

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Херсонський державний університет
Медичний факультет
Кафедра хімії та фармації

**ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ МЕТОДІВ
ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ**

Кваліфікаційна робота (проект)

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконала: студентка 4 курсу 441 групи

Спеціальність: 014 Середня освіта (Хімія)

Освітньо-професійної (наукової) програми

Середня освіта (Хімія)

Сахно Ірина Андріївна

Керівник: к.т.н. Рябініна Г.О.

Рецензент: к.б.н., доц. Карпучіна Ю.В.

Херсон – 2020

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. Методи знезараження води	5
1.1. Загальна характеристика процесу знезараження води.....	5
1.2. Реагентні методи знезараження води	8
1.3. Безреагентні методи знезараження води	21
1.4. Комплексні методи знезараження води.....	25
РОЗДІЛ 2. Застосування різних методів знезараження для води різного призначення та походження	27
2.1. Знезараження природної та питної води	27
2.2. Знезараження стічних вод	31
2.3. Знезараження води у польових умовах.....	36
ВИСНОВКИ	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43

ВСТУП

Актуальність теми. Роль води у життєдіяльності людини важко переоцінити. Вода відіграє важливу роль у природних процесах, для задоволення фізіологічних потреб людини, значна її кількість використовується на гігієнічні, господарсько-побутові та виробничі потреби.

Але поряд із усіма позитивними властивостями води, вона може відігравати і негативну роль. Вода є одним із шляхів передачі збудників інфекційних хвороб [2-7, 12-13].

Під поняттям "зnezараження" або "дезінфекція" води розуміють звільнення води від патогенних мікроорганізмів з метою підтримки епідемічної безпеки води, в тому числі й питної і запобігання поширенню збудників інфекційних захворювань. Важко переоцінити важливість цього процесу, оскільки ще на сході цивілізації наші предки усвідомили зв'язок забрудненої води з виникненням епідемій. У наш час розроблено багато способів зnezараження води. Усі вони мають свої переваги та недоліки. Кожній групі методів притаманні свої характерні особливі ознаки. В залежності від якості води, її призначення та вимог до неї можуть бути використані різні методи зnezараження [1-8, 14-22].

Отже актуальним питанням сьогодення є вивчення різних методів зnezараження води різного призначення.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було на основі аналізу літературних джерел охарактеризувати різні методи зnezараження вод різного призначення.

Відповідно до мети нашого дослідження необхідно було виконати наступні *завдання*:

- 1) дати загальну характеристику процесу зnezараження води;
- 2) охарактеризувати реагентні, безреагентні та комбіновані методи зnezараження води;
- 3) навести основні методи зnezараження природних та стічних вод;

4) розглянути методи знезараження води у польових умовах.

Об'єкт дослідження – процес знезараження води.

Предмет дослідження – методи знезараження води та їх використання.

Методи дослідження. Для розв'язання визначених завдань та досягнення мети застосовано наступні методи дослідження:

– аналіз літератури з обраної теми.

Структура роботи. Дипломна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел (35 найменувань). Повний обсяг дипломної роботи складає 42 с., основна частина – 43 с.

РОЗДІЛ 1

МЕТОДИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

1.1. Загальна характеристика процесу знезараження води

Роль води у життєдіяльності людини важко переоцінити. Вода відіграє важливу роль у природних процесах, для задоволення фізіологічних потреб людини, значна її кількість використовується на гігієнічні, господарсько-побутові та виробничі потреби [2-7, 8-9].

Але поряд із усіма позитивними властивостями води, вона може відігравати і негативну роль. Вода є одним із шляхів передачі збудників інфекційних хвороб. Так, водним шляхом можуть передаватися збудники багатьох захворювань, найчастіше – кишкові інфекції (холера, черевний тиф, паратиф, дизентерія). Встановлена роль водного фактору розповсюдженні вірусів – збудників інфекційного гепатиту, поліомієліту, ентеровірусів (хвороба Коксакі А та В), в меншому ступені аденовірусів (басейнові кон'юнктивіти) [10-11].

Важливу роль відіграє водний фактор і у поширенні деяких зоонозів, причиною яких є зараження природних джерел води виділеннями заражених гризунів або продуктами розкладу їх трупів в період епізоотій. Водним шляхом можуть передаватися найпростіші – збудники амєбної дизентерії або гельмінти.

Механізми та фактори інфікування води є різними. Так, велику небезпеку у епідеміологічному відношенні являють неочищені або недостатньо очищені фекально-господарські стічні води, води інфекційних лікарень, ветеринарних лікарень, біотехнологічних підприємств, а також підприємств, які пов'язані із обробленням туш та шкіри тварин [1-10].

Потрапляння збудників інфекційних захворювань у відкриті водойми можливе також із водами злив, а також викидами стічних вод пасажирських або промислових суден [5-13].

Під поняттям "зnezараження" або "дезінфекція" води розуміють звільнення води від патогенних мікроорганізмів з метою підтримки епідемічної безпеки води, в тому числі й питної і запобігання поширенню збудників інфекційних захворювань. Важко переоцінити важливість цього процесу, оскільки ще на сході цивілізації наші предки усвідомили зв'язок забрудненої води з виникненням епідемій. У прадавніх цивілізацій, судячи зі знайдених описів зберігання води в срібних глеках і кип'ятіння, для очищення води застосовували мідь і срібло. Ще до нашої ери існувало два головних правила дезінфекції води, які стверджували, що вода повинна фільтруватися за допомогою вугілля і прямих сонячних променів, семикратне кип'ятіння і зануренню в ємність з водою шматка міді. Перші фільтри для очищення води були розроблені в 1700-х роках. Вони склалися з губки, вовни і деревного вугілля. А перша станція водоочистки, була спроектована Робертом Томом і побудована в Шотландії в 1804 році. Через декілька років був встановлений перший водопровід [14-25].

У дев'ятнадцятому столітті були відкриті дезінфікуючі властивості хлору, який отримав широке застосування для цілей зnezараження води. Як правило, зnezараження води проводиться на останньому етапі її фільтрації, тобто перед подачею у водопровід для безпосереднього споживання (якщо мова йдеться про питну воду). У наш час розроблено багато способів зnezараження води. Усі вони підрозділяються на 3 основних категорії за способом впливу на мікроорганізми [25-39]:

- 1) реагентні (або хімічні) (із застосуванням хімічних сполук і їх композицій);
- 2) безреагентні (або фізичні);
- 3) комбіновані;
- 4) біохімічні методи, які використовують при очистці (доочистці) та зnezараженні стічних вод [14-35].

Реагентні методи передбачають внесення у воду хімікатів, які згу-

бно впливають на мікроорганізми. Безреагентні засновані на фізичному впливі на воду, а комбіновані використовують одночасно і хімічну і фізичну дію. Біохімічні методи засновані на взаємодії води, що піддається знезаражуванню і вищих або нижчих рослин, тощо [45-53].

До хімічних методів знезаражування належить її обробка окисниками – хлором, озоном, тощо, а також йонами важких металів. До фізичних – знезаражування УФ-променями, ультразвуком, тощо. Перед знезаражуванням воду зазвичай піддають фільтрації і (або) коагуляції, при яких видаляються завислі частинки, яйця гельмінтів та значна частка мікроорганізмів [1-15].

При хімічних способах знезараження води для досягнення стійкого знезаражуючого ефекту необхідно правильно визначити дозу реагенту, що вводиться і забезпечити достатню тривалість його контакту з водою. Доза реагенту визначається пробним знезараженням або розрахунковими методами. Для підтримки необхідного ефекту при хімічних способах знезараження води доза реагенту розраховується з надлишком (залишковий хлор, залишковий озон), що гарантує знищення мікроорганізмів, що потрапляють у воду деякий час після знезараження.

При фізичних способах необхідно підвести до одиниці об'єму води задану кількість енергії, яка визначається як добуток інтенсивності впливу (потужності випромінювання) на час контакту [5-14].

Зараженість води мікроорганізмами контролюють, визначаючи загальне число бактерій в 1 см³ води і кількість індикаторних бактерій групи кишкової палички (БГКП). Основний вид цієї групи – *E.coli* – визначається простіше, ніж інші бактерії цієї групи. БГКП є присутніми у воді, забрудненій фекаліями, і при цьому мають один з найвищих коефіцієнтів опірності знезараженню. Оскільки *E.coli* є нешкідливою, то їх обрано в якості контрольних мікроорганізмів, що характеризує бактеріальне забруднення води. За санітарними правилами і нормами загальне число бактерій має бути не більше 50 за відсутності в 100 см³ коліформ-

них бактерій. Мірою зараженості є так званий колі-індекс, тобто вміст *E.coli* в 1 дм³ води [8-25].

Проте ця норма не завжди корелює зі знезараженням води від вірусів. При дозах УФ-випромінювання і хлору, що забезпечують однаковий ефект знезараження по колі-індексу, дія ультрафіолету на віруси (віруцидний ефект) значно сильніша, ніж у разі застосування хлору. Озонування ж за віруцидною активністю практично не поступається УФ-опроміненню. Реальні практичні дози для досягнення високого віруцидного ефекту: 0,5-0,8 г/дм³ озону при контакті 12 хв.; при УФ-опроміненні - 16-40 мДж/см³ [25-49].

1.2. Реагентні методи знезараження води

До найпоширеніших реагентних методів належать хлорування (а також використання хлорвмісних окисників); озонування, олігодинамія (переважно обробка води йонами Арентуму та інших важких металів – Ауруму, Купруму, тощо). Використовують також і різні органічні сполуки, такі, наприклад, як антисептики на основі полімерів, йодування та бромовання та інші [2-7, 10-11].

Також реагентні методи знезараження можна поділити на окисні та неокисні.

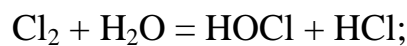
При реагентному знезараженні важливо контролювати дозу реагенту. Адже при його нестачі знезараження буде не повним, а також може призвести до протилежного ефекту – підвищенню активності вірусів та бактерій (при невеликих концентраціях реагенту) [8, 9, 12, 13].

