

УДК 628.14

## ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ ХЛОРУВАННЯМ

**Б. І. Полюхович**

студент 1 курсу, група ПМ-1

Науковий керівник – к.т.н. Н. Л. Мінаєва

*ВСП «Рівненський технічний фаховий коледж Національного університету водного господарства та природокористування», м. Рівне, Україна*

**В наш час найпоширенішим способом дезінфекції води залишається хлорування. Проте враховуючи недоліки знезараження за допомогою рідкого хлору водоканалам необхідно переходити на більш сучасні гігієнічні та економічні технології знезараження за допомогою діоксиду хлору або гіпохлориту натрію.**

**Ключові слова:** знезараження, хлорування, залишковий хлор, зріджений хлор, діоксид хлору, гіпохлорит натрію.

**В настоящее время самым распространенным способом дезинфекции воды остается хлорирование. Однако учитывая недостатки обеззараживания с помощью жидкого хлора водоканалам необходимо переходить на более современные гигиенические и экономические технологии обеззараживания с помощью диоксида хлора или гипохлорита натрия.**

**Ключевые слова:** обеззараживание, хлорирование, остаточный хлор, сжиженный хлор, диоксид хлора, гипохлорит натрия.

**Nowadays, the most common way to disinfect water is chlorination. However, given the disadvantages of disinfection with liquid chlorine, water utilities need to move to more modern hygienic and economical technologies of disinfection with chlorine dioxide or sodium hypochlorite.**

**Keywords:** disinfection, chlorination, residual chlorine, liquefied chlorine, chlorine dioxide, sodium hypochlorite.

**Питне водопостачання країни** майже на 80% забезпечується з поверхневих джерел. Більшість басейнів річок, згідно з гігієнічною класифікацією водних об'єктів за ступенем забруднення [1], можна віднести до забруднених та дуже забруднених. Відповідно до п. 3.1 ДСанПіН 2.24-171-10 [9], питна вода має відповідати таким вимогам: бути безпечною в епідеміологічному і радіаційному відношеннях, мати приємні органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад. Для досягнення встановлених нормативів на водогінних станціях повинні застосовуватись адекватні якості вихідної води технології водопідготовки.

За результатами аналізу показників питної води спеціалістами Київського інституту екогігієни і токсикології ім. Л. Медведя встановлено, що більше 45% жителів України вживають воду з «відхиленнями» [2]. Через воду передаються збудники заразних (черевний тиф, паратиф, лептоспіроз, туляремія) і ряду паразитарних хвороб. Методи очистки води (відстоювання, фільтрація, коагуляція) дозволяють вилучити з неї яйця гельмінтів і лише 95–99% бактерій. Цим обґрунтовується необхідність проведення додаткових заходів, спрямованих на знезараження води.

**В наш час найпоширенішим** способом дезінфекції води залишається первинне хлорування. Причина цього полягає в підвищеній ефективності такого знезараження води і

економічності технологічного процесу в порівнянні з іншими існуючими способами. Інша найважливіша перевага цього способу – завдяки ефекту післядії забезпечується мікробіологічна безпека води при її транспортуванні до споживача.

Знезараження води рідким хлором найчастіше використовують українські водоканали. Хоча це не найбільш безпечний і екологічний спосіб очищення, він один з найдешевших. Вперше його застосували в 1894 р. в Німеччині. Під час хлорування воду обробляють газоподібним хлором, або препаратами, які містять активний хлор. Під активним хлором розуміють розчинений молекулярний хлор і його сполуки. При цьому розрізняють активний вільний хлор (молекулярний хлор, хлорнуватисту кислоту та гіпохлорит-іон) та активний зв'язаний хлор, що входить до складу хлорамінів [2].

Водночас істотний недолік хлорування – це присутність в обробленій воді вільного хлору, що погіршує її органолептичні властивості і є причиною утворення шкідливих для здоров'я побічних сполук галогену – тригалометанів, таких як хлороформ, діхлорбромметан, дибромхлорметан і бромформ. Їх утворення обумовлене взаємодією сполук активного хлору з органічними речовинами природного походження.

Крім того, для знезараження води з використанням зрідженого хлор-газу необхідні витрати на купівлю, доставку і зберігання реагенту, на обслуговування хлорувального обладнання, на забезпечення заходів з техногенної безпеки.

