

ENGINEERING SCIENCES

ДІОКСИД ХЛОРУ В АСПЕКТІ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВОДОПРОВІДНОЇ ВОДИ

Новицький Д. Ю.¹,
Костюк В. А.¹,
Кобилянський В. Я.²

¹Україна, Київ, ПрАТ «АК «Київводоканал»,

²Україна, Харків, Інженерна академія України

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_sr/31052019/6487

ARTICLE INFO

Received 20 March 2019

Accepted 10 May 2019

Published 31 May 2019

KEYWORDS

chlorine dioxide,
disinfection,
microbiological safety,
water supply,
tap water.

ABSTRACT

In the article the use of chlorine dioxide for disinfection of water from Dnipro River are considered. The results of the industrial testing of disinfection chlorine dioxide technology with using of De NORA Model T70G4000 Chlorine Dioxide Generator for Kyiv water supply system are presented. The Model T70G4000 chlorine dioxide generator is a two-chemical system, utilizing commercially available concentrations of hydrochloric acid (32-33%) and sodium chlorite (24-25%) in the production of chlorine dioxide. No chlorine gas is required. Use of solutions of chlorine dioxide for treatment of tap water with concentrations 1,5 mg/dm³ at first stage and 0,3 mg/dm³ at second stage were effective. The use of chlorine dioxide for water disinfection increases the microbiological safety of drinking water supply.

Citation: Новицький Д. Ю., Костюк В. А., Кобилянський В. Я. (2019) Dioksyd Khloru v Aspekty Mikrobiolohichnoi Bezpeky Vodoprovodnoi Vody. *Science Review*. 4(21). doi: 10.31435/rsglobal_sr/31052019/6487

Copyright: © 2019 Новицький Д. Ю., Костюк В. А., Кобилянський В. Я. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Вступ. Актуальність мікробіологічної безпеки водопровідної води з урахуванням наявного технічного стану вітчизняних систем централізованого водопостачання та водовідведення є очевидною і беззаперечною.

Відомо, що питна вода є основною причиною таких небезпечних для здоров'я та життя людей інфекційних хвороб як холера, бацилярна дизентерія (шигеліоз), гостра кишкова інфекція (викликана ентерогеморрагічною кишковою паличкою), вірусний гепатит А, черевний тиф тощо. За останні роки в Україні відбулося кілька серйозних епідемічних спалахів гепатиту А, пов'язаних з неякісною водопровідною водою, одна з причин яких – аварійний стан водних та каналізаційних мереж.

Згідно з Національними доповідями про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні, що розміщені на сайті Мінрегіону України [1], потребували заміни в 2005 році 31,7% водопровідних мереж, в 2009 році – 34%, в 2016 році – 38,9%. Для каналізаційних мереж ці показники були наступні: 2005 р. – 24,7%, 2009 р. – 32,3%, 2016 р. – 40%. Бачимо прогресуючу деградацію інфраструктури водопостачання та водовідведення, яка стає визначальним фактором зниження безпеки питного водопостачання.

Результати досліджень, проведених в Інституті епідеміології та інфекційних хвороб імені Л.В.Громашевського НАМН України [2], однозначно вказують на основні причини «водних» спалахів інфекційних захворювань:

- незадовільний санітарно-технічний стан водопровідної та каналізаційної мереж;

- аварії на них, що призводять до забруднення джерел водопостачання стічними водами, які містять небезпечні для людини патогенні інфекційні агенти;
- недосконалість технологій водоочистки і водопідготовки;
- відсутність ефективної дезінфекції води.

На необхідність впровадження сучасних методів знезараження питної води вказує і група науковців, що вивчала спалах гострої кишкової інфекції в м. Ізмаїлі в 2016 році [3].

Таким чином, належне знезараження водопровідної води наразі є життєво необхідним і визначає рівень безпеки і комфорту проживання населення.

Але загальнонаціональний масштаб проблеми потребує зважених підходів до її вирішення, оскільки фінансова складова є досить значною.

В рамках стратегії ООН на 2017-2020 роки «Глобальний аналіз та оцінка санітарії та питної води» (GLAAS) [4] одними з основних ключових принципів задекларовано такі: 1) посилення національних процесів, які сприяють вирішенню проблем санітарії та питної води, та 2) зосередження на сферах, де вирішення цих проблем вже має позитивний результат.

