

УДК 628.161

## ВИКОРИСТАННЯ БІОЦИДНИХ РЕАГЕНТІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ У ВОДОПІДГОТОВЦІ

М. О. Сусь, Т. Є. Мігченко

Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ

e-mail: [msus87@gmail.com](mailto:msus87@gmail.com)

*Наведені огляд та класифікація сучасних біоцидних реагентів, що використовуються в процесах водопідготовки для знезараження води різного призначення. Детально розглянуті особливості, спектр та принцип дії, переваги і недоліки кожного. Представлений перелік найвідоміших компаній, які на даний час є виробниками та постачальниками біоцидів для водопідготовки.*

*Ключові слова: біоциди, окисні, неокисні, принцип дії, мікроорганізми.*

### Вступ

Біоцидні реагенти протягом тривалого часу активно використовуються для боротьби зі шкідливими та небажаними мікроорганізмами у багатьох сферах діяльності людини: медицині, сільському господарстві, харчовій, видобувній, деревообробній та інших галузях промисловості. Висока ефективність цих реагентів разом з низькою токсичністю призвели до того, що біоциди різної природи почали використовувати і в процесах водоочиснення, як альтернативу традиційним методам знезараження води. І хоча сьогодні переважним все ж залишається використання «стандартного тріо» методів (хлорування, озонування та УФ-опромінення), не виключено, що в найближчому майбутньому у галузі водопідготовки зросте попит на застосування саме біоцидів.

Метою даного огляду є аналіз ряду біоцидних реагентів, що знайшли використання у водопідготовці, їх особливостей та механізму антимікробної дії.

### Біоциди: поняття, класифікація, застосування

Біоциди представляють собою велику групу речовин (бактерициди, антисептики, фунгіциди, гербіциди, консерванти та ін.), що знищують, пригнічують ріст та запобігають розвитку різного роду шкідливих мікроорганізмів.

У водопідготовці біоциди використовуються для [1]:

- очистки стічних вод;
- дезінфекції питної та води плавальних басейнів;
- знезараження води з метою запобігання біологічного обростання трубопроводів, устаткування водооборотних систем й систем тепловодопостачання промислових підприємств та електростанцій;
- запобігання біообростанню мембран;
- дезінфекції ємностей для зберігання та транспортування води.

Існує декілька класифікацій біоцидів (катіонні / аніонні, нітрогеновмісні / оксигеновмісні / сульфурвмісні і т.д.), проте найбільш поширеним є їх поділ на окисні та неокисні. В основі цього поділу лежить принципова відмінність механізму дії реагентів різних класів на мікроорганізми. Так, дія перших (ОБ) полягає в окисненні речовин, що входять до складу протоплазми клітини, в результаті чого вона гине. В свою чергу неокисні біоциди (НОБ) знищують мікроорганізми шляхом підвищення проникності мембран, що призводить до порушення обміну речовин та життєво важливих процесів клітини [1, 2].

В залежності від діючої речовини, що входить до складу біоцидів НОБ і ОБ поділяються на різні види, серед яких найчастіше використовуються:

- НОБ на основі альдегідів (форм- та глутаровий альдегід), бром органічних сполук, ізотіазолінів, четвиртинних амонієвих сполук, полігуанідинів;



- ОБ на основі хлорвмісних і бромвмісних сполук, гідроген пероксиду.

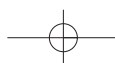
Діючі речовини типових біоцидних реагентів, що використовуються в процесах водопідготовки та їхні структурні формули представлено в табл.1.

