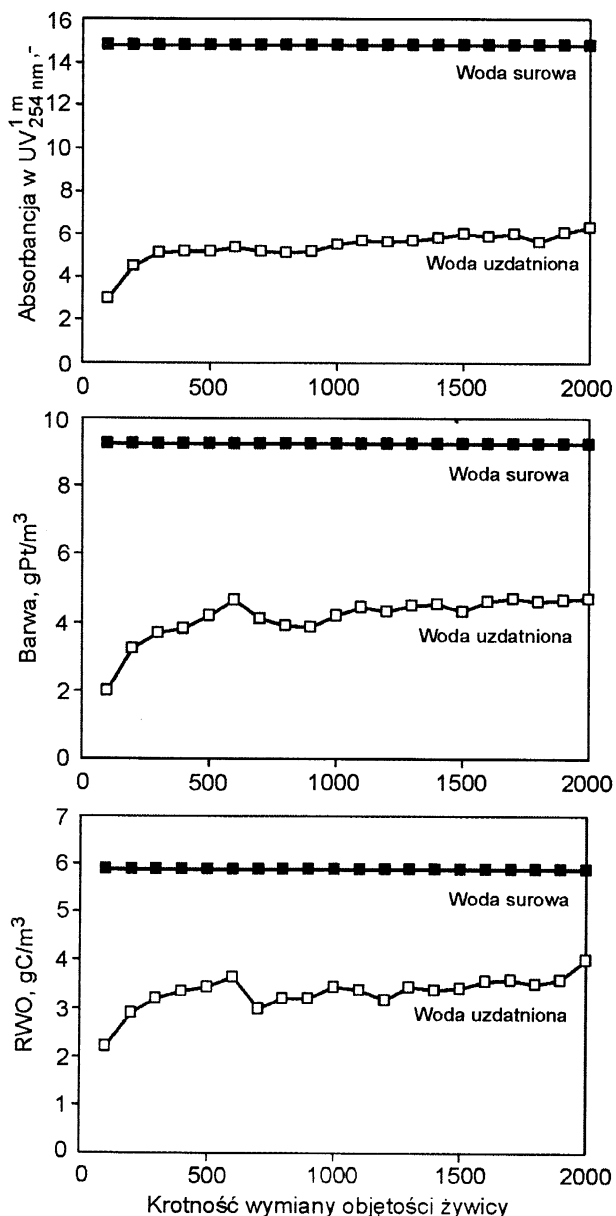
Obraz kinetyki usuwania zanieczyszczeń organicznych w zakresie poszczególnych wskaźników oraz dawek żywicy był bardzo zbliżony, jedynie zmniejszenie intensywności barwy przy najniższej dawce przebiegało wolniej. Dla dawek

żywicy $10 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$ i wyższych, czas kontaktu – potrzebny do ustabilizowania wartości wskaźników zanieczyszczenia organicznego – wynosił 10 min, zatem mieścił się w typowym obszarze, tj. do 30 min. Najniższą dawką żywicy, która w racjonalnym czasie dała w praktyce pełny efekt odbarwienia wody oraz zmniejszenia absorbancji w $\text{UV}_{254}^{1\text{m}}$ i RWO była dawka $10 \text{ cm}^3/\text{dm}^3$, przy czasie kontaktu wynoszącym 10 min – takie też warunki przyjęto w teście symulacyjnym.

Test symulacyjny

Rezultaty testu kinetycznego informują tylko o potencjalnych możliwościach usuwania zanieczyszczeń z wody w procesie MIEX[®]DOC, natomiast test symulacyjny pozwala na ocenę możliwości praktycznych oraz na wstępny dobór parametrów pracy instalacji pilotowej. Wyniki testu obrazuje rysunek 3.

Efekty oczyszczania wody ulegały szybkiemu pogorszeniu wraz ze wzrostem krotności wymian objętości żywicy do poziomu 500+600. Powyżej tych granicznych wartości



Rys. 3. Wyniki testu symulacyjnego procesu MIEX[®]DOC

utrzymywała się względnie stabilna sprawność usuwania zanieczyszczeń, z powolną tendencją malejącą. W zakresie typowych wartości parametru krotności wymiany możliwe było uzyskanie zmniejszenia wartości badanych wskaźników zanieczyszczenia wody do 60% dla absorbancji w $\text{UV}_{254}^{1\text{m}}$, 50% – dla barwy oraz 40% – dla RWO. Takie były też realne możliwości procesu MIEX[®]DOC w zakresie poprawy jakości badanej wody.

Ponieważ jakość odpływu, przy wzroście krotności wymiany z 600 do 2000, zmieniała się nieznacznie, wskazane będzie sprawdzenie – na etapie badań pilotowych – możliwości pracy żywicy również przy krotnościach wymian przekraczających 2000. Jest to o tyle istotne i warte rozważenia, że wzrost krotności wymiany skutkuje zmniejszeniem ilości regenerowanej żywicy, obniżeniem zapotrzebowania na środek do regeneracji oraz spadkiem objętości wytwarzanych ścieków poregeneracyjnych.