Хлорування води рідким хлором здійснюють за допомогою хлораторів, в яких готують розчин. Розчин хлору вводять без посередньо в трубопровід. Використовуються вакуумні хлоратори АХВ-1000 (раніше ЛОНІИ-100), ЛК-10, ЛК-11, ЛК-12, ХВ-11. На станцію рідкий хлор доставляють у балонах або бочках. Для знезараження води в локальних схемах можна застосовувати і хлорпатрони, які вставляють у місткість із водою (хлорпатрон – це пористий циліндричний елемент, в який засипають хлорне вапно) [3].

Після розробки безпечного методу виробництва діоксиду хлору ( $\text{ClO}_2$ ) спеціалісти та вчені почали пророчити йому долю такої ж важливої дезінфікуючої речовини і окиснювача, яким був хлор після його відкриття більше ста років тому. За своєю дезінфікуючою дією діоксид хлору в 4 рази перевершує дію хлору і практично не має супутніх йому негативних наслідків завдяки особливому механізму хімічної дії на забруднюючі речовини і мікроорганізми. Технологія знезараження води діоксидом хлору відрізняється від хлор-газу тим, що діоксид хлору одержують на місці використання і відразу дозують його у воду. Отже, зникає небезпека, пов'язана з транспортуванням та зберіганням зрідженого хлор-газу.

Одним з перспективних альтернативних дезінфектантів є гіпохлорит натрію – неорганічна сполука, сіль гіпохлоритної кислоти складу  $\text{NaClO}$ . Міжнародне видавництво «Greenwood Press» внесло гіпохлорит натрію до списку «100 найважливіших хімічних сполук» [10]. Гіпохлорит натрію одержують на місці споживання шляхом електролізу розчинів кухонної солі або мінералізованих вод, що містять не менше 20 мг/л хлоридів. Гіпохлорит натрію  $\text{NaClO} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  – це кристалогідрат, що утворюється з розчину кухонної солі  $\text{NaCl}$  електролізом. Після введення хлору або хлорних реагентів у воду відбувається гідроліз хлору з утворенням хлорнуватистої кислоти. Хлорнуватиста кислота дисоціює, утворюючи гіпохлорит-іон ( $\text{ClO}$ ). Окислювальну дію має як кислота, так, навіть більшою мірою, і гіпохлорит-іон. Проте деякі вчені вважають, що хлорнуватиста кислота, крім того, дисоціює з утворенням атомарного кисню



Атомарний кисень також сильний окислювач. У цілому ефективність хлорування залежить від дози хлору й тривалості контакту з водою. При цьому на окислення мікроорганізмів витрачається невелика доза хлору, а більша його частина використовується для окислення органічних та деяких мінеральних домішок. Хлор знищує всі патогенні бактерії, крім спороутворювальних.

**Водоканали міст-мільйонників України** для знезараження питної води використовують переважно рідкий хлор: від 800 тонн на рік (Харків) до 1 тис. тонн на рік (Київ). Щодня жителі Києва використовують близько 700 мільйонів літрів води. Наразі 90% води знезаражується рідким хлором. Лабораторні та промислові випробування технології знезараження діоксидом хлору на Дніпровській водопровідній станції вперше були проведені у 2017 році і засвідчили, що це найприйнятніша технологія з точки зору якості знезараження води, безпеки для довкілля та економічної вигоди. Планується, що вже через 2–2,5 роки «Київводоканал» зможе повністю відмовитись від використання хлору для знезараження питної води та перейти на більш сучасні та безпечні технології та реагенти [4].