Таблиця 1. Діючі речовини типових біоцидних реагентів та їхні структурні формули

Діюча речовина		Структурна формула
Формальдегід		$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \end{array}$
ФА-вмісні реагенти	бронопол (2-бром-2-нітропропан-1,3-діол)	$\begin{array}{c} \text{Br} \\   \\ \text{HOCH}_2-\text{C}-\text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{NO}_2 \end{array}$
	гексагідро-1,3,5-трис-(2-гідрокси-етил)сим.-триазин	
Глутаровий альдегід		$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-(\text{CH}_2)_3-\text{C}-\text{H} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$
ДБНПА		$\begin{array}{c} \text{Br} \\   \\ \text{N}=\text{C}-\text{C}-\text{C}=\text{O} \\   \quad \quad   \\ \text{Br} \quad \quad \text{NH}_2 \end{array}$
Ізотіазоліни (5-хлоро-2-метил-4-ізотіазолін-3-один, 2-метил-4-ізотіазолін-3-один)		
ЧАС		$\left( \begin{array}{c} \text{R}^2 \\   \\ \text{R}^1-\text{N}^+-\text{R}^3 \\   \\ \text{R}^4 \end{array} \right)_n \quad (\text{A}^-)$
ПГМГ		
Хлор-реагенти	1,3-дихлор-1,3,5-триазинтрион натрію (дихлоризоціанурат натрію)	
	1,3-дихлор-5-диметилгідантоїн	

### Неоскисні біоциди

1. Формальдегід та біоциди на його основі



Формальдегід (ФА) - безбарвний газ, з різким специфічним запахом, добре розчинний у воді. 40% розчин ФА (формалін) має виражену протимікробну дію, обумовлену здатністю приєднуватися до аміногруп білкових молекул і вже тривалий час використовуються в якості дезінфектантів у найрізноманітніших сферах. ФА також є добрим дезодоруючим засобом, завдяки здатності зв'язувати аміак в повітрі [3, 4].

За своєю природою ФА досить реактивний агент, що активно взаємодіє з протеїнами клітин за рахунок реакцій нуклеофільного приєднання до аміно-, амідо-, фенольних, карбоксильних, сульфгідрильних та гідроксильних груп. Це призводить до коагуляції та денатурації бактеріального білка. Є припущення, що дія ФА має мутагенний характер, оскільки він активно реагує з нуклеїновими кислотами (ДНК), спричинюючи руйнування біополімерів та порушення процесів їх синтезу [4, 5].

У водопідготовці ФА безпосередньо не застосовується, проте широко використовуються реагенти, що виділяють ФА внаслідок гідролізу, серед яких найпоширенішими є бронопол (2-бром-2-нітропропан-1,3-діол) та його сполуки з триазинами (гексагідро-1,3,5-трис-(2-гідрокси-етил)сим.-триазин)[6].

Не зважаючи на наявність високої бактерицидної, спороцидної та віруліцидної дії, використання ФА-біоцидів в останній час значно знизилось. Це пов'язано з наявністю токсичних і канцерогенних властивостей у ФА і встановленням більш жорстких норм до його залишкових концентрацій. Крім того, формальдегід діє значно повільніше в порівнянні з іншими альдегідами, наприклад глутаровим.

## 2. Глутаровий альдегід

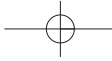
Глутаровий альдегід (ГА) - сильний антиоксидант, що характеризується широким спектром біоцидної активності по відношенню до бактерій та їхніх спор, грибків, вірусів. ГА використовується для стерилізації медичного устаткування, хірургічних інструментів і у водопідготовці.

В основі головного принципу дії ГА лежить процес його перехресного зшивання з протеїнами, пригнічення синтезу ДНК, РНК та інших важливих макромолекул. Особливості його дії полягають в необоротних реакціях алкілування з аміно- (первинні аміни) та сульфгідрильними групами зовнішніх шарів оболонки клітини. Такі амінокислоти, як лізин та аргінін, що мають вільні аміногрупи, виступають прямими мішенями для взаємодії з ГА. Вважається, що саме внаслідок необоротного зшивання цих груп у складі протеїнів на поверхні зовнішньої клітинної мембрани, відбувається швидке пригнічення життєво-важливих функцій клітини. Крім того, було встановлено, що ГА також призводить до руйнування зовнішньої мембрани [3 - 7].

Попри високу ефективність, ГА має і певні недоліки, а саме: нестабільність, відносно високу вартість та токсичність (нижчу в порівнянні з ФА).

