

3. Vesterbacka P., Mäkeläinen I. and Arvela H. Radiation Protection Dosimetry. 2005 ; 113 (2) : 223-232.

<https://doi.org/10.1093/rpd/nch446>

4. Raff O., Haberer K., Wilken R.D., Stauder S., Doerfel H. (Eds.). Radon Removal in Waterworks with High Radon Pollution. Germany: TUV-Verlag ; 1998.

5. Raff O., Haberer K., Wilken R.D., Funk H., Stueber J., Wanitschek J., Akkermann-Kubillus A. and Stauder S. Radon Reduction in Waterworks (BMU-2000-554). Germany, 2000.

6. Zelensky A.V., Buzinny M.G. and Los' I.P. Measurements of ^{226}Ra , ^{222}Rn and Uranium in Ukrainian Groundwater Using of Ultra Low-Level Liquid Scintillation Counting. Liquid Scintillation Spectrometry 1992, ed. by J. E. Noakes, F. Schonhofer and H. A. Polach. Radiocarbon. 1993 : 405-411.

7. Zelensky A.V., Buzinny M.G. and Los I.P. Problems of Radiation Medicine. 1993 ; 5 : 71-83.

8. Buzinny M., Sakhno V. and Romanchenko M. Natural Radionuclides in Underground Water in Ukraine. LSC-2010. In : *Advances in Liquid Scintillation Counting*. ed. by Philippe Cassette. 2010. P. 81-85.

9. Mykhailova L.L., Buzinny M.G., Sakhno V.I. and Romanchenko M.O. Statystychnyi analiz radiatsiinykh pokaznykiv vody, doslidzhenoi u 2012-2014. [Statistical Analysis of Radiation Parameters of Water Investigated in 2012-2014]. In : *Hihiena naselenykh mist [Hygiene of Settlements]*. Kyiv ; 2015 ; 65 : 179-185 (in Ukrainian).

10. Proposed Radon in Drinking Water Regulation. U.S. Environmental Protection Agency. URL: <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/regulations.html>

11. Mjones L. Radon Removal Equipment Based on Aeration: A Literature Study of Test Performed in Sweden between 1981 and 1996. SSI Report. 2000. 20 p.

12. Turtiainen T., Salonen L. and Myllymäki P. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 2000 ; 243 (2) : 423-432.

Надійшла до редакції 30.07.2018

THE USE OF CHLORIDE DIOXIDE IN THE TECHNOLOGY OF DRINKING WATER TREATMENT AT THE DNIPRO RIVER WATER PIPE-LINE IN KYIV

Prokopov V.O., Lypovetska O.B., Kulish T.V., Sobol V.A., Kostyuk V.A., Bondarchuk A.Yu.

ВИКОРИСТАННЯ ДІОКСИДУ ХЛОРУ У ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ НА ДНІПРОВСЬКОМУ ВОДОПРОВІДІ М. КИЄВА

¹ПРОКОПОВ В.О.,
¹ЛИПОВЕЦЬКА О.Б.,
¹КУЛИШ Т.В., ¹СОБОЛЬ В.А.,
²КОСТЮК В.А.,
³БОНДАРЧУК А.Ю.

¹ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ
²ПрАТ «АК «Київводоканал»
³ТОВ «Укрхімстандарт»

УДК 614.777 : 628.16 : 546.134

<https://doi.org/10.32402/dovkil2018.04.015>

В умовах сучасного антропо-техногенного навантаження на поверхневі водойми підвищуються вимоги до знезараження питної води на річкових водопроводах для забезпечення її безпечності від біологічного забруднення [1, 2]. Нині найбільш поширеними дезінфікуючими засобами обробки питної води є хлорвмісні реагенти: хлор-газ, хлораміни, гіпохлорит натрію, діоксид хлору тощо. Найчастіше вико-

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИОКСИДА ХЛОРА В ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ДНЕПРОВСКОМ ВОДОПРОВОДЕ г. КИЕВА

¹Прокопов В.А., ¹Липовецкая Е.Б., ¹Кулиш Т.В., ¹Соболь В.А.,
²Костюк В.А., ³Бондарчук А.Ю.

