

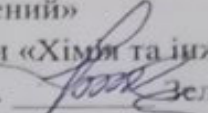


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

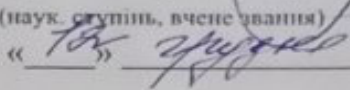
НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАЙСТЕРНОСТІ ТА
ПРОФЕСІЙ
CNAM, ФРАНЦІЯ

«До захисту допущений»

Завідуючий кафедри «Хімія та інженерна екологія»:

д-р техн наук, проф.  Зеленько Ю. В.

(наук. ступінь, вчене звання) (підпис) (П.І.Б.)

«» 2022 г.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ
на отримання ОКР «Магістр»

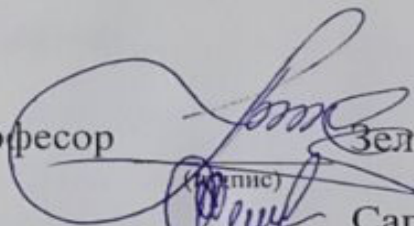
Напрямок 1801 «Специфічні категорії»
Спеціальність 8.18010025 «Інтероперабельність і безпека
на залізничному транспорті»
ОП Інтероперабельність і безпека
на залізничному транспорті

Тема: "Сучасні принципи екологізації водозабезпечення залізничних
пасажирських перевезень"

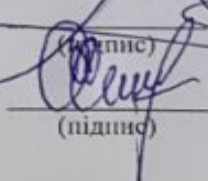
Theme: CURRENT PRINCIPLES OF ECOLOGISATION OF THE WATER
SUPPLY FOR RAIL PASSENGER TRANSPORT

Керівник дипломної роботи

Професор

 Зеленько Ю.В.

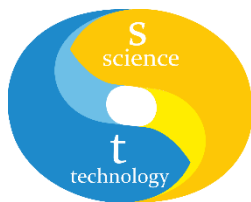
Виконав студент групи

 Сапелкіна Світлана

Student

Sapelkina S.

Дніпро
2022 р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАЙСТЕРНОСТІ ТА
ПРОФЕСІЙ
СНАМ, ФРАНЦІЯ

«До захисту допущений»
Завідуючий кафедри «Хімія та інженерна екологія»:
д-р техн наук, проф. _____ Зеленько Ю. В.
(наук. ступінь, вчене звання) (підпис) (П.І.Б.)
« ____ » _____ 2022 г.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ
на отримання ОКР «Магістр»

Напрямок 1801 «Специфічні категорії»
Спеціальність 8.18010025 «Інтероперабельність і безпека
на залізничному транспорті»
ОП Інтероперабельність і безпека
на залізничному транспорті

Тема: "Сучасні принципи екологізації водозабезпечення залізничних
пасажирських перевезень"
Theme: CURRENT PRINCIPLES OF ECOLOGISATION OF THE WATER
SUPPLY FOR RAIL PASSENGER TRANSPORT

Керівник дипломної роботи	Професор _____	Зеленько Ю.В.
	(підпис)	
Виконав студент групи	_____	Сапелкіна Світлана
	(підпис)	
Student		Sapelkina S.

Дніпро
2022 р.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ	3
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ ДЛЯ ПОТРЕБ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ.....	7
1.1. Особливості вимог до якості питної води для залізничної інфраструктури.....	7
1.2. Формування сучасних нормативних вимог до якості питної води в умовах євроінтеграції України	9
1.3. Аналіз сучасних методів знезараження води для питних потреб...	18
1.3.1. Хімічні методи.....	18
1.3.2. Фізико-хімічні та комбіновані методи	29
РОЗДІЛ 2. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ	37
2.1. Схеми знезараження з використанням хлору та ультрафіолету...	37
2.2. Схеми знезараження з озонуванням.....	49
РОЗДІЛ 3. ВИБІР УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ	46
3.1. УФ-установки для знезараження	46
3.2. Озонаторно-сорбційні установки.....	49
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО ТОКСИКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ДЕЗИНФЕКТАНТІВ	55
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	59
5.1. Оцінка ефективності природоохоронних заходів.....	59
5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат.....	63
ВИСНОВКИ	65
АННОТАЦІЯ	67
БІБЛІОГРАФІЯ	69
СПИСОК РИСУНКІВ	75
СПИСОК ТАБЛИЦЬ	76
СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І СЛОВНИК ТЕХНІЧНИХ ТЕРМІНІВ	77

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАЙСТЕРНОСТІ ТА ПРОФЕСІЙ
CNAM, ФРАНЦІЯ

«До захисту допущений»

Завідуючий кафедри:

д-р техн наук, проф. _____ Зеленько Ю. В.
(наук. ступінь, вчене звання) (підпис)
(П.І.Б.)

«____» _____ 2022 г.

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Сапелкіна Світлана Олексіївна

(П.І.Б.)

1. Тема диплому Сучасні принципи екологізації водозабезпечення
залізничних пасажирських перевезень

затверджено наказом по університету _____

2. Термін подачі студентом закінченої роботи «01» грудня 2022 р.

3. Вихідні дані

Аналіз чинної методики нарахування екологічного податку в Україні; методики розрахунку еколого-економічних збитків; європейські нормативні регуляторні акти у сфері охорони довкілля; економічні інструменти управління у природоохоронній сфері та інші.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Обсяг %	Рекомендована кількість слайдів
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ ДЛЯ ПОТРЕБ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	25	2
2. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ. ВИБІР УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ	35	3
3. ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО ТОКСИКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ДЕЗИНФЕКТАНТІВ	15	1
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ	15	3
Вступ, висновки	10	2
	100	10

Студент _____ Світлана Сапелкіна

Науковий керівник _____ Ю.В. Зеленько
д.техн.наук, професор

ВСТУП

Як відомо, у 2017 році у повному обсязі набула чинності Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом.

Євроінтеграційні зобов'язання України, які впливають із вищезгаданого документа, ставлять перед нашою країною багато складних завдань та одне з першочергових – гармонізація національного законодавства та стандартів із відповідними нормативно-правовими актами Європейського Союзу.

У додатку XXIX угоди про асоціацію Україна – ЄС нас цікавить насамперед підпункт «Якість води та управління водними ресурсами, включаючи морське середовище», де визначено заходи та терміни щодо гармонізації українського законодавства з відповідними директивами ЄС.

Основні документи Євросоюзу, які регулюють водні питання:

- Директива 2000/60/ЄС щодо встановлення рамок діяльності Співдружності у галузі водної політики (Водна рамкова директива);
- Директива Ради 98/83/ЄС щодо якості води, призначеної для споживання людиною;
- Директива Ради 2008/56/ЄС, яка встановлює рамки діяльності Співдружності у сфері політики з морського середовища (Рамкова Директива про морську стратегію);
- Директива 91/271/ЄЕС щодо очищення міських стічних вод;
- Директива 91/676/ЄЕС щодо охорони вод від забруднення, спричиненого нітратами із сільськогосподарських джерел;
- Директива 2007/60/ЄС щодо оцінки та управління ризиками повеней.

З 2015 року настав другий етап посилення вимог до якості питної води (зокрема, зменшення вмісту органічних речовин -9 показників), що передусім передбачає зміну традиційної технології підготовки поверхневої питної води на водопровідних станціях на менш реакційні щодо утворення токсичних органічних речовин.

Актуальність проблеми якості питної води на об'єктах транспорту значною мірою обумовлена відповідністю її мікробіологічних (та інших біологічних) показників якості критерію епідеміологічної безпеки, оскільки мобільність засобів транспорту та відносно нетривале перебування на них людей надзвичайно ускладнюють виявлення причинного взаємозв'язку низки інфекційних захворювань із вживанням води. для пиття, миття рук, овочів тощо). Проблеми водопостачання невіддільні від еколого-економічних проблем водопостачання в регіоні та санітарно-технічного стану систем водопостачання, а також методів водопідготовки, що використовуються (у населеному пункті, на об'єкті – вокзалах, заводах і підприємствах, ремонтних базах).

У політичних та економічних умовах сучасного розвитку України, що змінилися, поряд із змінами у всіх народно-господарських галузях, йде перебудова транспортної галузі країни. 85% вантажообігу та 56% пасажирообігу здійснюється залізничним транспортом. Протяжність залізничних ліній України становить 22,5 тис.км, крім того, до інфраструктури залізничного транспорту належать 142 пасажирські вокзали, 1503 станції, 134 диспетчерські ділянки, 41 вагонне депо. До 75% залізничних станцій використовують як джерела водопостачання підземні води. Проте останнім часом якість підземних вод погіршилась.

У зв'язку з цим застосування стандартних схем водоочищення виявляється недостатньо ефективним і необхідна розробка індивідуальної схеми обробки води.

Одне з провідних місць на об'єктах залізничного транспорту за епідемічною значимістю займають пасажирські вагони. Система водопостачання пасажирських вагонів є найважливішим санітарно-технічним обладнанням, яке забезпечує необхідні умови пасажирам під час поїздки. Незалежно від типу кожен пасажирський вагон оснащений самопливною системою водопостачання, призначеною для забезпечення пасажирів питною водою та задоволення їх побутових потреб. У вагонобудуванні знайшли

застосування дві системи водопостачання пасажирських вагонів: російського виробництва та спорудження заводів Німеччини. У вагонах німецької будівлі, перш ніж надійти до крана, вода проходить через знезаражувач, встановлений у службовому відділенні. Знезаражувач питної води, побудований на використанні бактерицидного ефекту ультрафіолетового опромінення проточного шару води, застосовується як засіб протиепідемічної обробки питної води.

Погіршення якості води у водопровідній мережі пасажирських вагонів може бути обумовлено як вторинним забрудненням води повітрям з підвагонного простору, так і бути результатом процесів біообростання у водоналивних баках та водопровідної мережі пасажирських вагонів. Крім цього, часта зміна води без повного випорожнення водоналивних баків сприяє посиленню процесів формування в них опадів, що створює сприятливе середовище для життєдіяльності мікроорганізмів (у тому числі і умовно-патогенних).

Таким чином, існує серйозна потенційна епідемічна небезпека для пасажирів та працівників у пасажирських вагонах поїздів різних напрямків.

Для відповідності вимогам європейських залізниць необхідно створення відповідних умов та покращення.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ПИТНОЇ ВОДИ ДЛЯ ПОТРЕБ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

1.1. Особливості вимог до якості питної води для залізничної інфраструктури

На сьогодні забезпечення якісною питною водою пасажирів та працівників залізниці залишається важливою гігієнічною проблемою. Це пов'язано з такими факторами:

1. До 75% залізничних станцій використовують як джерела водопостачання підземні води, якість яких суттєво погіршилася внаслідок забруднення антропогенною мікрофлорою та значною мінералізацією.

2. Практично відсутнє впровадження у залізничній інфраструктурі нових сучасних високоефективних методів доочищення та знезараження води.

3. Як наслідок, неухильно зростає обростання замкнених систем водопостачання колійного господарства.

4. Поширена практика дозаправки вагонних систем водопостачання водою без їх повного спорожнення та дезінфекції, конструктивні недоліки та особливості систем водопостачання вагонів пасажирських поїздів призводить до накопичення в резервуарах опадів, які є живильним середовищем для мікроорганізмів, що збільшує ризик виникнення «водних» інфекцій персоналу.

5. Комбінація біологічної контамінації із забрудненням води хімічними сполуками, які стимулюють виживання та повторне розмноження мікроорганізмів.

Виходячи з цього, існує серйозна потенційна епідемічна небезпека для пасажирів та працівників у пасажирських вагонах поїздів різних напрямків, що потребує, мабуть, перегляду режимів експлуатації вагонів та дезінфекції цистерн та води у процесі її зберігання.

Існуюча система санітарно-гігієнічного нагляду на об'єктах залізничного транспорту не може повністю забезпечити відповідність якості води у

водорозвідній мережі пасажирських вагонів і, як наслідок, рівень захворюваності з водним шляхом передачі, незважаючи на заходи, що проводяться санітарно-епідеміологічною службою, практично не змінюється.

Для здійснення повноцінного контролю якості питної води на об'єктах залізничного транспорту санітарно-епідеміологічній службі необхідна сучасна нормативна база. У зв'язку з цим вимагають перегляду та доопрацювання існуючих нормативно-методичних документів: ДСанПіН 7.7.2.015-99 «Експлуатація рухомого складу залізничного транспорту для пасажирських перевезень у дальньому та приміському сполученні», Санітарні правила проектування та експлуатації житлових вагонів пересувних. Є потреба у розробці нормативно-методичних документів:

- санітарні правила та норми для залізничних вокзалів та пасажирських будівель та споруд на залізничних станціях;
- санітарні правила щодо організації пасажирських перевезень залізничним транспортом;
- санітарні правила щодо організації харчування у пасажирських вагонах, залізничних вокзалах та торгівлі харчовими продуктами на вокзалах;
- санітарні правила щодо перевезення дітей, організованих дитячих колективів, осіб похилого віку, людей з обмеженими фізичними можливостями та інвалідів залізничним транспортом;

Методичні вказівки щодо організації та проведення державного санітарно-епідеміологічного нагляду за переміщенням пасажирів та вантажів через залізничні пункти пропуску на державному кордоні.

