

## ТВЕРДІ ПРЕПАРАТИ ДІОКСИДУ ХЛОРУ, ЕФЕКТИВНІСТЬ ДІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ

**Н.Ф.Петренко, А.В. Мокієнко, Т.І. Басва, В.М.Опанасенко**  
Державне підприємство Український науково-дослідний інститут  
медицини транспорту МОЗ України, м. Одеса

*Представлені результати з дослідження твердих препаратів діоксиду хлору для знезараження очищених стічних вод та дезінфекції водопровідних мереж локальних систем водопостачання у житлових багатоквартирних будинках.*

**Ключові слова:** вода, діоксид хлору, знезараження.

*Представлены результаты исследований твердых препаратов диоксида хлора для обеззараживания очищенных сточных вод и дезинфекции водопроводных сетей локальных систем водоснабжения в жилых многоквартирных домах.*

**Ключевые слова:** вода, диоксид хлора, обеззараживание.

*Results of researches of firm preparations chlorine dioxide for disinfecting of the waster water and disinfection of local water supply systems in inhabited apartment houses are presented.*

**Key words:** water, chlorine dioxide, disinfection.

Наукові дослідження з обґрунтування використання сучасних методів для знезараження питної води залишаються на сьогодні актуальними та потребують інтенсифікації, що сприятиме скорішому їх впровадженню в практику підготовки питної води, насамперед, з поверхневих водойм. Серед завдань наукової частини Загальнодержавної програми "Питна вода України на 2006-2020 роки" розробка, наукове обґрунтування та впровадження нових або удосконалення існуючих методів знезараження питної води в системі заходів з поліпшення якості питної води вважається найважливішим.

Незважаючи на те, що переваги діоксиду хлору над хлором добре відомі – це, насамперед, широкий спектр біоцидної, у т.ч. віруліцидної дії, відсутність хлорорганічних сполук в обробленій воді, тривалий пролонгований ефект тощо, впровадження цього методу знезараження не набуло в Україні широкого масштабу.

Технологія знезараження води централізованого водопостачання

діоксидом хлору полягає в тому, що діоксид хлору одержують із хлорита натрія та соляної кислоти (найбільш поширений метод) на місці використання і відразу дозують його до води. Сучасне обладнання з генерації та дозуванню діоксиду хлору є повністю автоматизованими системами, безпечними в експлуатації.

Для отримання високих виходів діоксиду хлору застосовують 300% надлишок соляної кислоти порівняно зі стехіометричними співвідношеннями реакції, рН реакційного середовища повинна мати значення  $< 0,5$  [1].

Сьогодні деякі європейські та китайські компанії пропонують нові тверді препарати діоксиду хлору порошкові (одно - чи двокомпонентні) і таблетовані. Деякі з них уже зареєстровані на Україні як дезінфікуючі засоби, наприклад, двокомпонентний дезінфікуючий засіб "TwinOxid" (Нідерланди), який рекомендовано застосовувати в комунальному господарстві (дезінфекція систем і окремих об'єктів водопостачання; знезараження стічних вод, дезінфекція систем і окремих об'єктів та водовідведення).

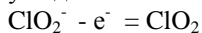
Переваги їх полягають у тому, що для їх використання не потрібне спеціальне обладнання (генератори), склади зберігання реагентів (у тому числі прекурсорів – соляної кислоти), мають тривалий термін зберігання (до трьох років), стабільний склад (постійний вихід діоксиду хлору з одиниці маси), випускаються у зручній формі.

Звичайно, ці препарати більше підходять для знезараження локальних систем водопостачання, особливо у сільській місцевості, у районах стихійного лиха (повені, надзвичайні ситуації тощо), знезараження стічних вод, дезінфекції резервуарів зберігання питної води, водорозподільчих мереж та іншого технологічного обладнання [2,3].

До складу цих препаратів входить хлорит натрію ( $\text{NaClO}_2$ ), вихідна (базова) речовина; нейтральні речовини (наповнювачі), синергісти, інгібітори корозії та активатор – речовина, під дією якої при розчиненні хлорит-аніон перетворюються у діоксид хлору.

В залежності від хімічної природи активатора тверді препарати діоксиду хлору розділяють на 2 групи:

- 1 група – активатором є окислювач, наприклад, персульфат натрію, який окислює хлорит-аніон до діоксиду хлору при розчиненні у воді:

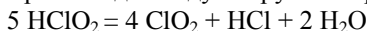


виход діоксиду хлору є максимальним, тобто хлорит-аніон повністю окислюється до діоксиду хлору; утворення такого побічного продукту як хлорат-аніон є мінімальним.