¹ГУ «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева НАМН Украины», г. Киев, ²АО «АК «Киевводоканал», ³ТОВ «Укрхімстандарт»
Цель работы: установление оптимальных дозо-временных параметров применения диоксида хлора в традиционной технологии водоподготовки, обеспечивающих высокое качество и безопасность питьевой воды. **Материалы и методы.** Диоксид хлора для первичного обеззараживания воды р. Днепр применялся в диапазоне 2,0-4,0 мг/дм³ на фоне коагулянта сульфата алюминия (140,0 мг/дм³) и флокулянта TR650 (0,3 мг/дм³). Вторичное обеззараживание проводилось диоксидом хлора в дозе 0,5 мг/дм³. Анализ воды до и после обработки по физико-химическим и микробиологическим показателям, с дополнительным определением остаточного диоксида хлора, хлоритов, хлоратов и тригалогенметанов) проводился по общепринятым методикам согласно ГСанПиН 2.2.4-171-10.

Основные результаты. Качество речной воды после обработки диоксидом хлора с участием коагулянта и флокулянта, отстаивания и фильтрования улучшалось при всех дозах диоксида хлора. При минимальной дозе диоксида хлора 2,0 мг/дм³ отмечается снижение показателей мутности, цветности воды, ПО и железа на 82,6%, 86,3%, 65,0% и 18,7% соответственно. Кроме того, отмечается снижение индикаторных микроорганизмов на 93-100%, что свидетельствует о высокой бактерицидной активности диоксида хлора в качестве обеззараживающего средства. В воде не наблюдается образования опасных для организма человека хлоритов, а также алюминия в сверхнормативных концентрациях. Из семи летучих хлорорганических соединений, которые исследовались, в обработанной воде обнаружены только хлороформ и бромдихлорметан в количествах, не превышающих гигиенический норматив. **Выводы.** Экспериментальные исследования обработки речной воды по традиционной технологии с использованием диоксида хлора показали высокую ее эффективность в отношении органического и микробного загрязнения воды р. Днепр. Высокий бактерицидный эффект в отношении санитарно-показательных микроорганизмов (93-100%) отмечался даже при малых дозах диоксида хлора (2,0 мг/дм³). Подтверждена низкая способность диоксида хлора к образованию высокотоксичных летучих хлорорганических соединений (тригалогенметанов), которые по приоритетному веществу – хлороформу – определялись в воде на уровне 1,0-3,0 мкг/дм³. Целесообразно продолжить эксперимент на речном водопроводе, моделируя в воде повышенные уровни органического загрязнения, которое может приводить к увеличению побочных продуктов дезинфекции, прежде всего опасных хлоритов, образующихся при обработке воды диоксидом хлора. **Ключевые слова:** диоксид хлора, санитарно-химические и микробиологические показатели, хлориты, хлораты, алюминий, тригалогенметаны.

© Прокопов В.О., Липовецкая О.Б., Кулиш Т.В., Соболь В.А.,
Костюк В.А., Бондарчук А.Ю. СТАТТЯ, 2018.

ристовують хлор-газ, який разом з позитивними властивостями як засіб знезараження питної води має й негативні: утворення токсичних хлорорганічних сполук з епідеміологічними наслідками виникнення та розвитку неінфекційної захворюваності населення [2].

Отже, необхідна альтернатива хлор-газу при виборі способу знезараження води із поверхневих джерел, якою у сучасних умовах вважається діоксид хлору. Для нього характерні сильна бактерицидна, віруліцидна та протозооцидна дія у малих дозах, практично цілковита відсутність утворення токсичних летких та нелетких хлорорганічних сполук, незалежність від рН води, покращання органолептичних властивостей, пришвидшення процесів коагуляції, тривалий бактериостатичний пост-ефект (до 7 діб) тощо. Ці особливості діоксиду хлору створюють

сприятливі умови для його використання в якості знезаражувального агента для обробки річкової води, що у подальшому дозволить повністю відмовитися від використання газоподібного хлору [3].

