

Agnieszka Jancewicz, Urszula Dmitruk, Anna Kwiatkowska

Badania zawartości wybranych substancji halogenoorganicznych (AOX) w wodzie i ściekach

Substancjami halogenoorganicznymi określa się związki organiczne zawierające w cząsteczce atomy chloru, bromu lub jodu. Występują one we wszystkich elementach środowiska – w wodzie, glebie i atmosferze. Spośród substancji halogenoorganicznych najliczniejszą grupę stanowią związki chloroorganiczne, a wiele z nich zaliczanych jest do niebezpiecznych substancji organicznych. Konwencja Sztokholmska uznała 12 substancji chloroorganicznych za trwałe zanieczyszczenia organiczne, charakteryzujące się wysoką toksycznością, trwałością w środowisku oraz wysokim współczynnikiem kumulacji w środowisku [1].

Zanieczyszczenie środowiska substancjami halogenoorganicznymi ma głównie charakter antropogeniczny. Związki te wykorzystywane są od XVIII w. w różnych gałęziach przemysłu, a także w rolnictwie, jako środki owado- i chwastobójcze. Głównymi źródłami zanieczyszczenia środowiska substancjami halogenoorganicznymi są ścieki (głównie z przemysłu celulozowego i papierniczego) oraz procesy spalania, a także produkcja i stosowanie pestycydów chloroorganicznych [2, 3]. Związki chloroorganiczne obecne w środowisku można podzielić, w zależności od ich właściwości, na:

- lotne związki chloroorganiczne,
- pestycydy,
- chlorofenole,
- polichlorowane bifenyle (PCB),
- polichlorowane dibenzo-p-dioksyny (PCDD) i dibenzofurany (PCDF).

Lotne związki chloroorganiczne stanowią grupę substancji o krótkich łańcuchach węglowych. Typowymi przedstawicielami są dichlorometan, tetrachlorometan, trichloroetylen, tetrachloroetylen oraz freony. Są one wykorzystywane w przemyśle jako rozpuszczalniki, zmiękczacze, płyny czyszczące, półprodukty, środki chłodzące. W procesie oczyszczania wody, w wyniku reakcji substancji organicznych z chlorem, powstają uboczne produkty dezynfekcji. W skład tej grupy wchodzi zarówno lotne, jak i nielotne związki halogenoorganiczne. Do najważniejszych należą trójhalometany (THM) oraz kwasy halogenooctowe (HAA). Wysoka zawartość tych związków w wodzie przeznaczonej do spożycia może powodować zagrożenie zdrowia i życia człowieka, ze względu na ich właściwości rakotwórcze, mutagenne i teratogenne.

Pestycydy są trwałymi związkami aktywnymi biologicznie. Stosowane są powszechnie w rolnictwie do zwalczania szkodników, gryzoni i chwastów, natomiast w ochronie zdrowia do zwalczania owadów przenoszących choroby. Znaczną grupę stanowią pestycydy chloroorganiczne (aldryna, dieldryna, endryna, izodryna, DDT i jego metabolity, heptachlor, heksachlorobenzen). Preparaty zawierające pestycydy chloroorganiczne, ze względu na swoją toksyczność i trwałość w środowisku do 30 lat, zostały sklasyfikowane jako substancje szczególnie niebezpieczne. W wielu krajach zaprzestano produkcji i stosowania pestycydów chloroorganicznych (lata 60. i 70. XX w.), mimo to są one nadal wykrywane w wodach powierzchniowych i osadach dennych.

Chlorofenole powstają w wyniku reakcji fenoli ze związkami nieorganicznymi zawierającymi chlor. Związki te są wykrywane w wodach powierzchniowych, np. 2,4,6-trichlorofenol uznawany za związek rakotwórczy i mutageny. Chlorofenole mogą także powstawać w procesie chlorowania wody i ścieków przemysłowych zawierających fenole. Pentachlorofenol jest związkiem powszechnie stosowanym do impregnacji drewna i jako materiał izolacyjny.