## 3. Біоциди на основі бром органічних сполук

Найбільш відомим і вживаним неокисним біоцидом на основі броморганічних сполук є 2,2 – дибromo-3-нітрилопропіонамід (ДБНПА). В основі його антимікробної дії лежить здатність активно взаємодіяти з життєво важливими для клітини сульфурвмісними нуклеофільними угрупованнями, на зразок глутатіону та цистину. Під дією ДБНПА тіолвмісні амінокислоти (цистин) окислюються та не утворюють сульфідні зв'язки. Внаслідок необоротного порушення функцій компонентів на поверхні клітини, відбувається блокування транспорту речовин через клітинну мембрану і, як результат, пригнічення важливих функцій організму в цілому. У зв'язку з наявністю складного механізму дії значно мінімізується можливість звикання мікроорганізмів до ДБНПА. Ще однією невід'ємною перевагою біоциду є високий ступінь біорозкладу з утворенням нетоксичних продуктів. Також молекули ДБНПА починають активно функціонувати одразу при потрапленні в систему, при цьому активність дії не значно залежить від рівня рН і мікробіологічний контроль досягається ще до ефективного розкладу діючої речовини. Таким чином,



комбінація високої антимікробної дії та швидкої хімічної деструкції характеризує ДБНПА як економічно доцільний і екологічно безпечний біоцид [8, 9].

#### 4. Ізотіазоліни

Великою популярністю в сфері дезінфекції води останнім часом користуються біоцидні реагенти на основі суміші ізомерних похідних тіазоліну (тіазолу), що попри значний спектр біоцидної активності (навіть при низьких концентраціях забезпечують ефективний контроль за розвитком бактерій, грибків та вірусів як планктонічного походження, так і у вигляді біообростання), досить легко і швидко піддаються біологічному розкладу без утворення токсичних сполук, не накопичуються в організмах та оточуючому середовищі.

Механізм взаємодії ізотіазолінів з мікроорганізмами досліджений не достатньо, поряд з тим доступні літературні дані свідчать про те, що порівняно невеликі розміри молекул реагенту дозволяють їм проникнути безпосередньо всередину клітини, де вони активно реагують з функціональними групами протеїнів, і, як наслідок, пригнічують дихання та синтез АТФ (універсального джерела енергії для всіх біохімічних процесів в клітині). В результаті, клітина втрачає можливість синтезувати необхідні біополімери, далі процес деструкції життєво важливих протеїнів стає необоротним і клітина гине [10, 11].

#### 5. Четвертинні амонієві сполуки (ЧАС)

Четвертинні амонієві сполуки - катіонні поверхнево-активні речовини, що володіють хорошими емульгуючими і змочуючими властивостями, помірною піноутворюючою і миючою здатністю. ЧАС проявляють противірусну дію до грампозитивних і деяких грамнегативних мікроорганізмів, активні відносно бактерій, грибів та водоростей [3, 5].

Завдяки наявності антимікробної дії та характерних властивостей ПАВ, в останні роки використання біоцидних реагентів на основі ЧАС значно зросло, особливо широко вони використовуються в ролі альгіцидів для боротьби з водоростями на найпростіших, що є причиною біообростання різноманітних поверхонь, контактуючих з водою [12].

Механізм дії ЧАС включає руйнування ліпідних шарів зовнішньої та цитоплазматичної мембрани, внаслідок взаємодії позитивно зарядженого четвертинного атома нітрогену з полярними групами (головами) кислотних фосфоліпідів. В той же час, гідрофобні хвости контактують з гідрофобною поверхнею мембрани. При концентраціях, що зазвичай використовуються для знезараження поверхонь, ЧАС утворюють змішані міцелярні формування з гідрофобними компонентами мембрани, що призводять до підвищення розчинності мембрани і руйнування (лізису) клітини. Клітина гине внаслідок глобального та інтенсивного вивільнення елементів цитоплазми [13, 14].

Головним недоліком ЧАС є їх дуже низька ефективність по відношенню до вірусів і спорових бактерій.

#### 6. Полігуанідини

Гуанідінові сполуки широко поширені в природі і застосовуються як фізіологічно активні речовини у виробництві: ліків, антисептиків, фунгіцидів, пестицидів. Яскравими представниками полігуанідинів, що знайшли використання у водопідготовці, є солі полігексаметиленгуанідину (ПГМГ). Для них характерний досить широкий спектр біоцидної активності: здійснюють бактерицидну, віруліцидну, спороцидну, фунгіцидну, алгіцидну, пестицидну, інсектицидну дію [15, 16]. Крім того, солі ПГМГ мають низьку токсичність, не накопичуються в організмах, підлягають біологічному розкладу.

