



УДК 546.134:628.16

Н. Ф. Петренко, А. В. Мокієнко, А. І. Гоженко, А. М. Пономаренко
**ДІОКСИД ХЛОРУ ЯК ОПТИМАЛЬНИЙ ЗАСІБ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ**

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

Вступ

Генеральний секретар ООН Кофі Аннан 11 вересня 2006 р. зазначив: «Ми не зможемо завдати поразки СНІДу, туберкульозу, малярії або будь-якій іншій інфекційній хворобі, доки ми не виграли битву за безпечну питну воду та належну санітарію — основні складові здоров'я».

За даними ООН, понад 1 млрд людей (18 % населення) не мають доступу до якісної питної води. Інфекційні хвороби, зумовлені водним фактором, становлять близько 80 % інфекційних захворювань у світі. Глобальність проблеми ініціювала проголошення ООН наступної декади Всесвітнім десятиліттям дій «Вода для життя».

Експерти ЮНЕСКО свідчать, що за рівнем раціонального використання водних ресурсів і якості води, включаючи і наявність очисних споруд, Україна серед 122 країн світу посідає 95 місце [1]. Питне водопостачання в Україні на 70 % базується на використанні поверхневих вододжерел, 70 % з яких втратили своє значення як джерела питного водопостачання. Наслідком цього є невирішеність питання забезпечення пріоритет-

ного критерію якості питної води — епідемічної безпеки.

Стан якості питної води в Україні неодноразово визначався як незадовільний. За даними Центральної санітарно-епідеміологічної станції МОЗ України [2], протягом останнього 10-річчя (1995–2004) в Україні офіційно зареєстровано 61 спалах гострих кишкових інфекцій, пов'язаних із водним фактором передачі збудника. Постраждало понад 8000 осіб, у тому числі більше 50 % — діти.

У резолюції науково-практичної конференції «Питна вода: фактор здоров'я населення України» Міністерства охорони здоров'я (жовтень 2006 р.) зазначено: «За останні п'ять років у країні внаслідок спалахів гострих кишкових інфекцій з водним шляхом передачі збудника постраждали понад 5000 осіб, з яких понад 3000 дітей».

За інтенсивністю епідемічного процесу найбільш масовими були спалахи ротавірусної інфекції та вірусного гепатиту А (ВГА), які реєструвалися на 17 адміністративних територіях усіх регіонів України. Тільки у 2005–2006 рр. зафіксовано 14 спалахів гепатиту А [3]. За 10 років кількість зареєстрованих випадків ВГА сягнула 550 тис. осіб, що відпо-

відає чисельності населення середньостатистичного обласного центру. Сумарні збитки тільки за цією патологією перевищують 3 млрд грн.

До основних недоліків організації забезпечення населення питною водою слід зарахувати, зокрема, застосування недосконалих технологій на водопровідних очисних спорудах і незадовільний стан водопровідних мереж і споруд.

Закон України «Про питну воду і питне водопостачання» [4] декларує як один із принципів державної політики в цій сфері «наближення вимог державних стандартів на питну воду, технологій обробки питної води, а також засобів вимірювання і методів оцінки до відповідних стандартів, технологій, засобів і методів, прийнятих в Європейському союзі».

Таким чином, аналіз сучасного стану водогосподарської сфери в Україні свідчить про те, що водно-екологічні проблеми зберігають масштабний характер і гостроту. Заходи, які застосовуються на місцях для зміни ситуації, недостатні для гарантованого забезпечення населення епідемічно безпечною питною водою. Все це потребує впровадження загальнодержавної програми «Питна вода України» [5], головна мета



якої — покращити забезпечення населення України питною водою нормативної якості в межах науково обгрунтованих нормативів питного водопостачання та поліпшення на цій основі стану здоров'я людей. Одним із завдань є розробка сучасних технологій очищення та кондиціювання поверхневих вод з урахуванням нових нормативних вимог до якості води [6].

Використання діоксиду хлору — достатньо відомий і поширений засіб знезаражування питної води, що пояснюється його істотними перевагами порівняно з традиційним хлоруванням, зокрема, більшою біоцидною ефективністю та відсутністю утворення хлорорганічних сполук.

