

ПРОБЛЕМА ЗНЕЗАРАЖУВАННЯ ПРИРОДНОЇ ВОДИ

Вступ

Стан водних об'єктів відображає екологічну ситуацію. Найбільше навантаження від діяльності людини приходить на поверхневі води, через що в світі, і зокрема в Україні, не залишилося жодної відкритої водойми, з якої можна було б пити воду без попереднього очищення. Після використання, вода повертається в кругообіг забрудненою різними речовинами, в тому числі і токсичними. Перший клас забрудненості, який прийнятий в Україні, передбачає, що воду можна вважати питною. В розвинутих країнах ці норми майже вдвічі нижчі. А водойми по бактеріологічним і хімічним показникам відносяться до 4-5 класу забруднення і мають тенденцію до погіршення якості. Поряд з цим, нормативні показники води переглядаються в бік зменшення, що ускладнює проблему отримання питної води. В Україні питання якісної питної води вийшло на перший план і тому в 2004 році був підписаний законопроект «Про загальнодержавну програму «Питна вода України». Одним з пунктів в Програмі є «розроблення технічних систем і обладнання, ..., з очищення забруднених та високомінералізованих вод для потреб питного водопостачання» [1].

Сучасні схеми очищення природної води включають стадії прояснення, знебарвлення та знезаражування. Економічно доцільним є використання широкого спектру вискоелективних реагентів, які можуть забезпечити високу ступінь очищення не залежно від якості джерела води, забруднюючих речовин та ін. В якості реагентів використовують коагулянти та флокулянти. Їх використання не завжди задовольняє нормативи на питну воду.

Найбільш поширеними є неорганічні коагулянти, головним чином, солі полівалентних металів алюмінію та заліза – сульфат алюмінію, поліалюмінійхлорид, хлорне залізо та змішані коагулянти на основі солей заліза і алюмінію. Асортимент продукції, що випускається промисловістю, включає, в основному, очищений сульфат алюмінію в твердому вигляді та в розчині, що виготовляють з гідроксиду алюмінію. З літератури відомо, що сульфат алюмінію має ряд недоліків, через які його застосування є недоцільним. Сульфат алюмінію не завжди ефективний, особливо за низьких температур води, що підлягає очищенню. Висока кислотність сульфату алюмінію у випадку недостатнього лужного резерву води потребує її нейтралізації. Невисока ефективність спостерігається при видаленні сульфатом алюмінію з води органічних речовин [2].

Існуючі технології підготовки води передбачають використання хімічних методів знезаражування, при якому використовують активний хлор (хлорамін, хлорне вапно, гіпохлорит, діоксид хлору й ін.). Але хлорування має ряд істотних недоліків. Для використання хлору та його сполук потрібне громізде устаткування, виникає небезпека при роботі з сипучими хлорвміщуючими сполуками. Хлор і його препарати є токсичними сполуками, тому робота з ними вимагає строгого дотримання техніки безпеки. Для одержання гарантованого бактерицидного ефекту застосовують свідомо надлишкові дози хлору, що погіршує органолептичні показники і приводить до денатурації води [2, 3].

Постановка завдання

З огляду на існуючу проблему отримання якісної води питної кондиції, в даній статті розглядаються існуючі реагентні методи знезаражування природної води, їх недоліки та переваги. Переоснащення існуючих технологічних ліній підготовки води є досить коштовним засобом, тому заміна реагентів, зокрема хлорування, є економічно доцільною.

Знезаражування хлором

Знезараження – це обробка води, яка повинна забезпечити видалення з неї хвороботворних мікроорганізмів. Здійснити знезаражування води на 100 % на практиці майже не можливо. Тому на теперішній час прийнято виражати ефективність знезаражування як 99%, 99,9% і т.д., що відповідає зниженню кількості мікробів в воді, що обробляється на два, три і т. д. порядків. Задовільною вважається ступінь видалення в межах 99,99 – 99,999 %.

У процесі обробки газоподібним (зрідженим) хлором, іншими хлорактивними сполуками відбувається утворення побічних токсичних продуктів хлорування – летких галогенорганічних сполук (ЛГС), чотирихлористого вуглецю й ін., серед яких найбільшої уваги заслуговує хлороформ, що перевищує концентрацію інших токсикантів, як правило, на 1-3 порядки [4]. Загальна кількість ЛГС, що нараховуються в воді після хлорування, близько 24 речовин.