Проблеми, що виникають при постачанні об'єктів транспорту якісною питною водою (рис.1.1), мають ряд таких причин: природне старіння транспортних засобів; скорочення обсягу міжрейсових ремонтних робіт; збільшення термінів експлуатації транспортних засобів без проведення капітальних ремонтів; відсутність поновлення парку транспорту; придбання українськими суб'єктами господарювання транспортних засобів іноземного виробництва, які вже були в експлуатації протягом 10 і більше років;

придбання транспортних засобів іноземних виробників, які не відповідають вимогам санітарного законодавства; відсутність сучасної нормативної бази реалізації повноцінного санітарно-епідеміологічного контролю.

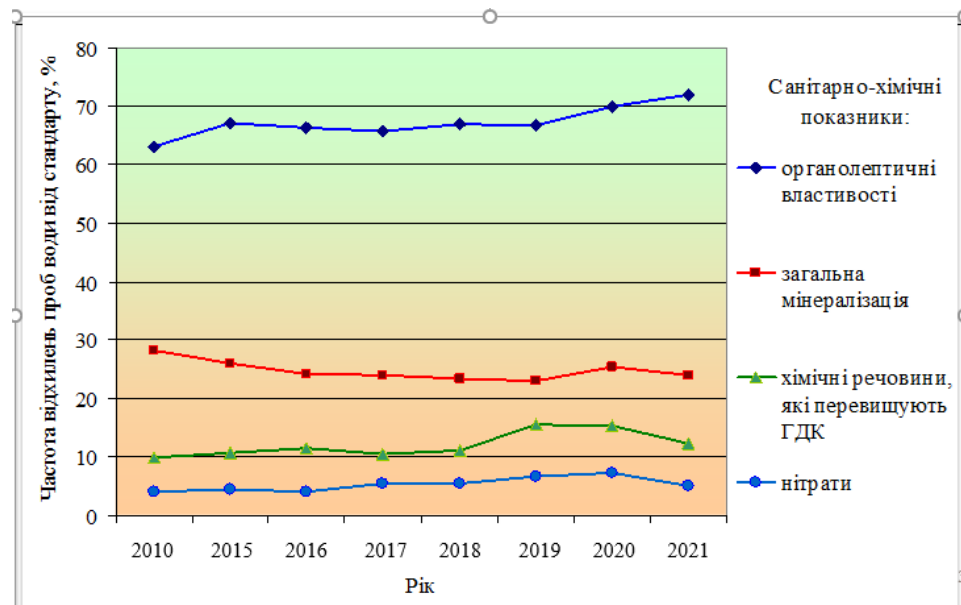


Рисунок 1.1 - Динаміка відхилень проб питної води з водопровідних мереж від нормативів.

1.2. Формування сучасних нормативних вимог до якості питної води в умовах євроінтеграції України.

1 вересня 2017 року у повному обсязі набула чинності Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом.

Для гармонізації в галузі водних ресурсів та водоспоживання відповідно до нормативно-правових актів Європейського Союзу Україні потрібно вирішити низку складних завдань.

Водне законодавство України є досить розгалуженим та розвиненим. Основний кодифікаційний акт – Водний кодекс України.

Україна є Стороною низки двосторонніх та багатосторонніх міжнародних договорів з питань управління, раціонального використання та захисту транскордонних вод, бере участь у діяльності міжнародних профільних організацій. Напрацьовано також значний обсяг інструктивної та методичної документації.

Розглянемо основні документи Євросоюзу, які регулюють водні питання та якою мірою їм відповідає українська нормативно-правова база.

У додатку XXIX угоди про асоціацію Україна – ЄС нас цікавить насамперед підпункт «Якість води та управління водними ресурсами, включаючи морське середовище», де визначено заходи та терміни щодо гармонізації українського законодавства з відповідними директивами ЄС.

Для України йдеться про шість директив:

- Директива 2000/60/ЄС щодо встановлення рамок діяльності Співдружності у галузі водної політики (Водна рамкова директива);
- Директива Ради 98/83/ЄС щодо якості води, призначеної для споживання людиною;
- Директива Ради 2008/56/ЄС, яка встановлює рамки діяльності Співдружності у сфері політики з морського середовища (Рамкова Директива про морську стратегію);
- Директива 91/271/ЄЕС щодо очищення міських стічних вод;
- Директива 91/676/ЄЕС щодо охорони вод від забруднення, спричиненого нітратами із сільськогосподарських джерел;
- Директива 2007/60/ЄС щодо оцінки та управління ризиками повеней.

Після аналізу цих Директив можна виділити першочергові заходи щодо гармонізації законодавства України з їхніми положеннями:

- уточнення та узгодження відповідного термінологічного апарату;
- узгодження підходів до класифікації водних об'єктів;
- розробку та затвердження Положення про плани управління річковими басейнами та методики їх підготовки;
- визначення екологічних цілей із урахуванням вимог ст. 4 Директиви 2000/60/ЄС;
- розробка методики підготовки програм заходів, передбачених ст. 11 Директиви 2000/60/ЄС;
- створення переліку вразливих зон відповідно до критеріїв, встановлених у додатку II до Директиви 91/271/ЄЕС (можливо як додаткової

категоризації), та введення принципу додаткового очищення стічних вод перед скиданням у таких зонах;

- визначення зон, вразливих до (накопичення) нітратів та розроблення планів дій щодо таких зон;

- проведення попередньої оцінки морських вод та запровадження програми моніторингу поточної оцінки з урахуванням характеристик, видів тиску та впливу;

- актуалізація стратегічних цілей та завдань державної політики щодо охорони та відновлення навколишнього середовища Чорного та Азовського морів, а також опрацювання конкретних пропозицій щодо активізації участі у діяльності HELCOM;

- встановлення заборони скидання осаду в поверхневій воді з суден, із трубопроводів або будь-яким іншим чином;

- розробка карт загроз та ризику повеней та багаторічних комплексних планів управління ризиками повеней;

- забезпечення на практиці реальних механізмів інформування та участі заінтересованих сторін, зокрема громадськості, у діяльності щодо виконання та впровадження принципів та положень даних Директив.

Багато нарікань викликає переклад документів. Для забезпечення належного впровадження положень проаналізованих Директив сектору «Якість води та управління ресурсами, включаючи морське середовище» необхідно забезпечити усунення недоліків офіційного перекладу їх текстів українською, насамперед Директиви 2000/60/ЄС щодо встановлення рамок діяльності Співдружності у галузі водної політики.

Більш детально ми розглянемо Директиву ЄС 98/83/ЄС щодо якості води, призначеної для споживання людиною.

Після набуття чинності Угодою про асоціацію з ЄС Україна зобов'язується поступово наближати своє законодавство до законодавства ЄС у встановлені терміни. Так, для Директиви 98/83/ЄС «Про якість води, призначеної для споживання людиною» визначено такі заходи як: ухвалення

національного законодавства та визначення центрального органу (органів) виконавчої влади, встановлення стандартів для питної води, створення системи моніторингу та ін.

Положення чинного законодавства України частково відповідають вимогам Директиви. Спеціальним кодифікаційним актом у цій сфері, що ґрунтується на базових положеннях Водного кодексу України, є Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» від 10.01.2002 р. Основні функції регулювання питань водопостачання та, насамперед, централізованого питного водопостачання покладено на Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. Питаннями контролю за якістю питної води займаються органи Державної санітарно-епідеміологічної служби. Відповідно до Закону України «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України на 2006-2020 роки» від 3.03.2005 р. гармонізацію національних стандартів, нормативно-правових актів у сфері питної води та питного водопостачання до стандартів Європейського Союзу мало здійснювати протягом 2006 – 2010 рр. Як наслідок, у низці положень та технічних вимог, які містяться в ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» та у низці інших нормативно-правових актів, значною мірою враховано вимоги цієї Директиви.

При розробці ДСанПіН 2.2.4-171-10 використано рекомендації Керівництва Всесвітньої організації охорони здоров'я щодо необхідності враховувати культурні, економічні, соціальні та місцеві умови держави-розробника національного нормативного документа щодо безпеки та якості питної води, а також положення Директиви № 98/ 83/ЄС, які зводяться до наступного:

1. Директива не накладає на державу-члена ЄС терміни впровадження нормативної бази у національне законодавство.

2. Держава-член має переконати, що заходи щодо виконання Директиви за жодних обставин не повинні призвести до зниження нормативів існуючої якості питної води, оскільки від цього залежить здоров'я людей.

3. У національних нормативних документах держава-член може збільшувати кількість показників порівняно з переліком Директиви та встановлювати їх жорсткішими там, де це необхідно для захисту здоров'я людини.

На підставі зазначеного було виявлено, що в деяких питаннях Директива ЄС менш вимоглива за старий, ще радянський ГОСТ 2874-82, який діяв в Україні 30 років, тому жорсткіші вимоги ГОСТ були перенесені до нового ДСанПіНу.

Отже, у ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» рівні вмісту хімічних речовин відповідають нормативам згідно з Директивою 98/83/ЄС або є навіть жорсткішими, але на рівні гігієнічних нормативів, що були багато років в Україні.

ДСанПіН 2.2.4-171-10 передбачають поетапне впровадження Директиви 98/83/ЄС та включають:

- перелік показників безпеки та якості, що містить пріоритетні показники для нашої країни (контроль більшості з них був встановлений ще в УРСР) та показники, що підлягають контролю згідно з Директивою ЄС (такий принцип дозволений Директивою);

- поетапний підхід щодо впровадження показників безпеки та якості питної води. Перелік показників гігієнічної оцінки питної води збільшується через кожні 5 років від часу набрання чинності ДСанПіН 2.2.4-171-10 протягом 10 років (такий принцип закладено у Директиву);

Згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10, на сьогодні у воді питної слід контролювати 31 – 47 показників (кількість показників коливається в залежності від типу вихідної та питної води, а також технології її підготовки – такий самий принцип закладений у Директиві ЄС).

Вже з 2015 року у воді слід контролювати ще 13 показників (10 із них відповідно до вимог Європейського Союзу, 3 – через наявність відповідних забруднень природної води на території України).

З 2020 року у воді слід контролювати ще 12 показників (7 із них із вимогою Європейського Союзу, 5 – через наявність відповідних забруднень природної води на території України).

Таким чином, з 2020 р. через місцеві особливості контролю та якості питної води кількість показників у ДСанПіН має бути більше вимог Директиви ЄС, проте значно менше сучасних вимог до питної води США, ВООЗ та інш. країни (табл. 1.1).

Шість показників з Директиви ЄС поки що відсутні в ДСанПіН через те, що вони не є пріоритетними у водах України або для них не було стандартизованих в Україні методів вимірювання.

Дані експериментальних досліджень показали, що вимоги до фасованої питної води повинні бути жорсткішими, ніж для водопровідної через різницю між ними в умовах зберігання (освітленість, температура), термінах зберігання, можливості впровадження ефективних технологій водопідготовки, матеріалах ємностей для зберігання тощо. Враховуючи це, у ДСанПіН 2.2.4-171-10 було реалізовано результати наукових досліджень щодо необхідності більш жорстких вимог ніж для водопровідної води як за мікробіологічними, так і санітарно-хімічними показниками (табл. 1.1).

Насамперед, у фасованій питній воді має бути зменшено дозволений вміст органічних речовин, групи азоту, поліфосфату. При зберіганні фасованої негазованої питної води та наявності цих забруднень спостерігаються високі значення індексів сапрофітної мікрофлори, при цьому утворюється значна кількість ендотоксинів. Останні можуть негативно впливати на здоров'я споживачів води, особливо людей з ослабленим імунітетом та дітей.

У фасованій питній воді, на відміну від водопровідної, повинен бути повністю відсутній хлор, який збільшує міграцію хімічних речовин з матеріалу тари.

Завдяки можливості мінімізації вмісту канцерогенних хлорорганічних речовин у фасованих питних водах їх токсичні показники знижено в порівнянні з водопровідною, згідно з рекомендаціями Директиви (рис. 1.2).

Таблиця 1.1 - кількість показників для аналізу якості питної води в різних країнах та організаціях

Показники країна / рік	Україна, ДСанПіН 2.2.4-171-10	Європа, Директива 98/83/ЄС	США MCL / EPA	ВООЗ
2020	31-47	46+пестициди	82 /100	≥100
2025	43-56			
2030	46-65			

Хоча Директива ЄС не потребує детального розшифрування хлорорганічних сполук (ХОС), деякі країни запровадили свій набір ХОС до національних стандартів.

У світі спостерігається тенденція мінімізації показників хлорорганічних сполук (ХОС) у питній воді через те, що вони ставлять під сумнів надійність традиційного гігієнічного нормування цих речовин. На сьогодні у розвинених країнах для цих речовин використовують рекомендовану ВООЗ методологію оцінки ризиків для здоров'я споживачів.