Діоксид хлору для обробки питної води у промислових масштабах уперше застосували США у 1944 р. [7]. У нашій країні дослідження, присвячені застосуванню діоксиду хлору у водопідготовці, проводили у 1940–1960 рр. відомі вчені — Л. А. Кульський, Н. Н. Трахтман, М. Н. Светлакова, Т. С. Бедулевич, С. Н. Черкинський, М. А. Шевченко. Апробація промислового використання діоксиду хлору здійснена на Томському водопроводі [8].

У нормативному документі, який набув чинності ще наприкінці 60-х років минулого століття, використання діоксиду хлору рекомендовано «...для підвищення ефективності обеззараживання и предупреждения специфических запахов в воде» [9].

Сьогодні діоксид хлору застосовується у практиці водопідготовки багатьох країн. У США і Канаді його використовують на 120 ВОС, у Західній Європі (Франції, Швейцарії, Великобританії, Італії, ФРН) — на 450.

У країнах колишнього СРСР цей реагент почали застосовувати тільки наприкінці 90-х років. У 1996 і 1998 рр. введено в експлуатацію відповідне

устаткування в Іллічівську і Южному Одеської області. У 2002–2003 рр. дану технологію застосували в Новополицьку (Республіка Білорусь), Єкатеринбургу і Нижньому Тагілі (Російська Федерація). Нещодавно дана технологія впроваджена у Жовтих Водах (Дніпропетровська обл.).

Дослідження з гігієнічного обгрунтування використання діоксиду хлору в технологіях водопідготовки [10] показали, що даний засіб по праву можна зарахувати до категорії «розумної альтернативи», коли йде мова про забезпечення відповідності питної води нормативним вимогам.

У монографії [11] викладено аналіз даних літератури, зокрема оглядового характеру, і результати власних досліджень, обгрунтована необхідність впровадження діоксиду хлору в практику централізованого господарсько-питного водопостачання населених пунктів.

Мета роботи — аналіз хімічних, біологічних, токсикологічних, технологічних, екологічних та економічних аспектів застосування діоксиду хлору у водопідготовці.

1. Хімічний

Завдяки своїй радикальній структурі діоксид хлору, перш за все, є акцептором електронів, тому діє як окиснювач на відміну від хлору. Він окиснює органічні речовини у воді до сполук, які підлягають подальшому біохімічному окисненню; неорганічні речовини переводить у сполуки з більш високим ступенем окиснення. Ця здатність зумовлює такі принципи переваги діоксиду хлору, порівняно з хлором, як більш високу біоцидну дію та відсутність утворення галогенорганічних сполук [12].

На відміну від хлору, у характерному для питної води інтервалі рН від 6 до 8 діоксид хлору не гідролізується, залишається у водному розчині як молекулярно розчинений газ [13].

2. Біологічний

«Инфекционные болезни, которые вызваны патогенными бактериями, вирусами и простейшими или паразитарными агентами, являются наиболее типичными и широко распространенными факторами риска для здоровья, связанными с питьевой водой» [14]. Ця думка експертів ВООЗ пояснює той факт, що ефективне знезаражування (знищення патогенних мікроорганізмів) було, є і повинно залишатися пріоритетом номер один у питній водопідготовці.

Численні дані літератури свідчать, що проблема мікробної контамінації вододжерел і питної води не тільки не розв'язана, але з розширенням й поглибленням досліджень у даному напрямку стає більш гострою та багатоплановою [15–18].

Як видно з даних літератури і результатів власних досліджень, біоцидна дія діоксиду хлору знаходиться у широкому діапазоні рН по відношенню до різних мікробних об'єктів [11; 13].

Слід виділити надзвичайно важливу перевагу діоксиду хлору порівняно з озоном — наявність пролонгованої дії (післядії). На відміну від хлору й озону, діоксид хлору проявляє двостадійну окиснювальну та біоцидну дію. На першій стадії протікають швидкі реакції окиснення та інактивації мікроорганізмів під дією діоксиду хлору. На другій стадії — повільні реакції окиснення, інактивації мікроорганізмів під дією хлорит-іонів, які зумовлюють бактеріостатичну та пролонговану дію діоксиду хлору [11; 13].