Polichlorowane bifenyle stanowią dużą grupę związków chloroorganicznych. Należą do substancji niewystępujących w środowisku w sposób naturalny. Powstają w wyniku celowych działań człowieka, a także w sposób niezamierzony, np. jako zanieczyszczenia w produktach spalania. PCB wykorzystywane są przy produkcji płynów elektroizolacyjnych, cieczy hydraulicznych, kondensatorów, transformatorów, tworzyw sztucznych. Związki te charakteryzują się dużą trwałością, dlatego pomimo ograniczenia ich produkcji nadal wykrywane są w środowisku. Mają zdolność kumulowania się w łańcuchu pokarmowym. Są silnie toksyczne dla bezkręgowców, oddziałują niekorzystnie na rozwój roślin, u ludzi powodują uszkodzenia układów immunologicznego, trawiennego, nerwowego i rozrodczego, wywołują zmiany w śledzionie, na skórze, a także sprzyjają rozwojowi chorób nowotworowych.

Polichlorowane dibenzo-p-dioksyny (PCDD) i dibenzofurany (PCDF) w środowisku występują w małych ilościach, nie są produkowane ani stosowane przez człowieka. Powstają głównie w wyniku utylizacji odpadów, w procesie spalania w sektorze komunalnym (niekontrolowane procesy spalania w paleniskach domowych, w których często oprócz paliwa wykorzystywane są odpady), a także mogą występować jako zanieczyszczenia w produktach chlorowania substancji wytwarzanych w sposób zamierzony.

PCDD i PCDF zaliczane są do trwałych zanieczyszczeń organicznych. Są związkami bardzo silnie toksycznymi i mają zdolności kumulowania się w organizmach żywych. Charakteryzują się właściwościami rakotwórczymi, mutagennymi i teratogennymi, uszkadzają wątrobę, płuca, rdzeń kręgowy, korę mózgową oraz system immunologiczny człowieka.

Do związków halogenoorganicznych zaliczane są substancje bromoorganiczne, zawierające w swojej cząsteczce atomy bromu. Najbardziej znaną i najbardziej niebezpieczną grupą tych związków są polibromowane etery difenylowe (PBDE), znajdujące się w wykazie niebezpiecznych substancji priorytetowych Ramowej Dyrektywy Wodnej. Wykorzystywane są jako uniepalniacze, tzn. substancje dodawane do produktów łatwopalnych w celu nadania im właściwości trudnopalnych bądź niepalnych [4]. Bromoorganiczne substancje uniepalniające są związkami bardzo trwałymi, odpornymi na degradację pod wpływem czynników fizycznych, chemicznych i biologicznych, a także bardzo dobrze rozpuszczalnymi w tłuszczach. W związku z tym łatwo ulegają biokumulacji i biomagnifikacji. Wykorzystywane są przy produkcji tworzyw sztucznych i w przemyśle tekstylnym. Do środowiska dostają się w wyniku wydzielania z produktów zawierających związki bromoorganiczne w trakcie ich użytkowania, jak również gromadzenia na składowiskach odpadów (zanieczyszczenie wód podziemnych). W wyniku niekontrolowanego spalania odpadów, podobnie jak w przypadku związków chloroorganicznych, do atmosfery mogą wydzielać się toksyczne zanieczyszczenia, tj. polibromowane dibenzop-d-dioksyny (PBDD) oraz polibromowane dibenzofurany (PBDF).

Główną grupą związków stanowiących uboczne produkty dezynfekcji są substancje chloroorganiczne. Jednak pod wpływem działania chlorowych utleniaczy na wodę zawierającą bromki, może powstawać kwas podbromowy, mający zdolności reagowania z substancjami organicznymi obecnymi w oczyszczanej wodzie. W wyniku tych reakcji, jako uboczne produkty dezynfekcji, mogą tworzyć się m.in. bromoetan, dibromometan, bromochloroetan, chlorodibromometan i bromoform, którym przypisuje się właściwości mutagenne.

Wskaźniki zawartości związków halogenoorganicznych

Badanie zanieczyszczenia środowiska związkami halogenoorganicznymi jest procesem skomplikowanym i kosztownym, zwłaszcza w przypadku oznaczania indywidualnych związków. Jednak zawartość halogenowych związków organicznych może być wyrażona za pomocą wskaźników sumarycznych, które można podzielić na kilka grup, w zależności od właściwości oznaczanych związków [5]:

- lotne związki halogenoorganiczne (VOX – Volatile Organic Halogens),
- nielotne związki halogenoorganiczne (NVOC – Non-Volatile Organic Halogens),
- związki halogenoorganiczne wypłukiwane strumieniem gazu (POX – Purgeable Organic Halogens),
- związki halogenoorganiczne niewypłukiwane strumieniem gazu (NPOX – Non-Purgeable Organic Halogens),
- adsorbowalne związki halogenoorganiczne (AOX – Adsorbable Organic Halogens),

- nieadsorbowalne związki halogenoorganiczne (NAOX – Non-Adsorbable Organic Halogens),

- związki halogenoorganiczne ekstrahowalne z fazy ciekłej lub stałej rozpuszczalnikiem organicznym (EOX – Extractable Organic Halogens).