Як правило, реагент дозують з невеликим надлишком. В цьому випадку небезпечні мікроорганізми гинуть, а ефект знезараження зберігається достатньо тривалий час. Надлишок розраховують окремо, адже він має бути таким, щоб не погіршувати якість води (запах, смак), а при

потраплянні такої води до споживача (або при скиданні у водойми) вода не мала негативного впливу на його здоров'я (якщо йдеться про питну воду, або на мешканців водойм) [14-30].

Застосування хлору та хлорвмісних сполук. Як відомо, хлор і сполуки, що містять активний хлор відносять до сильних окисників. Серед реагентних методів хлорування є найпоширенішим. У промисловості використовують газоподібний та зріджений хлор Cl_2 , хлорне вапно CaOCl_2 (яке одержують дією на вологе вапно хлором; в результаті утворюється суміш кальцій гіпохлориту $\text{CaOCl}_2 + \text{Cl}^- + \text{Ca}(\text{OH})_2$), натрій і калій гіпохлорит NaClO , KClO , хлор діоксид ClO_2 , тощо. При застосуванні хлору та його сполук відбувається не тільки знезараження води, але й видалення з неї токсичних сполук (наприклад, при очищенні стічних вод). Таких, наприклад, як H_2S , HS^- (дезодорація води – видалення неприємного запаху), фенолів, ціанідів, метилтіолів, тощо [2-7].

При пропусканні хлору через воду утворюється хлоратна(I) кислота, яка далі дисоціює:



Ступінь дисоціації хлоратної(I) кислоти залежить від рН середовища (при $\text{pH} > 4$ молекулярного хлору не існує). Суму $\text{Cl}_2 + \text{HOCl} + \text{OCl}^-$ називають «вільним активним хлором». У присутності сполук амонію у воді утворюються хлораміни: хлорамін NH_2Cl та дихлорамін NHCl_2 . Хлор у вигляді хлорамінів називають «зв'язаним активним хлором» [10-11].

Процес хлорування проводять у хлораторах періодичної або безперервної дії, напірних і вакуумних. В ежекторі газоподібний хлор захоплюється водою (стічною або питною), яка циркулює у системі до досягнення необхідного ступеня очистки та знезараження.

Газоподібний хлор зберігають у сталевих балонах в зрідженому стані. Хлор знаходиться під тиском 6-7кПа. Газоподібний хлор переваж-

но використовують на великих водопроводах. Дозують хлор за допомогою газового хлоратора – балону, регулюючий вентиль, фільтр для кінцевої очистки газу, редуктора, що знижує тиск, вимірювача витрати газу та змішувача хлор-газ з водою [25-39].

Хлорне вапно CaOCl_2 використовують для знезараження невеликої кількості води і на невеликих водопроводах. Для хлорування води використовують вапно із вмістом «активного хлору» не менше 20%. Якщо вміст «активного хлору» менший від зазначеного, то таке вапно використовується для знезараження інших об'єктів.

Кальцій гіпохлорит CaOCl_2 – являє собою білий порошок, що містить до 60% «активного хлору». Він є більш стійким до дії факторів навколишнього середовища (світло, висока температура, волога), ніж хлорне вапно [50-54].

Хлораміни (хлорамін Т, хлорамін В, дихлорамін Т) – органічні сполуки, які містять приблизно 20% «активного хлору», використовують для знезараження індивідуальних запасів води. Неорганічні хлораміни можуть утворюватися безпосередньо у воді після ведення амоніаку або солей амонію та хлору.

Бактерицидна дія хлору та його сполук полягає в тому, що у воді при його наявності утворюється достатньо нестійка хлоратна(І) кислота HOCl , яка швидко розпадається на хлорат (гіпохлорит) йон OCl^- та H^+ . Гіпохлорит-йон розпадається на атомарний Оксиген і хлорид-йон. Бактерицидна дія визначається переважно тконцентрацією хлоратної(І) кислоти і дещо в меншому ступені гіпохлорит-йонів [25-38].

Для ефективного знезараження води хлором необхідним є:

- 1) максимальна попередня очистка від завислих частинок, які захищають мікроорганізми від поверхневого впливу хлору;
- 2) ведення достатньої дози хлору;
- 3) ретельне і швидке змішування хлору із усією масою води;
- 4) контакт води із хлором не менше 30 хвилин для виявлення його

бактерицидної дії [35-41].

У процесі знезараження води хлор взаємодіє не тільки із мікроорганізмами, але й з деякими органічними сполуками і деякими недоокисненими солями органічних сполук, які можуть міститися у воді. Для надійного знезараження необхідно знати хлорпотребу води, яка складається з хлорпоглинання води та залишкового хлору. Доза хлору має бути такою, щоб після знезараження у воді залишилось 0,3-0,5 мг/дм³ залишкового хлору. Ця кількість хлору свідчить про належне знезараження, не погіршує органолептичні властивості води (смак, запах – для питної води) і при цьому залишається не шкідливою для здоров'я [1,8-9, 12-13].

Переваги хлорування. Метод хлорування був і залишається найбільш поширеним методом знезараження води. Це пояснюється високою ефективністю, простотою використовуваного технологічного устаткування, дешевизною реагенту – рідкого або газоподібного хлору і відносною простотою обслуговування [2-7].

Однією із головних переваг при застосуванні хлору і хлорвмісних сполук є забезпечення пролонгованого (консервуючого) ефекту (так звана «післядія»), який може бути досягнутий лише при використанні цих сполук (при знезараженні великих об'ємів води). Кількість хлору взята з деяким розрахунковим надлишком, так щоб після проходження очисних споруд у воді містилося 0,3-0,5 мг/дм³ залишкового хлору, то не відбувається вторинного росту мікроорганізмів у воді. Адже при знезараженні води може відбуватися її вторинне зараження при транспортуванні через систему водопроводу (для питної води) [10-11].

Хлор та хлорвмісні сполуки широко використовуються при водоочистці і знезараженні води у багатьох країнах світу. Він ефективний практично при будь яких об'ємах мікробіологічного забруднення. Хлорування забезпечує загибель більшої частини патогенних мікроорганізмів і відрізняється помірною ціною і доступністю. Окрім того така обробка води також дозволяє видаляти з води токсичні сполуки та гідроген

сульфід (дезодорація води). Також хлорування використовують у басейнах, де знаходиться велика кількість людей [10-13].

Недоліки хлорування. Поряд із перевагами застосування хлору для знезараження води має і ряд недоліків. Передусім це його токсичність.

Так, хлор є сильно діючою отруйною речовиною (СДОР), що належить до 2-го класу небезпеки. Тому його використання вимагає заходів підвищеної промислової безпеки при його транспортуванні, зберіганні і використанні, захисту населення і територій від наслідків виникнення можливих аварій і надзвичайних ситуацій [1-7].

Одночасно зі знезараженням води при хлоруванні протікають реакції окиснення органічних сполук, при яких у воді утворюються хлорорганічні сполуки, що мають високу токсичність, мутагенність і канцерогенність. Подальше очищення води на активному вугіллі не завжди може видалити ці сполуки. Крім того, що ці хлорорганічні високостійкі сполуки, стають забрудниками питної води, вони, пройшовши через систему водо-постачання і каналізації, викликають забруднення річок вниз за течією.

Враховуючи наведене вище, ведеться постійний пошук реагентів, що поєднують позитивні якості хлору і не мають його недоліків. Через це підприємства водопровідно-каналізаційного господарства застосовують альтернативні способи знезараження води з пролонгуючим (консервуючим) ефектом [10-25].

Хімічний натрій гіпохлорит (хлорат(І)) марки «А». Належить до 3-го класу небезпеки. Виробляється із вмістом «активного хлору» не менше 190г/дм³. При транспортуванні і зберіганні через нестійкість продукту відбувається втрата натрій гіполхлориту, головним чином, через перетворення його в більш стійку сполуку NaCl (сіль).

Електролітичний натрій гіпохлорит (хлорат(І)) марки "Е" (клас небезпеки 4) виробляється з вмістом «активного хлору» 4-8 г/ дм³. На відміну від хімічного натрій гіпохлориту електролітичний гіпохлорит

отримують на місці його використання, і його транспортування і зберігання не потрібне [12-20].

Кальцію гіпохлорит санітарно-технічний марки "А" (клас небезпеки 3), являє собою порошок білого кольору з різким запахом хлору, виробляється із вмістом «активного хлору» не менше 45 %. Кальцію гіпохлорит при контакті з рідкими олієподібними органічними речовинами або пилоподібними органічними продуктами може викликати їх займання.

Хлору діоксид (клас небезпеки 1) отримують на місці використання реакцією хлоридної кислоти з натрій хлоритом NaClO_2 . Діоксид хлору сильніший окисник у порівнянні із хлором і може використовуватися для видалення запаху, деструкції органічних сполук і поліпшення смакових якостей води. Проте його використання може привести до утворення побічних продуктів, наприклад хлориту, який є токсичним. Крім того, вартість діоксиду хлору висока [25-31].

Застосування для знезараження води хлорвмісних реагентів (хлорного вапна, натрій і кальцій гіпохлоритів) є менш небезпечним в обслуговуванні і не вимагає складних технологічних рішень. Насправді, реагентне господарство, що при цьому використовується є більш громіздким, що пов'язано з необхідністю зберігання великих кількостей препаратів (у 3-5 разів більше, ніж при використанні хлору). У стільки ж разів збільшується об'єм перевезень. При зберіганні відбувається часткове розкладання реагентів зі зменшенням вмісту «активного хлору». Залишається необхідність облаштування системи припливно-витяжної вентиляції і дотримання заходів безпеки для обслуговуючого персоналу. Розчини хлорвмісних реагентів є корозійно-активними і вимагають устаткування і трубопроводів з нержавіючих матеріалів або з антикорозійним покриттям.

Хлор діоксид. Пропонується застосування діоксиду хлору, який має ряд переваг, таких як: більш висока бактерицидна і дезодоруюча дія,

відсутність в продуктах обробки хлорорганічних сполук, поліпшення органолептичних якостей води, відсутність необхідності перевезення рідкого хлору. Проте діоксид хлору характеризується високою вартістю, його необхідно одержувати на місці застосування за досить складною технологією. Його застосування має перспективу для установок відносно невеликої продуктивності [4-9].