У цьому контексті надзвичайно важливою є принципова перевага діоксиду хлору перед хлором і озоном. Це видалення біоплівки і мікробного обростання систем питного та технічного водопостачання і, як наслідок, запобігання їх утворенню. Враховуючи незадовільний санітарно-технічний та епідеміологічний стан водо-



розподільних мереж переважної більшості населених пунктів країни, така властивість діоксиду хлору може визначати перспективу його впровадження [19; 20].

Результати натурних досліджень у процесі гігієнічної апробації впровадження діоксиду хлору в конкретні технологічні схеми водопідготовки показують, що ця сполука у встановлених дозах на рівні 0,5–1,0 мг/дм³ у всіх випадках забезпечувала епідемічну безпеку води [10; 11; 21].

Останні наші дослідження показали, що знезаражування води діоксидом хлору в Іллічівську Одеської області з 1996 р. дозволило знизити рівень захворюваності населення цього міста на гепатит А більш ніж утричі порівняно з аналогічними показниками в інших населених пунктах Одеської області, Одесі та в Україні загалом [22]. Ці дані збігаються зі встановленими нами раніше [23].

Оцінка ефективності діоксиду хлору порівняно з іншими поширеними засобами (озоном, хлором і хлорамінами) підкреслює суттєву його перевагу у знезаражуванні води. Це полягає в оптимальному співвідношенні біоцидної дії, стабільності та післядії як основних критеріїв оцінки хімічних дезінфектантів [24].

3. Токсикологічний

Ми узагальнили дані літератури щодо нормування діоксиду хлору і його похідних (хлоритів і хлоратів).

Наприклад, для хлориту (0,2 мг/дм³) в Україні нині орієнтуються на рекомендації ВООЗ [14] і Перелік ГДК і приблизно безпечні рівні впливу 1983 р. [25].

За цієї умови слід врахувати таке [26]: концентрація діоксиду хлору при вторинному знезаражуванні питної води в Южному та Іллічівську дорівнює 0,2 мг/л; залишкова концентрація хлориту — близько 0,035 мг/л; залишкова концен-

трація хлорату — близько 0,002 мг/л (за даними [12]). Таким чином, кратність у бік зменшення для діоксиду хлору, хлоритів і хлоратів сягає відповідно 8, 6 і 10 000 разів.

Проте, на наш погляд, навіть за таких умов, токсикологічна значущість діоксиду хлору і його похідних для організму людини вельми незначна. Це пояснюється такими причинами. По-перше, апробовані нами дози діоксиду хлору та констатовані залишкові концентрації хлоритів відповідають рекомендованим ВООЗ і чинним вітчизняним нормативам. По-друге, існуюча якість передочищення природних вод і стан водорозподільних мереж надаватиме істотне і неминуче зменшення концентрацій як діоксиду хлору, так і його похідних.

4. Технологічний

Для знезаражування води діоксид хлору одержують на місці використання у вигляді водного розчину. Метод отримання діоксиду хлору з хлориту натрію та соляної кислоти найчастіше використовується для знезаражування питної води [11; 13].

Аналіз загальних і окремих питань застосування діоксиду хлору у водопідготовці показує, що цей засіб оптимізує якість питної води на всіх стадіях технологічного процесу. При цьому слід зазначити таку важливу перевагу діоксиду хлору, яку ми б назвали «технологічною пластичністю», тобто здатність даної технології адекватно монтуватись у будь-які технологічні схеми водопідготовки.

На стадії передокиснення природної води введення діоксиду хлору дозою 1–5 мг/дм³ оптимізує процес коагуляції, знижує концентрації органічних сполук і неорганічних відновників, покращує органолептичні показники води (присмак і запах), інактивує бактерії та віруси. На стадії постзнезаражування діоксидом хлору води

у резервуарі чистої води (РЧВ) забезпечується відповідність її мікробіологічної якості нормативним вимогам, збереження її у водорозподільній системі, видалення біоплівки і мікробних обростань систем водорозподілу і, як наслідок, запобігання їх утворенню [11; 13].

