

УДК 628.16

## МЕТОДИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

Душкін С.С.<sup>1</sup>, к.т.н. доц.; Ялинич І.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України

**Вступ.** Знезараження води в процесі водопідготовки для господарсько-питних цілей проводять з метою знищення можливих патогенних бактерій та вірусів на кінцевій стадії обробки та покращення санітарно-екологічного стану споруд на попередньому етапі очищення.

Найбільш небезпечні для людини водні патогенні організми:

- віруси (ентеровіруси гепатиту А, Б, Е та ін.);
- бактерії (патогенні *Escherichia Coli* та ін.);
- найпростіші агенти (*Giardia Zamblia* та ін.).

В технології знезараження хімічними методами можлива інактивація лише вірусів та бактерій. Видалення найпростіших агентів роблять у процесі глибокого попереднього прояснення води.

У зв'язку із сезонними змінами фізико-хімічного та мікробіологічного складу води поверхневих та підруслоних підземних вододжерел, змінюються режими знезараження та дози дезінфектантів протягом року.

Раціональний вибір методу знезараження питної води повинен проводитися з урахуванням якості води у джерелі водопостачання, схеми та продуктивності станції водопідготовки, стану водоводів та розподільчої мережі.

Метою роботи є техніко-екологічне обґрунтування знезараження води для питних цілей.

Завдання роботи – проаналізувати існуючі методи знезараження питної води, розглянути стан питання, проаналізувати альтернативні методи знезараження питної води.

Об'єкт дослідження – процеси знезараження питної води.

Предмет дослідження – процеси знезараження питної води в системах водопостачання.

**Постановка проблеми.** Ефективне знезаражування було і повинно залишатися питанням номер один в підготовці питної води. Знезаражування включає дві можливі стадії, відповідно двом різним функціям знезаражувального агента: загальні бактерицидні, віруліцидні та біоцидні дії і так звана «післядія», що гарантує збереження мікробіологічної якості розподілюваної води та захист мережі.

Існує ряд критеріїв, за якими оцінюється прийнятність того або іншого методу знезаражування:

- мають бути забезпечені видалення патогенних і зниження концентрації індикаторних мікроорганізмів до значень, встановлених відповідними санітарними нормативами;
- вживаний метод знезаражування не повинен призводити до виникнення шкідливих побічних продуктів у концентраціях вище ГДК;
- вибраний режим очищення і знезараження має забезпечити збереження мікробіологічної якості води при її транспортуванні споживачеві;
- метод повинен органічно вписуватися в загальну технологічну схему очищення і бути прийнятним з економічної точки зору, а також безпечним, таким, що включає надзвичайні ситуації на об'єкті.

Аналіз існуючих методів і режимів знезараження води показує, що не існує універсального методу, оптимального для вирішення всіх зазначених завдань.

**Огляд літературних джерел.** Бактерицидний ефект хлору значною мірою залежить від початкової дози хлору та тривалості його контакту з водою. Ступінь забрудненості води органічними речовинами характеризується хлоропоглинанням води [1-3].

На спорудах водопідготовки хлор для знезараження застосовують у вигляді  $Cl_2$ , хлорреагентів – розчинів товарних гіпохлориту натрію і кальцію, гіпохлориту натрію, отриманого електролітичним способом з кухонної солі на місці, хлорного вапна, хлорамінів, а також хлору, отриманого з мінералізованої артезіанської води методом прямого електролізу.

Ефективність знезаражувальної дії хлору та хлорвмісних сполук залежить від ряду факторів, пов'язаних з біологічними особливостями мікроорганізмів, бактерицидними властивостями діючих препаратів, станом водного середовища та умовами, в яких здійснюється знезараження.

Хлорування поверхневої води здійснюють у традиційній реагентній двоступінчастій схемі водопідготовки – на початковому етапі очищення в змішувачах (первинне хлорування) та в резервуарах чистої води (вторинне хлорування).

Первинне хлорування проводять з метою попереднього знезараження та підтримки споруд водопідготовки у належному санітарно-технічному стані, а також покращення процесу коагуляції.