Все більшого поширення, особливо на невеликих станціях водопідготовки, набувають установки по виробництву активних хлорвмісних реагентів електрохімічними методами (наприклад, для виробництва натрій гіпохлориту методом діафрагмового електролізу NaCl).

Озонування. Дозволяє одночасно забезпечити знезараження води, її знебарвлення, усунення присмаків та запахів. Озонуванням стічні води також очищують від фенолів, нафтопродуктів, H_2S , сполук As, СПАР, CN^- , барвників, канцерогенних ароматичних вуглеводнів, пестицидів, тощо. Озон характеризується сильними окисними властивостями, завдяки яким відбувається загибель мікроорганізмів і окиснення органічних речовин. Озон має сильну окисну дію. Він проникає всередину клітини і руйнує її стінки (відбувається руйнування ферментних систем мікробної клітини), призводячи до загибелі бактерії. Для знезараження води необхідно від 1 до 4 мг/дм³ озону. Знезараження триває до 10 хвилин. Припускається вміст залишкового озону – 0,1-0,3 мг/дм³ [12-19].

Чистий озон O_3 – є вибухонебезпечним, оскільки при його розкладанні вивільняється значна кількість тепла; дуже токсичний. Максимальна припустима концентрація у повітрі робочої зони складає ГДК(O_3) р.з. = 0,0001 мг/м³. Озон являє собою газ блакитнуватою кольору з різким неприємним запахом [1-7].

Знезаражуюча дія озону заснована на високій окисній здатності, що обумовлена легкістю віддачі ним активного атому Оксигену ($O_3=O_2 + O\cdot$).

У водному розчині O_3 дисоціює швидше, ніж у повітрі; дуже шви-

дко дисоціює у слабо-лужних розчинах. У кислих розчинах O_3 виявляє високу стійкість. У чистому сухому повітрі розкладається дуже повільно.

При обробці води озоном відбувається розклад органічних речовин і знезараження води; бактерії гинуть у кілька тисяч разів швидше, ніж при обробці води хлором. Розчинність озону у воді залежить від рН і вмісті у воді розчинних речовин. Невеликий вміст у воді кислот і нейтральних солей збільшує розчинність озону. Наявність лугів – зменшує розчинність озону [12-22].

Дія озону при очистці та знезаражуванні може відбуватися у трьох різних напрямках:

- 1) безпосереднє окиснення за участю одного атому Оксигену;
- 2) приєднання цілої молекули озону до речовин, що окиснюються з утворенням озонідів;
- 3) каталітичне підсилення окисної дії кисню, що присутній в озоні повітряній суміші.

Механізм реакції розпаду озону є дуже складним, оскільки на швидкість впливає дуже багато факторів: умови переходу озону з газової фази у рідку, тиск газу, розчинність у воді, кінетика окиснення озоном забруднень у воді [25-41].

При диспергуванні озону у воді відбуваються два основні процеси – окиснення і дезінфекція. Також вода значно збагачується на вміст кисню. Окиснення може бути прямим і непрямим і відбуватись шляхом каталізу або озоналізу.

Прямі реакції – окиснення ряду органічних та неорганічних речовин (Fe^{2+} , Mn^{2+}), які після озонування осаджуються у формі нерозчинних гідроксидів або переводяться у діоксиди і перманганати.

Непрямі реакції – окиснення радикалами – наприклад, групами OH^- і іншими, які утворюються в результаті переходу озону із газової фази в рідку і його саморозпаду. Інтенсивність непрямого окиснення

прямопропорційна кількості озону, який розпався, і наявних у воді забруднень.

Каталіз – полягає у підсиленні озоном окисної здатності кисню, що наявний у озонованому повітрі [7-15].

Важко чітко визначити послідовність і відношення описаних реакцій, оскільки перевага однієї або інших форм окиснення залежить від багатьох параметрів.

Озон одержують з кисню повітря під дією електричного розряду при високій напрузі в генераторах (озонаторах) на місці використання. Перед подачею повітря або чистого кисню у генератор його осушують, оскільки із збільшенням вологості вихід озону зменшується. Витрата енергії на виробництво 1 кг озону із повітря складає в середньому 18кВт/год, а з кисню – 9кВт/год [11-24].

Озон подають у воду у вигляді озоноповітряної суміші або озоно-кисневої суміші. Концентрація озону у суміші приблизно становить 3%. Для посилення процесу окиснення і знезараження – суміш диспергують у воді на дрібні пухирці газу. Озонування являє собою процес абсорбції, що супроводжується хімічними реакціями у рідкій фазі.

Як правило, застосовують декілька схем озонування. – одноступеневу, та двоступеневу (з попереднім озонуванням або з розділенням води на два потоки) [2-7, 8-9].

Практично на усіх установках передбачається очищення відпрацьованих газів після реактора від залишків озону.

Важливим показником процесу озонування є величина коефіцієнту використання озону. З метою його підвищення рекомендується здійснювати двоступеневу систему очищення і знезараження.

За цією схемою проводиться попереднє озонування відпрацьованою озоноповітряною сумішшю, що містить біля 2мг/дм³ озону. У другому реакторі відбувається остаточне окиснення домішок [1, 9-16].

При двоступеневій очистці із розділенням води на два потоки про-

цес також ведеться у двох реакторах. У перший подається 80-90% загальної кількості води, а залишок – у другий реактор. Озоноповітряна суміш послідовно проходить реактори. Концентрація озону у відпрацьованих газах не перевищує 0,01%.

Для озонування у промисловості використовують апарати різної конструкції. Можуть бути використані насадкові, тарілчасті колони, колони з механічним диспергуванням озону, тощо [1-10].

Переваги озонування. Озонування вважається найефективнішим методом знезараження води. Воно має ряд переваг перед хлоруванням. Знезараження води відбувається дуже швидко, протягом декількох хвилин. При цьому озон не надає воді ні запаху, ні смаку, одночасно знебарвлює її і видаляє запах, окиснює токсичні сполуки. Крім того, на нього меншою мірою впливає температура, рН, каламутність і інші властивості води. Озон працює швидко і знищує практично усі мікроорганізми, що знаходяться у воді, перевершуючи за цією характеристикою хлор. З гігієнічної точки зору озонування води – один з кращих способів її знезараження. При високій мірі знезараження води воно забезпечує її найкращі органолептичні показники і відсутність високотоксичних і канцерогенних продуктів в очищеній воді. Озонування вважається найбільш безпечним і ефективним методом, але і воно має декілька недоліків [4-16].

Недоліки озонування. Озонування вважається найдорожчим методом знезараження води. Спосіб відрізняється високою вартістю установки і великим енергоспоживанням. Використання озону для знезараження проводиться для очищеної води. В цьому випадку озон витратиметься лише на дезінфекцію. Якщо після очищення у воді залишилися не окиснені сполуки (органічні забруднення, Fe^{2+} , Mn^{2+} і т. п.), витрата озону значно зросте [25-31].

Для роботи з озонуючим устаткуванням потрібен персонал високої кваліфікації, адже газ є токсичним і вибухонебезпечним. Оскільки озон

(клас небезпеки 1) представляє високу небезпеку для персоналу, в залі озонаторів і в приміщеннях розподільних камер повинна передбачатися припливно-витяжна вентиляція як така, що постійно має працювати, так і аварійна на випадок перевищення допустимої концентрації озону. Вентиляційні системи автоматизуються на тепловий режим і міру загазованості. Вентиляційне устаткування виконується у вибухобезпечному варіанті.

Щоб подати воду населенню по розподільній мережі необхідно дочекатися періоду повного розпаду озону –деякий час витримати воду в контактних резервуарах. Оскільки надлишок озону у воді призводить до корозії металевих частин устаткування і трубопроводів, особливо сталевих, апарати зношуються і руйнуються швидше. Окрім цього залишковий озон руйнує металеві трубопроводи, , тому перед подачею води для повного розкладання озону. Використовувати залишковий озон для захисту води від вторинних забруднень в трубопроводі в період транспортування можливо лише для труб з матеріалів, стійких до впливу озону (деякі пластмаси, азбестоцемент, бетон і т.д.). Тому у воду частіше додають хлорвмісні речовини [14-30].

Крім того, новітні дослідження відмічають, що озонування викликає "пробудження" мікроорганізмів, що знаходилися в умовній сплячці. У обробленій озоном воді іноді спостерігається ріст бактерій, оскільки розкладання фенольних груп, що входять до складу гумінових речовин, сприяє активації мікроорганізмів, що раніше знаходилися в пригніченому стані. Тому залишковий озон не завжди гарантує високу якість води за мікробіологічними показниками у споживача [31-44].

Олігодинамія. Ґрунтується на здатності благородних металів (таких як золото, срібло і мідь) знезаражувати воду. "Олігодинамічні" властивості – здатність металів (їх йонів) чинити бактерицидну дію в малих концентраціях. Ці метали можуть вводитися у вигляді розчинів солей або методом електрохімічного розчинення. У обох цих випадках можли-

вий непрямий контроль їх змісту у воді. Слід зауважити, що ГДК іонів срібла і міді в питній воді досить жорсткі, а вимоги до води, що скидається в рибогосподарські водойми, ще вище. Те, що ці метали мають антисептичний ефект, відомо з давніх давен. Мідь і її сплави часто застосовують в польових умовах, коли треба в індивідуальному порядку знезаразити невеликий об'єм води. Для більшої дії металів на мікроорганізми використовуються іонатори. Ці проточні апарати, працюють на основі гальванічної пари і електрофорезу [41-54].

Знезараження води йонами Аргентуму. Застосування цього металу прийнято вважати одним з найдревніших способів знезараження води. В давнину була поширена думка, що срібло лікує від будь-яких хвороб. Зараз відомо, що воно згубно впливає на велику низку мікроорганізмів, проте невідомо, чи знищує срібло прості бактерії. Цей спосіб дає видимий ефект при знезараженні води. Вода може бути знезаражена металічним сріблом. Накопичення йонів Аргентуму у воді відбувається швидше при її тривалому контакті з металом [1-8].

У техніці знезараження води використовують метод електрохімічного розпилення срібла. Він дозволяє за допомогою електровимірювальних приладів точно дозувати і регулювати процес знезараження. «Срібна» вода характеризується більш сильним бактерицидним ефектом, ніж хлорована. Концентрація йонів Аргентуму, яка відповідає 1 мг/дм^3 йонів Аргентуму, цілком знезаражує воду через 2 години.