- 2 група - активатором є кислота, наприклад, лимонна кислота, під дією якої хлорит-аніон повинен перетворюватися до діоксиду хлору, де проміжною сполукою є хлорнуватиста кислота  $\text{HClO}_2$ , яка є сильним окислювачем та дезінфектантом



У кислому середовищі водного розчину хлорнуватиста кислота диспропорціонує з утворенням діоксиду хлору та хлорид-аніону:



Але при значеннях  $\text{pH} = 2-3$  водного розчину протікає також реакція диспропорціонування хлорнуватистої кислоти з утворенням хлорної кислоти та хлорид-аніону:



При знезараженні таким розчином діоксиду хлору до питної води потрапляють хлорат-аніони ( $\text{ClO}_3^-$ ), а також хлорит-аніони, так як хлорнуватиста кислота повністю не реагує. За даними зарубіжних дослідників максимальний вихід діоксиду хлору складає 28,6 %, а хлорної кислоти – 42,9 %. Отже, препарати, які засновані на підкисленні хлориту натрію, не повинні застосовуватися для знезараження питної води.

Проведені нами хіміко-аналітичні дослідження ряду препаратів, підтверджують ці дані. Розчини діоксиду хлору, отримані з препаратів, заснованих на окисленні хлориту, мають високу якість, не містять хлорит - та хлорат-аніони; вміст діоксиду хлору відповідає заявленому.

## Результати досліджень

### 1.Знезараження очищених стічних вод.

Проведені дослідження по знезараженню очищених стічних вод розчинами діоксиду хлору, який отримано з таблетованого препарату. Отримані результати свідчать про ідентичність бактеріцидної та окислювальної дії розчинів діоксиду хлору та їх ефективність при знезараженні стічної води. Проведено ~ 40 досліджень по знезараженню зразків очищеної стічної води з індексом ЛКП від  $10^4$  до  $10^7$  КУО/дм<sup>3</sup> дозами діоксиду хлору від 0,2 до 2,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Встановлено, що дози діоксиду хлору до 2 мг/дм<sup>3</sup> при експозиції 1-2 год є достатніми для забезпечення нормативу скиду стічних вод до природних водойм за індексом ЛКП  $\leq 1000$  КОЕ/дм<sup>3</sup>, при цьому досягається  $99,92 \pm 0,05$  % інактивація для ЛКП та  $99,98 \pm 0,01$  % – для

ентерококів, якщо ці показники у вихідній воді мали значення: індекс ЛКП ( $10^4 - 10^8$ )  $\pm 10^3$  КУО/дм<sup>3</sup>, індекс ентерококів ( $10^3 - 10^6$ )  $\pm 10^2$  КУО/дм<sup>3</sup> (табл. 1).

Доза діоксиду хлору залежить від рівнів бактеріальної контамінації, концентрації органічних (ХПК, БПК<sub>5</sub>), завислих речовин.

Визначення доз діоксиду хлору, необхідних для знезараження стічної води, проводиться експериментальним шляхом: встановлюється діоксидхлоропоглинання, яке досліджується аналогічно хлоропоглинанню, тобто вивчається залежність залишкової концентрації діоксиду хлору від введеної дози цього окислювача за 30 хв. контакту.

Для знезараження стічних вод готують водні робочі розчини діоксиду хлору з твердих препаратів при перемішуванні 5-10 хв. з концентрацією 1 г/дм<sup>3</sup>. При необхідності перевіряють концентрацію методом йодометричного титрування.

На нашу думку, важливим є впровадження цих препаратів для знезараження діоксидом хлору стічних вод об'єктів підвищеного епідризику (інфекційні лікарні, міжнародні аеропорти, місця тимчасового перебування мігрантів тощо) з метою попередження забруднення води джерел питного водопостачання та рекреаційних вод збудниками небезпечних інфекційних захворювань.

Дозу діоксиду хлору у кожному випадку слід уточнювати в процесі експлуатації системи очищення стічних вод, виходячи з вимог, щоб у знезараженій стічній воді після перебування у контактному резервуарі перед скидом до водойму коли-індекс не перевищував 1000, а індекс коли-фагу - 1000 БУО/дм<sup>3</sup> або до межі гранично допустимого скиду, установленого в дозволі на спецводокористування.

## **2. Дезінфекція поверхонь, що контактують з питною водою**

На будь-якій поверхні, яка контактує з водою, навіть хлорованою, з часом утворюються біоплівки. Прикріплення бактерій до поверхонь забезпечує максимальне збільшення резистентності до дезінфекції та їх виживання.