Остаточне знезараження здійснюють відповідно до ДержСанПіН із концентрацією залишкового вільного хлору 0,3-0,5 мг/дм<sup>3</sup> після контакту з водою протягом 30 хвилин. Концентрація зв'язаного хлору – 0,8-1,2 мг/дм<sup>3</sup> після контакту з водою протягом 60 хвилин. При вмісті вільного та зв'язаного хлору контроль ведуть по вільному хлору (якщо його міститься більше 0,3 мг/дм<sup>3</sup>) або по зв'язаному хлору, якщо вільного хлору менше 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Орієнтовно приймають дози хлору при первинному хлоруванні до 3-5 мг/дм<sup>3</sup> та після фільтрування – 0,75-2,0 мг/дм<sup>3</sup> при заданій тривалості контакту. Належний ефект знезараження (99%) забезпечують залишковою дозою вільного активного хлору у формі  $HOCl$  при величині  $pH < 6,0$  і гіпохлорит-іона  $OCl^-$  при  $pH = 7-9$  у кількості 0,3-0,5 мг/дм<sup>3</sup> або залишковою дозою «пов'язаного» хлору в кількості 0,75-2,0 мг/дм<sup>3</sup> у формі монохлорамінів та дихлорамінів [4].

#### **Матеріали та методи.**

Рідкий хлор, що дає прийнятні результати по збереженню мікробіологічної якості питної води при її транспортуванні водопровідними мережами, в той же час має серйозні недоліки як знезаражувальний агент на стадії виробництва питної води.

Він неефективний проти вірусів, спороутворюючих бактерій. Крім того, в процесі хлорування (особливо первинного) утворюються небезпечні для людини хлорорганічні речовини.

Гіпохлорит натрію має такий же механізм знезараження та взаємодії з органікою у водному середовищі, як і газоподібний хлор. Разом с тим виробництво гіпохлориту натрію на місці споживання є набагато небезпечнішою технологією знезараження в порівнянні із застосуванням рідкого хлору.

Недоліком гіпохлоритного методу є обмеження максимальної потужності водоочисних споруд кількома десятками тис. куб. м на добу з позицій техніко-економічної доцільності.

Діоксид хлору ( $ClO_2$ ) – містить 90-95% активного хлору, є ефективним дезінфікуючим засобом, має наступні переваги перед хлором [7, 8]:

- більш високий бактерицидний та віруліцидний ефект;
- відсутність у продуктах обробки хлорорганічних сполук;
- високий рівень окислення (до утворення  $CO_2$ );
- відсутність необхідності перевезення на великі відстані, оскільки його виготовляють на місці.

Діоксид хлору має більш тривалу в часі бактерицидну дію (9-20 діб) ніж хлор, незалежний від температури, *pH* органічних речовин, включаючи гумінові речовини, і амонійний азот у воді.

Метод знезараження води УФ випромінюванням має ряд переваг перед іншими методами знезараження.

– УФ випромінювання летальне для більшості водних бактерій, вірусів, спор та протозоа. УФ випромінювання інактивує навіть ті віруси, які не піддаються дії хлору.

– Знезараження ультрафіолетом відбувається за рахунок фотохімічних реакцій у середині мікроорганізмів, тому на його ефективність зміна характеристик води надає набагато менший вплив, ніж при знезараженні хімічними реагентами.

– Після дії УФ у воді не утворюються шкідливі органічні сполуки навіть у разі багаторазового перевищення необхідної дози.

– УФ випромінювання не впливає на органолептичні властивості води.

– Метод безпечний для людей, не потрібне будівництво небезпечних складів.

– УФ обладнання компактне.

– Немає проблем корозії технологічного устаткування.

В практиці знезараження питної води певне поширення набув метод озонування.