Присутність у питній воді хлорорганічних сполук представляють певну небезпеку, оскільки більшість з них мають гепатотоксичну дію, можуть викликати ураження нирок, центральної нервової та ендокринної систем, органів зору, здійснюють ембріотоксичний, мутагенний та канцерогенний ефекти [5].

В багатьох країнах наявність вмісту галогеністких речовин у питній воді регламентується. Так, в США вміст тригалогенметанів (як сукупність концентрацій хлороформу, бромдихлорметану, дихлорбромметан, бромформа) регламентується на рівні 100, в Германії – 50 і Швеції – 25 мкг/дм³ [6]. В

країнах СНД встановлені орієнтовні допустимі рівні в воді, (мкг/дм³): хлороформу – 60, 1,2-дихлоретану – 20, чотири хлористого вуглецю – 6 та 1,2-дихлоретилену – 0,3 [7].

Згідно [5] на якість і склад галогенмістких вуглеводнів, що утворюються при хлоруванні впливають як концентрація і природа органічних сполук, що присутні у вихідній воді, так і умови водопідготовки: доза активного хлору, тривалість його контакту з водою, рН, присутність аміаку і ін.

В використанні газоподібного хлору небезпечним є його транспортування і зберігання через виникнення небезпечних аварійних ситуацій. Діоксид хлору в порівнянні з іншими хлорактивними сполуками має значно вищий бактерицидний і вірулентний ефект. Але його застосування є економічно не вигідним через складну технологію отримання. Способи отримання діоксиду хлору є достатньо складними, вимагають спеціального обладнання і наявності висококваліфікованого персоналу. Вибухонебезпечність та токсичність його побічних продуктів обмежує використання останнього для знезаражування. Всі ці недоліки хлорування спонукають шукати інші способи вирішення цієї проблеми [2].

Ще однією хлорвміщуючою речовиною є хлорамін. Незважаючи на його переваги, а саме, мають тривалий бактерицидний ефект і попереджають вторинний ріст мікроорганізмів, знижає ймовірність утворення токсичних хлорпохідних речовин в воді та деякі інші, вони мають невисоку бактерицидну дію. Крім того деякі мікобактерії, простіші і віруси мають до нього стійкість, тому потребують застосування додаткових методів обробки води [8].

Використання традиційних хлорвміщуючих сполук таких, як хлорне вапно, гіпохлорит кальцію і інших, вимагає досить громіздкого обладнання. До того ж, крім вище перерахованих недоліків, ці сполуки є досить коштовні і дефіцитні.

Знезаражування озоном

Останнім часом альтернативою хлорування є метод озонування. Цей метод дозволяє уникнути проблем, які виникають при хлоруванні, і поліпшити якість питної води. Сьогодні існує більш ніж 1000 водопровідних станцій у Європі, США, Канаді, Японії та ін., на яких застосовується озонування як складова частина загального технологічного процесу підготовки води [9].

Вважається, що озонування є більш екологічною. Але при озонуванні є можливість утворення побічних продуктів, які класифікуються як токсичні. До них відносяться бромати, альдегіди, кетони, карбонові кислоти, хінони, феноли і інші ароматичні сполуки. Безпечність продуктів розкладу органічних речовин, що утворюються в результаті озонолізу, вимагають серйозних досліджень [10].

Знезаражуюча дія озону зумовлена його високою окислювальною здатністю – розпаду з утворенням атомарного кисню. Атомарний кисень знищує бактерії, спори, віруси, руйнує розчинені у воді органічні речовини. Це дозволяє використовувати озон не тільки для знезаражування, але і для дезодорації питної води, видалення токсичних органічних речовин. Надлишок озону, на відміну від хлору, не денатурує воду. При озонуванні мінеральний склад, лужність, рН води залишаються без змін [11].