W oparciu o uzyskane wyniki sformułowano następujące wytyczne do badań pilotowych:

- czas kontaktu: 10+30 min,
- dawka żywicy: 10+20 cm^3/dm^3 ,
- krotność wymiany: 1000+3000.

Test koagulacji

W teście koagulacji zanieczyszczeń wody zastosowano koagulant glinowy PAX 16. Koagulacji poddano zarówno próbkę wody surowej, jak i wszystkie próbki zbiorcze. Wyniki przedstawiono na rysunku 4.

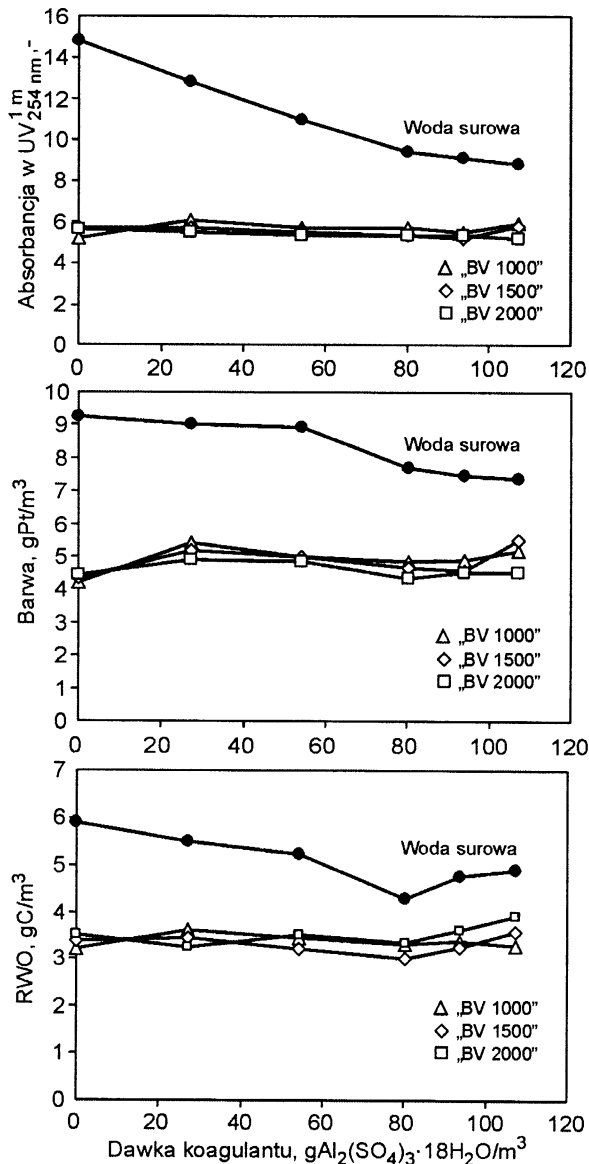
Koagulacja wykazała przeciętną skuteczność w usuwaniu organicznych zanieczyszczeń badanej wody. Jedynie zmniejszenie absorbancji w $\text{UV}_{254}^{1\text{m}}$ osiągnęło 50%, natomiast barwy – zaledwie 20%, a RWO – 30%. Uzyskanie tych wartości wymagało jednak zastosowania wysokich dawek koagulantu, sięgających $80 \text{ g}/\text{m}^3$ (w przeliczeniu na siarczan glinu).

Z uwagi na specyficzny przebieg testu symulacyjnego, w którym jakość odpływu zmieniała się nieznacznie w szerokim zakresie krotności wymiany, poziom zanieczyszczenia próbek zbiorczych był wyrównany. Koagulacja wszystkich próbek zbiorczych była nieskuteczna. Domieszki organiczne pozostałe w wodzie po kontakcie z żywicą MIEX[®] nie były usuwane w procesie koagulacji.

Zatem w wypadku użycia procesu MIEX[®]DOC, stosowanie koagulacji może ulec poważnemu ograniczeniu, zwłaszcza że obniżenie wartości wskaźników zanieczyszczenia organicznego wody jest wówczas istotnie wyższe. Całkowita rezygnacja z koagulacji nie jest możliwa, z uwagi na jej przydatność w cyklicznie występujących stanach znacznego pogorszenia jakości ujmowanych wód powierzchniowych oraz z uwagi na konieczność sklarowania wody, w czym proces MIEX[®]DOC nie bierze udziału. Jednakże zastosowanie żywicy MIEX[®] umożliwi istotne obniżenie dawki koagulantu, przy jednoczesnej poprawie jakości wody pod względem zawartości związków organicznych.