В Настанові Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) 2017 року «Кліматично-стійкі плани захисту води: Управління ризиками для здоров'я, пов'язані з мінливістю та змінами клімату» першою проблемою питного водопостачання вказано посилення мікробіологічної загрози якості водопровідної води через зниження стабільності залишкового хлору в водопровідних мережах [5].

В Україні централізоване питне водопостачання на 70% забезпечується з поверхневих джерел, які надзвичайно чутливі і уразливі відносно кліматичних змін. Так дослідженнями науковців ІКХХВ НАНУ встановлено, що на якість водопровідної води, отриманої з поверхневих джерел, все частіше впливає принципово нова складова – паразитарна [6], до протистояння з якою вітчизняні водоканали практично не готові. Масовий спалах паразитарного захворювання населення на криптоспоридіоз в 1993 році через заражену водопровідну воду в м. Мілуокі, США, коли захворіло 403 тис. чоловік, цьому теж є свідченням [7].

Загалом, все більше наукових публікацій вказують на те, що у всьому світі йде інтенсивне нарощування числа інфекційних захворювань [8].

Однією з причин цього є різке погіршення погодних умов (торнадо, шторми, урагани, повені тощо), що призводить до катастрофічного стану інфраструктури життєзабезпечення, в першу чергу джерел централізованих систем питного водопостачання.

В Україні до цієї планетарної проблеми долучається суто внутрішня проблема – критично аварійний стан водорозподільних та каналізаційних мереж.

Очевидно, що в умовах погіршення якості води вододжерел та критичного аварійного стану мереж зміна технології знезараження водопровідної води в національних масштабах не повинна проходити без наукової експертизи та промислових досліджень з урахуванням усіх можливих наслідків.

При знезараженні питної води відбувається її забруднення небезпечними для здоров'я людей речовинами. Це стосується будь-якого без виключення з відомих на сьогодні методів знезараження. Тому Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), вказує, що поява вторинних продуктів знезараження не може бути причиною для припинення знезараження питної води. Ефективна дезінфекція є пріоритетною [9].

Крім того, ВООЗ в питаннях знезараження питної води рекомендує, перш за все, орієнтуватися на загальновідомі методи знезараження, які мають багаторічну практику промислового використання. До таких ВООЗ відносить, зокрема, діоксид хлору [10].

Діоксид хлору ClO_2 – неорганічна хімічна сполука хлору і кисню. Молярна маса 67,457 г/моль. У нормальних умовах ClO_2 – газ жовто-зеленого кольору, з різким запахом. Температура кипіння 11 °С. Густина газу відносно повітря 2,326.

Діоксид хлору є сильним окиснювачем – окиснювально-відновлювальний потенціал 1,5 В. На відміну від хлору діоксид хлору не утворює хлорорганічні речовини (ТГМ, галогеноцетні кислоти, хлорфеноли тощо), не реагує з аміаком та солями амонію з утворенням хлорамінів; на відміну від озону не реагує з бромідами з утворенням броматів.

Використання діоксиду хлору у водопостачанні довгий час стримувалося відсутністю в достатній кількості хлориту натрію, що є основним компонентом при виробництві діоксиду хлору. Після вирішення проблеми промислового виробництва хлориту натрію на початку 1940-х років почалося освоєння діоксиду хлору в практиці знезараження водопровідної води.

Саме завдяки властивостям діоксиду хлору окислювати органічні речовини, зокрема, феноли, вперше його для обробки водопровідної води було застосовано в США в 1944 році в м. Ніагара Фоллс [11]. Діоксид хлору отримували в реакції хлориту натрію з хлором. Хлорфенольний запах води, який з'являвся при первинній обробці води хлором, зникав при дозі діоксиду хлору 0,5 мг/л і вже не виникав при вторинній обробці води хлором перед подачею у мережу.

В середині 1950-х років відбулося перше масштабне впровадження діоксиду хлору в Брюсселі, після чого кількість водопровідних підприємств, що перейшли на діоксид хлору, почала стрімко зростати – сотні в США і тисячі в Європі [12].

Особливий інтерес до діоксиду хлору у водопровідних підприємств виник з моменту встановлення в середині 1970-х років факту, що хлорорганічні сполуки – вторинні продукти хлорування води є небезпечними для здоров'я людини. Діоксид хлору став ефективним та поширеним засобом вирішення цієї проблеми.