Використання озону замість хлору доцільно при вмісті у воді речовин, що утворюють при реакції з хлором, більш токсичних речовин або речовин, які погіршують органолептичні властивості води; при отриманні в результаті хлорування високих залишкових концентрацій хлору, які потребують дехлорації; при вмісті в воді патогенних вірусів і спорових бактерій; при необхідності комплексного очищення. Крім того, не повністю вивчені продукти озонолізу органічних сполук в воді та їх мутагенні і токсичні властивості не дозволяють впроваджувати цей метод для отримання питної води. Більш глибокі зміни хімічного складу води спостерігаються, якщо в схемі водопостачання після озонування застосовують хлорування води. У цьому випадку хлорування побічних продуктів озонування води призводить до утворення тригалометанів – відомих мутагенів і канцерогенів [12].

До недоліків можна також віднести достатню коштовність методів отримання озону. Для його впровадження необхідна технічне переоснащення існуючих водопровідних станцій, що призводить до економічної недоцільності. Озон є вибухонебезпечною і токсичною речовиною для людини, яка потребує виконання техніки безпеки та надійного обладнання на водопровідних станціях. Озонування на порядок коштовніший метод, ніж хлорування. Швидке розкладання озону в обробленій воді обмежує його використання в якості кінцевого дезинфікуючого засобу [13, 14].

Знезаражування перексидом водню

Перевагами перексиду водню в порівнянні з іншими окисниками є його відносна стабільність в водному розчині, відсутність його вторинних продуктів при деструкції і окисненні органічних забруднюючих речовин, можливість обробки води в широкому діапазоні температур та рН, простота апаратного рішення. Однак для великих об'ємів води потрібні надто великі кількості реагенту, тому його застосування обмежено [12].

Припускають, що основним механізмом антибактеріальної дії перекису водню є утворення супероксидних і гідроксильних радикалів, які здійснюють або пряму, або опосередковану дію на ДНК клітин [15]. Перексид водню має широкий спектр біологічної дії, але в той же час є речовиною помірно токсичності. Не зважаючи на високу ефективність знезаражування води перексидом водню і відсутність шкідливого впливу останнього на якість питної води і організм, рекомендують короткочасне використання (до 1 року) води, обробленої перекисом водню [16].

Знезаражування йонами срібла

Практичний досвід застосування срібла і його препаратів з метою знезаражування і консервації питної води накопичувався людством протягом багатьох століть. Роботами вітчизняних і закордонних авторів був установлений високий бактерицидний ефект іонів срібла вже в концентрації 0,05 мг/л. Було показано, що срібло має широкий спектр антимікробної дії, пригнічуючи грампозитивні та грамнегативні мікроорганізми, патогенні гриби та віруси. Особливою чутливістю до срібла мають патогенні кишкові бактерії – збудники дизентерії, сальмонельозу, а також холерні вібріони [17].

Механізм дії срібла на мікробну клітину, за сучасними уявленнями, заключається в тому, що воно сорбується на клітинній оболонці, при цьому клітина є життєздатною, але блокується функція поділу. Після того, як на поверхні клітини з'являється надлишок іонів срібла, воно проникає всередину клітини і блокує бактеріальні ферментні системи в цитоплазматичній мембрані або периплазматичному просторі, в результаті чого клітина гине [18].

Найбільше поширення одержало використання електролітичного або анодорозчинного срібла. Електролітичне введення реагенту дозволяє автоматизувати процес знезаражування води, а іони, що утворюються при цьому на аноді, гіпохлорити і перекисні сполуки підсилюють бактерицидну дію анодорозчинного срібла. До достоїнств способу відноситься можливість автоматизації процесу і точного дозування реагенту. Срібло має виражену післядію, що дозволяє консервувати воду на термін до 6 місяців і більше [19].

На антимікробну дію срібла помітно впливають фізико-хімічні властивості оброблюваної води: температура, рН, вміст органічних та мінеральних речовин. Оскільки при наявності хлоридів і сульфатів зумовлює перетворення активного срібла в малорозчинні сполуки. Разом з тим, інтенсифікувати процес знезараження можна при сумісній дії іонів срібла з пероксидом водню, активним хлором, ультрафіолетовим випромінюванням та ін. [18].