Діоксид хлору вже десятки років застосовується в Європі, США та деяких інших країнах. Однією з перших систем водопостачання, що успішно його використовує, є система «Ніагара Фоллз», яка була введена в експлуатацію 1944 року у США. Світова практика застосування діоксиду хлору та численні дослідження показали його ефективність при підготовці та дезінфекції питних, виробничих та стічних вод, а також економічні і гігієнічні переваги порівняно з хлором. З 1995 року діоксид хлору застосовується і в Україні [4]. Нині діоксид хлору впроваджено у технологіях підготовки питної води у таких містах, як Чорноморськ та Южний Одеської обл., Жовті Води Дніпропетровської обл., Горішні Плавні Полтавської обл. та ін. Інтерес до діоксиду хлору виникає і в інших містах України, особливо з появою останнім часом значної кількості зарубіжних та вітчизняних сучасних установок отримання діоксиду хлору, який пропонується й для підготовки питної води із поверхневих джерел [4-6]. Їх впровадження на водоканалах

країни потребує проведення лабораторних та напівпромислових досліджень для встановлення необхідної дози діоксиду хлору та режимів хлорування відповідно до особливостей вихідної води.

ПрАТ «АК «Київводоканал» свого часу відмовився від застосування хлор-газу у технології підготовки питної води на дніпровському водопроводі м. Києва і замінив його на менш агресивний хлорокисник – хлорамін (метод хлорування з преамонізацією). Натомість на сучасному етапі цей реагент не розглядається фахівцями водоканалу як найкращий, що стало причиною проведення експериментальних випробувань на водопроводі діоксиду хлору з метою встановлення оптимальних дозо-часових параметрів його застосування у чинній технології водопідготовки, що забезпечуватимуть високу якість та безпечність питної води. Мета дослідження вважатиметься досягнутою у разі встановлення оптимальних параметрів процесу первинного та заключного знезараження води діоксидом хлору за умови дотримання чинної водоочисної технології за участі коагулянту/флокулянта, а також етапів відстоювання та фільтрування, що забезпечуватимуть покращання органолептичних та фізико-хімічних показників якості питної води, гарантуватимуть її епідемічну безпечність від мікроорганізмів бактеріальної та вірусної природи, мінімізуватимуть утворення токсичних летких хлорорганічних сполук та притаманних діоксиду хлору побічних продуктів дезінфекції (хлоритів, хлоратів) до безпечних рівнів.

Матеріали і методи. У дослідженнях використано діоксид хлору, який отримували за допомогою генератора Т 70G4000 виробництва De NORA з використанням хлориту натрію марки BioGREEN acticlog (хлорит натрію 20-31%) виробництва Borman Italiana та соляної кислоти вітчизняного виробництва.

Дослідження проводили на дніпровській воді у весняно-літній період 2017 р., яка мала типовий для цього періоду якісний склад, та були максимально наближеними до технології підготовки питної води,

Таблиця 1
Характеристика якості дніпровської води у лабораторних дослідженнях з використанням діоксиду хлору

