

Дніпродзержинський державний технічний університет

## ТЕХНОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ОКСИДАНТІВ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

**Вступ.** Основною вимогою в забезпеченні санітарних умов життєдіяльності людей є безперебійне забезпечення населення високоякісною питною водою з поверхневих джерел відповідно до встановлених нормативних вимог [1].

В останні роки системи централізованого водопостачання, що забезпечують питною водою близько 95% міського населення, не завжди подають споживачам якісну питну воду. За повідомленнями санітарних служб приблизно у 50% випадків очищена вода, що подається з поверхневих джерел, за окремими параметрами не відповідає нормативним вимогам на питну воду.

Основними причинами є постійне забруднення поверхневих джерел, що викликано скидом неочищених або недостатньо очищених побутових та промислових стоків, ганебний стан систем централізованого водопостачання внаслідок багаторічного недостатнього фінансування їх розвитку й модернізації та технічне відставання на водоочисних станціях схем очищення води, що використовуються.

В умовах прогресуючого погіршення стану водних об'єктів найбільш ефективними і надійними засобами підготовки питної води є реагенти. Обробка води реагентами та коагулянтами належить до найбільш поширених в світі методів очистки природних поверхневих вод, які дозволяють видалити більшу частину макрозабруднень (каламутність, кольоровість, сполуки металів) та мікрозабруднень органічними речовинами.

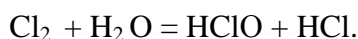
**Постановка задачі.** Метою досліджень є аналіз методів водопідготовки на прикладі підприємства КП ДОР «Аульський водовід» (Україна, Дніпропетровська область). Продуктивність підприємства становить 550 тис.м<sup>3</sup>/добу.

**Результати роботи.** Схема водопостачання водопровідного господарства підприємства містить у собі водозабірні споруди відкритого джерела водопостачання (р. Дніпро), водоводи, комплекс очисних споруд (мікрофільтри, змішувачі, камери реакцій, горизонтальні відстійники, двошарові фільтри, реагентне господарство, резервуари чистої води). На підприємстві з метою обеззаражування води передбачають її хлорування реагентом хлор рідкий Cl<sub>2</sub>, який є отруйним газом й у 2,45 рази важчий від повітря. Хлор може бути у трьох агрегатних станах: твердому, рідкому, газоподібному. При атмосферному тиску 102,325 кПа хлор – це газ зеленувато-жовтого кольору з різким, неприємним запахом. Рідкий хлор – рухома масляниста рідина з густиною 1,427 г/см<sup>3</sup> при температурі 15<sup>0</sup>С. З пониженням температури до 102<sup>0</sup>С хлор твердіє, утворює малі кристали темно-помаранчевого кольору з густиною 2,147 г/см<sup>3</sup>. Розчинність хлору у воді знижується з підвищенням температури. При охолодженні хлорної води до температури замерзання вона ділиться на чистий лід без запаху хлору і гідрат Cl<sub>2</sub> x 8H<sub>2</sub>O [2].

Рідкий хлор містить не менше 99,5% Cl<sub>2</sub>, у воді розчиняється погано. Максимальний вміст води у рідкому хлорі становить не більше 0,06 мас.%. Тому, враховуючи погану розчинність у воді рідкого хлору, хлорують воду на водоводах тільки газоподібним хлором [3].

Хлор рідкий (в більшості випадків) поступає на підприємство від постачальника в сталевих контейнерах у рідкому стані. При тиску біля 0,6 МПа хлор при звичайній температурі перетворюється на рідину.

При подачі у воду рідкого хлору (або газоподібного) виникає хлорнуватиста і соляна кислоти:



Далі йде дисоціація отриманих кислот. Доза хлору залежить не тільки від бактеріального забруднення води, але й від її якості, тому що хлор витрачається не тільки на знезаражування, але й на окислювання органічних і неорганічних речовин. Після обеззараження у воді залишається залишковий хлор в межах 2,0-2,8 мг/л. В табл.1 наведено дані лабораторного аналізу вихідної та очищеної води, а на рис.1 – залежність фактичних витрат хлору від дози хлорування на первинне й вторинне хлорування.