Ефектними робочими концентраціями срібла, особливо в практиці знезаражування води на кораблях і інших автономних об'єктах, є 0,2-0,4 мг/л і вище. Разом з тим ПДК у воді цього металу, встановлена по токсикологічній оцінці шкідливості, складає 0,05 мг/л. Цей норматив прийнятий не тільки в нашій країні, але й у більшості країн світу, наприклад у США. І хоча деякі дослідники повідомляють про відсутність негативного впливу срібла в концентрації 0,2-2,0 мг/л на організм лабораторних тварин і культуру тканини, у «Посібнику з контролю якості питної води» ВООЗ (1994) підкреслюється, що такий вміст срібла є не байдужим для здоров'я людини [18]. Крім того срібло є дорогим і досить дефіцитним реагентом, тому обробка сріблом рекомендується для знезаражування і консервації невеликих обсягів води на об'єктах з автономними системами водопостачання [17].

Знезаражування йонами міді

У практиці знезаражування води усе більше місце знаходить застосування іонів міді. Але враховуючи токсичність йонів міді, потрапляння яких в природну воду призводить до порушення біоценозу, її використання в якості біоцидного реагенту повинно супроводжуватися очищенням від самої міді. Мідь, як і срібло, будучи олігодинамічним металом, інактивує бактерії і віруси, але у більших концентраціях, ніж срібло [20].

Механізм дії йонів міді полягає в блокуванні бар'єрної функції бактеріальної клітини, що в свою чергу призводить до порушення їхньої проникності. З іншого боку в літературі є данні про токсичну дію йонів міді, внаслідок їх взаємодії з SH-групами бактеріальних білків і ферментів, що приводять до утворення дисульфідних зв'язків. Можливий зворотний процес – відновлення SH-групи речовинами, що генеруються клітиною в процесі її життєдіяльності. [21]. У цьому випадку дію іонів міді можна визначити як бактериостатичну. Тому часто важко встановити при яких концентраціях відбувається бактериостатична дія, а при яких антимікробний ефект. Вважають, що мідь має виражений антимікробний ефект в гранично допустимих концентраціях 0,5-1,0 мг/дм³ [20]. Інактивація мікроорганізмів міддю протікає повільніше, ніж вільним хлором або хлораміном. На ефективність знезаражування води міддю впливають фізико-хімічні показники якості води. Підвищення концентрації міді, температури і рН оброблюваної води підсилює антимікробний ефект йонів міді. А присутність у воді в значних кількостях хлоридів і карбонатів, сульфідів, йонів заліза (III) знижує ефект знезаражування води [20,21].

Для підвищення бактерицидного ефекту рекомендується використовувати йони міді разом з іншими дезінфікантами, які підсилюють сумісну антибактеріальну дію (пероксид водню, активний хлор) [22].

Відомі шляхи знезаражування води не відповідають згідно ряду чинників сучасним санітарним вимогам, тому перевагу віддають комбінованим хімічним методам підготовки питної води. У якості комбінованих хімічних способів розглядаються поєднання хлору й озону, препаратів хлору з перекисом водню, йонами срібла і міді, перекису водню з озоном, йонами срібла і міді, а також ряд інших комбінацій. Дані технології дозволяють знизити концентрації застосовуваних реагентів, зменшити час обробки води при незмінному, а іноді і більш вираженому антимікробному ефекті [21, 22].

Одним з найбільш ефективних методів знезаражуючої дії хлору є його сумісне використання з йонами металів, при якому спостерігається синергійний ефект. Встановлено, що в присутності металів синергійний ефект має місце при використанні препаратів хлору з йонами срібла і міді. Сумісне їх використання в гранично-допустимих концентраціях дозволяє скоротити тривалість обробки води в 5 – 10

разів. Крім того, виявлено збільшення в 1,5 – 2,0 рази швидкості окиснення органічних домішок води, зокрема, гумінових кислот [23].

Знезаражування біоцидними полімерними флокулянтами

Аналіз сучасних технологій коагуляційного очищення природних вод показує, що основним її недоліком є застосування таких малоєфективних коагулянтів та знезаражування очищеної води хлором. Застосування нових коагулянтів – основних солей алюмінію та флокулянтів нового покоління – біоцидних полімерних флокулянтів, які містять гуанідинову групу, дозволяє отримувати питну воду високої якості [24].