Біоцидна дія ПГМГ аналогічна дії інших високомолекулярних катіонних біоцидів: оскільки мікроорганізми звичайно мають негативний сумарний електричний заряд, вони притягують до себе  $N^+$  біоцидного препарату, що у такий спосіб стикається з мікроорганізмом, проходить через клітинну мембрану, викликаючи її руйнування й проникає всередину клітини. Усередині клітини ПГМГ впливає на обмінну функцію ферментів, порушує відтворюючу здатність нуклеїнових кислот і білків, а також пригнічує дихальну



систему. Такий вплив, поряд з руйнуванням стінок клітини, приводить до загибелі мікроорганізму [15, 17, 18].

### Окисні біоциди

#### 1. Біоцидні реагенти на основі хлору та брому

Не зважаючи на широке різноманіття існуючих біоцидів, галогенвмісні реагенти користуються найбільшою популярністю, що пов'язано з їх високою ефективністю, простотою синтезу та використання і, найголовніше, низькою вартістю.

У процесах знезараження води в якості хлорвмісних реагентів використовуються власне хлор  $Cl_2$ , гіпохлорити кальцію та натрію ( $NaClO$  і  $Ca(ClO)_2$ ), хлорорганічні сполуки (похідні фенолів, дихлорціанурат натрію) та діоксид хлору  $ClO_2$  [3, 4].

Окремо необхідно згадати дезинфікуючий реагент на основі хлору, технологія виробництва якого була розроблена АО «Сінтеко» (м. Київ), 1,3-дихлор-5-диметилгідантоїн  $C_5H_6Br_2N_2O_2$  (ДХДМГ). ДХДМГ отримують обробкою 5-диметилгідантоїну розчином  $NaClO$ , в результаті чого атоми галогенів в його складі активні і легко заміщаються на протони та аміногрупи [19].

Принцип дії всіх перерахованих реагентів, окрім  $ClO_2$ , базується на основі біоцидних властивостей гіпохлоритної кислоти, що утворюється внаслідок їх розчинення у воді. Даний процес можна представити наступними реакціями [20]:



Незважаючи на те, що сполуки хлору використовуються та досліджуються вже давно, чіткого уявлення щодо механізму їх антимікробної дії на сьогоднішній день не існує. Проте, загалом описати його можна так: гіпохлоритна кислота - неполярна молекула, що має структуру, подібну до молекули води, тому вона легко проникає всередину клітини, де під дією ферментів частково розкладається з виділенням атомарного кисню, і призводить до окиснення та хлорування протеїнів клітини [3, 4, 20]:



Внаслідок перебігу цих процесів, відбувається гідроліз пептидних зв'язків клітинної мембрани і загибелі клітини в цілому.

Слід зазначити, що є дані, згідно з якими біоцидну активність проявляє також іон  $OCl^-$ , але значно меншу, у порівнянні з кислотою. Через наявність заряду проникнення гіпохлорит-іонів в середину клітини ускладнене, тому існують припущення, що вони руйнують її ззовні [20].

Використання діоксиду хлору (ДХ), на відміну від реагентів на основі гіпохлоритної кислоти, має ряд переваг: значно вища ефективність та спектр біоцидної дії, відсутність побічних токсичних продуктів, процес не залежить від рН середовища. Головною особливістю ДХ є те, що внаслідок його високої розчинності у воді він не гідролізує і залишається у вільному стані [21].

Хоча ДХ має один неспарений електрон, за звичайних умов він є стабільним радикалом, що не димеризується та проявляє значні окисні властивості. Механізм його дії на патогенні мікроорганізми також до кінця не зрозумілий, але на сьогоднішній день

дослідження ведуться у двох напрямках: визначенні специфічних хімічних реакцій між ДХ і біомолекулами; спостереженні ефекту ДХ на фізіологічні функції клітини.