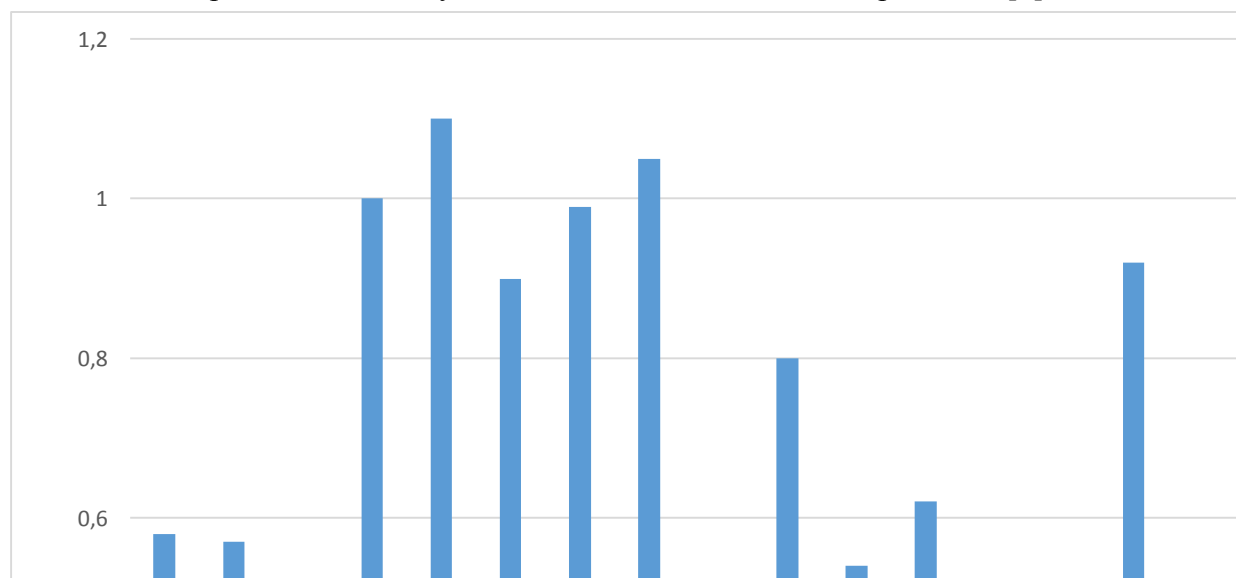


Рис. 1. Показники хлору залишкового та вільного на станціях м. Києва при знезараженні рідким хлором (станом на листопад 2020 р.). Допустима концентрація хлору залишкового зв'язаного складає 1,2 мг/л

Комунальне підприємство «Хмельницькводоканал» одне з перших в Україні ще у 2006 році перейшло на безпечне очищення води. Всі водонасосні станції міста переведені з рідкого хлору на знезараження води гіпохлоритом натрію, що дає можливість хмельничанам споживати набагато чистішу воду. У місті Хмельницькому діє 8 водонасосних станцій. Всі вони використовують гіпохлорит натрію [5].

Водозабір на потреби жителів м. Рівного здійснюється із підземних джерел, які налічують 116 артезіанських свердловин, що розташовані на 7 водозабірних майданчиках. Піднята вода очищається на 4-х станціях знезалізнення загальною потужністю 121,5 тис. м<sup>3</sup>/добу та знезаражується гіпохлоритом натрію марки «А» на 7 дозаторних установках. «Рівнеоблводоканал» запустив власне виробництво гіпохлориту натрію. Нова установка із виробництва цієї життєво необхідної для забезпечення міста якісною питною водою хімічної сполуки, тепер працює на одній з місцевих водопровідно-насосних станцій (ВНС). Таким чином, підприємство тепер власними силами може забезпечити частину потреб у гіпохлориті, який досі закуповує на підприємстві «Дніпроазот» [6].

У Кропивницькому водопровід існує з 17 травня 1893 р. На сьогоднішній день середньодобова подача води на місто складає 55–60 тис. м<sup>3</sup>/добу. Тут з метою знезараження проводиться дохлорування води гіпохлоритом натрію [7].

Для забезпечення потреб міста «Черкасиводоканал» використовує поверхневі води Дніпра. Щодня подається 70–80 тис. м<sup>3</sup> води. Як і в більшості водоканалів світу, вода знезаражується за допомогою хлору. Нині використовується зв'язаний хлор, який має низькі

окислювальні властивості. Це дозволяє зменшити вміст хлорорганічних сполук, які утворюються при знезараженні води хлором [8].

Узагальнюючи результати досліджень якості знезараженої питної води, наведено графіки залишкового, вільного, зв'язаного, хлоридів та сухого залишку для різних досліджуваних об'єктів. Отримані результати можна проілюструвати на графіку (рис. 2).

