

KRYSTYNA CZAJKA, DANUTA SZIWA, TERESA LATOUR, MIROŚLAWA ADAMCZEWSKA*

BADANIA ZAWARTOŚCI TRIHALOMETANÓW W SOLANCE
UZDROWISKOWEGO BASENU LECZNICZEGO I POWIETRZA HALI
BASENOWEJ

THE CONTENT OF TRIHALOMETHANES IN BRINE OF A THERAPEUTIC POOL
AND IN THE POOL HALL AIR

Zakład Tworzyw Uzdrawiskowych
Państwowy Zakład Higieny
60–821 Poznań, ul. Słowackiego 8
Kierownik: dr *T. Latour*
* Zakład Analizy Wody i Gruntu
Uniwersytet Adama Mickiewicza
60–613 Poznań, ul. Drzymały 24
Kierownik: Prof. dr hab. *J. Siepak*

Oceniono wpływ chlorowania solanki w basenie leczniczym na zawartość w niej trihalometanów i nagromadzenie się tych związków w powietrzu hali basenowej. Określono rodzaj i stężenie badanych związków w zależności od długości cyklu eksploatacyjnego.

WSTĘP

Aktualnie budowane lub unowocześniane baseny solankowe to najczęściej duże obiekty, przeznaczone nie tylko do kąpieli lecz również gimnastyki leczniczej. Taka funkcja basenów stworzyła konieczność zmiany dotychczasowych zasad eksploatacji, ustalonych dla obiektów opróżnianych codziennie i przeznaczonych tylko dla kilku lub kilkunastu osób.

Zmiany te dotyczą:

- dopuszczenia chlorowania wody jako skutecznej metody dezynfekcji,
- stosowania częściowo zamkniętego obiegu i recyrkulacji wody przez dłuższy czas, w celu ograniczenia zrzutu wód słonych, zagrażających środowisku naturalnemu.

Ww. procesy mogą być stosowane pod warunkiem, że nie spowodują istotnych zmian w składzie chemicznym solanki i jej właściwościach leczniczych. W celu utrzymania na wymaganym poziomie stężenia składników mineralnych warunkujących efekty terapeutyczne, stosuje się stały dopływ wody świeżej ze źródła. Ze względu na szczególne przeznaczenie basenów leczniczych i konieczność ochrony zdrowia osób korzystających z kąpieli, niezbędne jest też zminimalizowanie ewentualnych zagrożeń, związanych z procedurą chlorowania wody tj. ograniczenie możliwości powstawania a następnie nagromadzenia się w wodzie i powietrzu hal basenowych – toksycznych chlorowcupo-

chodnych metanu (THM-ów) [3, 10, 11]. Są one przyswajane nie tylko drogą pokarmową, ale również oddechową i przez skórę. Następnie przechodzą do krwi i narządów wewnętrznych. Wydalanie następuje głównie z moczem [5].

W badaniach na zwierzętach doświadczalnych, którym podawano doustnie określone dawki THM-ów lub wodę z ich zawartością, stwierdzono szkodliwe oddziaływanie na układ nerwowy oraz zmiany nowotworowe w wątrobie, nerkach, jelitach [18, 13]. Działanie to w znacznym stopniu stwierdzono również w badaniach epidemiologicznych ludzi pijących przez dłuższy czas wodę ze znaczną zawartością tych związków [1, 14].

Pośród czterech głównych THM-ów: CHCl_3 , CHCl_2Br , CHClBr_2 , CHBr_3 , za najbardziej toksyczny uznany jest dibromochlorometan oraz tribromometan. Opublikowane dane dotyczące zawartości THM-ów w wodzie do picia wskazują, że dominuje wśród nich CHCl_3 stanowi 60% ogółu oznaczonych trihalometanów. W różnych regionach świata stężenie tych związków w wodzie do picia oznaczane było w granicach od kilkunastu do ok. 200 $\mu\text{g/l}$, najczęściej poniżej 100 $\mu\text{g/l}$ [14, 15, 19].