5. Екологічний

Якщо спробувати екстралювати дані про повну виживаність мідій під впливом діоксиду хлору у концентрації 1–5 мг/дм³ [27] і розглядати цей моллюск як біологічний тест-об'єкт екосистеми Чорного моря, то можна припустити, що двократно знезаражування діоксидом хлору дозою 2 мг/дм³ з інтервалом 8 год очищених стічних вод [28] не спричинятиме токсичної дії на морську біоту, оскільки залишкова концентрація діоксиду хлору буде принаймні в 10 разів меншою, ніж та, що вводиться, і зменшиться при розведенні морською водою до слідової.

6. Економічний

Представництвом фірми ALLDOS Dosierttechnik GMBH (Німеччина) в Україні виконано розрахунок вартості устаткування, витратних реагентів для вторинного знезаражування 1 м³ питної водопровідної води газоподібним хлором і діоксидом хлору в Одесі. Встановлено, що різниця між вартістю знезаражування 1 м³ води хлором і діоксидом хлору становить 0,011 – 0,002 = 0,009 грн/м³ [11]. Якщо врахувати, що тарифи на водопровідну воду для споживачів невпинно зростають, така зміна не може розглядатися як істотна.

Слід зазначити, що орієнтовний (тобто далеко не повний) соціально-економічний ефект тільки по одному Іллічівську за два останні роки завдяки зниженню кількості хворих на гепатит А становить близько 240 тис. грн. Таким чином, сумарний ефект тільки по населених пунктах України, де питна вода є епідемічно небезпечною, слід вважати як значний.



У 2002 р. нами розроблені методичні вказівки «Знезараження води у системах централізованого господарсько-питного водопостачання діоксидом хлору», які сьогодні проходять остаточне узгодження у Комітеті з питань гігієнічного регламентування перед затвердженням у міністерстві.

Висновки

Дані літератури та результати наших досліджень дозволяють зробити висновок, що діоксид хлору є епідемічно й екологічно безпечним, токсикологічно нешкідливим, технологічно адекватним й економічно прийнятним засобом обробки води у системах господарсько-питного водопостачання населених пунктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Сташук В. А.* Розвиток системи інтегрованого управління водними ресурсами України // Матеріали наук.-практ. конф. III Міжнар. водного форуму «АКВА УКРАЇНА-2005». — 4–7 жовтня 2005 р., м. Київ. — К., 2005. — С. 18-21.
2. *Світа В.* Вода як фактор передачі збудників інфекційних захворювань // СЕС профілактична медицина. — 2005. — № 3. — С. 48-50.
3. *Бережнов С. П.* Питна вода як фактор національної безпеки // Вода і водоочисні технології. — 2006. — № 3 (19). — С. 5-11.
4. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» № 2918-III від 10.01.2002.
5. Закон України «Про загальнодержавну програму “Питна вода України” на 2006–2020 рр.» № 2455-IV від 03.03.2005.
6. *Прокопов В. О.* Першочергові задачі гігієни у сфері питної води та питного водопостачання, спрямовані на виконання загальнодержавної програми «Питна вода України» // Збірка тез доп. наук.-практ. конференції (Другі марзєєвські читання) «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України». — К.: ІГМЕ ім. О. М. Марзєєва АМН України, 2006. — С. 26-27.
7. *Aston H. N.* Chlorine Dioxide Use in Plants on the Niagara Border // J. AWWA. — 1947. — Vol. 39, N 7. — P. 687-690.
8. *Сегельман А. Л.* Использование двуокиси хлора на Томском водопроводе с целью устранения хлор-

фенольного запаха // Гигиена и санитария. — 1954. — № 10. — С. 46-47.

9. *Инструкция по контролю за обеззараживанием хозяйственно-питьевой воды и за дезинфекцией водопроводных сооружений хлором при централизованном и местном водоснабжении:* № 723а-67: Утв. зам. Главного санитарного врача 25.11.1967 / М-во здравоохранения СССР. — М., 1969. — 17 с.

