

ЩОДО УТВОРЕННЯ ТРИГАЛОМЕТАНІВ ПРИ ОЧИЩЕННІ ВОДИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМ УКРАЇНСЬКОГО ПРИДУНАВ'Я: ВИБІР ОКИСЛЮВАЧА

Ковальчук Л.Й.¹, Петренко Н.Ф.², Мокієнко А.В.²

1-Одеський національний медичний університет, м. Одеса;

2-Державне підприємство Український науково-дослідний інститут медицини транспорту Міністерства охорони здоров'я України, м. Одеса

Представлено гігієнічне обґрунтування застосування діоксиду хлору для попередження утворення ТГМ при очищенні води поверхневих водойм Українського Придунав'я.

Ключові слова: вода, поверхневі водойми, хлор, діоксид хлору, хлороформ, тригалометани, Українське Придунав'я.

Представлено гигиеническое обоснование применения диоксида хлора для предупреждения образования тригалометанов при очистке воды поверхностных водоемов Украинского Придунавья.

Ключевые слова: вода, поверхностные водоемы, хлор, диоксид хлора, хлороформ, тригалометаны, Украинское Придунавье.

The hygienic assessment of application of chlorine dioxide for the formation prevention trihalomethanes is presented at water treating of surface water of Ukrainian Danube region.

Keywords: water, surface water, chlorin, chlorine dioxide, chloroform, trihalomethanes, Ukrainian Danube region.

Вступ

Сьогодні в Україні основним засобом знезараження води централізованого господарсько - питного водопостачання є хлорування. Результати наукових досліджень свідчать, що хлорування води має істотні недоліки, до яких відносять, у тому числі, утворення хлорорганічних сполук з токсичними та віддаленими (канцерогенним, мутагенним тощо) ефектами [1]. Альтернативою хлору є діоксид хлору, який широко застосовують у країнах Європейського Союзу, США тощо. Знезаражена діоксидом хлору вода відповідає сучасним гігієнічним вимогам [2]. Для реалізації гігієнічних вимог до якості питної води необхідно впроваджувати в практику водопідготовки

сучасні ефективні, у тому числі, комбіновані технології очищення та знезараження води.

Гирлова зона ріки Дунай та придунайські озера (Кагул, Катлабух, Кугурлуй, Ялпуг, Китай, Сасик) останніми роками зазнають інтенсивного антропогенного забруднення. Цей регіон, як депресивний, характеризується напруженою соціально-екологічною та загрозливою санітарно-епідеміологічною ситуацією, зумовленою відсутністю регіональної природоохоронної політики, евтрофікацією та «цвітінням» водойм, низькою якістю питної води, високим рівнем захворюваності населення [3-6].

Як показує аналіз щорічних звітів Одеської обласної державної санітарно-епідеміологічної служби, технології обробки води поверхневих водойм в населених пунктах Українського Придунав'я вкрай застарілі, не передбачають коагулювання, а тільки фільтрацію, що створює додаткові ризики утворення побічних продуктів у вигляді галогенорганічних сполук, зокрема тригалометанів (ТГМ) [7]. Разом з тим, існують дані щодо ефективного використання діоксиду хлору в процесі очищення та знезараження річкової води, що дозволяє попередити утворення ТГМ. Однак, за нашими даними, такі дослідження щодо поверхневих вод даного регіону досі не проводились. Тому мета даної роботи полягала у гігієнічному обґрунтуванні застосування діоксиду хлору для попередження утворення ТГМ при очищенні води поверхневих водойм Українського Придунав'я.

Матеріали і методи

Зразки води озер Кагул, Ялпуг, Катлабух, які влітку найбільш потерпають від надмірного «цвітіння», відбирали у 3-х повторностях 23, 24 липня 2014 р. в точках моніторингу стану поверхневих вод, який виконує лабораторія Дунайського басейнового управління водних ресурсів (м. Ізмаїл Одеської області).

В роботі застосовували хімічні та статистичні методи досліджень. Робочі розчини активного хлору отримували шляхом розбавлення основного розчину рідкого гіпохлориту натрію, який використовують на водоканалах для хлорування води, до концентрацій, які забезпечують дозу активного хлору 1, 3, 5, 7 мг/дм³.