Oznaczanie wskaźników sumarycznych jest mniej kosztowne niż analiza indywidualnych związków. Ponadto oznaczanie halogenowych związków organicznych w postaci wskaźników sumarycznych, obejmuje także związki niezidentyfikowane w badanej próbce. W praktyce najczęściej wykonuje się oznaczenia adsorbowalnych i ekstrahowalnych związków halogenoorganicznych (AOX/EOX).

AOX jest to równoważna ilość chloru, bromu i jodu zawarta w zaadsorbowanych na węglu aktywnym związkach organicznych, wyrażona jako stężenie chlorków (mgCl^-/m^3 , gCl^-/m^3). Wskaźnik AOX wykorzystywany jest do oceny jakości wód i jest oznaczany rutynowo w badaniach monitoringowych środowiska [6]. W Niemczech adsorbowalne związki organiczne zostały uznane za reprezentatywny wskaźnik potencjalnego zagrożenia środowiska tymi substancjami (tab. 1).

Tabela 1. Klasyfikacja jakości wód wg Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser [7]
Table 1. Classification of water quality according to Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser [7]

Zanieczyszczenie związkami halogenoorganicznymi	Wartość graniczna AOX mgCl^-/m^3
Tło geochemiczne	1
Bardzo małe	10
Średnie	25
Znaczące	50
Podwyższone	100
Wysokie	200
Bardzo wysokie	>200

Zgodnie z polskim prawodawstwem, wskaźnik AOX uwzględniany jest przy ocenie stanu wód podziemnych. Rozporządzenie Ministra Środowiska [8] wyróżnia pięć klas jakości tych wód. Wartości wskaźnika $\text{AOX} > 0,3 \text{ gCl}^-/\text{m}^3$ klasyfikują wody podziemne do klasy V, tj. do wód złej jakości, w których wartości elementów fizyczno-chemicznych potwierdzają znaczący wpływ działalności człowieka. Istnieje również obowiązek oznaczania zawartości adsorbowalnych związków halogenoorganicznych w przypadku niektórych rodzajów ścieków przemysłowych wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych oraz ścieków wprowadzanych do wód lub ziemi [9, 10]. Ich zawartość dopuszczalna wynosi:

- oczyszczone ścieki przemysłowe biologicznie rozkładalne (przetwórstwo mleka, produkcja i przetwórstwo owoców i warzyw (także grzybów), produkcja i butelkowanie napojów bezalkoholowych, przetwórstwo zbóż i ziemniaków, chów i hodowla zwierząt gospodarskich, produkcja lub przetwórstwo mięsa, browary, produkcja alkoholu i napojów alkoholowych (tylko gorzelnie), przetwórstwo rybne): $0,5 \text{ gCl}^-/\text{m}^3$ [9],

- oczyszczone ścieki przemysłowe z produkcji białej masy celulozowej, siarczanowej i siarczynowej: $5,0 \text{ gCl}^-/\text{m}^3$ [9],

- ścieki przemysłowe wprowadzane do urządzeń kanalizacyjnych oraz pozostałe rodzaje ścieków wprowadzanych do wód i do ziemi: $1,0 \text{ gCl}^-/\text{m}^3$ [9, 10].

Teren badań

Sumaryczny wskaźnik AOX oznaczono w próbkach wód powierzchniowych i ścieków pobranych w zlewni rzeki Utraty, która jest prawostronnym dopływem Bzury o długości 76,5 km. Powierzchnia zlewni Utraty wynosi 792 km² i w całości położona jest na terenie województwa mazowieckiego. Największe miasta na terenie zlewni to Pruszków, Grodzisk Mazowiecki oraz Sochaczew. Na ich terenie zlokalizowane są największe punktowe źródła zanieczyszczenia ekosystemu wodnego. W zlewni Utraty wytypowano 5 punktów pomiarowych, w których trzykrotnie (marzec, maj i październik 2008 r.) pobrane zostały próbki wód powierzchniowych [11]. Cztery punkty pomiarowe zlokalizowane były na rzece (poniżej miejscowości Jastrzębiec, ok. 70. km rzeki, Pruszków, poniżej zrzutu ścieków z oczyszczalni miejskiej, poniżej dopływu rzeki Rokitnicy, Sochaczew poniżej zrzutu ścieków z oczyszczalni miejskiej). Piąty punkt pomiarowy mieścił się na Rokitnicy (dopływ Utraty) w Grodzisku Mazowieckim poniżej zrzutu ścieków z oczyszczalni miejskiej.