У першому випадку ДХ взаємодіє з амінокислотами цистином, триптофаном, тирозином та вільними жирними кислотами. У другому випадку відбувається розлад фізіологічних функцій клітини (підвищується проникність зовнішньої мембрани, внаслідок зв'язування жирів і протеїнів та порушується біосинтез білка) [3, 4, 21].

Зважаючи на високу токсичність побічних продуктів, що утворюються внаслідок використання хлорвмісних реагентів, все більшої актуальності набувають бромвмісні та бром-хлор-вмісні аналоги. Принцип дії бром-біоцидів ідентичний хлорним та супроводжується виділенням гіпобромної кислоти  $\text{HBrO}$ , що проявляє слабші антимікробні властивості у порівнянні з  $\text{НСЮ}$ . Проте, в присутності азотовмісних сполук,  $\text{HBrO}$  утворює з ними бромаміни, значно менш токсичні за хлораміни, що також проявляють біоцидну дію.

У якості бромвмісних біоцидів сьогодні використовують: гіпобромід натрію, бромід натрію та бром-хлоро-диметил-гідантоїн.

## 2. Пероксид водню

Пероксид водню – активний дезінфікуючий реагент, що зі змінним успіхом використовується у різних сферах для знезараження та дезінфекції вже більше 200 років. Новий пік популярності був викликаний можливістю його використання для дезінфекції води різного призначення як альтернатива все тому ж хлору. Беззаперечною перевагою ПВ є його екологічна безпечність, оскільки перебіг реакції розкладу пероксиду супроводжується утворенням кисню та води [4]:



Принцип дії ПВ полягає в утворенні сильних окисників, на зразок атомарного кисню ( $\text{O}^*$ ), радикалів супероксиду ( $\text{O}_2^-$ ) та гідроксиду ( $\text{HO}^*$ ). Ці активні сполуки кисню призводять до необоротних руйнувань багатьох компонентів клітини: ферментів, складових мембрани (жири, протеїни) та молекул ДНК. З усіх перелічених радикалів найвищою активністю, що власне і визначає біоцидні властивості ПВ в цілому, володіють гідроксид-радикали. Головною мішенню радикалів є ДНК, а точніше їх нуклеотиди (азотисті основи). Крім того, встановлено, що  $\text{HO}^*$  також діють і на клітинну мембрану, внаслідок окиснення жирів та білків в її складі [22, 23].

У порівнянні з хлор-реагентами, пероксид водню активно діє проти вірусів і всіх спорових бактерій, разом з тим суттєвим його недоліком є висока нестабільність.

Загальні дані щодо спектру знезаражувальної дії всіх приведених діючих речовин, що використовуються в рецептурах для виробництва біоцидів, наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Спектр мікробіологічної активності різних типів біоцидних реагентів

Види мікроорганізмів	водорості	віруси	спори	гриби	бактерії	найпростіші
Типи біоцидів						
Альдегіди	+	+	+	+	+	+
ДБНПА	+	*	*	+	+	+
Ізотіазоліни	+	*	*	+	+	+
ЧАС	+	—/+	—	+ / —	+ / —	— / +
Полігуанідини	+	+ / —	+ / —	+	+	+
Галогенпохідні	+	+ / —	—	+	+	+
- ДХ	+	+	+	+	+	+
Пероксид водню	+	+	+	+	+	+

*Примітки:* + - висока ефективність; + / — - середня ефективність; — / + - низька ефективність; — - відсутність ефективності; \* - відсутні відомості щодо ефективності.

## Висновки

Таким чином, за останні роки асортимент дезінфікуючих реагентів для потреб водопідготовки значно зріс. Велика кількість компаній у всьому світі, в тому числі і українських, займаються виробництвом та постачанням різних видів біоцидів саме для водного сектору (табл. 3). Разом з тим, деякі речовини, що використовуються в рецептурах біоцидів, є токсичними, крім того, характер впливу ряду реагентів на живі організми, як і механізм їхньої дії, досліджені недостатньо. В зв'язку з цим, окрім проведення подальших токсикологічних досліджень біоцидних реагентів, для безпечного їх використання необхідно:

- ретельне визначення оптимальних концентрацій та дозування біоцидів для забезпечення одночасно максимальної знезаражувальної дії та мінімального впливу на навколишнє середовище;

- дослідження та розробка методів і засобів ефективного зниження залишкових концентрацій біоцидних реагентів та їхніх складових в обробленій воді до екологічно безпечних значень.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЦИДОВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ В ВОДОПОДГОТОВКЕ

**М. А. Сусь, Т. Е. Митченко**

Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев

e-mail: [msus87@gmail.com](mailto:msus87@gmail.com)

*Приведены обзор и классификация современных биоцидных реагентов, используемых в процессах водоподготовки для обеззараживания воды различного назначения. Детально рассмотрены спектр и принцип действия, особенности, преимущества и недостатки каждого из биоцидов. Представлен перечень наиболее известных компаний, которые в настоящее время являются производителями и поставщиками биоцидов для водоподготовки.*

*Ключевые слова: биоциды, окислительные, неокислительные, принцип действия, микроорганизмы.*

## USE OF DIFFERENT KIND BIOCIDES IN WATERTREATMENT

**M. Sus, T. Mitchenko**

National Technical University of Ukraine "KPI", Kiev

e-mail: [msus87@gmail.com](mailto:msus87@gmail.com)

*An overview and classification of up-to-date biocidal reagents for different purpose water disinfection are given. The action spectrum, mode of action, features, advantages and disadvantages of each of biocide are considered. The list of most known manufacturers and suppliers of biocides for water treatment is presented.*

*Key words: biocides, oxidizing, non-oxidizing, mode of action, microorganisms.*

### Список літератури:

1. Managing Cooling Water: Preventing Biological Fouling by Timothy Keister, ProChemTech International Inc. May 5, 2006.— <http://www.process-cooling.com>
2. McDonnell Gerald Antiseptics and Disinfectants: Activity, Action, and Resistance / Gerald McDonnell, A. Denver Russell // ClinMicrobiol Rev. — 1999. — 12(1). — P. 147 — 179.
3. McDonnell Gerald Antisepsis, disinfection, and sterilization : types, action, and resistance / Gerald McDonnell. — ASM Press, USA, Washington, DC, 2007. — 368 p.
4. Seymour S. Block Disinfection, sterilization and preservation /Block S.Seymour. — 5<sup>th</sup> ed. — Lippincott Williams&Wilkins, USA, Philadelphia, PA, 2011.— 1481 p.

Таблиця 3. Виробники та постачальники біоцидних реагентів для процесів водопідготовки

Назва компанії	Типи біоцидів							
	Неокисні				Окисні			
	ДБНПА	Альдегіди	Ізотіазоліни	ЧАС	Полігуанідини	Хлор	Бром	Пероксид
Albemarle, США						+	+	
АССЕРТА, Великобританія	+		+	+		+		+
Archchemicals, США					+	+	+	
Ashland Hercules Water Technologies, США			+			+	+	+
AVISTA technologies, Великобританія	+		+					
BASF, Німеччина	+		+					
BWA Water Additives, Великобританія		+				+	+	
Dow Chemical, США	+	+						
Jurby Water TechInt., Великобританія	+		+	+	+	+	+	
Veolia Water S&T, Франція	+		+	+		+	+	
ЗАО НТЦ «Укрводбезпека», Україна					+			
Институт екологотехнологічних проблем, Росія					+			
НПК Софэкс, Росія		+		+				
ООО "Нова-Хим", Україна	+							
«ХИМАГРЕГАТ», Росія						+	+	