Таблиця 1 – Середні дані аналізу вихідної та очищеної води

Найменування контрольованих показників	Вихідна вода	Очищена вода	Нормативні показники [4]
1. Температура, °С	10,9	10,9	не нормується
2. Запах при 20 <sup>0</sup> С і при нагріванні до 60 <sup>0</sup> С, бали	1	2	2
3. Кольоровість, градуси	37	17,9	20
4. Мутність, мг/дм <sup>3</sup>	1,86	0,72	1,5
5. Лужність, моль/дм <sup>3</sup>	2,89	2,77	не нормується
6. Присмак, бали	1	1	2
7. Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	0,64	0,13	2,0
8. Нітриту, мг/дм <sup>3</sup>	0,07	0,002	3,3
9. Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	4,6	2,25	45
10. Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>	0,3	0,11	0,3
11. Алюміній, мг/дм <sup>3</sup>	0,04	0,11	0,5
12. Хлороформ, мг/дм <sup>3</sup>	0,005	0,097	0,06
13. У-активність, Бк/дм <sup>3</sup>	0,19	0,18	1,0
14. Окислюваність, мгО/дм <sup>3</sup>	6,08	5,17	не нормується
15. Молібден, мг/дм <sup>3</sup>	0,0025	0,002	0,25
16. Водневий показник, рН	8,03	7,5	6-9
17. Мінералізація загальна (сухий залишок), мг/дм <sup>3</sup>	234,7	251	1000
18. Жорсткість загальна, моль/м <sup>3</sup>	3,25	3,24	7
19. Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	26,43	33,54	500
20. Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	11,59	21,35	350
21. Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	0,98	0,98	1,0
22. Марганець, мг/дм <sup>3</sup>	0,176	0,1	0,1
23. Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,01	5,0
24. Свинець, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,03
25. Миш'як, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,05
26. ПАР, мг/дм <sup>3</sup>	0,2	0,2	0,5
27. Фтор, мг/дм <sup>3</sup>	0,276	0,137	0,7-1,5
28. Поліфосфати, мг/дм <sup>3</sup>	0,425	0,206	3,5
29. Коліфаги в 1 дм <sup>3</sup>	950	22	100
30. Фітопланктон, кл/дм <sup>3</sup>	471	38	1000
31. Число бактерій в 1 дм <sup>3</sup> води, що досліджується, КОЕ/див <sup>3</sup>	260	56	100
31. Вірусологічні показники:			
- аденовіруси	1	-	відсутність
- ротавіруси	1	-	відсутність
- віруси гепатиту А	-	-	відсутність

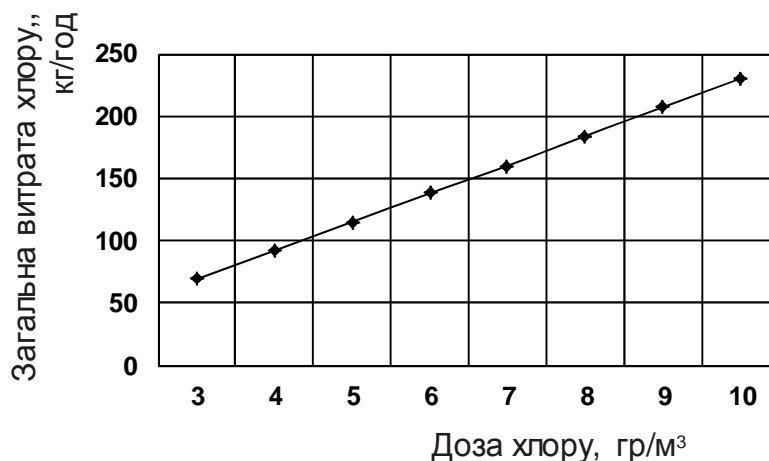


Рисунок 1 – Залежність фактичних витрат хлору від дози хлорування

Досить значні обсяги використання рідкого хлору вимагають утримання окремої структури на водопідготовчій станції – хлорного господарства – та суттєвих економічних витрат як на придбання хлору, так і на його транспортування.

Як альтернатива хлоруванню для знезараження води рекомендуємо застосування технології оксидантів. Оксидантами називають водяну суміш хлору, діоксиду хлору й озону, одержану за спеціальною електрохімічною технологією. Вони призначені для знезараження питної води, промислових і побутових стічних вод, води плавальних басейнів, так як мають високі антимікробні властивості по відношенню до всіх патогенних мікроорганізмів й навіть спор.