Наявність біоплівок може призвести до збільшення корозії та гідравлічного опору. Біоплівки є також причиною погіршення смаку і запаху та можуть впливати на інші, пов'язані з поверхнею процеси (наприклад, іонний обмін, мембранний діаліз і тепловий обмін). Крім того, руйнування біоплівок призводить до погіршення мікробіологічної якості питної води [4].

Проведені дослідження з дезінфекції водопровідних мереж локальних систем водопостачання, цистерн зберігання питної води та ін. розчинами діоксиду хлору, який отримано з таблетованих препаратів (табл. 2).

Дезінфекція водопровідних споруд (резервуарів, напірних баків, водоочисних споруд, водопровідної мережі) може бути профілактичною (перед прийманням в експлуатацію нових споруд; після періодичного чищення або після ремонтно-аварійних робіт), а також за епідемічними показниками (у разі забруднення споруд, внаслідок чого утворюється загроза виникнення спалахів кишкових інфекцій).

За даними літератури, діоксид хлору є високоефективним засобом руйнування, видалення і запобігання утворення біоплівки, що забезпечує оптимальний контроль мікробіологічних параметрів у комунальних і промислових системах водопостачання та охолодження, особливо там, де є великий вміст органічних речовин і аміаку [4].

Отримані результати свідчать, що дезінфекція поверхонь, що контактують з питною водою розчинами діоксиду хлору, отриманих з твердих препаратів, є ефективною по відношенню до наступних мікроорганізмів: мезофільні бактерії, загальні коліформи, E.Coli, ентерококи, *Pseudomonas aeruginosa*, плісняви та дріжджі.

## **Висновки**

1. Перевага твердих (таблетованих, порошкових) препаратів діоксиду хлору полягає у тому, що для їх використання не потрібне спеціальне обладнання (генератори), вони мають тривалий термін зберігання (до трьох років), стабільний склад (постійний вихід діоксиду хлору з одиниці маси), випускаються у зручній формі.

Розчини діоксиду хлору, отримані з препаратів, заснованих на окисленні хлориту, мають високу якість, не містять хлорит – та хлорат-аніони; вміст діоксиду хлору відповідає заявленому.

Таблиця 1 – Результати знезараження стічної води різними дозами діоксиду хлору, отриманого з препарату

Показник, од. вимірювання	Дози діоксиду хлору, мг/дм <sup>3</sup>					
	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
<b>Через 30-60 хв.</b>						
ЗМЧ, КУО/см <sup>3</sup>	>300	>300	>300	42; 48	21; 27	9; 12
Індекс ЛКП, КУО/дм <sup>3</sup>	15×10 <sup>6</sup>	8×10 <sup>5</sup>	19×10 <sup>4</sup>	14×10 <sup>2</sup>	210	170
E.coli, КОЕ/дм <sup>3</sup>	виявлено	виявлено	виявлено	виявлено	виявлено	виявлено
Ентерококи, КОЕ/100 см <sup>3</sup>	>30	>30	>30	21	9	2
pH, од.	7,05	7,05	7,05	7,05	7,05	7,05
ІО <sub>3</sub> , мгО/дм <sup>3</sup>	8,16	7,52	6,56	6,56	6,56	6,24
СІО <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,05	0,06
СІ <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,06	0,12
СІО <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	-	< 0,05	0,15	0,22	0,33	0,4
Хлороформ, мкг/дм <sup>3</sup>	5,8	5,8	6,6	6,8	7,2	7,2
Трихлоретилен, мкг/дм <sup>3</sup>	91,0	91,0	92,5	92,5	99,2	99,2
ССІ <sub>4</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
<b>Через добу</b>						
ЗМЧ, КОЕ/см <sup>3</sup>	>300	>300	>300	>300	>300	>300
Індекс ЛКП, КОЕ/дм <sup>3</sup>	15×10 <sup>6</sup>	29×10 <sup>5</sup>	21×10 <sup>4</sup>	3×10 <sup>4</sup>	2×10 <sup>3</sup>	240
E.coli, КОЕ/100 см <sup>3</sup>	виявлено	виявлено	виявлено	виявлено	виявлено	виявлено
Ентерококи, КУО/100 см <sup>3</sup>	>30	29	24	15	11	3
pH, од.	7,10	7,40	7,30	7,30	7,25	7,25
ІО <sub>3</sub> , мгО/дм <sup>3</sup>	8,20	6,72	6,40	6,24	6,24	6,10
СІО <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
СІ <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	-	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
СІО <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	-	< 0,05	0,10	0,14	0,24	0,28
Хлороформ, мкг/дм <sup>3</sup>	5,8	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5
Трихлоретилен, мкг/дм <sup>3</sup>	91,0	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
ССІ <sub>4</sub> , мкг/дм <sup>3</sup>	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Таблиця 2 - Результати дезінфекції водопровідних мереж локальних систем водопостачання у житлових багатоквартирних будинках