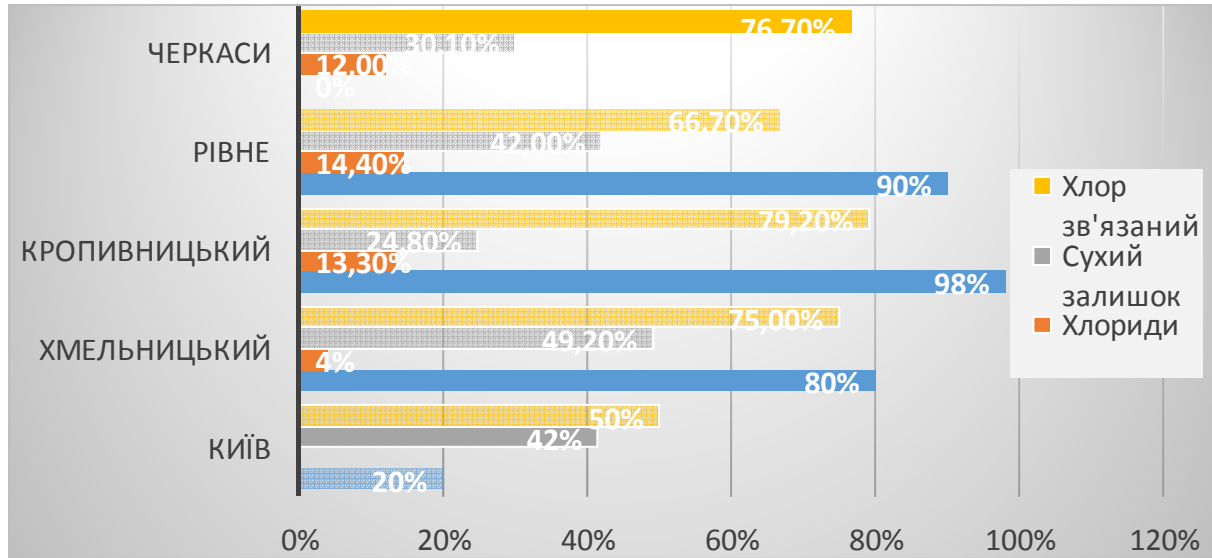


Рис. 2. Діаграма відсоткового відношення якості питної води відповідно до норм ДержСанПін 2.2.4-171-10 за 2020 рік [9]

**Проаналізувавши різні методи** знезараження питної води хлоруванням, було визначено, що кінцеві показники вмісту залишкового та вільного хлору не перевищують нормативних значень для питної води при різних методах хлоруванням у всіх досліджуваних водоканалах України, а саме в Києві, Рівному, Черкасах, Хмельницькому, Кропивницькому, тобто такі методи знезараження є результативними.

Проте, враховуючи недоліки знезараження за допомогою рідкого хлору: особливі вимоги до перевезення експлуатації обладнання та зберігання; при високих дозах можливе утворення тригалометанів, броматів та броморганічних продуктів за наявності у воді бромідів; при витоках хлор-газу з'являється небезпека для навколишнього середовища і людини.

Тому усім організаціям, які займаються приготуванням питної води, необхідно переходити на більш сучасні гігієнічні та економічні технології знезараження за допомогою діоксиду хлору або гіпохлориту натрію. Дані способи не тільки якісно знезаражують воду, а й більш безпечні для працівників і водокористувачів, екологічні та дають змогу безпечно окислювальні речовини отримувати безпосередньо на місці використання, що знижує експлуатаційну вартість очистки.

1. Мокиєнко А. В., Петренко Н. Ф., Гоженко А. И. Обеззараживание воды. Гигиенические и медико-экологические аспекты. *Хлор и его соединения*. Т. 1. Одесса : ТЭС, 2011. 484 с.
2. Петренко Н. Ф. Диоксид хлора: применение в технологиях водоподготовки. Одесса : Изд-во «Optimum», 2005. 486 с.
3. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання : підручник. К. : Знання, 2009. 735 с.
4. Сайт «Київводоканал». URL: <https://www.vodokanal.kiev.ua/> (дата зверення: 15.03.2021).
5. Сайт «Хмельницькводоканал». URL: <https://water.km.ua/> (дата зверення: 15.03.2021).
6. Сайт «Рівневодоканал». URL: <http://vodarivne.com> (дата зверення: 15.03.2021).
7. Сайт «Черкасиводоканал». URL: <http://vodokanal.ck.ua> (дата зверення: 15.03.2021).
8. Сайт «Дніпро – Кіровоградводоканал». URL: <https://dnipro-kirovograd.com.ua/> (дата зверення: 15.03.2021).
9. ДСанПін 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 р., № 9400. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 1 липня 2010 р. за № 452/1747. Київ : МОЗ України. 2010. 36 с. (Державні санітарні правила і норми).