Показник	Одиниця виміру	Фактичне значення параметра		
		min	max	M±m
Температура	градуси С	21,0	21,0	21,0±0,0
Каламутність	мг/дм ³	2,40	2,50	2,47±0,03
Забарвленість	градуси	74,0	76,0	75,30±0,7
Водневий показник	одиниці рН	8,20	8,25	8,22±0,02
Загальна лужність	ммоль/дм ³	2,40	2,45	2,42±0,02
Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	3,40	3,45	3,42±0,02
Залізо загальне	мг/дм ³	0,32	0,32	0,32±0,0
Амоній	мг/дм ³	0,66	0,70	0,68±0,01
Нітрити	мг/дм ³	0,03	0,04	0,04±0,003
Нітрати	мг/дм ³	2,40	2,40	2,40±0,0
Перманганатна окиснюваність	мгО ₂ /дм ³	14,50	14,70	14,57±0,10
Загальне мікробне число	КУО/см ³	7,0	25,0	14,33±5,50
Загальні коліформи	КУО/100см ³	81,0	180,0	123,0±29,60
E. Coli	КУО/100см ³	9,0	18,0	12,0±3,0

THE USE OF CHLORINE DIOXIDE IN THE TECHNOLOGY OF DRINKING WATER TREATMENT AT THE DNIPRO RIVER WATER PIPE-LINE IN KYIV
¹Prokopov V.O., ¹Lypovetska O.B., ¹Kulish T.V., ¹Sobol V.A., ²Kostiuk V.A., ³Bondarchuk A. Yu.
¹SI «O.M. Marzиеv Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv
²«JSC «Kyivvodokanal», ³«Ukrkhimstandart»

Objective: We established the optimum dose-time parameters of chlorine dioxide application in traditional water treatment technology providing a high quality and a safety of drinking water.

Materials and methods: For the primary disinfection of the Dnipro river water, chlorine dioxide was used in a range of 2.0-4.0 mg/dm³ in aluminum sulfate coagulant (140.0 mg/dm³) and TR650 flocculant (0.3 mg/dm³). Secondary disinfection was carried out with chlorine dioxide at a dose of 0.5 mg/dm³. The analysis of water by physical and-chemical microbiological parameters before and after treatment was carried out with an additional determination of residual chlorine dioxide, chlorites, chlorates, and trihalomethanes by generally accepted methods according to the State Sanitary Norms and Rules 2.2.4-171-10.

Results: The quality of river water after treatment with chlorine dioxide and with the participation of coagulant, flocculant, sedimentation, and filtration was improved at all doses of chlorine dioxide. At a minimum dose of chlorine dioxide of 2.0 mg/dm³, the parameters of turbidity, water colour, permanganate oxidability, and iron were decreased by

82.6%, 86.3%, 65.0% and 18.7%, respectively. In addition, there was a decrease in indicator microorganisms by 93-100%. It indicates a high bactericidal activity of chlorine dioxide as a disinfectant. In water, there is no formation of chlorites, dangerous for human organism, and aluminum in excessive concentrations. Among 7 investigated volatile chloro-organic compounds, only chloroform and bromodichloromethane were detected in quantities not exceeding the hygienic standard.

Conclusions: Experimental investigations of the river water treatment, according to the traditional technology with the use of chlorine dioxide, showed its high effectiveness in organic and microbial contamination of the river Dnipro. Even at the low doses of chlorine dioxide of 2.0 mg/dm³, there was a high bactericidal effect in sanitary-indicative microorganisms (93-100%). Chlorine dioxide was confirmed to have a low ability to form highly toxic volatile organochlorine compounds (trihalomethanes) that were determined on the basis of chloroform (the foreground compound) at the level of 1.0-3.0 mg/dm³. It is advisable to continue the experiment at the river pipe-line, modeling increased levels of organic contamination in water that can cause an increase of the by-products of the disinfection in water, first of all dangerous chlorites, formed during the treatment of water with chlorine dioxide.

Keywords: chlorine dioxide, aluminum sulfate, river water, sanitary-and-chemical and microbiological indicators, chlorites, chlorates, aluminum, trihalomethanes.