W wodzie krytych pływalni i basenów sportowych oznaczane stężenia były podobne i też bardzo zróżnicowane, w zależności od warunków eksploatacji tych obiektów oraz temperatury wody i stopnia chlorowania. W powietrzu hal basenowych stwierdzano od 20 – 70 $\mu\text{g/m}^3$ THM-ów. Dopuszczalna zawartość w wodzie do picia wg aktualnych przepisów polskich [4, 16, 17] i europejskich [7] wynosi 100 $\mu\text{g/l}$. Niemiecka norma DIN 19643/97 dla wody w krytych pływalniach dopuszcza tylko 20 $\mu\text{g/l}$. Zaostrzenie to może być spowodowane uwzględnieniem obecności THM-ów również w powietrzu na terenie pływalni.

Aktualnie krajowe przepisy dotyczące basenów leczniczych [4, 17] nie określają norm odnoszących się do tych związków. Wymaga to pilnego uzupełnienia, tym bardziej, że w niektórych wodach leczniczych stosowanych do kąpieli w basenach np. solankach jodkowo-bromkowych występuje znacznie więcej prekursorów THM-ów niż w zwykłych wodach do picia. Potwierdziły to w znacznym stopniu wyniki naszych pierwszych badań wykonanych w trzech basenach uzdrowiskowych, napełnianych solanką o różnym stężeniu i różnej zawartości jodków oraz bromków [8].

Celem aktualnych badań była ocena zależności pomiędzy stężeniem THM-ów w solance i powietrzu hali basenowej w zależności od warunków eksploatacji basenów.

MATERIAŁY I METODY

Warunki eksploatacyjne

Badania przeprowadzono w hali basenowej, w której usytuowany jest basen kąpielowy o pojemności 126 m^3 , napełniany solanką. Do napełniania basenu stosowano naturalną solankę ze źródła: 5,7% chlorkowo-sodową, bromkową (106,6 mg Br/l), jodkową (2,1 mg J/l) zawierającą ~13,0 mg NH_4^+ /l. Przed wprowadzeniem do basenu solankę rozcieńcza się wodą spełniającą wymagania dla wody do picia, aby uzyskać stężenie ogólne soli 2,0%. W trakcie eksploatacji basenu i cyrkulacji wody stosuje się chlorowanie podchlorynem sodu i filtrację mechaniczną. Stały dopływ wody świeżej (nie uzdatnianej) podawany był w ilości zapewniającej wymagane stężenie podstawowych, charakterystycznych składników solanki i wynosił ok. 10% na dzień. Całkowita wymiana wody odbywa się maksymalnie po 2 do 3 miesięcy, względnie częściej, jeśli wyniki badań mikrobiologicznych były nieprawidłowe. W hali była zastosowana wentylacja grawitacyjna (bez wyciągu mechanicznego).

Sposób eksploatacji basenu i sanitacji urządzeń oraz pomieszczeń określa Instrukcja Wewnętrzna, w której zaznaczono, że jednorazowo w basenie może przebywać nie więcej niż 20 osób. Basen jest czynny od godz. 7⁰⁰ do 20⁰⁰ przez 6 dni w tygodniu.

Zakres wykonywanych oznaczeń i pomiarów

Badania wody. W wodzie pobranej z basenu (rano przed wejściem kuracjuszy), a następnie po czterech godzinach oznaczano odczyn pH, temperaturę wody i utlenialność (ChZT), zawartość chlorków, azotanów, azotynów i wolnego chloru oraz zawartość czterech trihalometanów (CHCl₃, CHCl₂Br, CHClBr₂, CHBr₃).

Badania powietrza. W powietrzu pobranym w hali basenowej oznaczano zawartość ww. THM-ów i stężenie aerozolu. Mierzono również temperaturę i ruch powietrza oraz jego wilgotność, a następnie obliczano wskaźniki komfortu cieplnego.

Metody oznaczeń ilościowych

Woda z basenu pobierana była przy brzegu niecki basenowej. Na miejscu oznaczano: pH oraz zawartość wolnego chloru. Pozostałe oznaczenia wykonano w laboratorium w Poznaniu. Utrwalanie prób i oznaczanie wykonywano metodami zalecanymi w Polskich Normach dla badania wody.

Powietrze pobierano przy użyciu aparatu aspiracyjnego AKZA – 1 f-my Mera – Ster na wysokości ok. 30 cm nad lustrem wody. Każdą próbę aspirowano przez 2 h z szybkością przepływu powietrza 0,13 m³/h do dwóch płuczek z wodą dejonizowaną: 200 ml (I) i 50 ml (II). Próby do oznaczania THM-ów utrwalano kwasem cytrynowym.