Однак в Україні діоксид хлору на водоканалах не застосовується, за винятком трьох міст – Чорноморськ, Південне, Жовті Води [13].

Для оцінки можливості знезараження водопровідної води м. Києва діоксидом хлору компанією «Італіано Борман» було запропоновано проведення лабораторних випробувань по визначенню доз діоксиду хлору та знезаражуючої дії діоксиду хлору в порівнянні з хлором. На підставі результатів лабораторних досліджень прийнято рішення для проведення промислових випробувань діоксиду хлору на Дніпровській водопровідній станції (ДнВС).

Методи дослідження. В період проведення лабораторних випробувань хіміко-бактеріологічною лабораторією ДнВС проводилось визначення залишкової концентрації діоксиду хлору у воді на спектрофотометрах марок DR-2800 та DR-3900 за допомогою тест-наборів реактивів фірми HACH-Lange – виробника спектрофотометру з використанням методик, вбудованих в прилад. Визначення хлоритів проводилось за методикою згідно методичних рекомендацій МР 2.2.4.-147-2007 «Санітарно-епідеміологічний нагляд за знезаражуванням води у системах централізованого господарсько-питного водопостачання діоксидом хлору». Визначення інших показників якості води проводилось із використанням загальноприйнятих методик лабораторного контролю згідно чинних нормативних документів [14].

Згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 при застосуванні діоксиду хлору для знезараження питної води вміст залишкового діоксиду хлору у воді резервуарів чистої води (РЧВ) після 30 хвилин контакту повинен складати не менше ніж 0,1 мг/дм³, а концентрація хлоритів – не більше ніж 0,2 мг/дм³.

На підставі результатів лабораторних випробувань було визначено, що обробку води необхідно проводити на першому етапі з дозою 1,0-2,0 мг/дм³, а на другому – 0,2-0,5 мг/дм³.

З метою проведення промислових випробувань було розроблено «План підготовки та проведення промислових випробувань знезараження питної води діоксидом хлору на Дніпровській водопровідній станції ПрАТ «АК «Київводоканал», згідно якого первинна обробка води проводилася подачею діоксиду хлору перед всмоктувачем насосів насосної станції першого підйому (аванкамера), вторинна обробка – після швидких фільтрів, на станції озонування з подачею діоксиду хлору перед барботажними камерами.

Було розроблено заходи щодо порядку переходу на знезараження питної води діоксидом хлору при проведенні промислових випробувань, план додаткового контролю якості води при проведенні промислових випробувань діоксиду хлору, який передбачає контроль якості води на всіх етапах очистки, в резервуарах чистої води, на виході зі станції та в контрольних точках водопровідних мереж міста.

Було придбано реагенти в необхідній кількості, проведено монтаж обладнання – італійських генераторів діоксиду хлору Т70G4000 фірми De NORA, місце розміщення ємкостей для подачі хлориту натрію та соляної кислоти з аварійними піддонами, трубопроводи подачі водопровідної води, подачі хлориту натрію, соляної кислоти, трубопровід подачі діоксиду хлору на всмоктувач насосу.

Також проводився додатковий контроль вмісту залишкового хлору, діоксиду хлору та мікробіологічних показників на етапах очистки (в змішувачах, відстійниках, фільтрах, камерах озонування та водоводах).

Виробництво діоксиду хлору відбувається за допомогою реакції хлориту натрію та соляної кислоти:



В генераторі Т70G4000 діоксид хлору виробляється з двох компонентів: хлориту натрію 24-25% та соляної кислоти 32-33%. Для отримання 1 г діоксиду хлору в реакційну камеру, де утворюється діоксид хлору, подається 6 мл хлориту натрію, 4,3 мл соляної кислоти та 18,3 мл води. Водний розчин діоксиду хлору додатково змішується з водою та подається в питну воду для знезараження. На лицьовій панелі генератору є віконце для спостереження кольору розчину діоксиду хлору, який при нормальній роботі має жовто-зелене забарвлення. Контроль за витратами хлориту натрію та соляної кислоти здійснювався за показаннями прецизійних флюсметрів, встановлених на фронтальній частині генераторів, та за рівнем реагентів у витратних баках.

Результати дослідження. Під час промислових випробувань для очищення води використовувався коагулянт сульфат алюмінію з дозами 109-116 мг/дм³ з додатковою обробкою флокулянтном дозами 0,32-0,35 мг/дм³.