Озонування води дозволяє суттєво покращити якість води та вирішити безліч проблем, які виникають при хлоруванні. Основними перевагами озону в порівнянні з іншими окиснювачами, що використовуються для водопідготовки, є:

– озон більш сильніший окиснювач, ніж хлор – одночасно із знезараженням видаляє й інші забруднення води (забарвленість, запах, присмак, залізо, марганець, феноли, нафтопродукти, ПАР та ін.);

– озон має високу біоцидну активність, у тому числі щодо вірусів та цист найпростіших;

– компактність установок озонування, зручність їх експлуатації, відсутність громіздкого реагентного господарства, можливість повної автоматизації процесу;

– відсутність токсичних побічних хлорорганічних продуктів реакції.

Метод озонування, на відміну від хлорування, технічно складніший і для його реалізації необхідне виконання ряду послідовних технологічних операцій, таких як: очищення повітря, його охолодження та сушіння, змішування озono-повітряної суміші з водою, яка обробляється, відведення та деструкція залишкової озono-повітряної суміші, виведення їх у атмосферу. Крім того, необхідно багато допоміжних процесів та устаткування.

**Результати та їх обговорення.** Вивчаючи вплив модифікованого розчину коагулянту на поліпшення бактеріологічних показників води при очищенні її на контактних прояснювачах, було виконано дослідження на очисних спорудах водопроводу з використанням води р. Дніпро [5, 6].

Аналіз дослідних даних показує, що якість очищення води за бактеріологічними показниками при використанні модифікованого розчину коагулянту значно

вища, ніж при обробці води звичайним розчином коагулянту, тому як зниження мікробного числа під час використання звичайного розчину коагулянту становить в середньому 12,1-14,1%; а при використанні модифікованого розчину коагулянту 17,4-18,4%.

Аналогічне явище спостерігається при аналізі показників coli-index: звичайний розчин коагулянту – 15,2-16,2%, модифікований розчин коагулянту – 20,09-24,3% і т.д.

Таким чином, на підставі виконаних досліджень можна зробити висновок щодо можливості поліпшення бактеріологічних показників прояснення води при використанні модифікованого розчину коагулянту сульфату алюмінію.

#### **Висновки**

1. Рациональний вибір методу знезараження питної води повинен проводитися з урахуванням якості води у джерелі водопостачання, схеми та продуктивності станції водопідготовки, стану водоводів та розподільчої мережі.

2. Бактерицидний ефект хлору значною мірою залежить від початкової дози хлору та тривалості його контакту з водою.

3. З санітарно-екологічного погляду доцільно для знезараження питної води використовувати озонування.

4. Озон має сильну бактерицидну, віруліцидну та спороцидну дію. Велика чутливість до озону відзначена як у індикаторних бактерій, так і патогенних.

5. Знезараження води ультразвуком є одним із перспективних методів водопідготовки але ефект знезараження ультразвуком має нестабільний характер.

6. Аналіз досліджень дозволяє встановити, що використання модифікації розчину реагентів дає можливість інтенсифікувати процеси очищення води, підвищити її екологічну безпеку.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Бондаренко Ю.Г., Хоменко І.В. Медико-екологічна оцінка використання нанотехнологій в різних галузях народного господарства. *Актуальні проблеми транспортної медицини*. 2011. №2(24). С. 139-143.
2. Петренко Н.Ф. Гігієнічна оцінка застосування діоксиду хлору для знезараження води із поверхневих джерел. *Вісник морської медицини*. 2002. №1(17). С. 84-90.
3. Ковальчук Л.Й., Мокієнко А.В., Петренко Н.Ф. Гігієнічна оцінка наслідків хлорування води поверхневих водойм Придунав'я. *Вісник наукових досліджень*. 2015. №3. С. 89-91.
4. Мокієнко А.В. Гігієна води. Одеса, 2021. 318 с.
5. Dushkin S., Martynov S., Dushkin S. Intensification of the work of contact clarifiers of drinking water preparation. *Journal of Water and Land Development*. 41 (IV–VI), 2019. p. 55–60.
6. Dushkin S., Shevchenko T. Applying a modified aluminium sulfate solution in the processes of drinking water preparation. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*, 2020, 4 (10-106), pp. 26-36.