В якості флокулянтів, для інтенсифікації процесу очищення води використовують такі флокулянти як поліДАДМАХ, активну кремнієву кислоту, поліетиленімін. Але вони не забезпечують знезаражування природної води. Тому поєднання сульфату алюмінію з одним з цих флокулянтів не може замінити первинне хлорування природної води. Останнім часом особливо увагу в зв'язку з широким спектром антимікробної дії привертає новий клас дезінфікуючих засобів – полігуанідини (ПГ).

Препарати на основі полігуанідинових основ широко застосовуються для очищення стічних вод різних виробництв, для знезаражування води басейнів, водозабірних споруд при виробництві мінеральної води, засобів її транспортування і бальнеотехнологічного обладнання, обробки ємностей для питної води, обробки замкнених систем промислових підприємств [25].

При взаємодії з клітиною спочатку відбувається електростатична взаємодія від'ємно заряджених груп на клітинній мембрані з молекулою полімеру, що призводить до переорієнтації молекули і введенні її заряджених фрагментів в ліпідний моно шар мембрани. Макромолекула зв'язується з великою кількістю молекул фосфоліпідів мембрани, викликаючи нейтралізацію від'ємного заряду їх полярності. Комплекс, що утворюється, стабілізується гідрофобною взаємодією алкільних ланцюгів жирних кислот фосфоліпідів, що призводить до зміни стабілізуючих мембрану електростатичної і гідрофобної взаємодії, послабленню ліпід – ліпідної взаємодії. Ще одним результатом сорбції є порушення бар'єрних та транспортних функцій мембрани. Подальше проникнення гідрофобного фрагменту в неполярну частину клітинної мембрани веде до її розширення та порушенню взаємодії з ліпідними молекулами. В результаті чого змінюються спочатку проникність, а потім і цілісність мембрани, яка фрагментується і руйнується. Здатність зв'язуватися з мембранами в основному визначається наявністю в макромолекулі позитивно заряджених груп і наявністю на поверхні клітини мікроорганізму від'ємного заряду [26].

Одними з найбільш значимих похідних полігуанідинів є полігексаметиленгуанід (ПГМГ) та його похідні фосфати та хлориди. На даний час основними препаратами, які використовуються в Україні і країнах СНД є «Біопаг», «Фосфопаг», «Фогусепт» та «Полісепт»- Росія, «Акватон», «Валеус» - Україна та інші препарати, які мають різні торгові марки, але мають в своїй основі похідні полігексаметиленгуанідину. Вони відносяться до катіонних флокулянтів, тому мають ряд істотних переваг перед аніонними та нейонними, а саме:

- вони ефективніші, ніж аніонні і нейонні флокулянти;
- не потребують коригування рН природної води, що виключає застосування нейтралізуючих агентів;
- не потребують додаткового внесення електролітів і тому не змінюють солевміст води;
- корозійно неактивні, не змінюють рН очищеної води [27].

За показником фактору надійної безпеки препарати на основі ПГМГ більш ніж в 3000 разів токсичніший для мікроорганізмів, ніж для теплокровних тварин та людини. Це пов'язано з тим, що в організмі людини є ферментні системи, які здатні розщеплювати такі сполуки. Це пояснюється тим, що в ПГМГ в своїй молекулі мають схожі структурні одиниці, які є в організмі людини. [28]. Згідно [29] ПГМГ відносять до 4 класу небезпеки.

Бактерицидна дія похідних гуанідинів визначається їх здатністю зв'язуватися з клітинними стінками і мембранами бактерій проникати в ядро клітин і інгібувати клітинні ферменти.

Основними перевагами ПГМГ є високий знезаражуючий потенціал і широкий спектр дії, висока флокулююча здатність, сумісне використання з іншими реагентами, безпека при зберіганні, транспортуванні, низька токсичність для людини, відсутність корозійної активності. Біоцидні полімери – безумовна альтернатива існуючим методам знезараження води, що є підставою для їх широкого застосування в технології водопідготовки.