що нині використовується на водопроводі. Діоксид хлору для первинного знезараження води випробувався у дослідах у діапазоні доз 1,0-4,0 мг/дм³ на фоні коагулянту сульфату алюмінію у дозах 80,0-160,0 мг/дм³ та флокулянта TR650 у дозах 0,2-0,3 мг/дм³. Доза діоксиду хлору для вторинного знезараження води у дослідах становила 0,2-1,0 мг/дм³ (переважно 0,5 мг/дм³). Після внесення у воду реагентів у заданих дозах, перемішування у різних режимах (15 хвилин – 60 обертів/хв., 3 хвилини – 100 обертів/хв., 5 хвилин – 25 обертів/хв.), відстоювання (20 або 120 хвилин) та фільтрування (паперовий фільтр) проводився фізико-хімічний та мікробіологічний аналіз проб води з визначенням в окремих пробах вмісту залишкових концентрацій діоксиду хлору, хлоритів, хлоратів та летких хлорорганічних сполук класу тригалогенметанів (ТГМ). У воді до та після обробки реагентами визначали температуру, каламутність, забарвленість, водневий показник, загальну лужність, загальну жорсткість, залізо загальне, амоній, нітра-

ти, нітрити, перманганатну окиснюваність, а також загальне мікробне число, загальні коліформи, E. Coli. Визначення цих показників у воді проводилося з використанням загальноприйнятих методик лабораторного контролю згідно з чинними нормативним документами [7]. Гідрохімічний та мікробіологічний аналіз вихідної та прохлорованої води проводився на базі лабораторії ПрАТ

«АК «Київводоканал». Визначення у воді залишкового діоксиду хлору та побічних продуктів (хлоритів, хлоратів і летких хлорорганічних сполук) проводились у лабораторії гігієни природних і питних вод ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМНУ».

Результати та їх обговорення. У роботі представлено результати лабораторних досліджень використання діоксиду хлору з дотриманням техно-

Таблиця 2
Результати реагентно-механічної обробки річкової води за різних доз діоксиду хлору за санітарно-хімічними показниками

Показник	Вода річки Дніпро	Фактичне значення параметра, (M±m)				Ефективність очистки, %			
		2,0	2,8	3,4	4,0	2,0	2,8	3,4	4,0
Діоксид хлору, мг/дм ³	–	2,0	2,8	3,4	4,0	2,0	2,8	3,4	4,0
Каламутність, мг/дм ³	2,47±0,03	0,43±0,07	0,45±0,03	0,45±0,00	0,55±0,08	82,6	81,8	81,8	77,7
Забарвленість, градуси	75,33±0,7	10,33±1,20	11,00±0,00	12,33±1,86	16,67±6,17	86,3	85,4	83,6	77,9
Водневий показник, одиниці рН	8,22±0,02	6,57±0,23	6,10±0,59	6,05±0,61	5,90±0,74	20,0	25,8	26,4	28,2
Залізо загальне, мг/дм ³	0,32±0,0	0,26±0,01	0,25±0,01	0,24±0,01	0,20±0,01	18,7	22,0	25,0	37,5
Перманганатна окиснюваність, мгО ₂ /дм ³	14,57±0,10	5,10±0,15	5,20±0,12	5,47±0,27	6,30±1,10	65,0	64,3	62,5	56,8

логії підготовки питної води, прийнятої на дніпровському водопроводі м. Києва. Дослідження, виконані у червні 2017 року, за результатами є найбільш характерними і для інших весняно-літніх дослідів за однакових умов їх проведення. Якість води р. Дніпро, на якій виконувалися дослідження, представлено у таблиці 1. Вона має типовий для літнього періоду склад і характеризується за середніми даними підвищеним вмістом органічних речовин, що формують каламутність, забарвленість та перманганатну окиснюваність, які під час взаємодії з хлором можуть утворювати небезпечні побічні продукти дезінфекції у понаднормативних кількостях.