Вода, що містить багато солей і завислих речовин, знезаражується повільніше. На бактерицидний ефект можуть суттєво впливати хлориди, що зв'язують йони Аргентуму. При вмісті хлоридів у воді від 5 до 20 мг/дм^3 необхідна доза йонів Аргентуму складає від 0,05 до $0,20 \text{ мг/дм}^3$.

Йони Аргентуму діють повільніше за хлор, але зберігають бактерицидні властивості більш тривалий час. Тому використання йонів Аргентуму з успіхом може бути використане для знезараження води на ко-

раблях, в басейнах, у польових умовах, тощо. Залишкова концентрація йонів Аргентуму у воді не має перевищувати $0,005 \text{ мг/дм}^3$ [2-7, 8-9].

Проте йони Аргентуму можуть негативно впливає на організм людини при надмірному накопиченні у воді. Йони Аргентуму відносять до високого класу небезпеки. Знезараження води йонами Аргентуму не вважається безпечним методом, а тому практично не використовується в промисловості. Срібні іонатори використовуються в одиничних випадках в побуті для обробки невеликих об'ємів води.

Застосування важких металів (мідь, срібло та ін.) для знезараження питної води ґрунтоване на використанні їх "олігодинамічної" властивості - здатності чинити бактерицидну дію в малих концентраціях. Ці метали можуть вводитися у вигляді розчинів солей або методом електрохімічного розчинення. У обох цих випадках можливий непрямий контроль їх змісту у воді. Слід зауважити, що ГДК іонів срібла і міді в питній воді досить жорсткі, а вимоги до води, що скидається в рибогосподарські водойми, ще вище [10-25].

Застосування активного вугілля і катіонітів, насичених сріблом, наприклад, С- 100 Ag або С- 150 Ag фірми "Purolite", має на меті не "сріблення" води, а запобігання розвитку мікроорганізмів при припиненні руху води. При зупинках створюються ідеальні умови для їх розмноження – велика кількість органічних речовин, які затримуються на поверхні частинок, їх величезна площа і підвищена температура. Наявність срібла в структурі цих часток різко зменшує вірогідність обсіменіння шару завантаження. Срібловмісні катіоніти розробки КУ-23СМ і КУ-23СП – містять в собі значно більшу кількість срібла і призначені для знезараження води в установках невеликої продуктивності [15-22].

Бромовання і йодування. До хімічних способів знезараження питної води відносять також широко поширене на початку 20 ст. знезараження сполуками Броду і Йоду, які характеризуються більш вираженими бактерицидними властивостями, ніж хлор, але вимагають і складніших

технологій. У сучасній практиці для знезараження питної води йодуванням пропонується використовувати спеціальні іоніти, насичені йодом. При пропусканні через них води йод поступово вимивається з іоніту, забезпечуючи необхідну дозу у воді. Таке рішення прийнятне для малогабаритних індивідуальних установок. Істотним недоліком є зміна концентрації йоду під час роботи і відсутність постійного контролю його концентрації [22-39].

Знезараження полімерними сполуками. Відсутність шкоди здоров'ю, знищення запахів, смаків і колірності, велика тривалість дії – перераховані переваги відносяться до знезараження за допомогою полімерних реагентів. Такий вид речовин також називають полімерними антисептиками. Вони не викликають корозію і не псують тканину, не викликають алергії і відрізняються результативністю [31-44].

1.3. Безреагентні методи знезараження води

До безреагентних методів знезараження води відносять її обробку ультрафіолетовими променями, гама-випромінюванням, ультразвуком, тощо. Також до безреагентних відносять термічні методи знезараження, а саме кип'ятінні та стерилізацію води [2-7, 8-9].

Безреагентні методи засновані на фізичному впливі на воду різних факторів. При цьому у воді не відбувається жодних змін.

Перед цими методами знезараження вода обов'язково повинна проходити очищення від суспензій і домішок. Для цього застосовується коагуляція, сорбція, флотація і фільтрація води [1, 8-9, 12,13].

Знезараження ультрафіолетом. З фізичних способів знезараження питної води найбільше поширення отримало знезараження води ультрафіолетовими променями. Дезінфікуюча дія ультрафіолетового випромінювання відома дуже давно. Його дія схожа з сонячним світлом, що успішно знищує непристосовані мікроорганізми за межами озонОВО-

го шару Землі. Ультрафіолет впливає на клітини, створюючи поперечні зшивки в ДНК, внаслідок чого клітина втрачає можливість ділитися і гине. УФ-випромінювання впливає на клітинний обмін і особливо на ферментні системи бактеріальної клітини. Ультрафіолетові промені мають бактерицидну дію. Вони згубно впливають як на вегетативні властивості бактерій, так і на спори, найпростіші та віруси і при цьому не змінюють органолептичні властивості води [14-30].

Знезараження води відбувається у потоці води за допомогою спеціальних установок. Використовують герметичні камери опромінення, в яких розташовані бактерицидні лампи із кварцового скла. Установка складається з ламп, поміщених в кварцові чохла. Лампи продукують випромінювання, що миттєво знищує мікроорганізми, а чохла не дозволяють лампам охолоджуватись. Вода у камері переміщується за допомогою спрямовуючих спіралей. Якість знезараження при використанні цього методу залежить від прозорості води: чим чистіша вода, що поступає у камеру, тим далі поширюється світло і тим менше забруднюється лампа. Для цього перед знезараженням вода проходить інші стадії очищення, у тому числі механічні фільтри. Резервуар, через який протікає вода, зазвичай обладнаний мішалкою. Перемішування шарів рідини дозволяє процесу дезінфекції проходити більше рівномірно. Кварцові чохла із поверхні мають постійно очищатися від солей і каламуті спеціальним очищаючим обладнанням не менше одного разу в квартал. Тоді результативність процесу не погіршуватиметься із-за появи накипу і інших забруднень. Самі лампи підлягають заміні раз на рік [35-50].

Недоліки методу. Ультрафіолетове опромінення вбиває мікроорганізми, але клітинні стінки бактерій, грибків, білкові фрагменти вірусів залишаються у воді. УФ випромінювання вимагає великої витрати енергії і не має пролонгованого ефекту. УФ лампи містять ртуть (клас небезпеки 1) і вимагають спеціальних заходів по утилізації [14-28].

Важливо відмітити, що оскільки при УФ-опроміненні не утворю-

ються токсичні продукти, то не існує верхнього порогу дози. Збільшенням дози УФ-випромінювання майже завжди можна досягти бажаного рівня знезараження. Основним недоліком методу є повна відсутність післядії.

Організація процесу УФ-знезараження вимагає великих капітальних вкладень, ніж хлорування, але менших, ніж озонування. Нижчі експлуатаційні витрати роблять УФ-знезараження і хлорування порівняними в економічному плані. Витрата електроенергії незначна, а вартість щорічної заміни ламп складає не більше 10% від ціни установки. Для індивідуального водопостачання УФ-установки є найпривабливішими. Чинником, що знижує ефективність роботи установок УФ-знезараження при тривалій експлуатації, є забруднення кварцових чохлам ламп відкладення-мі органічного і мінерального походження. Великі установки забезпечуються автоматичною системою очищення, що здійснюється промиванням шляхом циркуляції через установку води з додаванням харчових кислот. У інших випадках застосовується механічне очищення [48-54].

Знезараження ультразвуком. Сутність методу полягає у тому, що генератор утворює струм високої чистоти, а вібратор перетворює електричні коливання в ультразвукові. Під дією ультразвукових хвиль тваринні і рослинні клітини, найпростіші і мікроорганізми гинуть. Миттєвий перепад тисків призводить до розриву клітинних оболонок і загибелі мікроорганізмів. Ефект залежить від інтенсивності ультразвукових коливань і морфологічних особливостей об'єктів. Більшість мікроорганізмів гине під дією ультразвуку протягом 5 секунд. Колір і каламутність води на якість її знезараження не впливають [2-7, 8-9].

Робота таких установок ґрунтується на кавітації. Через інтенсивні коливання, яким піддається вода завдяки високочастотному звуку, в рідині утворюються численні порожнини, вона ніби "скипає". Устаткування для ультразвукової обробки води ефективно, але вимагає великих витрат і грамотної експлуатації.

Ультразвукова дія призводить до загибелі більшості мікроорганізмів при інтенсивності випромінювання не менше 2 Вт/см^2 і часу обробки не менше 5 хв. Бактерицидна дія ультразвуку різної частоти дуже значна і залежить від інтенсивності звукових коливань. Робота генератора ультразвуку вимагає великої витрати енергії і не має пролонгованого ефекту. Цей метод, також як і кип'ятіння в основному, використовується для знезараження малих об'ємів води [14-30].

Електроімпульсне знезараження. Метод полягає в наступному: електричні розряди, що поступають у воду, створюють ударну хвилю, мікроорганізми потрапляють під гідравлічний удар і гинуть. Цей спосіб не вимагає попереднього очищення і ефективний навіть при підвищеній каламутності. Гинуть не лише вегетативні, але і споротворні бактерії. Перевагою є тривале зберігання ефекту (аж до 4-х місяців), а недоліком – чимала вартість і велике енергоспоживання [50-54].

Електричний розряд у воді має високий бактерицидний ефект. При розряді утворюються ударні хвилі і вільні радикали, що мають сильні окисні властивості. В результаті відбувається загибель більшості мікроорганізмів. Електричний розряд у воді вимагає великої потужності високочастотного генератора. Тому витрата електроенергії складає близько $2 \text{ кВт} \times \text{год}$ на 1 м^3 води [30-45].

Термічні методи знезараження

Кип'ятіння. Це найпростіший і надійний метод знезараження води. Він використовується для невеликої кількості води, при цьому для її подальшого використання її необхідно охолоджувати. Кип'ятіння проводять у кубах і кип'ятильниках періодичної або безперервної дії. Навіть при сильному забрудненні води після її 3-5 хвилинного кип'ятіння вона стає цілком безпечною для вживання. Охолодження води проводять в водозабірних баках [2-7, 8-9].