Metodyka badań

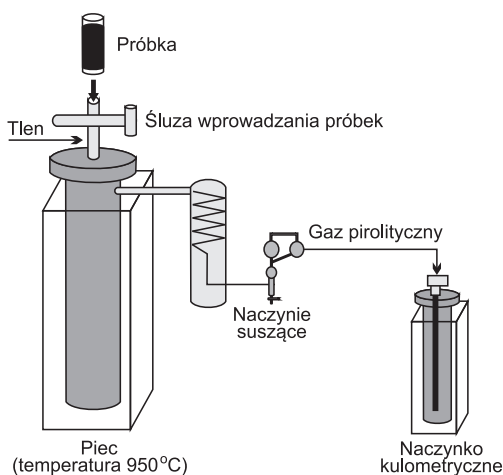
Metoda oznaczania sumarycznego wskaźnika AOX polega na adsorpcji związków halogenoorganicznych na węglu aktywnym, spalaniu ich w atmosferze tlenu, a następnie kulometrycznym zmiareczkowaniu produktów spalania. Do wykonania analizy niezbędny jest kulometr z przystawką do spalania próbek. Adsorpcję związków halogenoorganicznych na węglu aktywnym można przeprowadzać trzema metodami:

- metoda z wytrząsaniem: do próbki dodaje się 50 mg węgla aktywnego i wytrząsa przez 1 h, następnie próbkę poddaje się sączeniu,

- metoda z mieszaniem (metoda z krążkami węglowymi): w próbce zanurza się krążek z węgla aktywnego i miesza próbkę przez 30 min z prędkością 750 obr./min,

- metoda kolumnowa: próbkę przepuszcza się przez dwie rurki adsorpcyjne wypełnione węglem aktywnym ustawione pionowo, z natężeniem przepływu 3 cm³/min.

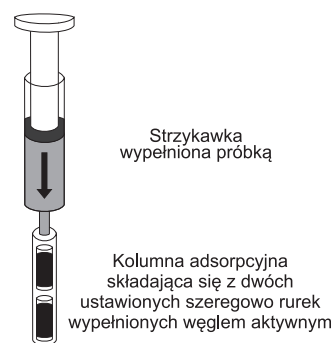
W celu usunięcia zaadsorbowanych na węglu aktywnym chlorków nieorganicznych otrzymaną zawiesinę, krążek węglowy bądź rurki adsorpcyjne (w zależności od stosowanej metody adsorpcji) należy przemyć roztworem płuczającym azotanu sodu. Na rysunku 1 przedstawiono schemat działania analizatora AOX.



Rys. 1. Schemat analizy AOX
Fig. 1. Scheme of operation of the AOX analyser

Próbka z zaadsorbowanymi na węglu aktywnym związkami halogenoorganicznymi wprowadzana jest do pieca, gdzie następuje jej spalanie w atmosferze tlenu w temperaturze 950°C. W wyniku spalania związków halogenoorganicznych powstają halogenowodorki (HX), które transportowane są przez naczynie suszące wypełnione stężonym kwasem siarkowym do naczynka pomiarowego kulometru. W naczynku pomiarowym halogenki zostają zmiareczkowane kulometrycznie, a otrzymany wynik wyrażony jest w μgCl^- lub mgCl^- w badanej próbce.