Oznaczanie ilościowe THM-ów wykonywano metodą chromatografii gazowej po ekstrakcji pentanem [21].

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Wyniki badania solanek w basenie

W tabeli I przedstawiono wyniki oznaczeń wykonanych dla próbek wody pobranej z basenu leczniczego w dwóch seriach pomiarowych:

I seria w pierwszych czterech dniach (13 – 16 czerwca 2000 r.) po napełnieniu basenu świeżą solanką przygotowaną do eksploatacji (odżelazoną, filtrowaną, z dodatkiem NaOCl).

II seria w ostatnim tygodniu cyklu eksploatacyjnego (w dniach 21 – 23 lutego 2001 r.).

Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli I, w pierwszym i drugim cyklu badań utrzymana była stała temperatura wody w basenie (~ 30°).

W związku z 2-miesięczną eksploatacją i stałym uzdatnianiem wody, jej pH wzrosło o ponad jednostkę (z 5,9 do 7,1). Czas eksploatacji nie wpływał znacząco na wzrost stężenia azotanów i azotynów, których poziom był nawet niższy od określanego dla wody do picia. Nie stwierdzano też wzrostu utlenialności w miarę wydłużania czasu eksploatacji basenu. Wyższe wartości ChZT oznaczane na początku cyklu eksploatacyjnego mogą być związane z obecnością w wodzie świeżej nieorganicznych substancji redukujących (pozostałości Fe (II), związki azotu (III)).

Woda w basenie zawierała od 1,84 – 3,41 mg Cl₂/l (średnio ok. 2 mg), a więc stężenie wolnego chloru przekraczało wartość dopuszczalną w normie branżowej [4] dla tych basenów jak też określoną dla wody w basenach sportowych i rekreacyjnych (≥ 0,5 mg Cl₂/l). Tak znaczne stężenie wolnego chloru w używanej solance, ma istotny wpływ na powstawanie trihalometanów, zwłaszcza bromopochodnych ponieważ w porównaniu z chlorem, brom jest pierwiastkiem bardziej reaktywnym i skuteczniej reaguje

Tabela I.

z substancjami organicznymi [9, 20]. Na szybkość reakcji wpływa też pH wody, jej temperatura oraz czas kontaktu [2, 6].

Wśród oznaczanych w solance THM-ów, stwierdzano przewagę CHBr_3 i CHClBr_2 , zarówno w pierwszej jak i drugiej serii pomiarów. W miarę wydłużania czasu eksploatacji wzrastała zawartość ww. THM-ów, zmniejszało się natomiast stężenie CHCl_2Br i CHCl_3 .

Wyniki badania mikroklimatu i powietrza w hali basenowej

Przedstawione w tabeli II wyniki oznaczania właściwości mikroklimatu w hali basenowej wskazują, że warunki odczuwalne przez pacjentów i pracowników obsługujących basen były mniej korzystne w sezonie grzewczym (II seria) niż w sezonie letnim (I seria).

Tabela II. Warunki mikroklimatyczne w hali basenowej.
Characterisation of the pool hall microclimate.

| Rodzaj parametru | Warunki komfortu | Sezon letni | Sezon grzewczy |
|--|---|---------------------|---------------------|
| Temperatura [°C] | 20–28 | 24,7 (23,6–26,2) | 27,3 (25,0–30,0) |
| Wilgotność [%] | do 70 | 77,8 (71–83) | 62 (57–70) |
| Ruch powietrza [m/s] | dopuszczalny do 0,5 | 0,34 (0,24–0,43) | 0,18 (0,04–0,28) |
| Wskaźnik B komfortu i dyskomfortu w skali od 0 do 20 | 3–6,5 odczucie przyjemnego ciepła powyżej 6,5 „bardzo ciepło” | 4,9 (4,2–5,7) | 9,0 |
| | powyżej 12,5 „gorąco” | | (6,0–16,2) |

Tabela III. Wyniki badania THM-ów w powietrzu hali basenowej.
The concentration of THMs in the pool hall air.