З фізичних способів індивідуального знезараження води кип'ятіння є найбільш поширеним і надійним, при якому, окрім знищення бакте-

рій, вірусів, бактеріофагів, антибіотиків та ін. біологічних об'єктів, що часто містяться у відкритих вододжерелах, видаляються розчинені у воді гази і зменшується жорсткість води. Смакові якості води при кип'ятінні змінюються мало [1, 8-9, 12, 13, 45-50].

Слід зазначити, що кип'ятіння води при атмосферному тиску впродовж 10-12 хвилин вбиває усі неспоротворні мікроорганізми. Після охолодження спори в цій воді проростуть (вторинне забруднення). Проте, у кип'ятіння є один недолік: вода вважається безпечною близько доби, після чого бактерії і віруси знову можуть в ній з'явитися. Кип'ятіння вимагає великої витрати енергії і не має пролонгованого ефекту. Цей метод використовується для знезараження малих об'ємів води: в побуті, польових умовах, лабораторіях, малих водоочисних установках і інших подібних випадках [25-45].

Стерилізація. Її проводять при температурі більше 100⁰С. При стерилізації води у ній цілком гинуть усі мікроорганізми, у тому числі й споруотворюючі. У фармацевтичній практиці стерилізацію води використовують для одержання розчинів для ін'єкцій та інфузійних вливань [2-7, 8-9].

1.3. Комплексні методи знезараження води

Комплексні методи ґрунтуються на поєднанні фізичних і хімічних методів для поліпшення результативності. Прикладом є комбінація з ультрафіолетового випромінювання і хлорування (іноді хлорування замінюється на озонування). УФ-лампи знищують мікроорганізми, а хлор або озон запобігають їх повторному виникненню. Крім того, добре поєднуються окиснення і обробка важкими металами. Реагент-окисник дезінфікує, а метали подовжують бактерицидну дію [14-35].

Поєднання УФ-знезараження з подальшим хлоруванням малими дозами забезпечує як найвищий ступінь очищення, так і відсутність вто-

ринного біозабруднення води. Так, обробкою води басейнів УФ-опроміненням у поєднанні з хлоруванням досягається не лише висока міра знезараження, зниження порогової концентрації хлору у воді, але і, як наслідок, істотна економія коштів на витрату хлору і поліпшення обстановки в самому басейні. Аналогічно поширюється використання озонування, при якому знищується мікрофлора і частина органічних забруднень, з подальшим щадним хлоруванням, що забезпечує відсутність вторинного біозабруднення води. При цьому різко скорочується утворення токсичних хлорорганічних речовин [35-45].

Оскільки усі мікроорганізми характеризуються певними розмірами, пропускаючи воду через перегородку, що фільтрує, з розмірами пор меншими, ніж мікроорганізми, можна повністю очистити від них воду. Так, елементи, що фільтрують, мають розмір пор менше 1 мікрона, вважаються такими, що знепліднюють, тобто стерилізують. Хоча при цьому з води видаляються тільки бактерії, але не віруси. Для "тонших" процесів, коли неприпустимо присутність будь-яких мікроорганізмів, наприклад, в мікроелектроніці, застосовують фільтри з порами розміром не більше

0,1-0,2 мкм. Досить новими способами знезараження води є електрохімічний і електроімпульсний. Серійно виготовляють установки "Смарагд", "Сапфір", "Акваміну" і т. п. Їх робота ґрунтується на пропусканні води через електрохімічний діафрагмовий реактор, розділений ультрафільтраційною металокерамічною мембраною на катодну і анодну область. При подачі постійного струму в катодній і анодній камерах відбувається утворення лужного і кислого розчинів, електролітичне утворення активного хлору. У цих середовищах гинуть практично усі мікроорганізми і відбувається часткове руйнування органічних забруднень. Конструкція проточного електрохімічного елементу добре відпрацьована, і набором з різного числа таких елементів отримують установки заданої продуктивності. Крім того, їх використовують для отримання дез-

інфікуючих розчинів – католіту і аноліту, що використовуються в медичній практиці [50-54].

При електроімпульсній дії створюється електричний розряд у воді – електрогідралічний удар, т. н. ефект Л. А. Юткіна. При розряді виникає ударна хвиля надвисокого тиску, світлове випромінювання і утворюється озон. Ці чинники згубно діють на біологічні об'єкти у воді.

Комплексний підхід при виборі методів знезараження дозволить досягти необхідного ефекту при оптимальному поєднанні ефективності і економічності при дезінфекції води [25-45].

РОЗДІЛ 2

ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ МЕТОДІВ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ДЛЯ ВОДИ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ПОХОДЖЕННЯ

2.1. Знезараження природної та питної води

З метою водопостачання можуть бути використані відкриті водойми (поверхневі води), підземні і атмосферні води. Тож розглянемо питання необхідності у їх знезараженні і методи, що для цього використовуються [2-7, 8-9].

Атмосферні опади. Атмосферні опади утворюються в результаті згущення водяних парів атмосфери і випадіння їх на землю у вигляді дощу або снігу. Атмосферна вода слабкомінералізована, дуже м'яка, містить мало органічних речовин і вільна від патогенних бактерій. В подальшому на якість води впливає спосіб збору і зберігання. Як джерело водопостачання атмосферні опади використовуються дуже рідко, головним чином у безводних, посушливих місцях. При використанні опадів для питних потреб їх збір має відбуватися із дотриманням усіх санітарних прави, у чисті ємності, що надійно захищені від зовнішніх забруднень. Атмосфера промислових міст може бути забруднена хімічними сполуками і мікроорганізмами. Тому такі атмосферні опади забруднюються і стають не придатними для пиття.

Талі вод, що утворюються після таяння снігу і льоду, використовують дуже рідко. Забруднюються вони так само, як і атмосферні.

Атмосферні води можуть використовувати при децентралізованому водопостачанні (для забезпечення водою окремих домівок та невеликої групи будинків) переважно у сільській місцевості. Перед вживанням такі води обов'язково піддають знезараженню. Як правило такі води піддають кип'ятінню [2-7, 8-9].

Підземні води. Утворюються за рахунок фільтрації атмосферних

опадів через ґрунт. Невелика їх частина утворюється в результаті фільтрації води відкритих водойм через русло (річки, озера, водосховища). Підземні води за умовами залягання поділяють на ґрунтові (поверхневі, I або верхній шар), ґрунтові (II шар) та міжпластові. Поверхневі не надійні у епідемічному відношенні і тому їх практично не використовують. Ґрунтові вільні від мікроорганізмів, але у прибережних районах мають зв'язок із відкритими водоймами – це так звані підруслові води. Вони є менш надійними у санітарному відношенні. Міжпластові води – найбільш чисті і не вимагають знезараження.

При використанні відкритих водойм для водопостачання їх води обов'язково піддають знезараженню (після попереднього відстоювання, освітлення, фільтрації, тощо) [2-7, 8-9].

При централізованому водопостачанні за необхідності воду піддають очистці та знезараженню на спеціальних станціях.

Перед знезараженням води, особливо, якщо як вододжерело використовують поверхневі води, її освітлюють та знебарвлюють. Для цього використовують відстоювання і повільну фільтрацію, а також коагуляцію і, відстоювання і швидку фільтрацію.

Відстоювання відбувається у відстійниках. Фільтрування відбувається у фільтрах – залізобетонних резервуарах із подвійним днищем: нижнім цілісним і верхнім пористим. Між ними утворюється дренажний простір, в який потрапляє профільтрована вода. З часом на поверхні фільтру формується біологічна плівка, яка затримує на поверхні не тільки завислі частинки, але і яйця гельмінтів, і до 90-92% бактерій.

На великих станціях використовують коагуляцію. У воду вводять спеціальні речовини, що утворюють пластівці, що осідають. При цьому видаляється 90% завислих частинок і біля 99% мікроорганізмів [2-7, 8-9].

Для знезараження використовують хімічні методи (хлор і його сполуки, озон, йони Аргентуму, фізичні і термічні методи, а також ком-

біновані методи) [14-35].

Останнім часом в Україні заговорили про використання діоксиду хлору для знезараження питної води [14-25].

Дезінфікуючі і окисні властивості діоксид хлору широко стали використовувати в Європі для обробки питної води. Як дезінфектант і як окисник. Як дезінфектант, діоксид хлору дуже ефективний проти бактерій, грибів, водоростей і біоплівки. Крім того, завдяки унікальним властивостям діоксиду хлору, протівірусна і протиспорова дія краща, ніж у інших дезінфікуючих засобів. В якості окисника, діоксид хлору використовується для видалення йонів Феруму(II) і Мангану(II), зниження каламутності і колірності, видалення присмаків і запахів, стримування зростання морських водоростей, видалення пестицидів. До останнього часу хлорування води було чи не єдиним методом знезараження води на станціях очищення води. Дослідження, проведені за останні роки, встановили, що при хлоруванні води утворюється велика кількість високотоксичних хлорорганічних сполук, а бактерицидний ефект хлору за багато десятиліть його застосування поступово знижується через адаптацію до нього мікроорганізмів. Слабкий дезінфікуючий ефект рідкого хлору, хлорного вапна, натрій гіпохлориту та ін., малий час післядії, а так само зношеність водопровідних мереж служить причиною спалахів різних інфекційних захворювань. Насамперед, захворюваність населення гепатитом А в переважній більшості випадків пов'язана із вживанням неякісної питної води. А тригалометани, що утворюються в обробленій воді хлорвмісними дезінфектантами, збільшує ризик захворювання раком. Існуюча тенденція захворювань, пов'язаних з неякісною водою на жаль неухильно посилюється. Використання рідкого хлору і хлорвмісних дезінфікуючих засобів пов'язана з реальною екологічною і техногенною небезпекою. Перехід до знезаражування водопровідної води озоном і ультрафіолетом не може повноцінно замінити хлорування, оскільки ці способи не мають необхідного часу післядії [30-45].