Próbki do oznaczenia AOX pobrano do naczyń ze szkła i zakwaszono kwasem azotowym do $\text{pH} < 2$. Do czasu wykonania badania próbki przechowywano w temperaturze 4°C. Do oznaczenia pobrano 50 cm³ badanej próbki, do której w celu usunięcia wpływu chlorków nieorganicznych dodano 2,5 cm³ (0,2 mol/dm³) roztworu azotanu sodu. We wszystkich analizowanych próbkach adsorpcję przeprowadzono metodą kolumnową (rys. 2) z zastosowaniem automatycznej przystawki adsorpcyjnej typu AP-2A. W każdej kolumnie adsorpcyjnej znajdowały się dwie rurki kwarcowe ustawione szeregowo, wypełnione węglem aktywnym (ok. 50 mg). W pierwszej (górnej) rurce adsorbują się ok. 90% substancji halogenoorganicznych, a w drugiej pozostałe 10%. Po adsorpcji i przepłukaniu kolumny adsorpcyjnej 30 cm³ roztworu płuczającego azotanu sodu (0,01 mol/dm³), zawartość poszczególnych rurek kolejno spalono w piecu analizatora AOX micro X firmy Analytik Jena, uzyskując sumaryczny wynik oznaczenia.

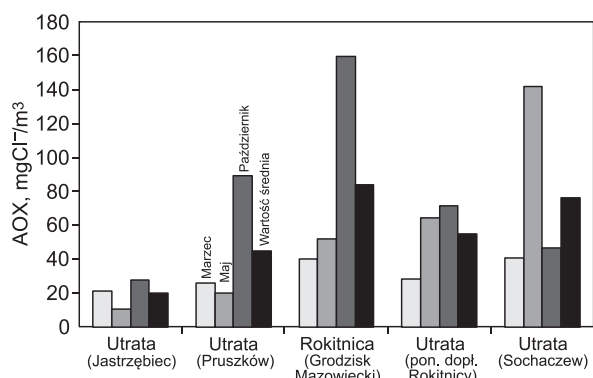


Rys. 2. Schemat adsorpcji związków halogenoorganicznych metodą kolumnową
Fig. 2. Scheme of adsorption of organically bound halogens with the columned method

Wyniki badań

Wyniki badań oznaczania zawartości adsorbowanych związków halogenoorganicznych w wodach powierzchniowych w zlewni Utraty przedstawiono na rysunku 3. Wartości wskaźnika AOX w poszczególnych punktach pomiarowych wahały się w zakresie 10÷160 mgCl⁻/m³. Największą wartość wskaźnika AOX w wodzie z Utraty zanotowano w Sochaczewie, przy ujściu do Bzury, a najmniejszą w miejscowości Jastrzębiec. W wodzie z rzeki Rokitnicy w okresie wiosennym zawartość organicznych związków halogenowych nie przekraczała 52 mgCl⁻/m³. Znaczny wzrost ich ilości zanotowano jesienią – oznaczona wartość AOX była trzykrotnie większa (160 mgCl⁻/m³).

Ze względu na to, że w polskim prawodawstwie wskaźnik AOX nie jest uwzględniany przy ocenie stanu jakości wód powierzchniowych, wykorzystano klasyfikację wód zanieczyszczonych związkami halogenoorganicznymi obowiązującą w Niemczech [7]. Na podstawie obliczonych wartości średnich wskaźnika AOX stwierdzono, że



Rys. 3. Zawartość AOX w punktach pomiarowych zlewni Utraty
Fig. 3. AOX content at the measuring sites of the Utrata river basin

zanieczyszczenie rzeki Utraty zwiększało się wraz z jej biegiem. Zawartość organicznych związków halogenowych mniejsza od $25 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$ w punkcie pomiarowym Jastrzębiec świadczyła o średnim zanieczyszczeniu wody tymi związkami. Poniżej oczyszczalni miejskiej w Pruszkowie zanieczyszczenie było znaczące ($45 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$), natomiast w pozostałych punktach pomiarowych, podobnie jak w przypadku Rokitnicy w Grodzisku Mazowieckim, stwierdzono podwyższoną zawartość związków halogenoorganicznych w wodzie (śr. $>50 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$).

W tabeli 2 przedstawiono wartości wskaźnika AOX oznaczone w wodach powierzchniowych z terenu województwa mazowieckiego. Wartości te w poszczególnych punktach pomiarowych wahały się od $30 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$ do $92 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$. Najmniejszą wartość wskaźnika AOX zanotowano w wodzie Narwi, a najmniejszą w wodzie zbiornika Zegrzyńskiego. Wg niemieckiej klasyfikacji jakości wód LAWA [7], wody powierzchniowe w badanych punktach charakteryzowały się podwyższonym zanieczyszczeniem związkami halogenoorganicznymi (Wisła, Narew, Tarczynka), bądź jak w przypadku Bugu i zbiornika Zegrzyńskiego – zanieczyszczeniem znaczącym. Wartości uzyskane w próbkach pobranych ze zlewni Utraty były podobne.