Випробування були розпочаті 20.10.2017 р. о 12:00 відключенням на насосній станції першого підйому подачі хлору та аміаку. Одночасно було введено в роботу два генератори діоксиду хлору потужністю 10000 г/год кожен. Доза діоксиду хлору при первинній обробці при витратах води 8600 м³/год склала 1,5 мг/дм³.

З метою виключення потрапляння бактеріальних забруднень в РЧВ та у водопровідні мережі міста після включення первинної обробки діоксидом хлору було включено вторинне хлорування (подача хлору в камеру озонування).

При зниженні вмісту хлору у відстійниках та після фільтрів дозу вторинного хлорування було збільшено, що забезпечило нормований вміст хлору в питній воді на виході зі станції (близько 1,0 мг/дм³).

Після появи діоксиду хлору у воді після фільтрів о 13:00 21.10.2017 р. було відключено вторинне хлорування та включено вторинну обробку питної води діоксидом хлору з дозою 0,3 мг/дм³ за допомогою генераторів потужністю 6000 г/год. В цей час на НВС «Виноградар-3» спостерігалось зниження вмісту залишкового хлору з 0,9 мг/дм³ (21.10.2017 р.) до 0,16 мг/дм³ (23.10.2017 р.). Для бактеріальної безпеки питної води на НВС «Виноградар-3» також здійснювали дохлорування питної води до 10:00 23.10.2017 р. Контроль діоксиду хлору здійснювали на вході в РЧВ, а в подальшому – на виході з РЧВ.

Результати лабораторних досліджень якості води річки Дніпро та питної води на виході зі станції за основними показниками на період випробувань надано в табл. 1, 2.

Таблиця 1. Якість води р. Дніпра під час проведення промислових випробувань на Дніпровській водопровідній станції з 20.10.2017р. по 04.11.2017 р.

Показники контролю	20.10	21.10	22.10	23.10	24.10	25.10	26.10	27.10	28.10	29.10	30.10	31.10	01.11	02.11	03.11	04.11
Температура, °С	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	9	9	9	7	7	7
Забарвленість, градус	48	48	48	46	46	46	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Каламутність, мг/дм ³	1,7	2,2	2,1	2,0	1,8	1,8	1,6	1,5	1,5	1,4	1,55	1,4	1,5	1,4	1,5	1,4
Лужність, ммоль/дм ³	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Окиснюваність, мгО/дм ³	11,1	11,2	11,4	11,2	11,3	11,2	11,0	10,8	10,6	10,6	10,5	10,3	10,3	10,4	10,4	10,4
рН, одиниці	8,15	8,15	8,10	8,10	8,10	8,10	8,10	8,2	8,2	8,15	8,2	8,15	8,2	8,2	8,25	8,25
Загальне залізо, мг/дм ³	0,28	0,28	0,28	0,26	0,23	0,23	0,22	0,23	0,23	0,25	0,35	0,36	0,3	0,29	0,28	0,28
Марганець, мг/дм ³	–	–	–	0,14	–	–	–	–	–	–	0,14	–	–	0,12	–	–
Колі-індекс, КУО/100см ³	545 636	636 727	545 545	990 901	182	991	909 818	545	545	1182 1273	1000 1090	909 1000	363 454	363 454	2000	181
Мікробне число, КУО/см ³	88 210	490 550	480 430	200 240	78 68	73 76	22 29	20 22	20 22	31 32	77 70	48 52	35 34	33 47	250 220	82 70
Фітопланктон, тис.кл/см ³	37	–	–	39	36	35	33	30	–	–	19	17	16	14	14	–

Таблиця 2. Якість питної води під час проведення промислових випробувань на Дніпровській водопровідній станції з 20.10.2017 р. по 04.11.2017 р.