Переваги діоксиду хлору перед хлорвмісними засобами. Діоксид хлору має істотні переваги перед використанням гіпохлоритів і хлору:

- Не утворює токсичні хлорорганічні сполуки (діоксин, пестициди, тощо) і тригалометани;
- Має значно більш високу (до 10 разів) бактерицидну і окисну здатність ніж хлор;
- Дезінфікуючі властивості ефективні і в кислому і лужному середовищі, в діапазоні рН води від 3 до 10;
- Пролонгована до 7-10 діб дія в мережах водопостачання;
- Ефективно знищує грибки, спори, віруси, бактерії і водорості;
- Видаляє біоплівку (мікробіологічний слиз) з система водопостачання;
- Мікроорганізми не здатні виробляти захисний механізм до діоксиду хлору, завдяки унікальній дії на них, отже, відсутній ефект пристосування (адаптації);
- Використовується на харчових виробництвах і при знезараженні води для приготування продуктів і напоїв;
- Застосовується в сільському господарстві для знезараження води, що використовується для поливу рослин, живлення тварин, птахів і розведення риб;
- усуває запахи, покращує смак, відновлює прозорий колір води.

Діоксид хлору може вирішувати специфічні завдання знезараження води, які не вирішуються при застосування хлору, забезпечуючи при цьому більш тривалу післядію. Так, діоксид хлору здатний ефективно знезаражувати воду, що має високий вміст органічних речовин, з мінімальною витратою на їх окиснення. Окрім ефективного знезараження води, діоксид хлору видаляє біоплівку у водопровідних мережах і резервуарах зберігання питної води. Застосування діоксиду хлору, не вимагає використання специфічного устаткування, дотримання складних умов зберігання і роботи висококваліфікованого персоналу. Технологія засто-

сування проста: необхідно є ємність для розведення розчину і дозуюче устаткування. На відміну від хлору і подібних до нього реагентів, застосування діоксиду хлору не призводить до негативних побічних ефектів. Маючи більш високу бактерицидну активність, діоксид хлору має ефективну еквівалентну дозу в 10 разів нижче в порівнянні з активним хлором, тобто доза в 1 мг/л еквівалентна 10 мг/л активного хлору [35-50].

При застосуванні децентралізованої системи водопостачання часто використовують колодязі, в яких також необхідно періодично знезаражувати воду. Ефективним методом є знезараження води за допомогою хлорвмісних дозуючих патронів, які являють собою циліндричний посуд із пористої кераміки об'ємом 250, 500 та 1000 см³. Патрон заповнюють хлорвмісним реагентом (хлорне вапно, кальцій гіпохлорит), закривають керамічною пробкою і підвішують у колодязі на 0,5м нижче рівня води. Пористі стінки патрону пропускають хлорвмісний реагент у воду, в результаті чого відбувається знезараження її [45-54].

2.2. Знезараження стічних вод

Стічні води є основним джерелом мікробного забруднення об'єктів навколишнього середовища, в т.ч. поверхневих прісних і морських вод, підземних водоносних горизонтів, питної води і ґрунту, що є чинником ризику поширення збудників інфекцій за фекально-оральним механізмом передачі [25-30].

До найбільш небезпечних в епідемічному відношенні відносять наступні види стічних вод: господарсько-побутові стічні води; міські змішані (промислово-побутові) стічні води; стічні води інфекційних лікарень; стічні води від тваринницьких і птахівницьких об'єктів і підприємств після переробки продуктів тваринництва, стоки вівномийок, біофабрик, м'ясокомбінатів і так далі; поверхнево-зливові стоки; шахтні і кар'єрні стічні води; дренажні води [14-25].

Для господарсько-побутових стічних вод характерна відносно стабільна якість (при дотриманні норм водокористування). Ці стоки відрізняються високим рівнем мікробного забруднення на тлі значної концентрації зважених часток і органічних речовин. Тому перед знезараженням потрібна їх механічна і біологічна очистка.

Склад і властивості міських змішаних стічних вод (промислово-побутових) визначається співвідношенням господарсько-побутових і промислових стоків і специфікою підприємств, що формують ці стоки. Додаткові труднощі при їх знезараженні виникають у зв'язку з тим, що мікробне забруднення цих вод поєднується з різними органічними і неорганічними речовинами, які самі по собі можуть бути як додатковими бактерицидами і бактеріостатиками, так і слугувати сприятливим середовищем для розмноження мікроорганізмів [45-50].

Стічні води інфекційних лікарень і відділень характеризуються невеликим об'ємом, нерівномірністю утворення і складу протягом доби, значною засіяністю збудниками інфекцій.

Стічні води від тваринницьких і птахівницьких комплексів мають високе органічне і мікробне забруднення. При підготовці цих стічних вод до знезараження має бути передбачене відстоювання з подальшим очищенням.

Для поверхнево-злизових вод характерна нерівномірність об'єму по сезонах року, а рівень мікробного забруднення залежить від міри благоустрою території [50-54].

Шахтні і кар'єрні стічні води формуються з підземних і поверхневих вод, що потрапляють в гірські вироблення і забруднюються в процесі їх експлуатації. У цих водах високе мікробне забруднення поєднується з наявністю крупнодисперсної суспензії, яку перед знезараженням зазвичай видаляють. Дренажні води відрізняються наявністю мікробного забруднення і високим рівнем мінеральних солей.

Практично усі перераховані види стічних вод можуть містити па-

тогенні мікроорганізми – збудники таких інфекцій як холера, черевний тиф, паратиф А і В, сальмонельози, дизентерія, вірусні гепатити А і Е, поліомієліти 1-3 типів і інші ентеровірусні і аденовірусні захворювання, амебіаз, лямбліоз, лептоспіроз, бруцельоз, туляремія, туберкульоз, гельмінтози, кампілобактеріози [14-25].

Інтенсивна циркуляція збудників кишкових інфекцій у воді водойм при скиданні неззаражених стічних вод призводить до ризику виникнення захворювань при водокористуванні населення, який зростає в літній період при активному використанні водойм в цілях рекреації і іригації. У зимовий період зростає ризик мікробного забруднення водойм у місцях водозаборів із-за зниження їх самоочисної здатності. Наслідком цього є більш тривале виживання і збереження вірулентних властивостей патогенних мікроорганізмів в холодній воді. Крім того, одночасне погіршення умов очищення і знезараження на водопровідних станціях при низькій температурі може привести до порушення безпеки господарсько-питного водокористування населення.

Відповідно до санітарних правил по охороні поверхневих вод від забруднення, стічні води, небезпечні в епідемічному відношенні, повинні піддаватися знезараженню. Необхідність знезараження стічних вод вказаних категорій обґрунтовується умовами їх відведення і використання при узгодженні з органами державного нагляду в територіях. Обов'язковому знезараженню піддаються стічні води при скиданні у водойми річок рекреаційного і спортивного призначення, при їх повторному промислового використанні і так далі [30-45].

Знезараження стічних вод слід організовувати на завершальному етапі їх очищення, оскільки ефект істотно залежить від якості того, що поступає на знезараження стоку. Основне значення має вигляд і рівень мікробного забруднення, спосіб дезінфекції, доза, час контакту, умови внесення дезінфектанту, міра змішування і тому подібне. Крім того, залежно від способу дезінфекції мають значення рН, температура води,

концентрація зважених речовин і інші чинники.

До найбільш поширених методів знезараження стічних вод нині відносяться: хлорування, озонування, ультрафіолетове опромінення (УФО) і їх поєднання. Крім того, перспективні знезаражувальні технології стічних вод, що розробляються, такі як гамма-опромінення, електричний імпульсний розряд, віброакустичний, термічний і інші способи.

Стійкість мікроорганізмів при будь-якому способі знезараження багато в чому визначається відмінностями в механізмах процесів дії дезінфектанта [44-54].

Механізм окисної бактерицидної дії хлору пов'язаний з ушкодженням клітинної оболонки, пригніченням ферментної системи бактерій, руйнуванням нуклеїнових кислот. Інактивуюча дія озону обумовлена високим окисно-відновним потенціалом, внаслідок чого відбувається руйнування протоплазми, стінок і цитоплазматичних мембран бактерій, протеїнових оболонок вірусів. Бактерицидна дія УФО ґрунтується переважно на ушкодженні структур ДНК і РНК мікробної клітини, порушенні проникності клітинних мембран. При фотохімічній дії променистої енергії змінюються і розриваються хімічні зв'язки органічної молекули.

Отримані в експериментальних дослідженнях великі відмінності в стійкості тих, що містяться в стічних водах індикаторних і патогенних мікроорганізмів до знезаражуючого агента необхідно враховувати при виборі показників для організації дослідно-промислових випробувань, висновку про епідемічну надійність знезараження відносно того або іншого збудника на підставі індикаторних бактерій. Загальне уявлення про порівняльну стійкість основних груп мікроорганізмів (у міру зростання) наступне: кишкові бактерії, коліфаги, віруси, спори, цисти найпростіших.

При виборі методу знезараження стічних вод необхідно враховувати гігієнічну надійність бактерицидного і вируліцидного ефекту, медико-біологічні наслідки при подальшому використанні знезаражених

стоків, експлуатаційну і економічну доцільність. Знезараження стічних вод хлором і озоном відноситься до реагентним способів. Знезараження стічних вод хлором є найбільш простим технологічним рішенням. В результаті хлорування можливе утворення декількох десятків високотоксичних речовин, включаючи канцерогенні, мутагенні, з величинами ГДК на рівні сотих і тисячних мг/л. Поява таких речовин в стічних водах після хлорування посилює умови скидання у водойму, впливає на здоров'я населення при водокористуванні. При відведенні хлорованих стічних вод у водойму поступають значні концентрації хлору. В результаті може мати місце загибель водних біоценозів (планктону, сапрофітної мікрофлори) і практично повне припинення процесів самоочищення, в т.ч. і від патогенної мікрофлори. Розв'язати цю проблему можна шляхом адекватного дехлорування знезаражених хлором стоків перед їх скиданням у водойми. Необхідно враховувати також попадання у водойми хлоростійких штамів як індикаторних, так і патогенних мікроорганізмів, що створює проблему при водопідготовці питної води на водопровідних станціях [25-45].

Застосування озону на великих очисних станціях може бути доцільним, оскільки утворюється значно менше нових шкідливих речовин, в основному альдегідів і кетону, що не має високої токсичності. Озон, як сильний окисник, забезпечує не лише знезараження, але і при озонуванні деяких видів стоків (залежно від їх складу) відбувається поліпшення органолептичних властивостей води, а при озонуванні інших – можливе погіршення фізико-хімічних показників.