Tabela 2. Zawartość AOX w wodach powierzchniowych
Table 2. AOX content of surface water

Punkt pomiarowy	AOX mgCl^-/m^3
Wisła (Warszawa, most Łazienkowski)	85
Bug (Wyszków)	46
Narew (Pułtusk)	92
Zalew Zegrzyński (zapora Dębe)	30
Tarczynka (Tarczyn)	56

W tabeli 3 przedstawiono wyniki badań oczyszczonych ścieków bytowo-gospodarczych z trzech największych oczyszczalni miejskich na terenie zlewni Utraty zlokalizowanych w Pruszkowie, Grodzisku Mazowieckim oraz Sochaczewie. Przedstawiono również przykładowe wyniki badań ścieków przemysłowych odprowadzanych do wód powierzchniowych lub kanalizacji z terenu województwa mazowieckiego wraz z wartościami granicznymi.

Wartości wskaźnika AOX w próbkach oczyszczonych ścieków bytowo-gospodarczych odprowadzanych do wód

Tabela 3. Zawartość AOX w ściekach
Table 3. AOX content of wastewaters

Rodzaj ścieków	Zawartość AOX, mgCl^-/m^3	
	otrzymana	dopuszczalna
Oczyszczone ścieki bytowo-gospodarcze	22÷262	–
Oczyszczone ścieki przemysłowe biologicznie rozkładalne (produkcja napojów bezalkoholowych)	82	500 [9]
Ścieki z drukarni	109	1000 [10]
Ścieki z pralni	167	1000 [10]

powierzchniowych zlewni Utraty mieściły się w zakresie $22\div 262 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$. Z danych literaturowych wynika, że zawartość AOX w tego rodzaju ściekach może wynosić od kilkudziesięciu do $>1000 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$ [12]. Oczyszczone ścieki przemysłowe pochodzące z produkcji napojów bezalkoholowych były przykładem ścieków biologicznie rozkładalnych wprowadzanych do wód powierzchniowych, dla których wartość dopuszczalna AOX wg rozporządzenia [9] wynosi $500 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$. Otrzymana wartość $82 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$ nie przekroczyła wartości dopuszczalnej.

W przypadku ścieków przemysłowych z pralni i drukarni wprowadzanych do urządzeń kanalizacyjnych, zawartość AOX stanowiła około 11% (ścieki z drukarni) i 17% (ścieki z pralni) wartości dopuszczalnej. Największą wartość wskaźnika AOX, równą $5000 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$, polskie prawo dopuszcza w przypadku oczyszczonych ścieków przemysłowych z produkcji bielonej masy celulozowej, siarczanowej i siarczynowej. Na podstawie przeglądu literatury stwierdzono, że zawartość AOX w tego rodzaju ściekach może być bardzo duża, np. $1700\div 23000 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$ [13], z czego wynika, że może znacznie przekraczać wartość dopuszczalną przy wprowadzaniu ich do wód lub do ziemi.

Podsumowanie

Wykorzystanie wskaźnika AOX pozwala na ocenę zawartości organicznych związków zawierających w swoich cząsteczkach atomy chloru, bromu bądź jodu, ale nie jest miarą ich toksyczności. Dopiero identyfikacja i ilościowe oznaczenie poszczególnych substancji pozwala na pełną ocenę zagrożenia środowiska tymi substancjami.

Całkowita zawartość halogenoorganicznych związków w badanych próbkach wód powierzchniowych nie przekraczała wartości $160 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$. Zgodnie z klasyfikacją oceny stanu jakości wód obowiązującą w Niemczech, rzeki w badanych punktach pomiarowych charakteryzowały się znaczącym lub podwyższonym zanieczyszczeniem związkami halogenoorganicznymi. Najmniejszą zawartość AOX zanotowano w wodach rzeki Utraty w punkcie Jastrzębiec, natomiast największą w wodach rzeki Rokitnicy poniżej zrzutu ścieków z oczyszczalni miejskiej w Grodzisku Mazowieckim.

Oznaczony zakres wartości wskaźnika AOX w oczyszczonych ściekach bytowo-gospodarczych wynosił $22\div 262 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$, natomiast w przypadku ścieków przemysłowych zawartość AOX wahała się od $82 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$ do $167 \text{ mgCl}^-/\text{m}^3$. Wartości te spełniały warunki obowiązujące w Polsce w przypadku odprowadzania ścieków przemysłowych do wód i ziemi, bądź do urządzeń kanalizacyjnych.