Водяний розчин оксидантів являє собою безбарвну прозору рідину із  $\text{pH} = 2,5 \pm 0,5$  із запахом хлору. Основними діючими антимікробними речовинами в розчині оксидантів є хлорноватиста кислота ( $\text{HClO}$ ), що утворюється при взаємодії хлору з водою, а також розчинений хлор і діоксид хлору. Ці речовини становлять більше 98% всіх речовин в розчині оксидантів при їхній загальній концентрації  $1 \text{ г/дм}^3$ .

Оксиданти мають перевагу у порівнянні як з хлором, так і з іншими дезінфектантами. Хлор як отруйна речовина представляє велику небезпеку в процесі його виробництва, перевезення, зберігання і застосування. Одним з недоліків хлорування води є утворення галогенних сполук, більшу частину яких становлять тригалометани, а саме: хлороформ, діхлорбромметан, дібромхлорметан і бромформ, які остаточно залишаються в обробленій воді й небезпечно впливають на людину при потрапленні до її організму, а саме – призводять до злоякісних новоутворень в шлунку та кишечнику [5].

Процес утворення тригалометанів розтягнутий у часі до декількох десятків годин, а їхня кількість тим більша, чим вища  $\text{pH}$  води. Застосування гіпохлориту натрію або кальцію для дезінфекції води збільшує ймовірність утворення тригалометанів. Побічні продукти озонування представляють набагато більшу небезпеку, ніж побічні продукти хлорування. Озон утворює шкідливі продукти, що включають альдегіди, кетони, органічні кислоти, тригалометани, бромати, пероксиди, бромоводню кислоту. Озон розщеплює складні органічні сполуки на фрагменти, які слугують живильним середовищем для мікроорганізмів у воді. Діоксид хлору утворює хлорати і хлорити, псує смак води. Він вимагає обов'язкового одержання його на місці застосування і відноситься до легкозаймистих речовин. Одержати розчин оксидантів можливо за допомогою установки “АКВАХЛОР”, яка розроблена відомим вченим В.М.Бахіром [6].

Установка включає блок виготовлення соляного розчину  $\text{NaCl}$ , блок електрохімічних реакторів, в якому створюються розчин  $\text{NaOH}$  та волога газоподібна суміш ок-

сидантів, яка в ежекторному змішувачеві розчиняється в чистій воді. Втрата солі на виготовлення оксидантів складає 2 кг/кг. В установці застосований імпульсний випрямляч, стабілізований за струмом.

Газоподібна суміш оксидантів, синтезована в такій установці, складається з молекулярного хлору (90-95%), діоксида хлору (3-7%) і озону (0,5-3,0%). Також у газоподібній суміші оксидантів утримується 0,5-1,5% синглетного кисню й мікрокрапельок вологи з гідропероксидними й хлоркисневими оксидантами – продуктами електрохімічних реакцій в анодній камері, яка працює при підвищеному тиску і має керамічну діафрагму.

В анодні камери електрохімічного реактора установки під тиском подається розчин хлориду натрію. Завдяки особливостям конструкції електрохімічних елементів при перепаді тиску на діафрагмі від 0,05 до 0,1 МПа здійснюється електродифузійний відбір іонів натрію й води через керамічну діафрагму, у результаті чого відбувається поділ розчину хлориду натрію на газоподібні продукти, що видаляються з анодної камери, й розчин гідроксиду натрію концентрацією 120-150 г/дм<sup>3</sup>, що утворюється в катодній камері. Отримані в анодній камері газоподібні оксиданти разом з мікрокрапельками води, що містять синглетний кисень, пероксид водню, надходять в ежекторний змішувач установки, де розчиняються у воді в межах від 0,5 до 2,0 г/дм<sup>3</sup>. У катодних камерах, крім розчину гідроксиду натрію, утворюється водень із розрахунку 1,4 г на 100 г газоподібних оксидантів.

Безпечна експлуатація установок “АКВАХЛОР” і відсутність ризику отруєння обслуговуючого персоналу й навколишнього середовища неконтрольованим викидом хлору гарантовані малим об'ємом газоподібних оксидантів (менш 200 мл), які під тиском близько 0,1 МПа під час роботи установки протікають по трубопроводу усередині установки через регулятор тиску газу й надходять в ежекторний змішувач, де розчиняються в невеликому об'ємі оброблюваної води, перетворюючись у такий спосіб в аналог хлорної води.

Попутно отриманий розчин гідроксиду натрію доцільно використовувати для готування розчинів коагулянтів, а також у якості ефективного мийного засобу.