a) świeżo po napełnieniu basenu solanką
a) directly after pool filling

| Data | Temp. pomiaru °C | Szybk. przepływu pow. m ³ /h | Przewodn. 10 ⁻⁶ S/cm | CHCl ₃ | CHCl ₂ Br | CHClBr ₂ | CHBr ₃ |
|------------|------------------|---|---------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| | | | | µg/l | | | |
| 13.06.2000 | 26 | 0,113 | 36,6 | 3,3 | 0,2 | 1,8 | 4,0 |
| 14.06.2000 | 25 | 0,172 | 37,6 | 4,8 | 0,5 | 2,9 | 5,4 |
| 15.06.2000 | 24 | 0,152 | 39,9 | 5,8 | 0,7 | 4,0 | 8,0 |
| 16.06.2000 | 24 | 0,155 | | 8,4 | 1,0 | 5,4 | 8,7 |
| | | | woda bidestyl. 1,8 | | | | |

Tabela III.

b) po 2 miesiącach eksploatacji wody
b) 2 months after pool exploitation

| data | temp. pomiaru °C | Szybki przepływ pow. m ³ /h | Przewodn. 10 ⁻⁶ S/cm | CHCl ₃ | CHCl ₂ Br | CHClBr ₂ | CHBr ₃ |
|------------|------------------|--|---------------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|-------------------|
| | | | | µg/l | | | |
| 21.02.2001 | 27 | 0,144 | 41,2 | 1,74 | 0,33 | 4,4 | 10,3 |
| | 30 | 0,169 | | 2,20 | 0,47 | 4,42 | 12,4 |
| 22.02.2001 | 27 | 0,154 | 42,0 | 3,10 | 0,40 | 4,70 | 11,5 |
| | 29 | 0,147 | | 3,52 | 0,58 | 5,05 | 14,2 |
| 23.02.2001 | 25 | 0,165 | 43,1 | 2,24 | 0,28 | 2,20 | 15,3 |
| | 26 | 0,158 | | 2,88 | 0,42 | 2,34 | 17,1 |
| | | 0,162 | | 2,93 | 0,46 | 3,74 | 17,4 |
| | | | woda bidestyl. 1,7 | | | | |

Tabela IV. Suma THM-ów w wodzie i powietrzu hal basenowych.

Total concentration of THMs (CHCl₃) in the pool brine and pool hall air.

a) świeżo po napełnieniu basenu solanką
a) directly after pool filling

| Seria I | w wodzie | w powietrzu |
|------------|----------|-------------------|
| | µg/l | µg/m ³ |
| 13.06.2000 | 41,67 | 6,36 |
| 14.06.2000 | 48,37 | 9,38 |
| | 65,37 | |
| 15.06.2000 | 49,94 | 12,38 |
| | 53,09 | |
| 16.06.2000 | 68,39 | 16,32 |

b) po 2 miesiącach eksploatacji
b) 2 months after pool exploitation

| Seria II | w wodzie | w powietrzu |
|------------|----------|-------------------|
| | µg/l | µg/m ³ |
| 21.02.2001 | 72,17 | 12,49 |
| | 83,62 | |
| 22.02.2001 | 89,24 | 11,76 |
| | 98,52 | |
| 23.02.2001 | 84,83 | 13,62 |
| | 100,79 | |

Zarówno wyższa temperatura powietrza w serii badań (średnio 27°), jak też mniejsza wilgotność i mniejszy ruch (wymiana) powietrza (0,04 – 0,28 m/s), mogą zwiększać nagromadzanie się w powietrzu oznaczanych trihalometanów. Oznaczone stężenia tych związków w powietrzu przedstawiono w tabeli III.

W I cyklu pomiarów w ciągu 4 dni badań wzrastało w powietrzu stężenie wszystkich oznaczanych związków organicznych głównie tribromometanu. W II serii pomiarów stwierdzono dalszy wzrost stężenia tego związku w powietrzu podczas gdy stężenie CHCl_3 i CHClBr_2 zmieniło się w niewielkim stopniu.

W tabeli IV porównano sumę oznaczonych THM-ów w solance i w powietrzu hali basenowej; natomiast w tabeli V procentowy udział poszczególnych oznaczanych związków.