При використанні УФО бактерицидний ефект, як правило, не супроводжується утворенням токсичних продуктів трансформації хімічних сполук стічних вод, в наслідок чого немає необхідності знешкодження їх після обробки. Відсутність пролонгованої біоцидної дії також є істотною перевагою методу УФО, оскільки стік при скиданні у водойму не робить впливу на водні біоценози. При знезараженні стоків УФО необхідно

враховувати можливість репарації (фотореактивації) під дією сонячного світла мікроорганізмів, пошкоджених в процесі опромінення [14-19].

2.3. Знезараження води у польових умовах

Очищенням питної води називається така її обробка, яка відновлює або надає воді необхідні гігієнічні властивості. Залежно від поставленого завдання розрізняють наступні види очищення: освітлення (знебарвлення, дезодорація), знезараження, знешкодження, дезактивація і опріснення. Очищення проводиться з використанням табельних або підручних засобів. При кожному виді очищення води використовують декілька способів обробки (чи способів поліпшення якості води). У основі кожного з них лежать ті або інші методи – хімічний, фізичний або механічний [2-5, 14-20].

Для знезараження води в польових умовах застосовують кип'ятіння, хлорування, коагуляцію, відстоювання, фільтрування, УФ-опромінення і обробку спеціальними пігулками [21-30].

Кип'ятіння є надійним способом знезараження. За відсутності підозри на зараження бактеріальними засобами тривалість кип'ятіння від моменту закипання, обмежується 10 хв., при підозрі на зараження – 1 годину. Кип'ятять воду зазвичай на пунктах живлення. Кип'ячену воду потрібно зберігати в чистому посуді, що добре закривається, оскільки при попаданні в неї мікробів відбувається її швидке і масивне обсіменіння. Більше доби кип'ячену воду не зберігають. Значна витрата палива і тривалість процесу кип'ятіння обмежують застосування цього методу. Найчастіше до кип'ятіння прибігають для знезараження невеликих (групових і індивідуальних) запасів води [14-30].

Хлорування води в польових умовах здійснюють введенням дозволених для цих цілей хлорвмісних препаратів – нейтрального гіпохлориту кальцію (НГК) – 70 % активного хлору, основної солі гіпохлориту

кальцію (ДТСГК) до 55 % активного хлору та ін. При цьому застосовують два способи: хлорування нормальними дозами і перехлорування – використання великих доз. Останньому способу віддають перевагу.

Хлорування нормальними дозами проводять за тими ж правилами, що і в стаціонарних умовах, тобто з визначенням хлорпотреби води, розрахунком необхідної кількості препарату і подальшим контролем ефективності знезараження судять по залишковому хлору. Хлор вводять в такій кількості, щоб після окиснення розчинених і зважених у воді органічних і неорганічних сполук і загибелі мікроорганізмів у воді залишався надлишок активного хлору (залишковий хлор) у кількості 0,3-0,5 мг/л. Чим сильніше забруднена вода, тим більше вимагається активного хлору і тим вище її хлорпотреба. Правильне визначення хлорпотреби необхідне для того, щоб не вводити зайвої кількості хлору, що псує смак води і надає їй неприємного запаху. Для визначення хлорпотреби проводять дослідне хлорування води в 3-х місткостях відомого об'єму (склянки, банки, відра). За відсутності часу і умов для визначення хлорпотреби води, дослідним шляхом необхідну для знезараження кількість хлорного вапна можна розрахувати [31-45].

Придатна до вживання хлорована вода повинна мати присмак хлору. За відсутності такого присмаку хлорування повторюють. Якщо вода має після хлорування різкий запах і сильний присмак хлору, проводять її фільтрування використовуючи активоване (30 см) або подрібнене (50 см) деревне вугілля. У польовій обстановці хлорування нормальними дозами можливо лише для води, що має хороші санітарні показники. Надійнішим способом є перехлорування, коли воду обробляють великими дозами активного хлору, що свідомо перевищують хлорпотребу води. Зазвичай користуються дозами хлору в межах 10-30 мг/л, а в деяких випадках 50-100 мг/л.

Перехлорування води в порівнянні з хлоруванням нормальними дозами має ряд переваг: не потрібно визначати хлорпотребу води; час

зnezараження скорочується до 15-20 хв. влітку і до 30 хв. - 1 год. взимку; надійно зnezаражуються каламутні води, що мають велику колірність; краще усуваються не властиві доброякісній воді запахи і присмаки. Процес перехлорування води включає наступні етапи: 1) визначення відсотка активного хлору в препараті; 2) розрахунок кількості препарату, необхідного для зnezараження усього об'єму узятій води, і внесення його в резервуар з водою; 3) визначення залишкового хлору після закінчення часу, необхідно для контакту води з хлором; 4) розрахунок кількості натрій гіпосульфїту, необхідно для дехлорування води [45-54].

Зnezараження води реагентними способами (хлоруванням і перехлоруванням) здійснюють за допомогою табельних або нетабельних засобів поліпшення якості води. При цьому спочатку воду піддають хлоруванню, коагуляції і відстоюванню, а потім фільтруванню. Для спрощення процесу обробки води і підвищення надійності зnezараження рекомендується застосовувати наступний комбінований метод: незалежно від якості води беруть 100 мг алюміній сульфату і 50 мг хлорного вапна (20%) на кожен літр води. Експозиція: влітку - 30 хв., взимку – 1,5 год.

У тих випадках, коли унеможлиблюється зараження води військами супротивника або диверсантами, а також за відсутності табельної або підручної тари воду можна зnezаражувати безпосередньо в колодязі. Для цього спочатку очищають колодязь і навколишню ділянку місцевості, потім виливають в колодязь 3% розчин хлорвмісного препарату і ретельно перемішують воду. Через 2 год. воду відкачують, заливають дно колодязя хлорвмісним розчином і перемішують з мулом, який потім видаляють. Внутрішню поверхню зрубу зрошують тим же дезінфікуючим розчином і, почекавши коли колодязь наповниться, знову дезінфікують його. Через 5-8 год. воду відкачують до зникнення запаху хлору. Робити дезінфекцію колодязя без усунення наявного поблизу джерела забруднення (вигріб, смітники) нераціонально [14-25].

Після закінчення дезінфекції колодязя хлорують воду. Хлорування

роблять 1 раз на добу за 4-бгод. до початку водозабору, а при інтенсивному водозаборі – 2-3 рази за добу. В умовах дії низької температури бактерицидна дія хлору сповільнюється, тому час контакту води з хлором збільшують до 2 год.

Ефективність знезараження води хлоруванням в мирний час контролюється відповідно до вимоги СанПіН, бактеріологічний показник – визначення величини колі-індексу і загального мікробного числа, хімічний показник – визначення залишкового хлору. Кількість залишкового хлору в обробленій воді, при використанні йодкрохмального методу для його визначення має бути 0,8 -1,2 мг/л. У військовий час систематичний бактеріологічний контроль за знезараженням води у військовій частині неможливий, тому ефективність хлорування води контролюють, визначаючи залишковий хлор після вставленого часу контакту. Для знезараження індивідуальних запасів води в польових умовах використовують засіб інженерної служби – індивідуальний водоочисний пристрій ІВУ і медичні таблетовані препарати "Аквасепт", "Неоаквасепт", "Аквасан" і інші [30-39].

ІВУ призначена для очищення прісної води від природних, антропогенних і техногенних забруднень, нафтопродуктів і поверхнево-активних речовин, солей важких металів, радіонуклідів, бактерій і вірусів в польових умовах. Воно є фільтром-флягою, що розміщується на поясному ремені; складається з корпусу з горловиною і брудозахисним ковпачком, кришки корпусу, змінного елемента, що фільтрує, ємності для зберігання очищеної води, препарату для коагуляції і знезараження, чохла. Продуктивність – 10 л/год, час розгортання – 0,5 хв., час коагуляції і знезараження – 15 хв., ресурс елемента, що фільтрує, до 150 л (при підземному вододжерелі 500 л), маса – 0,7 кг, габаритні розміри (у мм) : довжина – 140, ширина – 80, висота – 280 [25-30].

Пігулки "Аквасепт" – суміш мононатрієвої солі дихлорізоціанурової кислоти з різними технологічними добавками. Пігулка розчиняється

впродовж 10-15 хв., виділяючи 4 мг активного хлору, що забезпечує знезараження 700-800 мл води за умови її контакту з препаратом протягом 30 хв. Знезаражуючий ефект "Аквасепту" знижується при обробці води підвищеної каламутності і колірності. Крім того, препарат недостатньо ефективний відносно окремих вірусів. Пігулки "Неоаквасепт" – суміш моноватрієвої солі хлорізоціанурової кислоти (38%), адипінової кислоти (22%), натрій гідрокарбонату (39,5%) і кальцій стеарату (0,5%). Вміст активного хлору досягає 10-12%. Мають добру розчинність у воді, достатню антимікробну і антивірусну активність. Препарат має також тривалу дію і може використовуватися для консервації (до 2 діб) [40-50].

Пігулки "Аквасан" містять сіль дихлорізоціанурової кислоти, флокулянт і інші компоненти. За рахунок використання флокулянту зменшуються колірність і каламутність води, відбувається часткове очищення від нафтопродуктів, ряду важких металів. Маючи хороші властивості, що флокують, цей препарат забезпечує утворення пластівців без регулювання рН води. У теплу пору року він знезаражує воду за 20 хв., в холодну – за 60 хв. За відсутності вищеперелічених засобів для знезараження невеликих кількостей води можуть застосовуватися йод, гідроген пероксид, калій перманганат. При концентрації йоду 6-8 мг/л можна впродовж 2 хв. отримати цілком доброякісну воду. Гідроген пероксид доцільно використати у вигляді готового розчину, що містить близько 3% пергідролу. Бактерицидна дія проявляється при концентрації 3 мг/л і експозиції 30 хв. Калій перманганат має менш виражену бактерицидну дію, але істотно покращує органолептичні властивості води. Для знезараження використовують 1% розчин. Ефект спостерігається при концентраціях 7-10 мг/л і експозиції не менше 30 хв [30-54].

ВИСНОВКИ

1. Отже в процесі виконання дипломної роботи було розглянуто основні методи знезараження води різного призначення та походження.