Показники контролю	20.10	21.10	22.10	23.10	24.10	25.10	26.10	27.10	28.10	29.10	30.10	31.10	01.11	02.11	03.11	04.11
Температура, °С	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	10	10	10	8	8	8
Забарвленість, градус	11	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Каламутність, мг/дм ³	0,3	0,35	0,35	0,35	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Лужність, ммоль/дм ³	2,0	1,95	1,85	1,8	1,8	1,8	1,8	1,85	1,9	1,85	1,95	1,85	1,95	1,90	1,95	1,90
Окиснюваність, мгО/дм ³	4,6	4,6	4,8	4,8	4,8	4,7	4,9	4,8	4,7	4,7	4,8	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
рН, одиниці	7,0	7,0	7,0	7,0	7,05	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
Загальне залізо, мг/дм ³	0,12	0,12	0,13	0,10	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,10	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Марганець, мг/дм ³	–	–	–	0,10	–	–	–	–	–	–	0,06	–	–	0,05	–	–
Колі-індекс, КУО/100см ³	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Мікробне число, КУО/см ³	1 2	2 3	1 2	1 2	1	1 3	1 2	2 4	2 4	1 4	0	1	1	1 5	1	1 2
Фітопланктон, кл/см ³	14	–	–	21 28	14 21	14 21	14 21	14	–	–	14 21	14	14	7 14	7	–
Діоксид хлору, мг/дм ³	–	0,055 0,050	0,05 0,06 0,07	0,05 0,05 0,14 0,15 0,17	0,10 0,09 0,08 0,07	0,10 0,09 0,12 0,15 0,16	0,15 0,16 0,14 0,15 0,16 0,17	0,12 0,14 0,15 0,13 0,16 0,10	0,15 0,16 0,14 0,16 0,15	0,12 0,13 0,14 0,16 0,15 0,17	0,14 0,16 0,17 0,15 0,15	0,14 0,15 0,16 0,17 0,17	0,13 0,15 0,15 0,14 0,10 0,08	0,13 0,15 0,14 0,17 0,18 0,19	0,12 0,14 0,15 0,14 0,16	0,16 0,18 0,12 0,14 0,16
Хлорити, мг/дм ³	–	–	0,17 0,19 0,19 0,19	0,16 0,18 0,16 0,18	0,18 0,19 0,16 0,17	0,14 0,16 0,17 0,18	0,19 0,18 0,17 0,18	0,18 0,19 0,19 0,17	0,16 0,14 0,18 0,20 0,17	0,15 0,14 0,13 0,16 0,18 0,17	0,17 0,19 0,17 0,18 0,18	0,18 0,16 0,17 0,19 0,18	0,19 0,18 0,17 0,18 0,19	0,17 0,18 0,19 0,18 0,17	0,17 0,16 0,18 0,17 0,16	0,15 0,18 0,19 0,16 0,14 0,15

Після одержання стабільних результатів по залишковим кількостям діоксиду хлору, а саме, коли вміст залишкового діоксиду хлору після змішувачів складав не менше 0,2-0,45 мг/дм³, швидких фільтрів – 0,03-0,05 мг/дм³, на виході зі станції (у водоводах) – 0,1-0,16 мг/дм³, з 30.10.2017 р. дози первинної обробки було знижено спочатку до 1,3 мг/дм³, а потім до 1,2 мг/дм³. Внаслідок зменшення дози залишковий вміст діоксиду хлору в змішувачах та після фільтрів зменшився, але без зниження вмісту діоксиду хлору на виході зі станції.

Якість питної води ДнВС в період промислових випробувань відповідала вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 за хімічними та мікробіологічними показниками.

За даними результатів центральної лабораторії якість питної води на НВС «Виноградар-3» та в контрольних точках (вул. Світлицького, 37, вул. Туполева, 19, на розі вулиць Кільцевої та Мельниченка, вул. Салютна, 1) відповідали вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10, а також деякого підвищення каламутності 22.10.2017 р. та 26.10.2017 р. за адресами вул. Туполева, 19, ріг вулиць Кільцевої і Мельниченка, вул. Салютна, 1.

Крім того, для оцінки якості питної води використовувались статистичні дані по надходженню скарг з районів, які забезпечуються питною водою з ДнВС. У період з 01.10.2017 р. по 19.10.2017 р. надійшло 18 скарг на незадовільну якість питної води, а в період з 20.10.2017 р. по 04.11.2017 р. – 5 скарг. Цей факт свідчить про те, що кількість скарг за період випробувань не збільшилась.

Висновки. За одержаними результатами промислових випробувань можна зробити наступні висновки:

1. Робота генераторів діоксиду хлору Т70G4000 в період випробувань відповідала характеристикам, приведеним в технічній документації (Інструкції).

2. Доза первинної обробки 1,2-1,5 мг/дм³ забезпечує відсутність відхилень за мікробіологічними показниками і належний санітарний стан споруд. Доза вторинної обробки 0,3-0,45 мг/дм³ забезпечує підвищення вмісту залишкової кількості діоксиду хлору відповідно до норм.