Tabela V. Udział % THM* w wodzie basenowej i powietrzu nad lustrem wody.
Percent contribution of individual THMs determined in the pool brine and pool hall air.

| Symbol THM | I seria (woda po napełnieniu niecki) | | | | II seria (woda eksploatowana 2 miesiące) | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|----------|----------------------------|----------|--|----------|----------------------------|----------|
| | Stężenie $\mu\text{g/l}$ | Udział % | Stężenie $\mu\text{g/m}^3$ | Udział % | Stężenie $\mu\text{g/l}$ | Udział % | Stężenie $\mu\text{g/m}^3$ | Udział % |
| | w wodzie | | w powietrzu | | w wodzie | | w powietrzu | |
| CHCl_3 | 6,60 | 6 | 6,7 | 32 | 2,97 | 2 | 2,3 | 24 |
| CHCl_2Br | 2,82 | 4 | 0,4 | 2 | 0,42 | 0 | 0,3 | 3 |
| CHClBr_2 | 4,78 | 8 | 1,7 | 8 | 10,86 | 11 | 1,8 | 18 |
| CHBr_3 | 40,11 | 82 | 12,4 | 59 | 73,97 | 87 | 5,4 | 55 |

* stężenie THM przeliczone na CHCl_3

Przedstawione dane wskazują na znikomy udział bromodichlorometanu we wszystkich wynikach, zwłaszcza w powietrzu. Zwraca również uwagę znacznie wyższy udział ilościowy chloroformu wśród oznaczanych związków w powietrzu mimo, że jego zawartość w solance nie jest tak znaczna. Różnice w procentowym udziale poszczególnych THM-ów w solance i powietrzu są uwarunkowane prawdopodobnie ich różnym ciepłem parowania.

WNIOSKI

W solankach leczniczych stosowanych do kąpieli w basenach uzdrowiskowych, w związku z chlorowaniem wody i jej recyrkulacją powstają i nagromadzają się trihalometany, głównie bromopochodne metanu. Wzrost stężenia tych związków w wodzie następuje w miarę wydłużania czasu eksploatacji mimo równoczesnego stałego dopływu wody świeżej do basenu. Trihalometany w innych stosunkach ilościowych oznaczano również w powietrzu hal basenowych.

W porównaniu z danymi z piśmiennictwa, uzyskanymi dla basenów rekreacyjnych i sportowych oznaczane stężenie ogólne THM-ów w przeliczeniu na CHCl_3 w wodzie z basenu jest podobne; w powietrzu niższe, prawdopodobnie ze względu na mniejszy rozbryzg wody w basenach leczniczych. Różny jest natomiast udział ilościowy poszczególnych związków. Zamiast chloroformu w wodzie występuje głównie dibromo- i trójbromometan, w powietrzu tribromometan.

Uzyskane wyniki pozostałych badań i oznaczania THM-ów, wskazują, że:

1. Konieczne jest: ograniczanie stopnia chlorowania wody do poziomu 0,5 mg Cl₂ na odpływie z basenu i ponowne sprawdzenie poziomu THM-ów w wodzie z basenu.

2. Poziomy dopuszczalnych stężeń trihalometanów zarówno w wodzie z basenu leczniczego jak też w powietrzu hal basenowych powinny być niższe niż dla basenów rekreacyjnych. W ustalaniu tych wielkości należy uwzględnić, że wśród oznaczanych związków dominują bardzo toksyczne bromopochodne łatwo resorbowane przez skórę i drogi oddechowe.

K. Czajka, D. Sziwa, T. Latour, M. Adamczewska

THE CONTENT OF TRIHALOMETHANES IN BRINE OF A THERAPEUTIC POOL
AND IN THE POOL HALL AIR

Summary

The chlorination of iodide-bromide brines during exploitation of therapeutic pools at health resorts brings a hazard of generation of toxic trihalomethanes (THMs), especially bromide derivatives. The study was undertaken to establish the time changes of THM concentration in the pool brine and air in the pool hall. In the pool brine the concentration of THM increased from 40 mg/l at the beginning of the exploitation cycle up to 100 mg/l after 2 months of recirculating the pool water. In the pool hall air the concentration of THM varied from ~ 6 µg/m³ to 16,32 µg/m³. The values are the concentrations of total THMs per CHCl₃, and fall within the range of limits currently admissible for drinking water (so in sport and recreational pools as well). However, they are from 2 to 5 times higher than the admissible level of THMs in indoor pools given in German standards DIN.

An interesting finding was over 80% contribution of CHBr₃ in the total THMs determined in the pool brine and its 55 – 59% contribution in the total THMs determined in the pool hall air.