У досліді, результати яких представлено нижче (таблиця 2), діоксид хлору для первинного знезараження води використовувався у дозах 2,0, 2,8, 3,4 та 4,0 мг/дм³, для вторинного – у дозі 0,5 мг/дм³. Разом з діоксидом хлору воду оброб-

ляли коагулянтном сульфатом алюмінію у дозі 140 мг/дм³ та флокулянтном TR650 у дозі 0,3 мг/дм³. Після відстоювання та фільтрування вода досліджувалася за санітарно-хімічними і мікробіологічними показниками, а також за вмістом побічних продуктів хлорування.

З таблиці видно, що якість річкової води після обробки діоксидом хлору за участі коагулянту та флокулянта, відстоювання та фільтрування покращувалася за усіх доз діоксиду хлору. За найменшої дози діоксиду хлору 2,0 мг/дм³ зниження показників каламутності та забарвленості води становило 82,6% та 86,3%, ПО – 65,0%, вміст заліза зменшувався на 18,7%. Збільшення дози діоксиду хлору вдвічі до 4,0 мг/дм³ практично не змінило показники ефективності за каламутністю, забарвленістю та перманганатною окиснюваністю (ПО), окрім заліза, вихідна концентрація якого помітно зменшилася (на 37,5%). Натомість навіть

за найвищої дози діоксиду хлору вміст у воді органічних речовин та заліза дещо перевищував допустимі рівні для питної води.

Дослідження дезінфікуючої дії діоксиду хлору (табл. 3) показало високу його ефективність щодо показників мікробного забруднення

Як видно з таблиці, за доз діоксиду хлору 2,0-4,0 мг/дм³ відзначається зниження індикаторних мікроорганізмів у воді на 93-100%, що свідчить про його високу бактерицидну активність як знезаражувального засобу.

Відомо, що застосування хлору як дезінфектанту призводить до утворення у воді токсичних побічних продуктів дезінфекції (ППД), зокрема летких хлорорганічних сполук (ХОС), які з використанням традиційної технології водопідготовки на очисних спорудах водопроводів практично не видаляються і транзитом надходять у питну воду міських водопровідних мереж. Більшість ідентифікованих у воді ХОС має експериментально встановлену високу токсичність, канцерогенну і мутагенну активність та зумовлює високий ризик для здоров'я населення через споживання забрудненої ППД питної води [2]. Найбільшу групу ХОС складають леткі тригалогенметани (ТГМ): хлороформ, чотирихлористий вуглець, трихлоретилен, тетрахлоретилен, бромдихлорметан, дибромхлорметан, бромформ, дихлоретан, а також притаманні діоксиду

Таблиця 3

Результати реагентно-механічної обробки річкової води з різними дозами діоксиду хлору за мікробіологічними показниками

Показник	Вода р. Дніпро	Фактичне значення параметра, (M±m)				Ефективність очистки, %			
		2,0	2,8	3,4	4,0	2,0	2,8	3,4	4,0
Діоксид хлору, мг/дм ³	–	2,0	2,8	3,4	4,0	2,0	2,8	3,4	4,0
ЗМЧ, КУО/см ³	14,3±5,5	1,0±0,0	0,3±0,3	0,0	0,7±0,3	93,0	97,7	100	95,3
Заг. коліформи, КУО/100 см ³	123,0±29,6	н/в	н/в	н/в	н/в	100	100	100	100
E. Coli, КУО/100 см ³	12,0±3,0	н/в	н/в	н/в	н/в	100	100	100	100

Примітка: н/в – не виявлено.