LITERATURA

1. Trwale Zanieczyszczenia Organiczne. Tom I. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa 2003.
2. A. ŻARCZYŃSKI, A. STOPCZYK, M. ZABOROWSKI, Z. GORZKA, M. KAŹMIERCZAK: Usuwanie związków chloroorganicznych ze ścieków przemysłowych ze szczególnym uwzględnieniem metody termokatalitycznego utleniania. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 1, ss. 49–54.
3. E. BIEZAK-MAZUR, L. DĄBEK, E. OZIMINA: Assessing the migration of organic halogen compounds from sewage sludge to a liquid phase. *Environment Protection Engineering* 2007, Vol. 33, No. 2, pp. 45–51.
4. J. FALANDYSZ: Uniepalniacze bromoorganiczne. *Aura* 1999, nr 5, ss. 6–7.
5. M. PIĄŚCIK: Parametr AOX jako wskaźnik zanieczyszczenia środowiska związkami chloro organicznymi. *Analityka* 2006, nr 4, ss. 23–27.
6. J. CZARNIECKA, A.M. DZIUBEK, J. MAĆKIEWICZ: Badania wpływu jakości wody na powstawanie adsorbowlanych chlorowcopochodnych związków organicznych (AOX). *Ochrona Środowiska* 2007, vol. 29, nr 2, ss. 41–42.
7. LAWA – Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser. Beurteilung der Wasserbeschaffenheit von Fließgewässern in der Bundesrepublik Deutschland – chemische Gewässergüteklassifikation, Zielvorgaben zum Schutz oberirdischer Binnengewässer. Band 2. Berlin 1998.
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny wód podziemnych. Dz. U. nr 143, poz. 896.
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z 28 stycznia 2009 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków, jakie należy spełnić przy wprowadzaniu ścieków do wód lub do ziemi, oraz w sprawie substancji szczególnie szkodliwych dla środowiska wodnego. Dz. U. nr 27, poz. 169.
10. Rozporządzenie Ministra Budownictwa z 14 lipca 2006 r. w sprawie realizacji obowiązków dostawców ścieków przemysłowych oraz warunków wprowadzania ścieków do urządzeń kanalizacyjnych. Dz. U. nr 136, poz. 964.
11. U. DMITRUK, J. DOJLIDO, A. JANCEWICZ, A. KWIATKOWSKA: Związki chloroorganiczne w ściekach w zlewni rzeki Utraty. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna* 2010, nr 7–8, ss. 36–41.
12. Y. NOMA, S. YAMANE, A. KIDA: Adsorbable halides (AOX), AOX formation potential, and PCDDs/DFs in landfill leachate and their removal in water treatment processes. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 2001, Vol. 3, No. 2, pp. 126–134.
13. S. SHULZ, H. HERMAN: Generation of halogenated organic compounds in municipal wastewater. *Water Science and Technology* 1998, Vol. 37, No. 1, pp. 303–309.

Jancewicz, A., Dmitruk, U., Kwiatkowska, A. Determining AOX Concentrations in Water and Wastewater. *Ochrona Środowiska* 2011, Vo. 33, No. 1, pp. 25–29.

Abstract: AOX (adsorbable organically bound halogens) is a parameter determining the overall content of organohalogenes, *i.e.* organic compounds bound with chlorine, bromine or iodine in different elements of the natural environment. In the study reported on in this paper, AOX concentrations were determined in samples of surface water and wastewater (both municipal and industrial), collected within the area of the Mazovian Voivodship. It has been found that the overall organohalogen content of the surface

water samples did not exceed the value of 160 mgCl⁻/m³. According to the water quality classification that is in effect in Germany, riverine water at the measuring sites was characterized by significant or increased levels of pollution from organohalogenes. The measured values of the AOX parameter ranged from 22 mgCl⁻/m³ to 262 mgCl⁻/m³ in domestic sewage and from 82 mgCl⁻/m³ to 167 mgCl⁻/m³ in industrial wastewater. These concentrations meet the requirements imposed in Poland on the quality of waste-waters being discharged into surface water, soil, or a sewer system.

Keywords: Organohalogenes, AOX, adsorbable organically bound halogens.