Тепер щодо моніторингу якості питної води, якому відводиться важливе місце в положеннях Директиви Ради 98/83/ЄС щодо якості води, призначеної для споживання людиною.

Моніторинг якості питної води в Україні здійснюється окремо як підприємствами водопостачання (відомчий контроль), так і лабораторіями, що знаходяться у сфері управління Держсанепідслужби України. Таким чином можна відзначити, що це положення Директиви вже виконується в Україні.

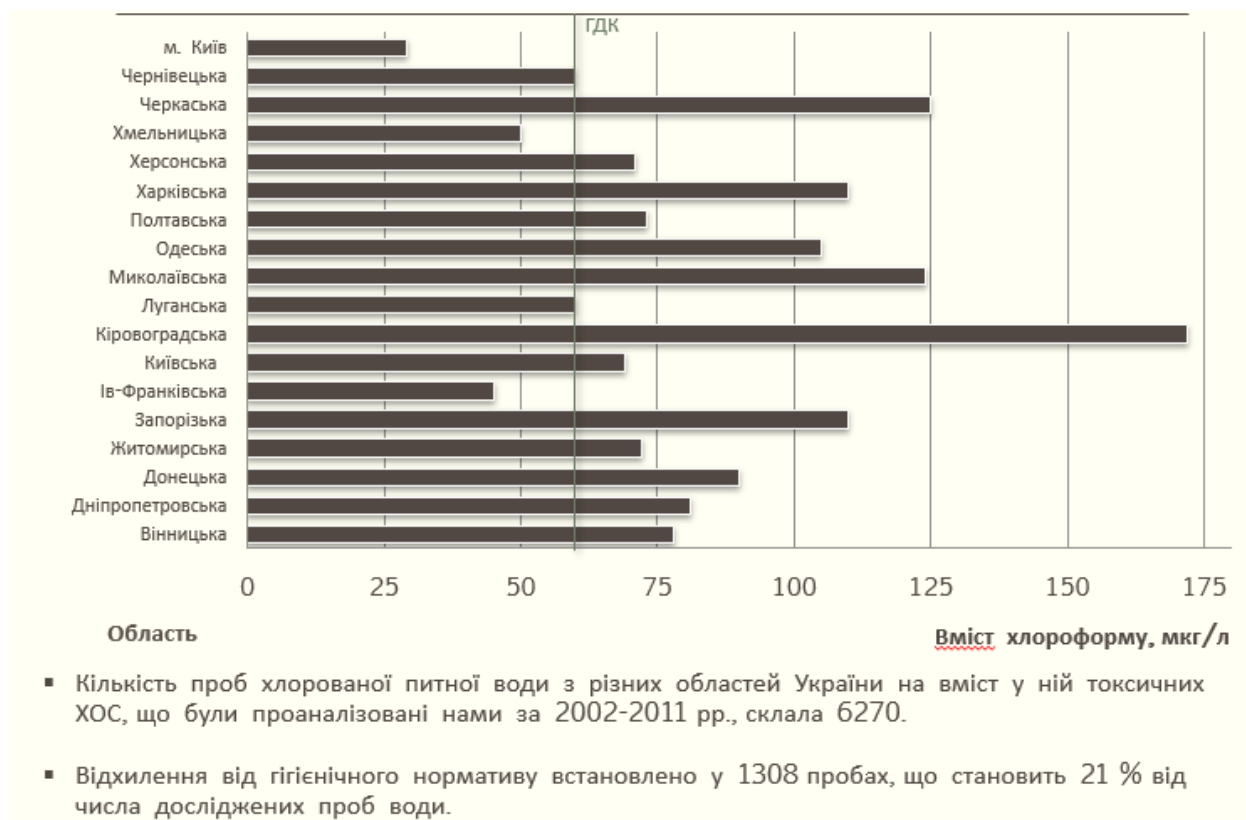


Рисунок 1.2 - Аналіз вмісту хлорорганічних сполук у питній воді по різних регіонів України.

Проте, існує низка проблемних питань щодо виконання якісного моніторингу, зокрема це:

- неналежне матеріально-технічне забезпечення лабораторій (як виробничих), так і лабораторій Держсанепідслужби (відсутність сучасного обладнання в лабораторіях, не всі лабораторії, які проводять контроль якості питної води, мають можливість визначати деякі показники);
- відсутність атестованих європейських методик визначення показників якості питної води;
- необхідність розробки та впровадження експрес-методик проведення бактеріологічних досліджень якості питної води, призначеної для споживання людиною, з використанням методу полімеразної ланцюгової реакції;
- необхідність проведення навчання персоналу установ та закладів Держсанепідслужби експрес-методам дослідження якості питної води, призначеної для споживання людиною;

- внесення змін до ДСанПіН 2.2.4-171-10 щодо організації моніторингу показників безпеки та якості питної води установами та закладами, що знаходяться у сфері управління Держсанепідслужби;

- розробка відповідного нормативно-правового акту Кабінету Міністрів України щодо затвердження порядку та програми проведення Держсанепідслужбою моніторингу показників безпеки та якості води питної.

І нарешті про проблеми з якими зіткнеться наша країна в процесі поетапного впровадження вимог Директиви ЄС в Україні.

З 2020 року настав третій етап посилення вимог до якості питної води (зокрема, зменшення вмісту органічних речовин - 9 показників), що передусім передбачає зміну традиційної технології підготовки поверхневої питної води на водопровідних станціях на менш реакційні щодо утворення токсичних органічних речовин. Проте, лише поодинокі водоканали змінили технології хлорування чи готові це.

Отже, для більшості водопровідних станцій, які використовують поверхневу воду, проблемними показниками є: хлороформ та сума тригалогенметанів, перманганатна окисність, амоній, кольоровість, каламутність, марганець, залізо. Для водопровідних станцій, які використовують воду річок, забруднену шахтними водами, також – сухий залишок, загальна жорсткість, сульфати, хлориди, хром тощо.

Для багатьох водопровідних станцій, які використовують підземну воду – сухий залишок, загальна жорсткість, сульфати, хлориди, залізо, марганець, фториди, аміак, нітрати.

Одна з найбільших бід українського водопровідно-каналізаційного господарства, яка безпосередньо впливає на перераховані вище проблеми – інженерні мережі, які потребують негайної заміни.

Вирішення всіх цих проблем – зміни у технологіях підготовки питної води, будівництво нових очисних споруд, заміна інженерних мереж, що у наших економічних умовах реалізувати надзвичайно складно.

1.3. Аналіз сучасних методів знезараження води для питних потреб

1.3.1. Хімічні методи знезараження

В першу чергу проаналізуємо найбільш розповсюджені методи хімічного знезараження. В Україні найбільш поширене знезараження питної води хлором, тобто хлорування води та озонування.

Хлорування води

Хлорування – найбільш економічний й ефективний метод знезараження питної води в порівнянні з будь-якими іншими відомими методами. Хлорування забезпечує мікробіологічну безпеку води в будь-якому місці розподільної мережі в будь-який момент часу завдяки ефекту післядії. Всі інші методи знезараження води, не забезпечують знезаражуючої післядії й, отже, вимагають хлорування на одній зі стадій водопідготовки.

Основними знезаражуючими речовинами є Cl_2 , HCl , ClO^- , NH_2Cl й NHCl_2 , що називаються активним хлором. При цьому Cl_2 , HCl й ClO^- утворюють вільний хлор, хлорамін і дихлорамін – зв'язаний хлор. Бактерицидність хлору більше при малих значеннях рН, тому воду хлорують до уведення підлужнюючих реагентів.

Дозу хлору встановлюють технологічним аналізом з розрахунку, щоб в 1 мл води, що надходить до споживача, залишалося 0,3-0,5 мг хлору, що не вступив у реакцію (залишкового хлору), що є показником достатності прийнятої дози хлору. При цій умові доза хлору при хлоруванні фільтрованої води становить 2-3 мг/л залежно від її хлор поглинання, а при хлоруванні підземної води – 0,7-1 мг/л.

Якщо збільшити дозу хлору, що вводиться у воду, і через кожну годину заміряти концентрацію залишкового хлору, нерідко виявляється, що не дивлячись на постійне збільшення дози введенного хлору, залишкова його концентрація спочатку зростає, досягаючи максимуму, потім зменшується до мінімуму, після чого починає збільшуватися, як це показано на кривій на рис.

1.3. Це відбувається тому, що на першій стадії процесу хлор реагує з органічними речовинами і з амонійним азотом, присутнім у воді у вільному

стані або у вигляді амінів, утворюючи сполуки хлору (хлораміни), які на другій стадії руйнуються при підвищенні концентрації хлору. Критична точка або «точка перелому», досягається тоді, коли кількість введенного хлору відповідає точці мінімуму m ; після цієї точки у воді міститься тільки вільний хлор і сліди хлорамінів.

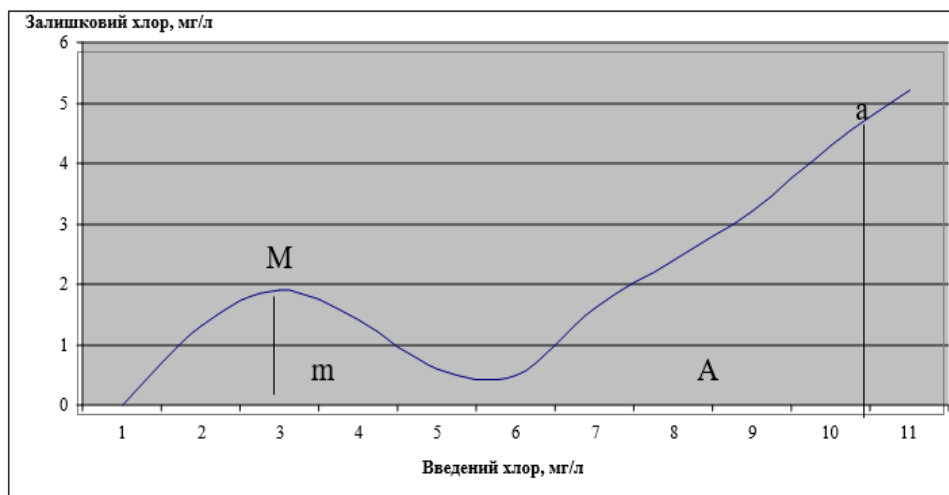


Рисунок 1.3 – Аналіз показників хлорного поглинання води [45]

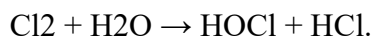
Поява у воді хлоровмісних речовин – одна з основних причин неприємного присмаку води. Точка перелому відповідає тій необхідній дозі хлору, при якій присмак мінімальний і досягається максимальний ефект по знебарвленню води. При хлоруванні деяких видів вод точка перелому не спостерігається.

Контроль процесу попереднього хлорування здійснюється шляхом визначення концентрації вільного хлору у воді. Визначенню не повинна заважати присутність у воді зв'язаного хлору у вигляді хлорамінів. У лабораторних умовах з цією метою застосовують амперометричне титрування. В умовах виробництва контроль ведеться за допомогою автоматичного фотоколориметра, при цьому використовується сирингальдазин як специфічний реагент на вільний хлор. Швидко перевірку вручну можна провести за допомогою компаратора із забарвленими екранами.

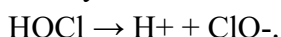
Окремим пунктом є дехлорування, що застосовується скрізь, де необхідно позбутися від присутності хлору. При цьому використовують такі

реагенти і процеси: частіше тіосульфат натрію, рідше сірчистий ангідрид; фільтрацію (активоване вугілля) і аерування.

Сутність знезаражуючої дії хлору полягає в окислювально-відновних процесах, що відбуваються при взаємодії хлору і його сполук з органічними речовинами мікробної клітини. Механізм дії хлора активних сполук полягає в наступному. При введенні у воду Cl_2 утворюється хлорноватиста й соляна кислоти:



Потім відбувається дисоціація



Хімічною активністю й бактерицидною дією володіють як недисоційовані молекули HOCl , так і ClO^- . При гідролізі інших сполук, що містять активний вільний хлор, на кінцевому етапі у воді утвориться суміш ClO^- і HOCl , тобто активний хлор, що і визначає ефективність подальшого процесу хлорування. Форма активного хлору в розчині залежить від рН середовища. Якщо $\text{pH} < 2$, весь хлор знаходиться в молекулярній формі. В області рН 4-6,5 активний хлор перебуває, в основному, у формі HOCl , а при $\text{pH} > 8,5$ – ClO^- .

В інтервалі значень рН від 5 до 10, що звичайно відповідає умовам хлорування води, в середовищі наявна суміш хлорноватистої кислоти і гіпохлорит-йонів. Співвідношення між ними залежить від значення рН (див. криву на рис. 1.4).