Таблиця 4

Вміст побічних продуктів дезінфекції у воді, обробленій діоксидом хлору

Показник	Фактичне значення параметра, (M±m)			
	2,0	2,8	3,4	4,0
Діоксид хлору, мг/дм ³	2,0	2,8	3,4	4,0
Залишковий діоксид хлору, мг/дм ³	0,13±0,05	0,13±0,05	0,13±0,05	0,14±0,05
Хлорити, мг/дм ³	н/в	н/в	н/в	н/в
Хлорати, мг/дм ³	0,023±0,003	0,032±0,009	0,037±0,008	0,033±0,008
Алюміній, мг/дм ³	0,07±0,02	0,39±0,31	0,89±0,81	1,06±0,97
Хлороформ, мкг/дм ³	1,53±0,44	2,20±0,20	2,80±0,15	3,23±0,12
Тетрахлорвуглець, мкг/дм ³	<0,01*	<0,01*	<0,01*	<0,01*
Трихлоретилен, мкг/дм ³	<0,10*	<0,10*	<0,10*	<0,10*
Тетрахлоретилен, мкг/дм ³	<0,04*	<0,04*	<0,04*	<0,04*
Бромдихлорметан, мкг/дм ³	<0,03	<0,03*	<0,03	<0,03
Дибромхлорметан, мкг/дм ³	<0,03*	<0,03*	<0,03*	<0,03*
Бромформ, мкг/дм ³	<0,02*	<0,02*	<0,02*	<0,02*
Сума ТГМ, мкг/дм ³	3,30±1,80	1,85±0,15	3,95±1,95	3,45±1,95

Примітки: * – межа виявлення; н/в – не виявлено.

хлору хлорити та хлорати.

Не менш небезпечним є надходження до організму людини з питною водою надлишку алюмінію внаслідок використання для її підготовки коагулянту сульфату алюмінію. Він впливає на нервову, серцево-судинну та імунну системи організму людини [9].

Виходячи з цього інтерес являло визначення залишкового рівня діоксиду хлору та побічних продуктів обробки води – хлоритів, хлоратів, алюмінію і тригалогенметанів (табл. 4).

Як засвідчили результати досліджень, після обробки різними дозами діоксиду хлору за участі коагулянту та флокулянта, відстоювання та фільтрування у воді не спостерігається утворення небезпечних для організму людини хлоритів, а також алюмінію у понаднормативних концентраціях.

З семи хлорорганічних сполук, що досліджувалися, в обробленій воді виявлено лише хлороформ та бромдихлорметан у кількостях, що не перевищують гігієнічний норматив [7]. Вміст інших тригалогенметанів визначався нижче межі виявлення.

Висновки

Експериментальні дослідження обробки річкової води за схемою: первинна дезінфекція діоксидом хлору у дозах 2,0-4,0 мг/дм³ на фоні сульфату алюмінію (140,0 мг/дм³) та флокулянта TR650 (0,3 мг/дм³), а також вторинна її обробка діоксидом хлору дозою 0,5 мг/дм³ засвідчили високу ефективність даної технології щодо органічного та мікробного забруднення води р. Дніпро.

Бактерицидний ефект щодо санітарно-показових мікроорганізмів становив 93-100% і був високим навіть за найменших доз діоксиду хлору (2,0 мг/дм³) за прийнятих умов проведення лабораторних досліджень. Підтверджено низьку здатність діоксиду хлору до утворення високотоксичних летких хлорорганічних сполук (тригалогенметанів), які за пріоритетною речовиною (хлороформом) визначалися на рівні 1,0-3,0 мкг/дм³. Доцільно продовжити експеримент на річковому водопроводі, моделюючи у воді підвищені рівні органічно-