Дозу активного хлору та концентрацію залишкового активного хлору визначали стандартним методом за ДСТУ ISO 7393-1-2003 [8].

Водні робочі розчини діоксиду хлору готували з твердого препарату при перемішуванні 5-10 хв. з концентрацією 1 г/дм³ за методикою, викладеною у Інформаційному листі [9]. При необхідності перевіряли концентрацію методом йодометричного титрування, яка

приведена в інструкції із застосування препарату. Об'єм робочого розчину із розрахунку доз діоксиду хлору 1, 2, 3, 4, 5 мг/дм³ додавали до ємності об'ємом 2 дм³ з водою певного озера. Експозиція складала 24 год.

Дозу діоксиду хлору та концентрацію хлоритів як побічних продуктів визначали стандартним методом, який викладено у Методичних рекомендаціях [10].

Хлороформ, як індикаторну сполуку ТГМ, визначали за ДСТУ ISO 10301:2004 [11] на хроматографі «Кристал-Люкс-4000» з електронно-захватним детектором (ЕЗД).

Кожне дослідження проводили у 3-х повторностях. Отриманий матеріал обробляли статистичними методами непрямих різниць. Вірогідними змінами вважались ті, що знаходились за таблицями Стьюдента у межі вірогідності < 0,05 [12].

Результати та їх обговорення

Результати досліджень вмісту хлороформу у хлорованій воді озер Кагул, Ялпуг, Катлабух свідчать, що хлорування води озер супроводжується очікуваним [1] достовірним ($p < 0,05$) ростом утворення високих рівнів хлороформу в залежності від дози введенного хлору, які в 2 (при хлоруванні води оз. Кагул дозою хлору 1 мг/дм³) – 20 разів (при хлоруванні води оз. Катлабух дозою хлору 7 мг/дм³) перевищують чинний норматив цієї сполуки для питної води [13].

Певним чином це підтверджує результати попередніх досліджень (1998 р.) якості води м. Болград [14], джерелом водопостачання якого є оз. Ялпуг, за якими концентрація суми ТГМ у водопровідній воді перевищувала чинний на той час гігієнічний норматив [15] майже у 9 разів (877 мкг/дм³).

Розрахунки показали, що при вмісті у воді ХФ на рівні 120-180 мкг/дм³ (2-3 ПДК) ризик виникнення додаткових випадків онкозахворювань є високим і становить $1,8-2,4 \times 10^{-4}$. Це означає, що при вживанні протягом життя питної води з таким вмістом ХФ можна чекати 180-240 додаткових випадків захворювання на рак у когорті населення 1 млн [16].

З гігієнічної точки зору є необхідність врахування певних принципових обставин. По-перше, високі рівні ціанобактерій у воді озер [4], у тому числі видів, які викликають «цвітіння» води, є фактором ризику утворення ціанотоксинів. Висловлено припущення, що ціанотоксини, які за своєю органічною природою є олігопептидами, алкалоїдами, ліпополісахаридами, можуть створювати токсичні органіномінеральні комплекси [17]. Ці речовини, у свою чергу можуть реагувати з хлором з утворенням інших, вірогідно,

більш токсичних сполук. По-друге, як встановлено у роботі [18], при хлоруванні біомаси зелених та синьо-зелених водоростей генотоксичними є проміжні продукти хлорування, а не тригалометани та галооцтові кислоти. По-третє, хлор може вступати в реакції з антропогенними забруднювачами, наприклад із виявленими нами хлорорганічними пестицидами, з утворенням більш токсичних сполук [1]. В – четверте, концентрації залишкового активного хлору $0,54 \pm 0,13 - 0,81 \pm 0,15$ мг/дм³ при різних дозах активного хлору недостатні для забезпечення епідемічної безпечності питної води при аварійному стані водорозвідних мереж населених пунктів даного регіону.

Результати досліджень вмісту хлороформу у обробленій діоксидом хлору воді озер Кагул, Ялпуг, Катлабух показують, що окислення діоксидом хлору води озер супроводжується достовірним ($p < 0,05$) зменшенням рівнів утворення хлороформу в залежності від дози введенного діоксиду хлору, які у всіх випадках нижчі за чинний норматив цієї сполуки для питної води [13].