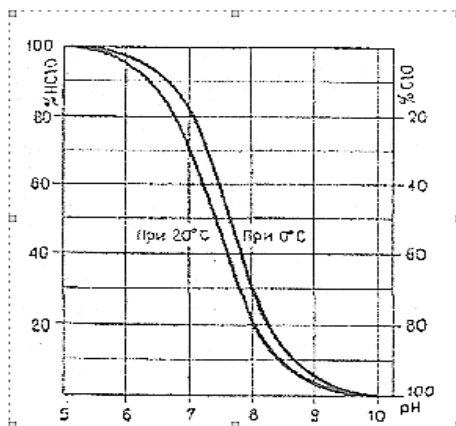


Рисунок 1.4 – Зміна концентрації HClO і ClO^- в залежності від рН [45]

Хлорнуватиста кислота вступає в реакцію з ферментами бактерій і тим самим порушує обмін речовин у бактеріальній клітині.

Бактерицидна активність різних хлорреагентів пов'язана з величиною їхнього окислювально-відновного потенціалу й за інших рівних умов зростає в ряді:

ХЛОРАМІН > ХЛОРНЕ ВАПНО, ГІПОХЛОРИТИ > ХЛОР > ДІОКСИД ХЛОРУ

З патогенних мікроорганізмів, що зустрічаються у воді, найбільш чутливі до дії хлору холерний вібріон, збудники черевного тифу й дизентерії. Збудники паратифу й мікрококи більш стійкі, а стосовно спорових форм хлор мало ефективний. Відносно стійкі до хлору мікобактерії, ентеровіруси, цисти найпростіших, синьогнійна паличка.

Поряд з позитивними якостями хлорування має істотні недоліки, основними з яких є постійний лабораторний контроль за станом хлор поглинання води, залишковим хлором у хлоруємій воді, особливо в найбільш віддалених місцях водогінної мережі, і т.д. Зберігати одержані із заводів реагенти необхідно в спеціальних складських приміщеннях. Розвозити хлор до місць споживання треба на спеціальному транспорті під доглядом досвідченого персоналу.

Ще одним з недоліків хлорування води є утворення побічних продуктів – галогеновмістних сполук, що є продуктом з'єднання активного хлору з органічними речовинами природного походження, причому, чим вище значення рН, тим більше їхня кількість. Найбільш раціональним методом зменшення побічних продуктів хлорування є зниження концентрації органічних речовин – попередників тригалометанів на стадіях очистки води до хлорування.

Гранично допустимі концентрації для речовин, що є побічними продуктами хлорування, встановлені в різних розвинених країнах у межах від 0,06 до 0,2 мг/л і відповідають сучасним науковим уявленням про ступінь їхньої небезпеки для здоров'я.

В даний час в Україні найбільш поширеною є схема двоступінчатого хлорування[18]. Окрім знезараження води, попереднє хлорування може виконувати ще ряд корисних функцій. Попереднє хлорування часто використовується для знебарвлення води. У ряді випадків його застосування може понизити витрату коагулянту і флокулянту за рахунок створення агрегатної нестійкості колоїдних структур. Попереднє хлорування дозволяє поліпшити санітарний стан ємкостей за рахунок запобігання росту бактерій і планктону в об'ємі і на стінках елементів очисних споруд, а також понизити запахи при загниванні осаду, в деяких випадках сприяє видаленню запаху і присмаку початкової води.

Озонування води

Озон – це нестійкий трьохатомний кисень, що володіє найсильнішими знезаражуючими властивостями і є сильним окислювачем. Озон руйнує органічні сполуки й мікроорганізми, при цьому розкладаючись на кисень.

Озон одержують при коронному (тихому) розряді [29], що утворюється між електродами. Такі апарати називаються генераторами озону або озонаторами. На практиці застосовують озонатори двох типів із пластинчастими електродами і циліндричні озонатори із трубчастими електродами.

В даний час більше 1000 водопровідних станцій в Європі, в основному у Франції, Німеччині і Швейцарії, застосовують озонування як складник загального технологічного процесу. Останнім часом озонування почали використовувати в Японії і США. У країнах СНД озонування застосовується на водопровідних станціях таких великих міст як Москва, Київ, Мінськ, Нижній Новгород і ін. Озонування води (рис. 1.5) дозволяє істотно поліпшити якість питної води і вирішити багато проблем, які виникають при її хлоруванні.

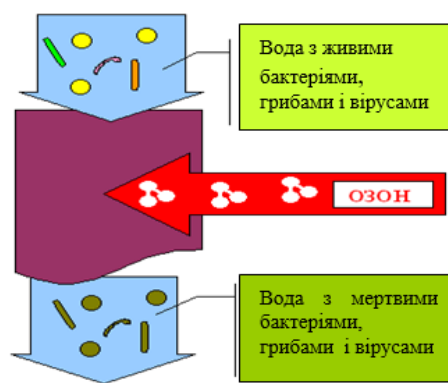


Рисунок 1.5 – Озонування води [29]

Отже, збільшення рН середовища знижує ефективність озонування.

Доза озону залежить від призначення озонування води. Якщо озон уводять тільки для знезараження у фільтровану воду (після її попереднього коагулювання), то дозу озону приймають 1-3 мг/л, для підземної води – 0,75-1 мг/л, при введенні озону для знебарвлення й знезараження води доза озону може доходити до 4 мг/л. Тривалість контакту води, що знезаражується, озоном – 5-12 хв. Для знезараження води доза озону змінюється відповідно до її температури й рН, а також вмісту у ній органічних речовин. Передозування озону безпечно, тому що через короткий час він перетворюється в кисень.

Дози залишкового озону, необхідні для знезараження води при різному рівні її зараженості ентеровірусами (тривалість контакту 12 хв): при 5-50 од/дм³ – 0,2-0,3 мг/дм³; при 400 – $\geq 0,5$ і при 4000-30000 – $\geq 0,8$; при зараженості лямбліями 1-5 од/дм³ – $\geq 0,6$ і при 6-200 – 1,2 мг/дм³ озону. Ці умови забезпечують відсутність ентеровірусів в 10 дм³ води, а лямблій – в 1 дм³ води. Параметри ефективних режимів залежать від якості оброблюваної води, вживаної технології, конструкції споруди на конкретних об'єктах і у кожному конкретному випадку повинні уточнюватися на місцях.

Озон знищує всі відомі мікроорганізми: бактерії, віруси, найпростіші, їхні спори, цисти й т.д.; при цьому озон на 51 % сильніше хлору й діє в 15-20 разів швидше. Вірус поліомієліту гине при концентрації озону 0,45 мг/л через 2 хв, а від хлору – тільки за 3 год при 1 мг/л. На спорові форми бактерій озон діє в 300-600 разів сильніше хлору.

Для видалення патогенних бактерій і поліовірусів досить забезпечувати величину параметра $CT=1,6$, тобто підтримувати концентрацію озону $0,4$ мг/л протягом 4 хв. Для повного видалення цист Гьярдія буде потрібно $CT>2$, а для оо-цист Криптоспоридій $CT>4$.

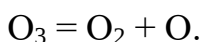
Знезараження озоном вимагає, щоб вода не містила розчиненого марганцю (Mn^{2+}): якщо його вміст перевищує $0,03$ мг/л, озонування в звичайних умовах може викликати його окислення до Mn^{VII} , що надає воді рожеве забарвлення, яке потім переходить в коричнево-оранжеве в результаті осадження MnO_2 . Крім того, необхідно переконатися, що пов'язана із залишковим вмістом органічних забруднень кольоровість води не привела (в результаті озонування) до появи осаду.

При впливі озону на мікроорганізми, у тому числі на дріжджі, локально ушкоджується їхня клітинна мембрана, що приводить до загибелі або неможливості розмноження. Відзначено підвищення чутливості мікроорганізмів до антибіотиків.

В експериментах [29] встановлено, що газоподібний озон убиває практично всі види бактерій, вірусів, цвілевих і дріжджеподібних грибів і найпростіших. Озон у концентраціях від 1 до 5 мг/л приводить до загибелі $99,9\%$ ешерихій колі, стрептококів, мукобактерій, філококів, кишкової й синегнойної паличок, протеїв, клебсиели у впродовж 4-20 хв.

Озон пригнічує вірус, частково руйнуючи його оболонку. Припиняється процес розмноження й порушується здатність вірусів з'єднуватися із клітинами організму.

Знезаражуюча дія озону заснована на його високій окисній здатності, що пояснюється легкістю віддачі ним активованого атома кисню:



Біоцидна дія озону є результатом його реакції з жирними кислотами по подвійному зв'язку в клітинних стінках і мембранах бактерій, у протеїнових оболонках вірусів. У випадку бактерій окислення приводить до зміни проникності клітини й переходу вмісту клітини в розчин. Для вірусів зміна

протеїнової оболонки перешкоджає їхньому захопленню сприйнятливими клітинами. При впливі озону на клітинну стінку цист *Giardia* відбувається зміна цитоплазматичної мембрани й ультраструктурних елементів організмів.

Цей вид знезараження створює сильну бактерицидну дію, усуває неприємний смак, повертає воді природний колір. Озонована вода не містить токсичних галогенметинів – типових домішок стерилізації води хлором. Процес озонування проводять у барботажних ваннах або змішувачах, у яких очищена від суспензій вода змішується з озонованим повітрям або киснем.

Застосування озону ефективно також для усунення в воді заліза й марганцю, при цьому розчинні солі перетворюються в нерозчинні, які легко затримуються фільтруванням. На одержання 1 кг озону витрачається 20-30 кВт/год електроенергії.

Переваги озонування, що видно з даних табл. 1.2, слід доповнити тим, що величина $CT=0,4 \text{ мг/л} \times 4 \text{ хв}=1,6 \text{ мг}\cdot\text{хв/л}$ є звичайним параметром для розрахунку камер знезараження озоном, хоча вона і недостатня для 99 %-ної інактивації Криптоспоридій, яка може бути забезпечена збільшенням дози озону або підвищенням ступеня прояснення оброблюваної води.

Таблиця 1.2 – Значення СТ для різних реагентів [29]

Мікроорганізм	Озон при pH=6-7	Хлор при pH=6-7	Хлорамін при pH=8-9	Діоксид хлору при pH=6-7
<i>Escherichia coli</i>	0,02	0,03-0,05	95-180	0,4-0,7
<i>Poliovirus 1</i>	0,1-0,2	1,1-2,0	770-3500	0,2-6,7
<i>Rotavirus</i>	0,006-0,06	0,01-0,05	3810-6480	0,2-2,1
<i>Kyste de Giardia lamblia</i>	0,5-0,6	15-150	2200	26
<i>Kyste de Giardia muris</i>	1,8-2	30-630	1400	7,2-18,5
<i>Criptosporidium</i>	2,5-18,4	7200	7200*	78*
*Для 90%-ної (1 log) інактивації				

Широкому використанню методу озонування заважає складність одержання озону, пов'язана з витратою великої кількості електроенергії високої частоти й високої напруги. Озоно-повітряна або озоно-киснева суміші, що містять більше 10 % озону, вибухонебезпечні. Чистий озон вибухає з

величезною силою від найнікчемніших імпульсів. Крім того, гранично допустимий вміст його в повітрі приміщень, де перебувають люди, складає 0,00001 мг/л.

Озон більш токсичний, чим хлор, викликає подразнення слизових оболонок ока й вражає органи дихання. Обробка води озоном ускладнюється також його корозійною активністю. Озон і його водяні розчини руйнують сталь, чавун, мідь, гуму й ебоніт.

Розповсюдження методу озонування може бути дещо сповільнене, якщо вміст в питній воді броматів BrO_3^- , що утворюються з природних бромідів в процесі озонування, буде нормативно обмежено декількома мкг/л. Проте ця проблема активно вивчається фахівцями, і вже знайдені адекватні шляхи її вирішення (способи і контроль введення озону, контроль/управління величиною рН середовища, інгібування броматів).

Головні недоліки озону – короткочасність дії, відсутність залишкового озону, висока енергоємність і вартість озонаторного устаткування. Обслуговувати устаткування повинні фахівці високої кваліфікації. Ефективність озонування залежить від кількості й властивостей забруднюючих воду речовин, від дози O_3 , температури й рН води, від методу вводу озono-повітряної суміші у воду. Утворення органічних сполук у воді, які розкладаються біологічно і являються доступними джерелами вуглецю для бактерій, створює потенційну загрозу вторинному росту мікроорганізмів у мережах. Повторний ріст мікроорганізмів змусив у ряді випадків відмовитися взагалі від озонування або ввести додаткове залишкове хлорування. Також при озонуванні утворюються продукти озонолізу, які можуть впливати на здоров'я людей - органічні пероксиди, ненасичені альдегіди й епоксиди, бромати.

Метод озонування [29] на відміну від хлорування технічно складний і для його реалізації необхідне виконання ряду послідовних технологічних операцій: очищення повітря, його охолодження й сушіння, синтез озону, змішування озono-повітряної суміші з оброблюваною водою, відвід і

деструкція залишкової озono-повітряної суміші, відвід її в атмосферу. Крім того, потрібно багато допоміжних процесів й устаткування. Процес синтезу озону здійснюється при високій електричній напрузі.