го забруднення, яке може призводити до збільшення у воді побічних продуктів дезінфекції, насамперед небезпечних хлоритів, під час обробки води діоксидом хлору.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мариевский В.Ф., Доан С.И. Вода как фактор риска вирусных инфекций. *Вода і водоочисні технології*. 2007. № 2 (22). С. 50-54.
2. Прокопов В.О. Питна вода України: медико-екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти. К.: Медицина, 2016. 400 с.
3. Ковальчук Л.Й., Мокієнко А.В., Петренко Н.Ф. Гігієнічна оцінка наслідків хлорування води поверхневих водойм українського Приднуав'я. *Вісник наукових досліджень*. 2015. № 3. С. 89-91.
4. Сердюк А.М., Прокопов В.О., Гоженко А.И., Петренко Н.Ф., Мокієнко А.В. Гігієнічна оцінка біоцидної дії діоксиду хлору як засобу знезаражування питної води (огляд літератури та власних досліджень). *Довкілля та здоров'я*. 2007. № 2. С. 36-40.
5. Таблетовані та порошкоподібні реагенти на основі діоксиду хлору для знезараження води. Київ, 2013. 2 с. (Інформаційний лист про нововведення у сфері охорони здоров'я № 54-2013 / ДУ «Ін-т гігієни та мед. екології ім. О.М. Марзеєва НАМН України»).
6. Санітарно-епідеміологічний нагляд за знезаражуванням води у системах централізованого господарсько-питного водопостачання діоксидом хлору: методичні рекомендації МР 2.2.4-147-2007. Київ, 2007. 23 с.
7. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10 / МОЗ України. Київ, 2012. 55 с.
8. Петренко Н.Ф., Деревянко Т.О., Кизлова М.И. Аналитические методы определения в воде диоксида хлора, хлорит- и хлорат-анионов. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2008. № 4 (14). С. 95-102.
9. Прокопов В.А., Толстопіатова Г.В. Алюминий: современные токсиколого-гигиенические аспекты (обзор литературы). *Врачебное дело (Лікарська справа)*. 1996. № 10-12. С. 56-62.

REFERENCES

1. Marievskiy V.F. and Doan S.I. Voda i vodoochysni tekhnolohii. 2007 ; 2 (22) : 50-54 (in Russian).
 2. Prokopov V.O. Pytna voda Ukrainy : medyko-ekolohichni ta sanitarno-hihiiienichni aspekty [Drinking Water of Ukraine: Medico-Ecological and Sanitary-and-Hygienic Aspects]. Kyiv : Medytsyna ; 2016 : 400 p. (in Ukrainian).
 3. Kovalchuk L.Y., Mokienko A.V. and Petrenko N.F. *Visnyk naukovykh doslidzhen*. 2015 ; 3 : 89-91 (in Ukrainian).
 4. Serdiuk A.M., Prokopov V.O., Hozhenko A.I., Petrenko N.F. and Mokienko A.V. *Dovkillia ta zdorovia*. 2007 ; 2 : 36-40 (in Ukrainian).
 5. Tabletovani ta poroshkopodibni reahenty na osnovi dioksydu khloru dlia znesarazhennia vody [Tableted and Powdered Reagents for Water Disinfection on the Basis of Chlorine Dioxide. Kyiv; 2013 : 2 p. (Information Letter on the Innovations in the Sphere of Health Care № 54-2013/SI «O.M. Marzieiev Institute for Hygiene and Medical Ecology, NAMSU»)] (in Ukrainian).
 6. Sanitarno-epidemiolohichni nahliad za znezarazhuvanniam vody u systemakh tsentralizovanoho hospodarsko-pytnoho vodopostachannia dioksydom khloru : metodychni rekomendatsii [Sanitary-and-Epidemiologic Inspection for Water Disinfection with Chlorine Dioxide in the Systems of Centralized Potable Water Supply : Methodical Recommendations : MR 2.2.4-147-2007]. Kyiv; 2007 : 23 p. (in Ukrainian).
 7. Hihiiienichni vymohy do voody pytnoi, pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoiu : DSanPiN 2.2.4-171-10 [Hygienic Requirements to Drinking Water for Human Consumption : State Sanitary Rules and Norms 2.2.4-171-10]. Kyiv ; 2012 : 55 p. (in Ukrainian).
 8. Petrenko N.F., Derevianko T.O. and Kizlova M.I. *Aktualni problemy transportnoi medytsyny*. 2008 ; 4 (14) : 95-102 (in Russian).
 9. Prokopov V.A. and Tolstopyatova G.V. *Vrachebnoe delo (Likarska sprava)*. 1996 ; 10-12 : 56-62 (in Russian).
- Надійшла до редакції 12.07.2018