2. Вода є одним із шляхів передачі збудників інфекційних хвороб.

Під поняттям "знезараження" або "дезінфекція" води розуміють звільнення води від патогенних мікроорганізмів з метою підтримки епідемічної безпеки води, в тому числі й питної і запобігання поширенню збудників інфекційних захворювань.

Зараженість води мікроорганізмами контролюють, визначаючи загальне число бактерій в 1 см³ води і кількість індикаторних бактерій групи кишкової палички (БГКП).

3. Усі методи знезараження води за впливом на неї поділяють на реагентні (хімічні), безреагентні (фізичні, до яких відносять і термічні) і комплексні. До хімічних методів належать хлорування, озонування, олігодинамію, та інші. До фізичних – обробка УФ-випромінюванням, ультразвуком, кип'ятіння, стерилізація та інші. Не існує універсального способу знезараження, оскільки кожен має свої недоліки і переваги, а ефективність методу залежить від багатьох факторів. Як правило найбільш ефективним і економічно доцільним є використання комбінації методів.

4. Відзначено, що для знезараження природної води для питних потреб з різних вододжерел не завжди потрібне знезараження. Так, при застосуванні підземних та ґрунтових міжпластових вод не має потреби у ньому. При використанні поверхневих вод як джерела водопостачання воду необхідно обов'язково піддавати знезараженню. Також необхідно проводити знезараження води у колодязях при децентралізованому водопостачанні за допомогою керамічних патронів, які наповнюють хлорвмісними засобами.

Знезараження проводять після попереднього освітлення та очищення води, яке дозволяє видалити завислі частинки, яйця гельмінтів і значну частку мікроорганізмів.

Для знезараження використовують реагентні, безреагентні методи ті їх комбінації. Серед реагентних методів на сьогодні велика увага привертається до застосування хлор діоксиду.

5. Показано, що до найбільш небезпечних в епідемічному відношенні відносять наступні види стічних вод: господарсько-побутові стічні води; міські змішані (промислово-побутові) стічні води; стічні води інфекційних лікарень; стічні води від тваринницьких і птахівницьких об'єктів і підприємств після переробки продуктів тваринництва, стоки вивомийок, біофабрик, м'ясокомбінатів і так далі; поверхнево-зливові стоки; шахтні і кар'єрні стічні води; дренажні води.

До найбільш поширених методів знезараження стічних вод відносяться: хлорування, озонування, ультрафіолетове опромінення (УФО) і їх поєднання. Крім того, перспективні знезаражувальні технології стічних вод, що розробляються, такі як гамма-опромінення, електричний імпульсний розряд, віброакустичний, термічний і інші способи.

6. З'ясовано, що у польових умовах використовують різні методи знезараження із застосуванням табельних або підручних засобів. Застосовують кип'ятіння, хлорування, коагуляцію, відстоювання, фільтрування, УФ-опромінення і обробку спеціальними пігулками. Кип'ятіння застосовують для знезараження невеликих (групових і індивідуальних) запасів води. Хлорування води в польових умовах здійснюють введенням дозволених для цих цілей хлорвмісних препаратів – нейтрального гіпохлориту кальцію, основної солі гіпохлориту кальцію та ін. При цьому застосовують два способи: хлорування нормальними дозами і перехлорування. Останньому способу віддають перевагу. Для знезараження індивідуальних запасів води в польових умовах використовують засіб інженерної служби – індивідуальний водоочисний пристрій ІВУ і медичні таблетовані препарати "Аквасепт", "Неоаквасепт", "Аквасан" і інші.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Б.Набиванець, В.Сухан, Л.Калабіна. Аналітична хімія природного середовища. – К.: Либідь, 1996. – 304 с.
2. Гігієна та екологія [Текст] : підручник для студентів вищих медичних навчальних закладів/ за ред. В. Г. Бардова. -Вінниця:Нова книга, 2006. - 720с.
3. Гигиена в фармации:Учеб.пособ.для студ. Высш. Учеб. Завед. / Л.С. Стрельников, В.В. Чикиткина, О.П. Стрилец и др. – Х.: НФаУ, 2010. – 392 с.
4. Даценко І.І., Габович Р.Д. Профілактична медицина. Загальна гігієна з основами екології. – К.: Здоров'я, 2004. – С. 205 - 231.
5. Даценко І.І., Габович Р.Д. Профілактична медицина. Загальна гігієна з основами екології.-К.: Здоров'я, 1999.-694 с.
6. Державні санітарні правила і норми “Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною” від 12 травня 2010 року № 400. Загальна гігієна: пропедевтика гігієни: Підручник / Є.Г. Гончарук, Ю.І. Кундієв, В.Г. Бардов та ін.; За ред. Є.Г. Гончарука. – К.: Вища школа, 1995. – 552 с.
7. Загальна гігієна. Посібник для практичних занять /За редакцією І.І.Даценко.-Львів: Світ, 2001. - 471 с.
8. Заграй Я.М. та ін. Хімія навк. середовища: Конспект лекцій. – К.: КНУБА, 2002. – 98 с.
9. Зубик С.В. Техноекологія. Джерела забруднення та і захист навколишнього середовища: Навч. посібник.– Львів: Оріяна-Нова, 2007. – 400 с.
10. Мізюк М.І. Гігієна. Підручник. – К.: Здоров'я, 2002. – 288 с.
11. Мізюк М.І. Гігієна. Посібник для практичних занять. – К.: Здоров'я, 2002. – 251 с.

12. Сухарев С.М. Техноекологія та охорона навколишнього середовища: Навч. пос. Для студ. ВНЗ / С.М. Сухарев, С.Ю. Чундал, О.Ю. Сухарев. – Львів: Новий світ, 2008. – 256 с.

13. Шевряков М.В. Лекції з геохімії для студентів спеціальності 6.07081 «Екологія та охорона навколишнього середовища» денної і заочної форм навчання. – Херсон: Вид-во ХДУ, 2004. – 60 с. – 100 пр.

14. <https://kvanta.ru/ochistka-vody/i-obezzarazhivanie-raznymi-metodami>

15. http://www.electrochlor.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=12&Itemid=23

16. http://www.mediana-filter.com.ua/water_disinfection.html

17. http://dutrion.com.ua/obezzarazhivanie_vody/pitevaya_voda.htm

18. <https://files.stroyinf.ru/Data1/7/7789/index.htm>

19. <https://studfile.net/preview/3832731/page:18/>

20. https://www.art-pools.com/myh2o/o2plus5/?gclid=EAIaIQobChMIb2w8oCG6QIVDeWaCh3Aegd0EAMYASAAEgLX7fD_BwE

21. <https://www.bwt.ru/useful-info/metody-obezzarazhivaniya-pitevoy-vody/>

22. <https://www.akvantis.com.ua/stati-i-obzory/kak-ochistit-vodu-i-metody-obezzarazhivaniya-vody>

23. <https://ecosoft.ua/blog/tekhnologii-obezzarazhivaniya-vody/>

24. <http://vse-o-vode.ru/technology/obezzarazhivanie-pitevoj-vody/>

25. <http://kievres.kiev.ua/obezzarazhivanie-vody/>

26. <http://kievres.kiev.ua/metody-obezzarazhivaniya-vodi/>

27. <https://vodavdom.ua/ua/blog/veshchestva-v-vode-khlor/>

28. <http://eco.com.ua/content/viznachennya-aktivnogo-hloru-u-pitniy-vodi>

29. <https://opinionua.com/2018/08/01/znezarazhennya-vodi-bez-xloru-perspektivi-j-alternativni-dzherela/>

30. <https://www.epravda.com.ua/rus/columns/2018/07/25/638972/>
31. <https://www.akvantis.com.ua/ua/stati-i-obzory/kak-ochistit-vodu-i-metody-obezzarazhivaniya-vody>
32. <https://ecolog-ua.com/news/pro-tehnologiyi-znezarazhennya-vody-perspektyvy-vykorystannya-kyyvivvodokanalom-krashchyh>
33. <https://aw-therm.com.ua/znezarazhennya-vodi-hloruvannya-povnomu/>
34. <https://vencon.ua/articles/metody-dezinfekcii-i-obezzarazhivaniya-vody>
35. <https://big-archive.ru/medicine/hygiene/27.php>
36. <http://www.kartash.ru/articles/clause/travel/38.html>
37. <http://www.polezno.com/material/482>
38. <http://fishermenfrompinsk.ru/rybalka/sovety-byvalyh-rybakov-5/sposoby-obezzarazhivaniya-vody-32.php>
39. <https://www.hunting.ru/blogs/view/53238/>
40. https://agromage.com/stat_id.php?id=572
41. <http://dspace.nbuuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/138825/54-Ivan%e2%80%99ko.pdf?sequence=1>
42. <http://ir.nmu.org.ua/jspui/bitstream/123456789/2929/1/CD180.pdf>
43. <http://lysoform.ua/industry/equipment-ua/sewage-treatment-uk/treatment-uk/>
44. https://stud.com.ua/27779/tovaroznavstvo/doochischennya_znezarazhennya_stichnih
45. https://pidruchniki.com/81197/bzhd/ochischennya_znezarazhennya_stichnih_likuvalno-_profilaktichnih_ustanov
46. <https://ziko.com.ua/organization-solution-ochyshchennya-voda-v-hotelyakh-restoran/>
47. https://www.lnu.edu.ua/life-safety/wp-content/uploads/2020/03/SG_PR-3_SR_2020.pdf
48. <https://ecolog-ua.com/news/pro-tehnologiyi-znezarazhennya-vody->

perspektyvy-vykorystannya-kyyvvodokanalom-krashchyh

49.<http://eco.com.ua/content/ekologichna-bezpeka-stanu-pitnoyi-vodi-v-ukrayini>

50.<http://www.svarog-uv.ru/disinfwastewater.htm>

51.<http://stroy-spravka.ru/article/metody-obezzarazhivaniya-stochnykh-vod>

52.<https://kanalizaciya doma.ru/sistemi/stochnye-vody/obezzarazhivanie-stochnyh-vod>

53.https://www.promstok.com/articles/ochistnye-sooruzheniya/dezinfektsiya_stochnykh_vod/

54.<https://www.aquanova.com.ua/stati-i-obzory/obezzarazhivanie-pitevoj-vody>