Одним з ефективних коагулянтів є основний сульфат алюмінію. Основні переваги дигідроксосульфату алюмінію і основних сульфатів перед традиційним сульфатом алюмінію такі:

- вони працюють в ширших інтервалах значень рН води, що очищається;
- потребують меншого лужного резерву;
- розчини їх менш агресивні – він не знижує рН, завдяки чому зменшується кислотна корозія обладнання і комунікацій [30];
- мають значно кращу здатність до утворення пластівців, особливо за низьких температур;
- міцели, що утворюються в результаті гідролізу, мають більш високий позитивний заряд і кращу адсорбційну здатність.

Основні сульфати алюмінію є більш ефективними в порівнянні з сульфатом алюмінію коагулянтами для очищення природної води при різних температурах і режимах коагулювання. Чим вище основність основних сульфатів алюмінію, тим краще видаляються глинисті і органічні забарвлюючі речовини і знижується кількість розчиненого в воді остаточного алюмінію в очищеній воді. Економія реагентів при коагуляційному очищенні ОСА складає 20 - 30 %, в залежності від якості вихідної води, а в кращому випадку на 50 % в порівнянні з сульфатом алюмінію [31, 32].

Висновки

Одним з альтернативних методів очищення води та знезараження є поєднання методів коагуляції і флокуляції. Видалення з води мікроорганізмів, що мають відносно великі розміри, можна здійснити за допомогою осадження і фільтрування. Щодо вірусів і бактерій малого розміру, які відносяться до мілкодисперсної фракції води можна видалити за допомогою коагуляції, шляхом утворенням агломератів і подальшим їх осадженням і фільтрацією. Ефективність їх видалення є недостатньою, крім того хімічні методи не завжди є ефективними, а іноді і небезпечними (утворення побічних продуктів). Флокулянт інтенсифікує процес видалення завислих частинок, а також дозволяє знизити в фільтрованій воді концентрацію залишкового алюмінію на 30-50% та сприяє видаленню йонів токсичних металів на 25-95% (в залежності від виду металу) [33, 34]. Перспективним є застосування в якості коагулянтів основних сульфатів алюмінію, а в якості флокулянту – речовин на основі гуанідинових сполук. Таке поєднання забезпечує ефективне видалення з води мікроорганізмів з одного боку, з іншого – очищення води за фізико-хімічними показниками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Загальнодержавна програма «Питна вода України». Прес-центр Держжитлокомунгоспу України // Вода і водоочисні технології. – 2004. – грудень, №4. – С. 17 – 18.
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник.–К.: Вища шк., 2005. – 671 с.: іл.
3. Денисов В.В., Гутенев В.В., Хасанов М.Б., Гутенева Е.Н. Сокращение применения хлорсодержащих дезинфектантов в питьевом водоснабжении // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – №1. – С. 7 – 29.
4. Сліпченко В.О., Сліпченко О.В. Утворення хлорорганічних сполук під час хлорування води і методи його запобігання // Вода і водоочисні технології. – 2003. – грудень, №4. – С.47 – 50.
5. Прокопов В.А., Мактаз Э.Д., Толстопятова Г.В. Влияние отдельных факторов на образование тригалогенметанів в хлорированной воде //Химия и технология воды. – 1993. – Т. 15, № 9. – С. 745 – 753.
6. Руководство по контролю качества питьевой воды. – ВОЗ: Женева, 1986. – Т.1. – 106 с.
7. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения: СанПин № 4630-88, М.: 1988. – 69 с.
8. Гончарук В.В., Потапченко Н.Г. Современное состояние проблемы обеззараживания воды // Химия и технология воды. – 1998. – Т.20, № 2. – С.190 – 217.
9. Singer P.C. Assesing ozonation research needs in water treatment // J. Amer. Water works Assos. – 1990. – Vol. 82, #10. – P. 78 - 88.
10. Апельцина Е.И., Алексеева Л.П., Черская Н.О. Проблемы озонирования при подготовке питьевой воды // Водоснабжение и санитарная техника. – 1992, № 4. – С . 24 – 32.
11. Hand book of ozone technology and application. Vol.2. Ozone for drinking water treatment / Ed.R.G.Rice, Netzer. – Boston ect.: Ann.Arbor Science Publ., – 1984. – 378 p.
12. Гончарук В.В., Потапченко Н.Г. Современное состояние проблемы обеззараживания воды // Химия и технология воды. – 1998. – т.20, №2. – С. 190 – 217.
13. Кульский Л.А., Строкач П.П. Техногия очистки природных вод . – Киев, 1996. – 256 с.
14. Warming to Ozone // Water and waste treatment. – 1992. – Vol. 35, #4. – p. 12 – 16.
15. Авчинников А.В. Гигиеническая оценка современных способов обеззараживания питьевой воды (обзор) // Гигиена и санитария. – 2001. – №2, С. 11 – 20.
16. Гигиеническое изучение качества питьевой воды, обеззараженной перекисью водорода. Н.В. Миронец, Р.В.Савина, Л.П.Власова, Н.В. Мартыщенко // Гигиена и санитария. – 1984. – №4, С. 86 - 87
17. Кульский Л.А. Основы химии и технологии воды. – К.: Здоровье, 1991. – 568 с.
18. Кульский Л.А. Серебрянная вода. – К.: Здоровье, 1987. – 197 с.