3. Якість питної води ДнВС в період випробувань відповідала вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 за фізико-хімічними та мікробіологічними показниками – вміст діоксиду хлору становив 0,10-0,17 мг/дм³ та хлоритів – менше 0,2 мг/дм³.

4. Якість питної води на НВС «Виноградар-3» та в контрольних точках водопровідних мереж міста за мікробіологічними показниками відповідала вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10.

5. Застосування діоксиду хлору на ДнВС забезпечило надійне знезараження питної води на всіх етапах очистки, при подачі у водопровідні мережі та безпосередньо в водопровідних мережах міста.

6. Для впровадження діоксиду хлору на водопровідних станціях міста Києва необхідно запроєктувати та побудувати спеціальні цехи по виробництву діоксиду хлору, які будуть включати ємкості з придатного матеріалу для зберігання та подачі соляної кислоти та хлориту натрію, розміщені в окремих приміщеннях, та приміщення для генераторів діоксиду хлору та обладнання для дозування діоксиду хлору в питну воду як на первинній, так і при вторинній обробці. Усі приміщення мають бути з опаленням.

7. У зв'язку з високими дозами діоксиду хлору та можливим утворенням хлоритів більше нормативу необхідно передбачити видалення хлоритів. Для цього необхідно передбачити проектування та будівництво вузла зберігання і дозування сульфату заліза (II), як рекомендує ВООЗ та як це прийнято за загальною практикою.

8. Для контролю вмісту хлоритів у питній воді необхідно передбачити придбання рідинного іонного хроматографа та відпрацювання методики визначення хлоритів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Електронний ресурс - <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/12/Projekt-Nats.-dop.-za-2016-rik.pdf>.
2. Мурашко О.В., Алексеєнко В.В. Вода, як провідний фактор передачі інфекції при холері // Вода: гігієна і екологія, №3-4 (1). – 2013. – С.117-125.
3. Мокієнко А. В., Петренко Н. Ф., Степанова Л.В., Белов В.Ф., Максимов В.В. Щодо необхідності впровадження комбінованих методів знезараження питної води // Водопостачання та водовідведення, №2. – 2017. – С.17-21.
4. UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water (GLAAS). Strategy 2017–2020. – World Health Organization, 2017. – 2 p.
5. Climate-resilient water safety plans: Managing health risks associated with climate variability and change. – World Health Organization, 2017. – 84 p.
6. Гончарук В. В., Руденко А. В., Савлук О. С., Сапрыкина М. Н. Мікромицети в источниках водоснабжения и водопроводной воде // Вода: гігієна і екологія, №2 (1). – 2013. – с.34-48.
7. A Massive Outbreak in Milwaukee of Cryptosporidium Infection Transmitted through the Public Water Supply / W.R. Mac Kenzie, N.J. Hoxie, M.E. Proctor, etc. // N Engl J Med, 331. – 1994. – P.161-167.
8. Кобилянський В.Я. Мікробіологія водопровідної води: абсолютна якість та безумовна безпека // Водопостачання та водовідведення, №6. – 2017. – С.11-16.
9. Disinfectants and Disinfectant By-products. – WHO, 2000, p.375.
10. WHO guidelines for drinking water quality: training pack. Disinfectants and Disinfectant By-products. – Geneva, 2000.
11. Vincent G.P., Macmahon J.D., Synan J.F. The Use of Chlorine Dioxide in Water Treatment // American journal of public health, vol.36. – 1946. – P.1035-1037.
12. Aieta E.M., Berg J.D. A Review of Chlorine Dioxide in Drinking Water Treatment // Journal (American Water Works Association), vol. 78, No. 6. – 1986. – P. 62-72.
13. Петренко Н.Ф., Мокиєнко А.В. К вопросу о целесообразности применения диоксида хлора на объектах транспорта // Актуальные проблемы транспортной медицины, № 3 (22). – 2011. – С.134-137.
14. Прокопов В.О., Липовецька О.Б., Куліш Т.В., Соболев В.А. Обґрунтування використання діоксиду хлору для знезараження води на дніпровському водопроводі м. Києва // Актуальні питання громадського здоров'я та екологічної безпеки України (14-ті марзеєвські читання). – Київ. – Вип. 18. – 11-12 жовтня 2018 р. – С.221-223.