Отримані результати кореспондується із даними літератури [19], за якими концентрація ТГМ у воді з розподільної системи, знезараженої діоксидом хлору, становила 1,4 мкг/л, тоді як у контролі (хлорування) - 141 мкг/л.

Відомо, що загальні галогенвмісні сполуки, які можуть утворюватися при окисленні діоксидом хлору, становлять 1-25 % від утворених при хлоруванні при тих же самих умовах [20]. Цим пояснюється певна кількість хлороформу, який утворюється при обробці озерних вод дозою діоксиду хлору 1,2 мг/дм³. Однак, з ростом дози діоксиду хлору до 3, 4, 5 мг/дм³ концентрація хлороформу достовірно зменшується. На думку автора [21], це пояснюється окислювальною деструкцією хлороформу діоксидом хлору на основі вільнорадикального механізму та перетворенням хлороформу у тетрахлорвуглець. Це потребує додаткових досліджень вмісту останнього в обробленій діоксидом хлору воді поверхневих джерел.

Автором [21, 22] після пошуку найбільш адекватних з гігієнічної точки зору шляхів очищення води поверхневих водойм запропоновано найбільш оптимальну схему при традиційних очисних спорудах і високому вмісті органічних речовин у воді. Це передокислення річкової води діоксидом хлору, коагуляція, фільтрування, постзнезаражування хлором. Застосування діоксиду хлору на стадії передокислення усуває утворення ТГМ у питній воді, гарантує мікробіологічну якість води, у тому числі по відношенню до вірусів; не призводить до перевищення гранично-допустимої концентрації

(ГДК) хлоритів. Наступне хлорування води призводить до окислення хлоритів, які утворилися, до діоксиду хлору, тим самим підвищуючи ефективність знезараження, забезпечує видалення хлоритів та бактеріостатичний ефект (продовжувану дію) у водорозподільчих мережах.

Висновок Таким чином, діоксид хлору слід розглядати як дієвий засіб попередження утворення хлороформу, який є фактором ризику канцерогенної захворюваності населення. Запропоновану технологічну схему у вигляді передокислення річкової води діоксидом хлору, коагуляції, фільтрування та постзнезаражування хлором слід вважати найбільш оптимальною з точки зору забезпечення епідемічної та хімічної безпечності питної води. Слід вважати за необхідне проведення відповідних досліджень з метою гігієнічного обґрунтування необхідності впровадження діоксиду хлору в практику очищення води поверхневих водойм Українського Придунав'я.

1. Мокиєнко А.В. Обеззараживание воды. Гигиенические и медико-экологические аспекты. Т. 1. Хлор и его соединения / А.В. Мокиєнко, Н.Ф.Петренко, А.И.Гоженко // Одесса : ТЭС, 2011. – 484 с. 2. Мокиєнко А.В. Обеззараживание воды. Гигиенические и медико-экологические аспекты. Т. 2. Диоксид хлора / А.В. Мокиєнко, Н.Ф.Петренко, А.И.Гоженко // Одесса : ТЭС, 2012. – 604 с. 3. Ковальчук Л.Й. Сучасний еколого-гігієнічний стан водних об'єктів Українського Придунав'я / Л.Й. Ковальчук, А.В. Мокієнко // Актуальні проблеми транспортної медицини: навколишнє середовище; професійне здоров'я; патологія. – 2014. – № 3 (37). – С.171 – 183. 4. Ковальчук Л.И. Гигиеническая оценка цианобактерий озер Украинского Придунавья / Л.Й. Ковальчук, А.В. Мокиєнко, Д.А. Нестерова // Досягнення біології та медицини. – 2014. – №2. – С. 10 – 14. 5. Ковальчук Л.Й. Гігієнічна оцінка евтрофікації поверхневих водойм Українського Придунав'я / Л.Й. Ковальчук, А.В. Мокієнко // Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник Української медичної стоматологічної академії. – 2014. – Т.14, випуск 4(48). – С. 73 – 78. 6. Ковальчук Л.Й. Гігієнічна оцінка стану водних об'єктів у місцях водокористування населення Українського Придунав'я / Л.Й. Ковальчук, А.В. Мокієнко // Медичні перспективи. – 2015. Том XX. – №1. – С. 132 – 139. 7. Ковальчук Л.Й. Еколого – гігієнічна оцінка фізико-хімічного складу та антропогенного забруднення води поверхневих водойм Українського Придунав'я / Л.Й. Ковальчук, А.В. Мокієнко, Л.Б.Солодова // Вісник морської медицини. – 2015. – №1. – С. 48 – 53. 8. ДСТУ ISO 7393-1-2003 "Якість води. Визначення незв'язаного хлору та загального хлору. Частина 1. Титриметричний метод із застосуванням N,N-діетил-1,4-фенілєндіаміну (ISO 7393-1:1985, IDT)". – Каталог нормативних документів 2007. Том 1. Держспоживстандарт України. – (Національний стандарт України). 9. Знезараження стічних вод локальних систем водовідведення, у тому числі на об'єктах транспорту, твердими препаратами діоксиду хлору / Н.Ф. Петренко,