Застосування дезінфектора на основі іонів срібла

Бактерицидна дія срібла заснована на переході його в іонний стан і взаємодію із плазмою мікроорганізмів. У результаті численних досліджень [24] підтверджений ефективний бактерицидний вплив іонів срібла на більшість патогенних мікроорганізмів, а також на віруси. Однак спороутворюючі різновиди мікроорганізмів до срібла практично нечутливі.

Збагачення води іонами срібла може здійснюватися декількома способами:

- безпосереднім контактом води з поверхнею срібла (посріблений пісок, кільця Рашига);

- обробкою води розчином солей срібла електролітичним методом.

Найбільше поширення одержав останній спосіб.

Установка для знезаражування води являє собою камеру-електролізер з вугільними й срібними електродами, що живляться постійним струмом низької напруги.

Вода, що пройшла електролізер, по своїх бактерицидних властивостях може перевершувати навіть воду, знезаражену такими дезінфекторами, як хлор і карболова кислота. Однак ефект знезараження залежить від багатьох факторів. Він може значно знижуватися в присутності солей, малорозчинних сполук, колоїдів. Обробка води іонами срібла вимагає досить жорсткого контролю за можливими коливаннями водневого показника рН.

Дослідження із зіставлення бактерицидної активності дезінфекторів показують перспективність використання діамінаргената (ДАА)-катіонів разом (замість) із хлором. Також досліджувалася індивідуальна й спільна бактерицидна активність дезінфекторів. Встановлено значний синергетичний ефект, що у свою чергу скоротить кількість ДАА-катіонів і С12, необхідних для досягнення заданої глибини знезараження.

Вивчення взаємодії ДАА-катіонів й озону дозволяє також припустити наявність синергетичного ефекту, оскільки озон як сильний окислювач знищує й значно послабляє бактеріальну флору. У цьому випадку можлива повна заміна постхлорування на «сріблення». Ще одним безсумнівним достоїнством ДАА-катіонів є здатність компенсувати (при хлорсрібному методі) зниження активності хлору, тому що його розчинність із ростом температури знижується.

Однак при багаторічному вживанні «срібної» води срібло накопичується в організмі: у нирках, у кістковому мозку, селезінці й особливо в зірчастих клітинах печінки. Накопичуючись, зокрема, у шкірі й слизових, срібло надає їм своєрідне сіро-зелене забарвлення, особливо сильне на відкритих місцях тіла (аргирія). При аргирії може спостерігатися ослаблення зору, помутніння кришталика, зміна кольорів зіниці й очного дна.

«Сріблення» води не дає поліпшення її хімічних і фізіологічних властивостей [24]. Воно достатньо давно використовується як бактеріостатичний агент при тривалому зберіганні питної води, наприклад на морських судах, під час космічних польотів, у деяких авіакомпаніях.

Головним являється те, що в тих концентраціях, які дозволені діючими нормативами – 50 мкг/л – срібло у воді володіє бактеріостатичним ефектом, тобто здатне пригальмувати ріст бактерій. Отже сріблення можна використовувати як спосіб продовження строку зберігання води.

Застосування срібла для дезінфекції питної води в системах водопідготовки нічим не відрізняється від використання в тих же цілях хлорування, йодування, бромовання й інших хімічних (реагентних) методів знезараження. Як й у випадку перерахованих методів бажано після знезараження здійснити видалення залишків продуктів знезараження й побічних продуктів, що утворились при цьому, за схемою: хлорування-дехлорування, йодування-дейодування тощо. Це дозволяє частково застрахуватися від головного недоліку всіх методів реагентного знезараження – передозування. Із практичної точки зору, сріблення як метод знезараження

води програє безреагентним методам, наприклад, ультрафіолетовому опроміненню, що робить доцільність його застосування сумнівною.

1.3.2. Фізичні методи знезараження

Ультрафіолетове опромінення

З фізичних методів знезаражування найбільше застосування знайшов ультрафіолетовий метод обробки [22], як безреагентний й екологічно чистий.

Ультрафіолетове випромінювання є компонентом електромагнітного спектру й розташоване між рентгенівськими променями й видимим світлом. Довжина хвилі УФ від 200 до 400 нм. Ультрафіолетове випромінювання ділиться на УФ-А, УФ-В й УФ-С. УФ має всебічне застосування. УФ-А використається для боротьби з літаючими комахами. УФ-А в сполученні з УФ-В використається для соляріїв. Для наших цілей необхідна група УФ-С (і частина УФ-В) з довжиною хвилі між 200 й 320 нм. Ця група відповідає за бактеріологічні властивості УФ-опромінення.

УФ є ефективним засобом проти всіх мікроорганізмів, включаючи бактерії, віруси, грибки, цвіль, дріжджі й водорості, які присутні у воді, повітрі й на поверхні [22]. УФ-опромінення з довжиною хвилі 254 нм є найбільш ефективним при дезактивації бактерій, хоча вся довжина хвилі між 200 й 320 нм ефективна. Всі мікроорганізми можуть бути знищені УФ, але деякі з них більше стійкі, чим інші.

Знезаражуючий ефект ультрафіолетового випромінювання (див. рис. 1.6), в основному, обумовлений фотохімічними реакціями, у результаті яких відбуваються необоротні пошкодження ДНК. Крім ДНК ультрафіолет діє й на інші структури мікроорганізмів, зокрема, на РНК і клітинні мембрани, що викликає, в остаточному підсумку, загибель мікроорганізму.

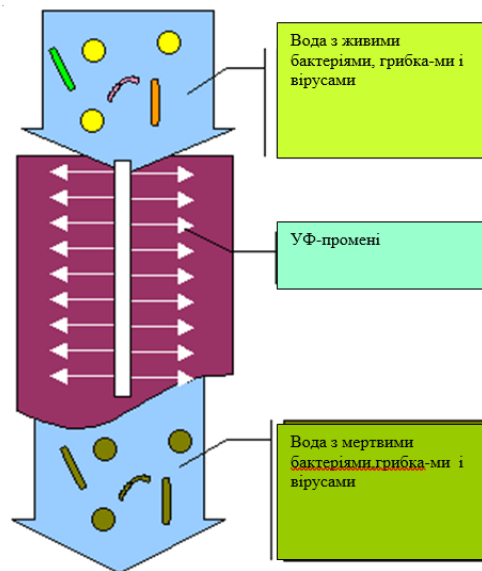


Рисунок 1.6 – Знезараження води УФ-променями [22]

Опірність різних типів мікроорганізмів до УФ-опромінення значно змінюється: від малих доз для бактерій до дуже великих доз для спор і найпростіших. Найбільш чутливі до впливу ультрафіолетового випромінювання віруси й бактерії у вегетативній формі (палички, коки), наприклад такі відомі фахівцям збудники: *Salmonella typhosa* (черевний тиф); *Vibrio cholerae* (холера); *Shigella dysenteriae* (дизентерія); *Hepatitis virus* (вірусний гепатит А); *Mycobacterium tuberculosis* (туберкульоз).

В даний час накопичений обширний матеріал по дії УФ-опромінення на різні види мікроорганізмів, які по стійкості до ультрафіолету розташувалися в ряд: вегетативні бактерії > віруси > бактерійні спори > цисти найпростіших. Відмічено підвищена, в порівнянні з бактеріями і вірусами, стійкість дріжджів і грибів до дії УФ-опромінення.

УФ-опромінення діє на віруси на багато ефективніше, ніж хлор. Проведені дослідження по знезараженню на природній контамінованій вірусами воді показали, що УФ-опромінення при дозі $25 \text{ мВт} \cdot \text{с} / \text{см}^2$ є більш віруліцидним, ніж хлорування, навіть якщо доза залишкового хлору складає $1,25 \text{ мг} / \text{дм}^3$ при тривалості контакту 18 хв.

Недоліком УФ-опромінення є також фотореактивація пошкоджених мікроорганізмів. Встановлено, що після звичайного для практики водообробки

УФ-опромінення реактивується до 30% бактерій. Вторинний ріст бактерій спостерігається, коли оброблена вода тривалий час знаходиться під впливом сонячного світла (світлова фотореактивація). При правильно підібраній технологічній дозі УФ-опромінення фотореактивація не спостерігається, що дозволяє застосовувати УФ-зnezараження без подальшого введення консервуючих доз хлору.

У деяких умовах [23] при застосуванні УФ-опромінення можливі уповільнення росту життєздатних бактерій, що залишилися, темнова репарація, фотореактивація і стимуляція розвитку бактерій і деяких водних найпростіших. Пошкоджені, але цілком життєздатні бактерії можуть не виявитися в стандартному санітарно-бактеріологічному контролі якості питної води, що створює помилкову думку про епідемічну безпеку досліджуваної води.

Добуток інтенсивності УФ-опромінення (мВт/см^2) на час (с) називається дозою опромінення (мДж/см^2) і є мірою бактерицидної енергії, переданої мікроорганізму. Для інактивації більшості бактерій на 1 – 4 порядки достатньою є доза 10 – 16 мДж/см^2 . Дослідження показали, що доза опромінення 16 мДж/см^2 забезпечує зниження вмісту вірусів (колі-фаги й ентеровіруси) на 1,8 – 2,9 порядки. Досягнення більш значного ступеня зnezараження по вірусах забезпечується дозою 40 мДж/см^2 (більше 4 порядків). У відношенні найбільш стійких до зnezараження цист лямблій й ооцист криптоспоридій необхідна доза УФ-опромінення залежить від вихідної концентрації цих мікроорганізмів: при концентрації до 10000 екз/мл доза 16 мДж/см^2 забезпечує інактивацію на 2 – 4 порядки, доза 40 мДж/см^2 - забезпечує відсутність життєздатних цист. Дози УФ-опромінення, необхідні для інактивації 99,9% мікроорганізмів наведені в табл. 1.4. [21].

Як джерела бактерицидного випромінювання використовуються газорозрядні лампи, в яких у процесі електричного розряду генерується випромінювання, що містить ультрафіолетовий бактерицидний діапазон.

Таблиця 1.3 – Дози УФ-опромінення, необхідні для інактивації 99,9 % мікроорганізмів [21]

Вид мікроорганізму	Вид захворювання	УФ доза для інактивації до рівня 99.9% мДж/см²
<i>Бактерії</i>		
<i>Pseudom. aeruginosa</i>	ГКЗ, кон'юнктивіти, отити	16,5
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Туберкульоз	10,0
<i>Escherichia coli</i>	Гострі кишкові захворювання (ГКЗ)	9,0
<i>Proteus vulgaris</i>	ГКЗ	7,8
<i>Salmonella enteritidis</i>	Сальмонельози	7,6
<i>Vibrio cholerae</i>	Холера	6,5
<i>Salmonella paratyphy</i>	ГКЗ	6,1
<i>Salmonella typhosa</i>	Черевний тиф	6,0
<i>Shigella flexneri</i>	Дизентерія	5,2
<i>Shigella dysenteriae</i>	Дизентерія	4,2
<i>Віруси</i>		
<i>Hepatitis virus</i>	Вірусний гепатит А	8,0
<i>Virus Poliomyelitis</i>	Поліомієліт	6,0

Найбільш ефективними вважаються газорозрядні ртутні лампи низького тиску. Ці лампи відрізняються від звичайних освітлювальних люмінесцентних ламп тим, що їхня колба виконана зі спеціального кварцового або увіолевого скла з високим коефіцієнтом пропускання ультрафіолетового випромінювання, а на внутрішній поверхні скла не нанесений шар люмінофора. Їхня основна перевага полягає в тому, що більше 60% випромінювання доводиться на лінію з довжиною хвилі 254 нм, що лежить у спектральній області максимальної бактерицидної дії. Вони мають тривалий термін служби й миттєву здатність до роботи після їхнього запалювання.

Найбільш ефективними вважаються газорозрядні ртутні лампи низького тиску. Ці лампи відрізняються від звичайних освітлювальних люмінесцентних ламп тим, що їхня колба виконана зі спеціального кварцового або увіолевого скла з високим коефіцієнтом пропускання ультрафіолетового випромінювання, а на внутрішній поверхні скла не нанесений шар люмінофора. Їхня основна перевага полягає в тому, що більше 60% випромінювання доводиться на лінію з довжиною хвилі 254 нм, що лежить

у спектральній області максимальної бактерицидної дії. Вони мають тривалий термін служби й миттєву здатність до роботи після їхнього запалювання.

При застосуванні для знезаражування води УФ-опромінення ртутних ламп низького тиску [21] в середовищі не утворюються токсичні побічні продукти, тоді як під дією УФ-опромінення ртутних ламп високого тиску хімічний склад води може змінюватися за рахунок супутньому бактерицидному ефекту фотохімічних перетворень розчинених у воді речовин.