№	Питна вода із водопровідних мереж	Мікробіологічні показники					
		ЗМЧ, КУО/см <sup>3</sup>	Загальні коліформи, КУО/100 см <sup>3</sup>	Е.Солі, КУО/100 см <sup>3</sup>	Ентерококи, КУО/100 см <sup>3</sup>	Ps. aerug., КУО/дм <sup>3</sup>	Патогенні ентеробактерії в 1дм <sup>3</sup>
1	До дезінфекції	25; 30	2	не виявлено	не виявлено	4	не виявлено
	після дезінфекції (ДОХ – 4 мг/дм <sup>3</sup> )	1; 0	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
2	До дезінфекції	10 ; 15	23	не виявлено	не виявлено	2	не виявлено
	після дезінфекції (ДОХ – 4 мг/дм <sup>3</sup> )	1; 0	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
3	До дезінфекції	> 300	> 30	виявлено	не виявлено	> 30	не виявлено
	після дезінфекції (ДОХ – 10 мг/дм <sup>3</sup> )	1; 0	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
4	До дезінфекції	> 300	> 30	виявлено	не виявлено	12	не виявлено
	після дезінфекції (ДОХ – 10 мг/дм <sup>3</sup> )	1; 0	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
5	До дезінфекції	28; 30	> 30	виявлено	не виявлено	18	не виявлено
	після дезінфекції (ДОХ – 8 мг/дм <sup>3</sup> )	1; 0	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено
6	До дезінфекції	12; 15	18	виявлено	не виявлено	6	не виявлено
	після дезінфекції (ДОХ – 8 мг/дм <sup>3</sup> )	1; 0	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено	не виявлено

2. Дози діоксиду хлору до  $2 \text{ мг/дм}^3$  при експозиції 1-2 год є достатніми для забезпечення нормативу скиду стічних вод до природних водойм за індексом ЛКП  $\leq 1000 \text{ КОЕ/дм}^3$ , при цьому досягається  $99,92 \pm 0,05 \%$  інактивація для ЛКП та  $99,98 \pm 0,01 \%$  – для ентерококів, якщо ці показники у вихідній воді мали значення: індекс ЛКП ( $10^4 - 10^8$ )  $\pm 10^3 \text{ КУО/дм}^3$ , індекс ентерококів ( $10^3 - 10^6$ )  $\pm 10^2 \text{ КУО/дм}^3$

3. Розчини діоксиду хлору у концентраціях  $2-10 \text{ мг/дм}^3$  є ефективним засобом дезінфекції водорозподільчих мереж, ємностей для зберігання питної води, полікарбонатних бутлів для фасування питної води, технологічного обладнання водоочисних пристроїв. Концентрація розчинів діоксиду хлору для дезінфекції, час контакту з об'єктом дезінфекції (періодичність дезінфекції) залежать від рівнів мікробної контамінації води.

4. Тверді препарати діоксиду хлору перспективні для знезараження локальних систем водопостачання, особливо у сільській місцевості, у районах стихійного лиха (повені, надзвичайні ситуації тощо), знезараження стічних вод, дезінфекції резервуарів зберігання питної води, водорозподільчих мереж та іншого технологічного обладнання.

1. Мокиенко А.В. Обеззараживание воды. Гигиенические и медико-экологические аспекты. Т.2. Диоксид хлора /А.В. Мокиенко, Н.Ф. Петренко, А.И. Гоженко // Одесса: ТЭС, 2012. – 602 с.

2. Петренко Н.Ф. Знезараження питної води в колодязях, каптажах джерел та резервуарах зберігання твердим препаратом діоксиду хлору/ Н.Ф. Петренко, О.К. Созінова, Г.В. Власюк, В.М. Опанасенко // Бюллетень XIII чтений им. В.В. Подвысоцкого. –19 – 20 июня 2014. – Одесса, 2014. С. 207 – 208.

3. Петренко Н. Ефективність твердих препаратів діоксиду хлору у знезараженні води / Н.Петренко// СЕС Профілактична медицини. – 2014. – № 2–3. – С. 16– 19.

4. Биопленки госпитальных экосистем: состояние проблемы и современные подходы к ее решению / Под ред. А.В. Мокиенко, В.А. Пушкиной, А.И. Гоженко/ Одесса, ТОВ ВНП "Интерсервис", 2014. - 578 с.