А.В. Мокієнко, О.К. Созінова, Г.В. Власюк // Інформаційний лист про нововведення в системі охорони здоров'я.-Укрмедпатентінформ. – № 221. – 2013. – 4 с. 10. Санітарно-епідеміологічний нагляд за знезаражуванням води у системах централізованого господарсько-питного водопостачання діоксидом хлору. Метод. рекомендації / Укл. А. І. Гоженко, Н. Ф. Петренко, А. В. Мокієнко [та ін.]. – МОЗ України, 2007. – 23 с. 11. ДСТУ ISO 10301:2004. Якість води; Визначання високолетких галогенованих вуглеводнів методом газової хроматографії (ISO 10301:1997, IDT) / П... Хоружий (пер. і наук.-техн. ред.). – Офіц. вид – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – IV, 34с. – (Національний стандарт України). 12. Гланц С. Медико-биологическая статистика / Пер. с англ. Ю. А. Данилова, под ред. Н. Е. Бузикашвили і Д. В. Самолова. – М.: Практика, 1999. – 459 с. 13. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" 2.2.4-171– 10. – Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12 травня 2010 року N 400. – Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за N 452/17747. 14. Петренко Н. Ф. Гігієнічна оцінка застосування діоксиду хлору для знезаражування води із поверхневих джерел / Н. Ф. Петренко // Вісник морської медицини. – 2002. – № 1 (17). – С. 84 – 90. 15. ДСаПІН № 383 "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання". – Київ: МОЗ України. – 1996. – 21 с. 16. Прокопов В.О. Хлороформ у хлорованій воді України та канцерогенний ризик для здоров'я населення від її споживання / В.О. Прокопов, Г.В. Чичковська // Мат-ли наук.-практ. конфер. IV Міжнарод. водного форуму «АКВА Україна – 2006», Київ, 2006. – С. 276 – 278. 18. 17. Комплексна оцінка функціональних змін в організмі здорових щурів, що споживали в якості питної воду оз. Катлабух / Л.Й. Ковальчук, А.В. Мокієнко, Б.А. Насібуллін [та ін.] // Здобутки клінічної і експериментальної медицини. – 2015. – №1. – С. 73 – 76. 18. Genotoxicity of disinfection by-products (DBPs) upon chlorination of nine different freshwater algal species at variable reaction time / Y. L. Zhang, B. P. Han, B. Yan [et al.] // Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA. –2014. –V. 63, N 1. – P. 12–20. 19. Lykins B.W. Using chlorine dioxide for trihalomethane control / B.W. Lykins, M.H. Griese // J.AWWA. – 1986. – V. 78, N 6. – P. 88 – 93. 20. Fleischacker S.J. Formation of Organic Chlorine in Public Water Supplies / S.J. Fleischacker, S.J. Randtke // J. AWWA. – 1983. – V. 75, N 3. – P. 132 – 143. 21. Петренко Н. Ф. Наукове обґрунтування комбінованих методів знезараження питної води: дис. ... д. б. н: 14.02.01 / Н.Ф. Петренко; ДУ „Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва Академії медичних наук України”. – К., 2012. – 396 с. 22. Петренко Н.Ф. Особливості дослідження і впровадження послідовної комбінованої дії діоксиду хлору та хлору для знезараження питної води / Н.Ф. Петренко // Гігієна населених місць. – 2011. – Вип. 58. – С.116 – 122.