На підприємстві КП ДОР «Аульський водовід» в уже існуючому приміщенні хлорного господарства можливо без виконання проектно-монтажних робіт розмістити та використовувати для знезараження води об'єднану багатомодульну систему для отримання оксидантів. Для цього достатньо вже існуючі гідравлічну та електричну мережі поєднати з об'єднаною установкою “АКВАХЛОР-500”. Необхідна кількість модульних елементів потужністю по оксидантам до 500 г/год (500 м<sup>3</sup> обеззараженої води за годину) буде становити 50 штук, так як фактична продуктивність підприємства становить 550 тис.м<sup>3</sup> очищеної води за добу.

При вартості установки “АКВАХЛОР-500” 241000 грн. та одного модульного елемента 2300 грн. загальні капіталовкладення для переходу на використання оксидантів замість хлору складуть 356000 грн.

**Висновки.** 1. Завдяки використанню для отримання питної води на водопідготовчих станціях технології оксидантів, при якій не утворюються небажані попутні суміші, стане можливим покращити екологічну ситуацію серед населення за рахунок зменшення кількості хлороформу в очищеній воді, підвищити екологічну й гігієнічну безпеку виробництва питної води, знизити корозію обладнання та трубопроводів, підвищити економічність водопідготовки.

2. Розчин суміші оксидантів сприяє видаленню мутності з води, небажаних запахів та прикусів.

3. Використання розчину суміші оксидантів забезпечує абсолютну нешкідливість для організму людини й тварин, а також не накопичується у навколишньому середовищі.

4. Низька собівартість порівняно з іншими знезаражувальними засобами розчину суміші оксидантів є показником економічності й швидкої окупності.

В подальшому планується дослідити вплив оксидантів на кінцевий хімічний склад очищеної води за контрольованими показниками: марганець, мідь, свинець, поверхнево-активні речовини, вміст яких майже не змінюється після загального очищення поверхневих вод.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Джерела централізованого господарсько-питного водопостачання: ГОСТ 2761-84. – М.: Госстандарт, 1984. – 69с.
2. Кульский Л.А. Технология очистки природных вод / Л.А.Кульский, П.П.Строкач. – К.: Вища школа, 1981. – 327с.
3. Кульский Л.А. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. Часть 2. / Л.А.Кульский, И.Т.Гороновский. – К.: Наукова думка, 1980. – 1205с.
4. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством: ГОСТ 2874-82. – М.: Госстандарт, 1989. – 245с.
5. Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов: [сборник научных трудов]. – Харьков-Алушта., 2005. – 959с.
6. Бахир В.М. Установка АКВАХЛОР: оптимальная система для обеззараживания воды / В.М.Бахир. – Водоснабжение и канализация. – 2009. – № 3 – 36с.

УДК 628.316.12:664.15

ОВЕЧКИНА О.А., студентка  
ШЕСТОЗУБ А.Б., к.т.н., доцент  
ПАНЧЕНКО М.І., к.т.н., доцент  
ОЛІЙНИК М.А., аспірант

Дніпродзержинський державний технічний університет

### **РОЗРОБКА ВАРІАНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВИРОБНИЦТВА ЯБЛУЧНОГО СОКУ**

**Вступ.** В Україні виробництво харчової продукції здійснюють понад 22 тис. підприємств, на яких зайнято більше мільйона працюючих. Харчова промисловість є однією з галузей, що нині динамічно розвивається та яка споживає значну кількість води і скидає стічні води (СВ) на поля фільтрації, у відстійники та водойми без достатнього очищення. Особливо це відноситься до порівняно невеликих та численних заводів із виробництва концентрованих соків. Для них характерне перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) ряду речовин у стічних водах, які скидаються. Переважно це занадто кисле середовище СВ (рН близько 3,5). До таких підприємств відноситься ТОВ «Інтерфрут-Україна», м. Марганець – завод з виробництва соку яблучного концентрованого.

**Постановка задачі.** В період сезону, що триває більше 100 діб, підприємство щодобово скидає у міську каналізацію більше 200 м<sup>3</sup> СВ. Виробничі стічні води утворюються на різних стадіях технологічного процесу та з різними забрудненнями. Зазвичай ці СВ мають ряд перевишень показників норм, затверджених для комунальних водоочисних господарств. Крім того, СВ з технологічних стадій не збираються та не усе-