Аналіз понад 40 опублікованих робіт [19], в яких є дані про дію УФ-випромінювання, показує, що дози, необхідні для інактивації різних патогенних мікроорганізмів, включаючи віруси, відрізняються незначно. Незважаючи на деякі відмінності в наведених даних, пов'язаних з методикою проведення експериментів, дози УФ-опромінення для знезараження на один порядок мають в середньому такі значення: бактерії — від 1,5 мДж/см² для деяких штамів *Shigella dysenteriae* до 10 мДж/см² для ентерококів і фекальних стрептококів; ентеровіруси – від 4,5 мДж/см² для поліовірусів (*Mahoney*) до 11 мДж/см² для ротавірусів. З наведених даних видно, що дози УФ для бактерій і вірусів відрізняються незначно, в той час як при знезараженні хлором необхідні дози мають відмінність до 50 разів.

Для зниження на один порядок утримання цист лямблій необхідні дози 40-80 мДж/см². До останнього часу вважалося, що для видалення кріптоспоридій необхідні дози більше 200-300 мДж/см², проте в 1997-1999 рр. був проведений цикл дослідних робіт, які показали, що УФ-опромінення дозами 40-120 мДж/см² достатньо для інактивації ооцист на 4 порядку [20]. Результати були підтверджені при експлуатації промислових УФ-систем [21].

Виходячи з отриманих даних, цього року в США готуються офіційні рекомендації щодо застосування УФ для знезараження води поверхневих джерел водопостачання, а провідними американськими фірмами розробляється новий типовий ряд УФ-установок для цих цілей. Вибір УФ-

обладнання для знезараження води визначається за необхідного ступеня зниження концентрації патогенних і індикаторних мікроорганізмів.

Доза опромінення 16 мДж/см^2 – це мінімальна доза, встановлена нормативами для застосування УФ при знезараженні питної води [22], яка забезпечує не менше 5 порядків зниження для патогенних бактерій і 1,6-6 порядків по індикаторним бактеріям. Для вірусів доза опромінення 16 мДж/см^2 забезпечує зниження на 1,8-2,9 порядку, досягнення більш значної міри знезараження забезпечується дозою 40 мДж/см^2 (більше 4 порядків). Доза опромінення 80 мДж/см^2 інактивує цисти на 1-4 порядку.

Оскільки на відміну від хімічних реагентів при застосуванні УФ-знезараження відсутня необхідність в обмеженні верхньої межі дози опромінення, її завжди можна вибрати достатньою для конкретних умов. Забезпечення в промислових умовах доз УФ-опромінення 40 і 80 мДж/см^2 є цілком реальним з технічної та економічної точок зору.

Діапазон фізико-хімічних показників якості води, прийнятих для застосування методу УФ-знезараження, є достатньо широким. Фотохімічні процеси практично не залежать від рН і температури води, тому на відміну від хлорування зміна цих параметрів якості води надає мінімальний вплив на інактивацію мікроорганізмів УФ-опроміненням.

Присутність у воді ряду органічних і неорганічних речовин, що поглинають УФ-випромінювання, призводить до зниження фактичної дози опромінення, яке забезпечується УФ-установками. Вплив якості води на пропускання водою випромінювання повинно бути враховано при виборі УФ-обладнанні.

Обслуговування не вимагає високої кваліфікації й спеціального персоналу. Час знезаражуючого контакту 0,5-5 с. Простота й мала періодичність обслуговування.

Ефективність цього методу залежить від кількості наданої бактерицидної енергії, від наявності суспензії, від кількості мікроорганізмів й

їх морфологічних і фізіологічних особливостей і від оптичної щільності води, або її погашаючої здатності.

Ультрафіолетове випромінювання діє миттєво, тому контактні басейни не потрібні. У той же час випромінювання не надає воді залишкових бактерицидних властивостей. Бактерицидна установка не має потреби в реагентах, вона компактна, керування її роботою можна легко автоматизувати. Хімічні й фізичні властивості очищеної води не змінюються. Немає токсичних компонентів.

Метод дезінфекції з використанням УФ-опромінення довів свою ефективність при дезактивації хвороботворних мікроорганізмів і вірусів, що переносяться водою, без погіршення смаку й запаху води й без внесення у воду небажаних побічних продуктів [24].

Основними недоліками застосування методу є відносно високі витрати на електроенергію (однак не більше витрат на реагенти при хімічних методах знезараження) і відсутність ефекту післядії, що неприйнятно при транспортуванні води на відстані.

Існують обмеження й по якості оброблюваної води [24]. Припустимим, з погляду енергетичної доцільності, прийнято вважати наступні характеристики води: кольоровість 50-60 град; вміст зважених речовин ≤ 30 мг/дм³, солей заліза $\leq 2-3$ мг/дм³. Саме в цих границях УФ-технологія дезінфекції залишається конкурентноздатною. Раніше вважалося, що УФ-знезараженню можуть піддаватися тільки прозорі води з підземних джерел. Так, згідно СНіП 2.04.02-84, рекомендується знезаражувати воду з підземних джерел УФ-опроміненням при наступних умовах: колі-індекс ≤ 1000 , вміст заліза $\leq 0,3$ мг/дм³, мутність ~ 2 мг/дм³, кольоровість ~ 20 град, прозорість ≥ 30 см.

У наш час УФ-опромінення використовується для знезараження питних, поверхневих, а також стічних вод як до, так і після їхнього біологічного очищення.

Погляд на УФ-опромінення як метод знезараження води, що виключає вплив на її хімічні показники, підтримується не всіма дослідниками. Є наукові публікації, в яких висловлюються думки про необхідність додаткового вивчення можливості утворення під дією УФ-променів асимільованого органічного вуглецю, що підвищує біологічну нестабільність води, і інших небажаних побічних продуктів, про існування потенційної загрози формування токсичних продуктів фотолізу, і навіть є інформація про деяке підвищення мутагенної активності води після УФ-знезараження [25].

На сьогодні промислове застосування УФ-опромінення ускладнюється відсутністю можливості оперативного контролю ефективності знезараження води. Застосування цього методу на практиці визначило необхідність конкретизації ряду положень водно-санітарного законодавства в частині гігієнічних вимог до застосовуваної дози опромінення, що гарантує якість води, до УФ-систем і місця їхнього розташування в технологічній схемі водопідготовки.

Разом з тим у методичних вказівках відзначається, що УФ-опромінення забезпечує заданий бактерицидний і віруліцидний ефект лише при дотриманні всіх установлених експлуатаційних умов. Тому одним з найважливіших питань застосування цього методу є створення гарантій його надійності. Із цією метою система повинна мати датчики виміру інтенсивності УФ-опромінення в камері знезараження, систему автоматики, що гарантує звуковий і світловий сигнали при зниженні мінімальної заданої дози, лічильники часу наробітку ламп й індикатори їхньої справності. Крім того, для виконання умов праці й безпеки здоров'я обслуговуючого персоналу необхідно контролювати концентрацію озону в повітрі приміщення, де розташована УФ-установка, дотримуватися правильності зберігання УФ-ламп, виконувати правила безпеки зазначені в документах на застосовуваний тип УФ-установки [26].

РОЗДІЛ 2. ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

2.1. Схеми знезараження з використанням хлору та ультрафіолету

Для знезараження природної води я, використовуючи приведений раніше літературний огляд, прийшла до висновку, що самим економічним, екологічним, діючим є метод спільного використання хлору й УФ-опромінення.

Найбільш поширеною [23] є схема, в якій УФ-опромінення як основний метод знезараження застосовується спільно з традиційними етапами фізико-хімічної очистки і подачею невеликих доз хлорреагентів перед мережами.

Виходячи з економічних міркувань, УФ-устаткування раціональніше розташовувати в кінці очисних споруд, щоб опроміненню піддавалася вода, що має максимальну прозорість для УФ-променів. Однак це не єдиний варіант. Використання УФ-опромінення на етапі первинного знезараження (рис. 2.1) в ряді випадків дозволяє створити умови для скорочення первинного хлорування й зниження утворення хлорорганічних сполук, основна маса, яких утвориться при введенні хлору в неочищену воду. Витрата електроенергії при знезаражуванні природної води УФ-опроміненням становить порядку 0,02 - 0,04 Вт·год на 1 л води.

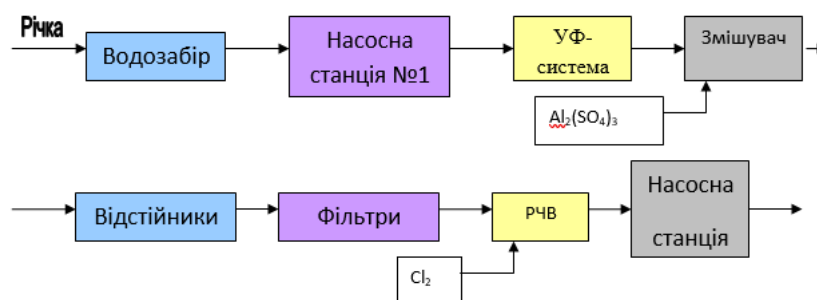


Рисунок 2.1 – Схема використання УФ-опромінення на етапі первинного знезараження [23]

УФ-опромінення на заключному етапі водопідготовки (рис. 2.2) забезпечує надійне знезаражування за всіма показниками, у тому числі й

відносно вірусів і збудників паразитарних захворювань (цисти лямблій й ооцисти криптоспоридій). Однак це не виключає необхідності застосування хлорреагентів, перед подачею води в мережу для консервації. Витрата електроенергії при знезаражуванні УФ-опроміненням природної води, що пройшла повний цикл очистки, становить порядку 0,01 ... 0,03 Вт·год на 1 літр води.

На практиці вибір місця розташування УФ-систем повинен здійснюватися за результатами технологічних обстежень на конкретних очисних спорудах.

У схемах глибокого очищення, таких як озонсорбція й мембранна фільтрація використання УФ-опромінення поряд із забезпеченням додаткового бар'єра відносно збудників захворювань, запобігає збільшенню загального мікробного числа у воді після вугільних фільтрів.

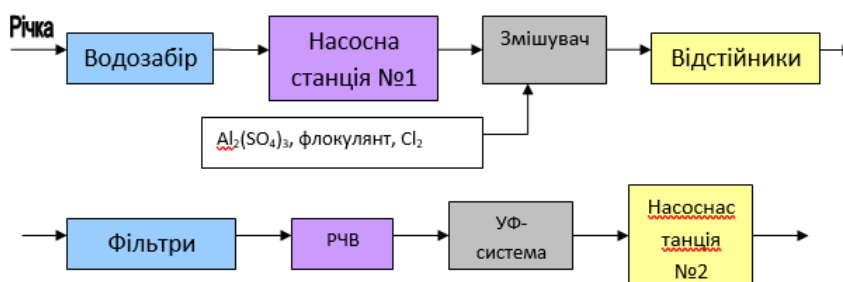


Рисунок 2.2 – Схема використання УФ-опромінення на заключному етапі водо підготовки [23]

Як приклад застосування УФ-опромінення на заключному етапі очистки води, розглянемо рис. 2.3- 2.5 з різноманітними джерелами водопостачання.

Кондиціонування питної води може проводитися також із застосуванням методу природного розчинення карбонатів кальцію й магнію (матеріали кальцит, магнодол тощо).

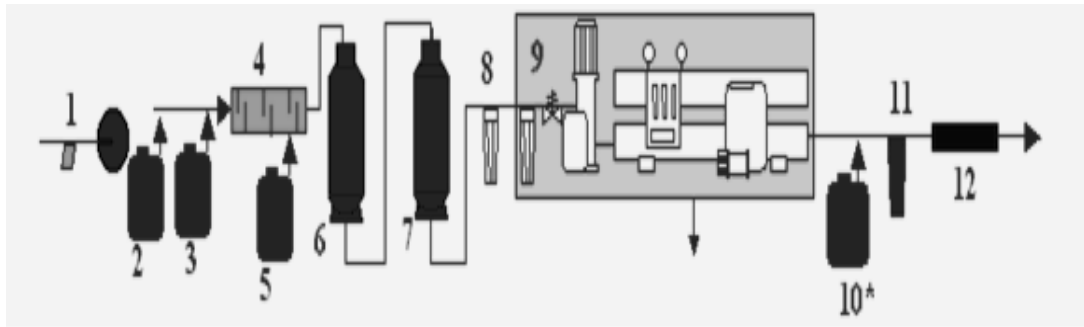


Рисунок 2.3 – Джерело водопостачання – річкова вода(при погодженому водозаборі в зоні санітарної охорони) [23]

1 – сітчастий фільтр; 2 – дозування гіпохлорита натрію; 3 – дозування коагулянту; 4 – камера змішання; 5 – дозування флокулянта; 6 – фільтр контактної коагуляції; 7 – бар'єрний фільтр прояснення; 8 – фільтр патронний 20 мкм; 9 – зворотний осмос; 10 – кондиціонування шляхом додавання солей; 11 – дезодорування на активованому вугіллі; 12 – знезаражування на УФ-лампі.