PIŚMIENICTWO

1. Aggazzotii G., Fantuzzi G., Righi E., Predieri G.: Blood and breath analyses as biological indicators of exposure to trihalomethanes in indoor swimming pools. *Sci. Total Environ.* 1998, 217, 155–163.
2. Almeida M.T., Alpendurada M.F.: Preservation of water samples containing trihalomethanes. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 1998, 69, 175–180.
3. Batterman S., Huang A.T., Wang S.G., Zhang L.: Reduction of ingestion exposure to trihalomethanes due to volatilization. *Environ. Sci. Technol.* 2000, 34, 4418–4424.
4. BN-90/9568–02 Uzdrowiskowe baseny lecznicze i rehabilitacyjne. Wymagania podstawowe.
5. Cammann K., Hubner K.: Trihalomethane concentrations in swimmers' and bath attendants' blood and urine after swimming or working in indoor swimming pools. *Arch. Environ. Health.* 1995, 50, 61–65.
6. Chang E. E., Lin Y. P., Chiang P.C.: Effects of bromide on the formation of THMs and HAAs. *Chemosphere* 2001, 43, 1029–034.
7. Council Directive 98/83/EC of 3 Nov. 1998 on the quality of water intended for human consumption.
8. Czajka K., Latour T., Sziwa D., Adamczewska M., Drobnik M.: Wpływ różnorodnych warunków eksploatacji leczniczych basenów solankowych na ich stan sanitarnohigieniczny oraz walory lecznicze. *Balneol. Pol.* 1999, 16, 4, 99–106.
9. Eichelsdörfer D.: Das Trihalogenmethan – Problem bromidhaltiger Mineral- und Thermalbadewässer und Versuche zu seiner Minimierung. *Heilbad u. Kurort* 1995, 47, 2, 29–31.

10. *Fantuzzi G et al.* Occupational exposure to trihalomethanes in indoor swimming pools. *Sci. Total. Environ.* 2001, 264, 257–65.
11. *Gibbons J, Laha S.* Water purification systems: a comparative analysis based on the occurrence of disinfection by – products. *Environ. Pollut.* 1999, 106, 425–429.
12. *Hildesheim M.E. et al.* Drinking water source and chlorination byproducts II. Risk of colon and rectal cancers. *Epidemiology* 1998, 9, 29–35.
13. *Keegan T.E., Simmons J. E., Pegram R.A.* NOAEL and LOAEL determination of acute hepatotoxicity for chloroform and bromodichloromethane delivered in an aqueous vehicle to F 344 rats. *J. Toxicol. Environ. Pollut.* 1998, 55, 65–75.
14. *King WD., Marrett LD., Woolcott CG.* Case-control study of colon and rectal cancers and chlorination by-products in treated water. *Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev.* 2000, 9, 813–818.
15. *Lin T. F., Hoang S. W.* Inhalation exposure to THMs from drinking water in south Taiwan. *Sci. Total. Environ.* 2000, 246, 1, 41–49.
16. PN 81/C-04549.01. Woda i ścieki. Badanie zawartości chlorowcopochodnych węglowodorów. Oznaczanie chloroformu, dichlorobromometanu, chlorodibromometanu i bromoformu metodą chromatografii gazowej.
17. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 4.09.2000 r. w sprawie warunków jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze, woda w kąpieliskach, oraz zasad sprawowania kontroli jakości wody przez organy Inspekcji Sanitarnej (Dz. U. Nr 82 z dnia 15.10.2000, poz. 937).
18. *da Silva M.L., Charest-Tardif G., Krishnan K., Tardif R.* Evaluation of the pharmacokinetic interactions between orally administered trihalomethanes in the rat. *J. Toxicol. Environ. Health* 2000, 60, 343–353.
19. *Stack M.A., Fitzgerald G., O'Connell S., James K.J.* Measurement of trihalomethanes in potable and recreational waters using solid phase micro extraction with gas chromatography-mass spectrometry. *Chemosphere* 2000, 41, 1821–1826.
20. *Symons J.M., Kranser S.W., Simms L.A., Sclimenti M.* Measurement of THM and precursor concentrations revisited: the effect of bromide ion. *J. Am. Water Works Assoc.* 1993, 85, 51–62.
21. *Zerbe J., Adamczewska M., Zawadzka H.* Oznaczanie trójchlorowcowych pochodnych metanu w wodach naturalnych i w wodzie do picia. *Gaz Woda Technika Sanitarna* 1979, 5, 143.

Otrzymano: 2002.04.17