19. Шмугер Г.М., Изотова П.В., Масленко А.Л., Фурман А.А., Соболевская Т.Т. Гигиеническая оценка электрохимического метода обеззараживания воды серебром // Гигиена и санитария. – 1986. – №12 – С. 10 – 11.
20. Савлук О.С., Бухарская Л.П., Томашевская И.П. Антимикробные свойства меди // Химия и технология воды. – 1986. – №6. – С.65 – 67.
21. Авчинников А.В., Рахманин Ю.А., Жук Е.Г., Рыжова И.Н. О способах консервации питьевой воды на автономных объектах (обзор) // Гигиена и санитария. – 1996. – №2. – С. 9 – 13.
22. Кульский Л.А., Савлук О.С., Каюмова Г.Х. Усиление антимикробного эффекта тяжелых металлов при помощи перекиси водорода // Интенсификация процессов обеззараживания воды. – 1978. – С. 5 – 9.
23. Савлу О.С., Потапченко Н.Г., Косинова В.Н. Обеззараживания питьевой воды // Химия и технология воды. – 1998. – Т. 20, № 1. – С.99 – 111.
24. Запольський А.К. Підготовка високоякісної води в харчовій промисловості // IV Міжнародний Водний Форум «Аква – Україна 2006 ». Міжнародний Форум «Екологічні технології – 2006» – 2006. – С. 338 – 339.
25. Гончарук В.В., Потапченко Н.Г., Косинова В.Н., Левадная Т.И. Дезинфицирующие свойства полигексаметиленгуанидинхлорида и факторы, влияющие на его активность // Химия и технология воды. – 2006. – Т.28, №5. – С. 491 – 504.
26. Д.А. Светлов. Бицидные препараты на основе производных полигексаметиленгуанидина // Жизнь и безопасность. – 2005. – № 3 – 4 с.
27. Баран А.А. Полимерсодержащие дисперсные системы. Киев: Наукова думка. 1980. – 680 с.
28. Нижник Т.Ю. Вилучення іонів важких металів із водних розчинів з використанням азотовмісного полімерного реагенту: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.17.21. – К.: 2007, – 23 с.
29. Жолдакова З.И., Одинцов Е.Е., Харчевникова Н.В., Беляева Н.Н., Тульская Е.А., Зайцев Н.А. Полигексаметиленгуанидин гидрохлорид (ПГМГ-хлорид) // Токсикологічний вісник. – 2004. – ноябрь-декабрь, №6. – С. 34 – 37.
30. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами // Химия и технология воды. 1980. – Т.2, №6. – с.387 – 391.
31. Гончарук В.В., Соломенцева И.М., Герасименко Н.Г. Коллоидно-химические аспекты использования основных солей алюминия в водоочистке // Химия и технология воды. – 1991. – Т.21, №1. – С.53-87.
32. Запольський А.К., Баран А.А. Коагулянти та флокулянти в процесах очистки води. Свойства. Получение. Применение. – Л.: Химия, 1987. – 208 с.
33. Кузнецов О.Ю. Обеззараживание воды питьевого назначения полигексаметиленгуанидинфосфатом // Водоснабжение и санитарная техника. – 2002. – №7. – С. 8 – 10.
34. Сайт <http://www.teflex.ru>