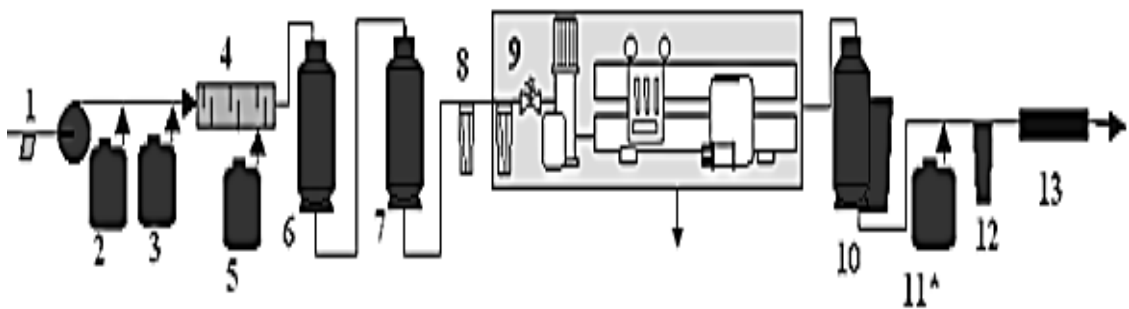


Рисунок 2.4 – Джерело водопостачання – морська вода (бажана наявність прибережної скважини) [23]

1 – сітчастий фільтр; 2 – дозування гіпохлорита натрію; 3 – дозування коагулянту; 4 – камера змішання; 5 – дозування флокулянта; 6 – фільтр контактної коагуляції; 7 – бар'єрний фільтр прояснення; 8 – фільтр патронний 20 мкм; 9 – зворотний осмос; 10 – видалення залишкового бору, йоду й броду на смолах; 11 – кондиціонування шляхом додавання солей; 12 – дезодорування на активованому вугіллі; 13 – знезаражування на УФ-лампі.

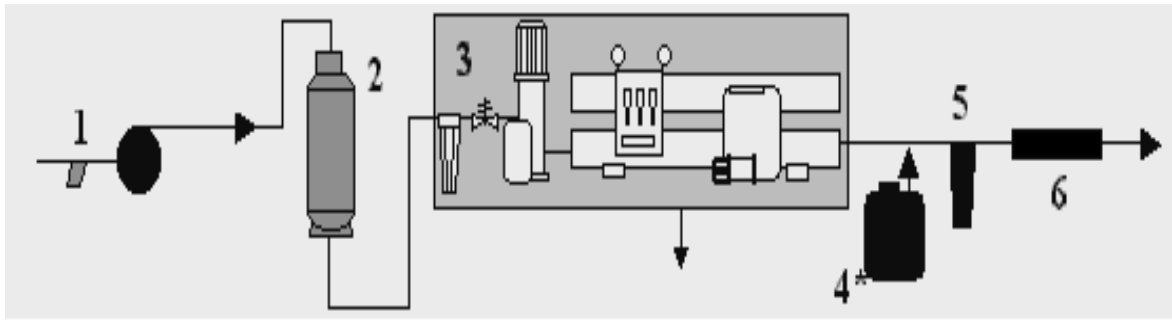


Рисунок 2.5 – Джерело водопостачання – підземна вода [23]

1 – сітчастий фільтр; 2 – видалення заліза й марганцю на зернистому завантаженні; 3 – зворотний осмос; 4 – кондиціонування шляхом додавання солей; 5 – дезодорування на активованому вугіллі; 6 – знезараження на УФ-лампі.

За схемою з розташуванням УФ-обладнання в кінці очисних споруд (рис. 2.6 а) працюють споруди у Форті Бентон (США), що використовують як джерело воду р. Міссурі. Доза опромінювання в УФ-установках 25-40 мДж/см², перед надходженням води в мережу подається хлор дозами до 1 мг/л. УФ-комплекс на р. Темзі (Англія) складається з 16 УФ-установок сумарною продуктивністю до 55000 м³/добу і дозою не менше 20 мДж/см². Для запобігання біобростання розвідних мереж застосовується хлор. Очисні споруди для підготовки питної води з Волчихинського водосховища в м. Середньоуральське мають продуктивність 3600 м³/год. У цій схемі вода послідовно оброблятиметься в мікрофільтрах, контактних прояснювачах, напірних фільтрах і УФ-установках. В якості вторинного знезараження передбачено введення гіпохлориту натрію [23].

УФ-комплекс (рис. 2.6 б) на очисних спорудах Автозаводського району м. Тольятті продуктивністю 400 тис. м³/добу і дозою опромінювання 35-55 мДж/см² розташований на початковому етапі очистки води, опромінюванню піддається вода з водосховища Куйбишевського.

Для консервації води при її переміщенні по очисних спорудах перед змішувачами періодично подається хлор дозами 0,5-1,5 мг/л (до впровадження УФ-знезараження – дозами до 9 мг/л). Внаслідок наявності в початковій воді аміаку весь хлор, що подається, присутній у воді у вигляді хлорамінів, тобто

не приводить до утворення хлорорганічних сполук. Як вторинне знезараження перед резервуарами чистої води (РЧВ) подається хлор.



Рисунок 2.6 – Можливі схеми оптимізації знезараження води з використанням УФ-опромінення [28]

а) – схема очисних споруд в Лондоні (Англія), Форті Бентон (США), Середньоуральську (Росія); б) – те ж, в містах Тольятті і Отрадному (Росія).

Комплекс УФ-знезараження води на НФС м. Отрадного продуктивністю до 75 тис. м³/добу забезпечує дозу опромінювання до 80 мДж/см². Джерелом водопостачання служить р. Кінель, вода якої має надзвичайно високе значення колі-індексу (до 3000000), практично не залежне від пори року. Внаслідок високого мікробного забруднення застосування однієї технології хлорування не завжди забезпечувало необхідну ефективність знезараження.

На рисунку 2.7 наведено схему очисних споруд в Роттердамі (Нідерланди), Хельсінки (Фінляндія).



Рисунок 2.7 – Схема очисних споруд в Роттердамі (Нідерланди), Хельсінки (Фінляндія) [28]

2.2. Схеми знезараження з озонуванням

На рис. 2.8 наведена схема дезінфекції озоном під тиском. Осушення

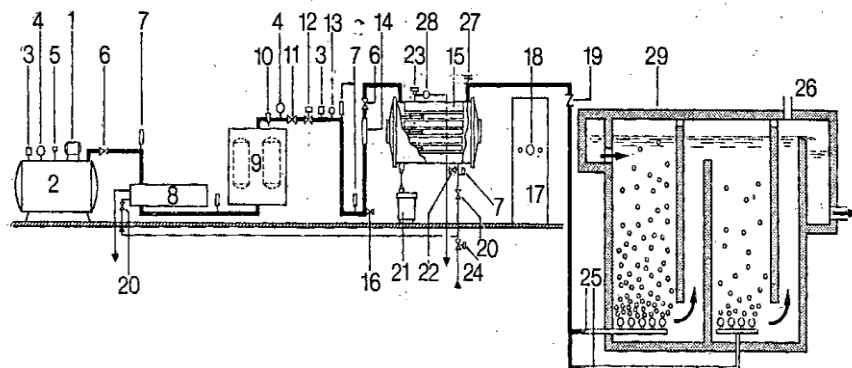


Рисунок 2.8 – Схема дезінфекції озоном. Робота під тиском. Осушення повітря в одну стадію [30]

1 – компресор; 2 – ємність для повітря; 3 – каліброданий клапан; 4 – манометр; 5 – маностат; 6 – регулювальний клапан подачі повітря; 7 – термометр; 8 – охолоджувач-теплообмінник; 9 – автоматична сушарка; 10 – розширювальний клапан; 11 – клапан виключення озонатора; 12 – електромагнітна засувка; 13 – гігрометр; 14 – витратомір повітря; 15 – озонатор; 16 – відбір проб сухого повітря; 17 – електрична осередок; 18 – вимикач напруги; 19 – контрольний вентиль; 20 – контрольна засувка на трубопроводі охолоджуючої води; 21 – трансформатор; 22 – засувка на лінії зливу; 23 – термометр (термостат); 24 – автоматическая засувка; 25 – трубка дифузора; 26 – вентиляційний отвір; 27 – відбір проб озонованого повітря; 28 – датчик витрати; 29 – контактні колонії.

На рис. 2.9 наведена схема дезінфекції озоном під розрідженням.

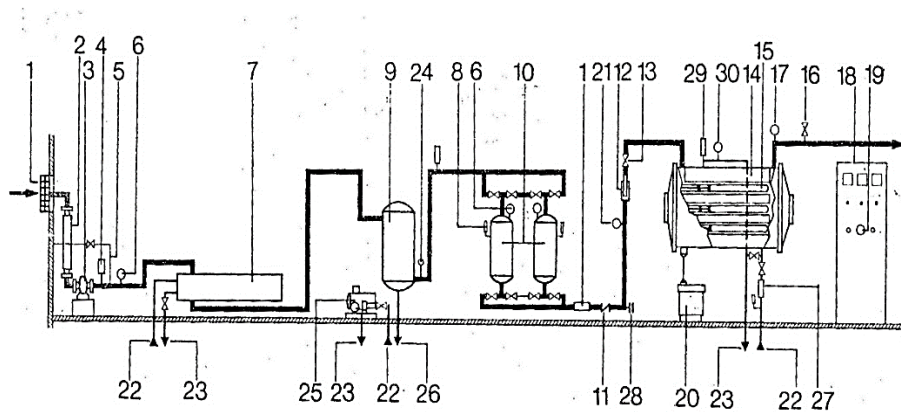


Рисунок 2.9 – Схема дезінфекції озоном. Робота під розрідженням.

Двостадійна сушка повітря [30]

1 – повітряний фільтр; 2 – глушник; 3 – повітродувка; 4 – тарований клапан на випуску; 5 – засувка на лінії скидання повітря; 6 – манометр; 7 – теплообмінник-охолоджувач; 8 – термометр; 9 – холодильна установка; 10 – сушарки, заповнені адсорбентом; 11 – контрольний вентиль; 12 – витратомір повітря з електричним контактом; 13 – регулююча засувка; 14 – озонатор; 15 – озонаторні трубки; 16 – місце відбору проб озонованого повітря; 17 – маностат; 18 – електричний щит; 19 – вимикач напруги; 20 – підвищувальний трансформатор; 21 – гігрометр; 22 – впуск охолоджуючої води; 23 – выпуск охолоджуючої води; 24 – термостат; 25 – насос охолоджуючої системи; 26 – выпуск сконденсованої води; 27 – витратомір охолоджуючої води; 28 – місце відбору проб сухого повітря; 29 – термометр; 30 – датчик витрати.

На рис. 2.10 наведена традиційна схема знезараження води озонуванням [28].

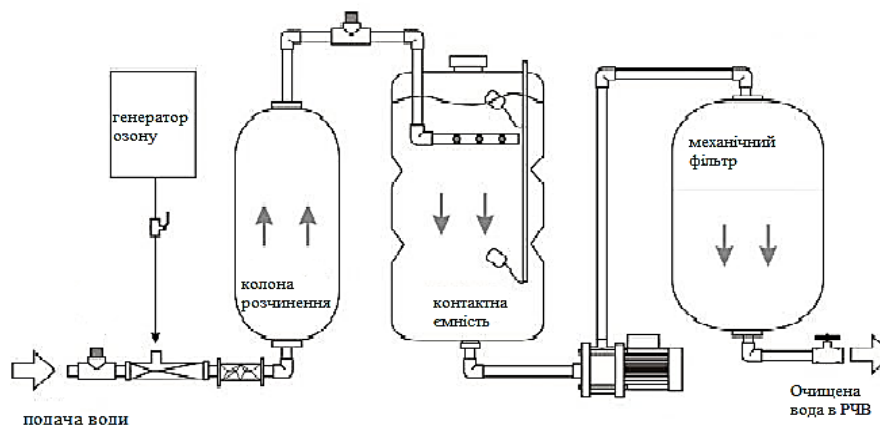


Рисунок 2.10 – Традиційна схема знезараження води озонуванням [28]

Переваги пропонованої нами схеми окислення у вільному обсязі:

- невеликий надлишковий тиск у камері розчинення сприяє прискоренню масопереносу озону в воду, знижує втрати озону;
- 2-х камерна конструкція забезпечує рівномірний контакт озону з водою, без утворення застійних зон і без проскоків води на вихід;
- підключення дозуючого обладнання в різних точках процесу надає додаткові можливості в досягненні води необхідної якості;
- дозволяє використовувати фільтри з інертними завантаженнями (пісок, гідроантрацит, алюмосиликат), які значно дешевше спеціальних каталітично активних засипок, що застосовуються для видалення заліза і марганцю;
- дозволяє використовувати мембранне ультрафільтраційне обладнання – найкращий спосіб фільтрації води для харчового виробництва.