5. *Russell A. D.* Antibiotic and biocide resistance in bacteria: introduction / A. D. Russell // *J. Appl. Microbiol.* — 2002.—92:1S—3S.
6. *Rossmoore H. W.* Application and mode of formaldehyde condensate biocides / H. W. Rossmoore, M. Sondossi // *Advances in applied microbiology.* — 1988.— Vol. 33.— P. 222 — 277.
7. *Laopaiboon Lakkana* Effect of glutaraldehyde biocide on laboratory-scale rotating biological contactors and biocide efficacy / Lakkana Laopaiboon, Niphaphat Phukoetphim, Pattana Laopaiboon // *Electronic Journal of Biotechnology.* — 2006.— Vol.9.— No.4
8. Safety Data Sheet, DBNPA 100 PTECH (2003), Dow Europe GmbH
9. *Eachus Alan C.* Applications of 2,2-Dibromo-3-nitrilopropionamide (DBNPA), A Non-Traditional Antimicrobial Agent, in Metalworking Fluid Production and Use /C. Alan Eachus, John L. Pohlman// *Tribology & Lubrication Technology.* — 2004.— Vol. 60.— No.12.— P. 42 — 47.
10. *Williams M. Terry* The Mechanism of Action of Isothiazolone Biocides / Terry M. Williams // *Power Plant Chemistry.* — 2007.— Vol.9.— No.1.— P. 14 — 22.
11. *McCoy W.F.* (1986). Efficacy of methyl-chloro / methylisothiazolone biocide against *Legionella pneumophila* in cooling tower water / W. F. McCoy, J. W. Wireman, E. S. Lashen // *J. Indust. Micro.* — 1986.— Vol.1.— P. 49 — 56.
12. *Chaidez Cristobal* Quaternary ammonium compounds: an alternative disinfection method for fresh produce wash water / Cristobal Chaidez, Javier Lopez, Nohelia Castro-del Campo // *Journal of Water and Health.* — 2007.— 05.2.— P. 329 — 333.
13. *Moore L. E.* In Vitro Study of the Effect of Cationic Biocides on Bacterial Population Dynamics and Susceptibility / L. E. Moore, R. G. Ledger, P. Gilbert, A. J. McBain // *Appl. Environ. Microbiol.*— 2008.— Vol. 74.— P. 4825 — 4834.
14. *Ioannou J. Christopher* Action of Disinfectant Quaternary Ammonium Compounds against *Staphylococcus aureus* / Christopher J. Ioannou, Geoff W. Hanlon, P. Stephen // *Antimicrobial Agents Chemotherapy*—2007. —Vol.51 — No.1.— P. 296 — 306.
15. *Гембицкий П. О.* Полимерный биоцидный препарат полигексаметиленгуанидин / П. О. Гембицкий, И. И. Воинцева. — Запорожье : Полиграф, 1998. — 44с.
16. *Нижник Т. Ю.* Вилучення іонів важких металів із водних розчинів з використанням азотовмісного полімерного реагенту: дис. ... кандидата техн. наук : 30.05.07 / Нижник Тарас Юрійович. — К., 2007. — 192 с.
17. *Lan Fang* Synthesis and Antibacterial Activity of Polyhexamethylene Guanidine Hydrochloride / Lan Fang, Luan Anbo, Yang Weihe // *Guangdong Chemical Industry.* — 2008.— Vol.4.
18. *Liying Qian* Modified guanidine polymers: Synthesis and antimicrobial mechanism revealed by AFM / Liying Qian, Yong Guan, Beihai He, Huining Xiao // *Polymer*— 2008. — No. 49.—P.2471—2475.
19. *Митченко Т. Е.* Интенсификация сорбционных процессов очистки технологических растворов и производственных сточных вод от микропримесей металлов: дис. доктора техн. наук / Митченко Татьяна Евгеньевна. — К., 1996. — 361 с.
20. *White G.C.* Handbook of Chlorination / G. C. White.— 2nd Edition.—Van Nostrand Reinhold Co., New York, 1986.— 1070 p.
21. Chlorine Dioxide // EPA Guidance Manual Alternative Disinfectants and Oxidants, 1999.



22. *Finnegan M.* Mode of action of hydrogen peroxide and other oxidizing agents: differences between liquid and gas forms / M. Finnegan, E. Linley, S. P. Denyer // *Journal of Antimicrobial Chemotherapy.* — 2010.—Vol. 65.—Iss.10.— P. 2108 — 2115.
23. *Schurman J. John* Antibacterial activity of hydrogen peroxide against *Escherichia Coli* O157:H7 and *Salmonella SPP.* In fruit juices, both alone and in combination with organic acid // Thesis submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Food Science and Technology, 18.07.2001.