Podsumowanie

Wykonanie testów naczyniowych procesu MIEX[®]DOC pozwoliło na wstępną ocenę jego przydatności w oczyszczaniu wody powierzchniowej, a także na zaplanowanie badań pilotowych. Badana woda nie wykazywała przekroczeń normowanych wskaźników zanieczyszczenia organicznego. Jednak



Rys. 4. Wyniki testów koagulacji

poziom zawartości węgla organicznego (RWO) stwarzał zbyt duże ryzyko powstania ubocznych produktów dezynfekcji.

Proces MIEX[®]DOC był skuteczniejszy w usuwaniu organicznych domieszek wody niż koagulacja, nawet przy wysokich wartościach krotności wymiany. Zastosowanie żywicy pozwoliło na obniżenie dawki koagulantu do minimum, wynikającego z potrzeby usuwania cząstek powodujących mętność

wody. Właściwe prowadzenie procesu MIEX[®]DOC–koagulacja będzie miało ważne znaczenie dla buforowania jakości wody dopływającej do kolejnych stopni oczyszczania, zwłaszcza przy sezonowych pogorszeniach jakości ujmowanej wody powierzchniowej. Jest to szczególnie istotne z uwagi na stabilną pracę złóż sorpcyjnych. Ustabilizowanie oraz obniżenie poziomu zanieczyszczenia organicznego wody umożliwi wydłużenie cyklu pracy węglowych złóż sorpcyjnych, co będzie przedmiotem kolejnej pracy.

LITERATURA

1. S. ASSENI, G. NEWCOMB, C. HEPPLWHITE, R. BECKETT: Characteristic of natural organic matter fractionations separated by ultrafiltration using flow fractionation. *Water Res.*, 2004, Vol. 38, pp. 1467–1476.
2. D. A. REKHOW, P. C. SINGER, R. L. MALCOLM: Chlorination of humic materials: By-product formation and chemical interpretations. *Environ. Sci. Technol.*, 1990, Vol. 24, pp. 1655–1664.
3. D. A. REKHOW, P. C. SINGER: Chlorination by-products in drinking waters: from formation potentials to finished water concentrations. *Journal AWWA*, 1990, No. 4, pp. 173–280.
4. B. E. WATT, R. L. MALCOLM, M. H. B. HAYES, N. W. E. CLARK, J. K. CHAPMAN: Chemistry and potential mutagenicity of humic substances in waters from different watersheds in Britain and Ireland. *Water Res.*, 1996, Vol. 30, No. 6, pp. 1502–1516.
5. T. K. NISSINEN, I. T. MIETTINEN, I. T. MARTIKAINEN, T. VARTIAINEN: Molecular size distribution of natural organic matter in raw and drinking waters. *Chemosphere*, 2001, Vol. 45, pp. 865–873.
6. <http://www.miexresin.com>
7. M. SLUNJSKI, A. BIŁYK, K. CELER: Usuwanie substancji organicznych z wody na makroporowatych namagnetyzowanych żywicach anionowych MIEX[®]. *Ochrona Środowiska*, 2004, nr 2, ss. 11–14.
8. D. A. FEARING *et al.*: Combination of ferric and MIEX[®] for treatment of a humic reach water. *Wat. Res.*, 2004, 38, pp. 2551–2558.
9. P. SINGER, K. BILYK: Enhanced coagulation using a magnetic ion exchange resin. *Water Res.*, 2002, 16, pp. 4009–4022.
10. Magnetic ion exchange resin exceeds EPA disinfection byproduct (DBP) standards. *Filtration and Separation*, 2004, 4, pp. 28–30.
11. M. BOURKE: <http://www.environmental/expert.com/technology/orica/JacksonvilleFLFWRC01.pdf>
12. <http://www.miexresin.com/miexresin/indexUSA.asp?page=publishedPapers>

Molczan, M., Biłyk, A., Slunjski, M., Celer, K. Application of Jar Tests to Estimating the Efficiency of Organic Substances Removal in the MIEX[®]DOC Water Treatment Process. *Ochrona Środowiska* 2005, Vol. 27, No. 2, pp. 3–7.

Abstract: The need of reducing the organic matter content in potable water to the lowest possible level has taken on a sense of urgency in technological terms, mainly due to the formation of disinfection by-products. The magnetized anion exchange resin MIEX[®] developed by Orca Watercare shows great promise for the removal of organic matter from water, when compared to classical water treatment processes. This paper shows the results of standard MIEX[®]DOC laboratory tests, such as kinetic, simulation and coagulation tests performed on the river

water taken in for the Water Treatment Plant of Wrocław (Mokry Dwór). With the results obtained it was possible to estimate the main parameters of the overall MIEX[®]DOC process, such as contact time, resin concentration, and resin bed volumes. Compared to coagulation, the MIEX[®]DOC process was found to yield a higher extent of organic matter removal. Another series of experiments was carried out to study a sequence MIEX[®]DOC followed by coagulation. It was found that this setup allowed the coagulant dose to be lowered to the level typical of standard turbidity removal, since the MIEX[®]DOC process did not remove turbidity from the tested water.

Keywords: Water treatment, organics removal, MIEX[®] resin, ion exchange.