10. *Петренко Н. Ф.* Гігієнічне обґрунтування застосування діоксиду хлору у технологіях водопідготовки: Дис. ... канд. біол. наук. — 14.02.01 — гігієна (біологічні науки) / Інститут гігієни та медичної екології ім. О. М. Марзєєва АМН України. — К., 2002.

11. *Петренко Н. Ф., Мокиєнко А. В.* Диоксид хлора: применение в технологиях водоподготовки: Монография. — Одесса: Изд-во “Optimum”, 2005. — 486 с.

12. *Aieta E. M., Roberts P. V., Hernandez M.* Determination of Chlorine Dioxide, Chlorine, Chlorite and Chlorate in Water // J. AWWA. — 1984. — Vol. 76, N 7. — P. 64-74.

13. *Chlorine dioxide: Monograph.* — Industrie Chimiche Caffaro, 1997. — 92 p.

14. *Руководство по контролю качества питьевой воды.* — 2-е изд. — Т. 1. Рекомендации. — Женева: Изд-во ВОЗ, 1994. — 258 с.

15. *Dold C.* Water and health, hand-in-hand for a day // Bull World Health Organ. — 2001. — Vol. 79, N 5. — P. 34-36.

16. *Bartram J.* New water forum will repeat old message // Bull World Health Organ. — 2003. — Vol. 81, N 3. — P. 56-58.

17. *Shademani R.* Drinking water and infectious disease — establishing the links // Bull World Health Organ. — 2002. — Vol. 80, N 11. — P. 45-47.

18. *Payment P.* Tap water and public health — the risk factor // Water-21. — 2000. — N 8. — P. 9.

19. *Петренко Н. Ф., Мокиєнко А. В.* Биопленки: состояние проблемы и поиск решения // Матеріали наук.-практ. конф. III Міжнар. водного форуму «АКВА УКРАЇНА-2005». — 4–7 жовтня 2005 р., м. Київ. — К., 2005. — С. 223-228.

20. *Simpson G. D.* Biofilm: Removal and Prevention with Chlorine Dioxide // Proc. Chlorine Dioxide: Drinking Water, Process Water and Wastewater Issues. Intern. Symp. — AWWA — AWWARF, 1997. — P. 123-135.

21. *Петренко Н. Ф., Мокиєнко А. В., Созинова Е. К.* Диоксид хлора: гигиеническое обоснование внедрения в технологии водоподготовки // Матеріали XIV з'їзду гігієністів України «Гігієнічна наука та практика на ру-

бежі століть». — Дніпропетровськ, 2004. — С. 177-179.

22. *Мокиєнко А. В.* Обеззараживание воды и заболеваемость населения: к оценке взаимосвязи // Матеріали наук.-практ. конф. IV Міжнар. водного форуму «АКВА УКРАЇНА-2006». — К.: Укр. водна асоціація, 2006. — С. 285-288.

23. *Обеззараживание питьевой воды диоксидом хлора как фактор снижения заболеваемости населения вирусным гепатитом А / А. В. Мокиєнко, Л. И. Засыпка, Л. В. Красницкая, А. Б. Садкова // Довкілля та здоров'я.* — 2005. — № 4. — С. 21-25.

24. *Hoff J. C.* Inactivation of microbial agents by chemical disinfectants // US EPA 600/286/067. — 1986.

25. *Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования:* № 2932-83. — М.: МЗ СССР, 1983. — 61 с.

26. *Мокиєнко А. В.* О безопасности диоксида хлора или критический анализ публикаций-2 // Вода і водоочисні технології. — 2006. — № 1 (17). — С. 23-27.

27. *Matisoff G., Brooks C. L., Bourland B. I.* Toxicity of Chloride Dioxide to Adult Zebra Mussels // AWWA. — 1998. — Vol. 8. — P. 93-106.

28. *Петренко Н. Ф., Мокиєнко А. В.* К обоснованию применения диоксида хлора для обеззараживания бытовых сточных вод // Довкілля та здоров'я. — 2004. — № 1. — С. 14-17.