Схема станції для озонування наведена на рисунку 2.11 [29].

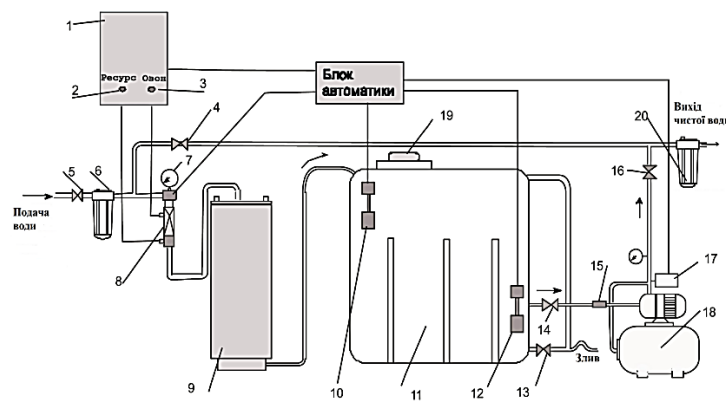


Рисунок 2.11 – Схема станції для озонування [29]

1 – озонатор; 2 – сигнальна лампа «Ресурс»; 3 – сигнальна лампа «Озон»; 4,5,13,14,16 – шарові крани; 6 – фільтр очистки від механічних домішок; 7 – манометр вхідного тиску води; 8 – інжектор з датчиком ресурсу; 9 – блок озонатору; 10 – поплашковий датчик наповнення баку; 11 – накопичуючий бак 1200 л; 12 – поплашковий датчик граничного рівня води; 13 – зливний кран; 15 – зворотній клапан; 17 – автоматичне реле тиску; 18 – насосна станція з гідроакумулятором; 19 – поглинач озону; 20 – фільтр тонкої очистки.

Схема спрощеної установки озонування води наведена на рисунку 2.12 [28].

Завданням винаходу є усунення перелічених недоліків відомої установки і поліпшення експлуатаційних характеристик. Поставлена задача досягається тим, що установка озонування води, що містить озонатор з пристроєм електроживлення, блок осушки робочого газу у вигляді посудини

для промивання газу, заповненого гігроскопічною рідиною, регулювальний вентиль, ежектор і дегазатор, газова порожнина якого через блок осушування і озонатор з'єднана з приймальною камерою ежектора, згідно винаходу, установка оснащена байпасним трубопроводом, що з'єднує газову порожнину дегазатора з приймальною камерою ежектора, на якому встановлений регулювальний вентиль. Для підвищення ресурсу блоку осушки робочого газу установка оснащена додатковим (дублюючим) блоком осушки, що включає теплообмінник з порожнинами прямого і зворотного потоків і холодильну камеру з холодильним елементом, вхід якої через порожнину прямого потоку теплообмінника з'єднаний з газовою порожниною дегазатора, а вихід через порожнину зворотного потоку теплообмінника з'єднаний з входом блоку осушки.

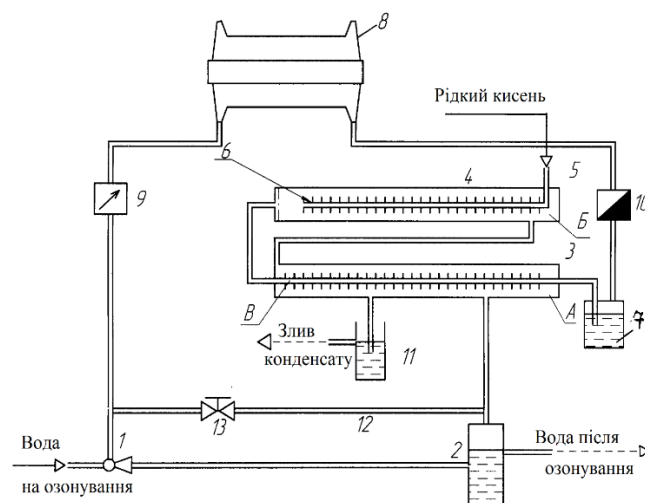


Рисунок 2.12 – Спрощена схема озонування води [30]

1 – ежектор; 2 – дегазатор; 3 – теплообмінник; 4 – холодильна камера; 5 – холодильний елемент; 6 – випарник; 7 – блок осушки; 8 – озонатор; 9 – газоаналізатор; 10 – показчик витрати газу; 11 – трубопровід зливу конденсату з гідрозатворів; 12 – байпасний трубопровід; 13 – регулювальний вентиль; А – порожнина прямого потоку теплообмінника; Б – порожнина холодної камери; В – порожнина зворотного потоку теплообмінника.

Для спрощення конструкції і компенсації кисню, що витрачається на освіту озону в робочому газі, циркулюючому в газовому тракті, холодильний елемент виконаний у вигляді випарника, вхід якого з'єднаний з джерелом рідкого кисню, а вихід – з холодною камерою [30].

РОЗДІЛ 3. ВИБІР УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ

3.1. УФ-установки для знезараження

Бактерицидна установка для знезаражування води «Лазурь-М».

У бактерицидних установках [49] застосовуються джерела безперервного ультрафіолетового випромінювання, що впливає на водне середовище через спеціальний матеріал (супрасил) у діапазоні довжин хвиль 180-300 нм. В особливих випадках вода піддається попередній обробці в кавітаційних камерах, що збільшує ефективність дії установок в 100-1000 разів. Це дозволяє повністю (до 0) знешкодити у воді мікробіологічні домішки при їхніх вихідних концентраціях: бактерії - 10^6 од/л, спори - 10^6 од/л, віруси (у тому числі поліомієліт) - 10^5 од/л, що в багато разів вище, чим у аналогічних установках за кордоном. Вода, оброблена в бактерицидних установках, відповідає вимогам кращих світових стандартів. Використання кавітаційних камер у складі установок дозволяє робити знезаражування високо мінералізованих вод, без біообростання й соляризації поверхонь випромінювачів.

Установки випускаються продуктивністю 500 л/год, 1000 л/год, 3000 л/год, 5000 л/год, 10000 л/год, 30000 л/год, 50000 л/год, 100000 л/год, 250000 л/год, 500000 л/год. Термін служби ультрафіолетових ламп до 12000 годин, також застосовуються амальгамні лампи з високою світловіддачею й терміном служби до 16000 годин.

Установки серії «Лазурь-М» [49] дешевше установок із близькими параметрами інших компаній більш, ніж в 2 рази, відзначені дипломами й золотими медалями на міжнародних виставках.

Для знезараження води УФ-опроміненням рекомендуємо установки, що виготовляються в Україні типу «ВОДОГРАЙ» і «ПОТІК» продуктивністю від 0,5 до 5000 м³/год, напірної і безнапірної дії.

В УФ-установках [30] повинно передбачатися очищення кварцових чохлів, не виймаючи їх з камери знезаражування, тому що в процесі їхньої

роботи накопичуються відкладення органічного й мінерального походження на внутрішній поверхні бактерицидної лампи.

На практиці застосовуються спеціальні системи очищення двох типів: механічна й хімічна. У першому випадку спеціальна муфта із фторопласта, що приводиться у рух спеціальним механізмом і щільно облягає кварцовий чохол, періодично ковзає по ньому. Її основним недоліком є низька надійність і невелика довговічність.

Хімічне очищення є простим й ефективним методом. Воно здійснюється шляхом циркуляції через установку води з додаванням невеликих доз харчових кислот за допомогою промивного насоса, що повинен входити в комплектацію УФ-установки.

Бактерицидна установка для води – це електротехнічний пристрій, що складається з камери знезаражування, пульта керування й блоку промивання.



Рисунок 3.1 – Камера знезаражування [32]

Опис установки: камера знезаражування (рис. 3.1) виготовлена з харчової нержавіючої сталі. Усередині камери розташовуються бактерицидні лампи, укладені в міцні кварцові чохла, які виключають контакт УФ-лампи з водою. Кількість ламп й їхнє розташування визначається продуктивністю установки, а так само типом й якістю оброблюваної води. На камері знаходяться патрубки, що підводять і відводять воду, пробовідбірники, оглядове вікно, УФ-датчик й інші елементи. Система автоматики розташовується на виносному пульта керування. До складу більшості УФ-систем входить блок промивання, що дозволяє легко здійснювати регламентне очищення камер знезаражування.

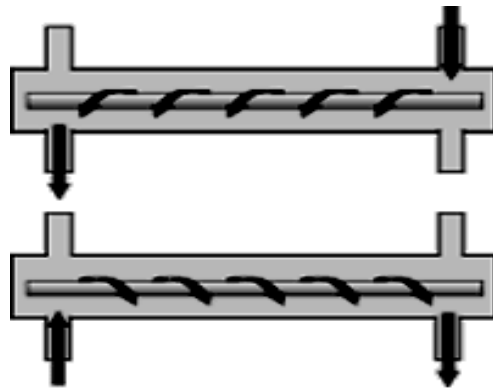


Рисунок 3.2 – Принцип роботи бактерицидної установки [32]

Принцип роботи: вода, проходячи через камеру знезаражування, безупинно піддається опроміненню ультрафіолетом, що вбиває всі мікроорганізми, які перебувають у воді (бактерії, віруси, найпростіші тощо). Установки забезпечують надійне знезаражування в широкому діапазоні якості оброблюваної води.

Компанія «Аквалогіка» [31] постачає на ринок лінію устаткування *Atlantium Technologies Ltd.* для знезаражування води, продуктивністю від 25 до 500 м³/год.

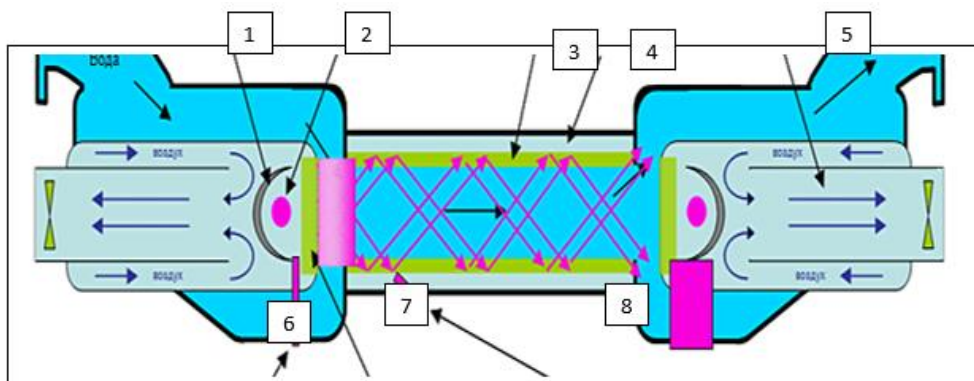


Рисунок 3.3 – Поперечний переріз і схема роботи устаткування Atlantium Rayo [31]

1 – відображувач; 2 – джерело світла; 3 – кварцова труба; 4 – повітряний зазор; 5 – повітряне охолодження; 6 – УФ-індикатор; 7 – кварцове вікно; 8 – УФ-індикатор.

Можливість вторинного бактеріологічного забруднення існує, коли ймовірно потрапляння ґрунтових вод у систему через негерметичні отвори трубопроводу, а також використання засипних фільтрів (піщаних, вугільних) при локальній водопідготовці. Наприклад, фільтр на активованому вугіллі завдяки своїй великій пористості має значну поверхню, на якій добре розвивається мікрофлора. Внаслідок біообрастання поверхні активованого вугілля, тобто утворення біологічної плівки з органічних часток і бактерій,

потрібна періодична заміна його засипання, а для гарантії одержання води належної якості по бактеріальному показнику додаткове знезаражування УФ-променями.

Виходячи з вищесказаного, ультрафіолетові знезаражувачі доцільно використовувати разом з механічними фільтрами грубої очистки для попереднього очищення води або з мембранними елементами мікро- і ультрафільтрації для фінішного очищення. Це дозволяє підвищити їхню ефективність і видалити з води мертві мікроорганізми.

3.2. Озонаторно-сорбційні установки.

У озонатор можна подавати повітря або кисень, вибір залежить від передбачуваного застосування і доступності чистого кисню.

Для одного і того ж озонатора, за умови підведення тієї ж потужності, кисень, як початковий матеріал, дозволяє отримати удвічі більше озону, чим повітря. Використання кисню, таким чином, дозволяє досягти істотного зниження вартості установки і витрати електроенергії. Не дивлячись на це, озон в більшості випадків отримують з повітря.

Є декілька причин, по яких повітря, що подається в озонатор, необхідно повністю кондиціонувати і осушувати: на виході озону негативно позначається наявність пилу в повітрі; він обумовлює утворення електричної дуги, на що непродуктивно витрачається енергія, і погіршення унаслідок цього якості матеріалів; водяні пари, що містяться в повітрі, збільшуючи електричну провідність газового середовища, також сприяють утворенню дуги. Більш того, частина споживаної енергії витрачається на іонізацію водяної пари, внаслідок чого знижується вихід озону; нарешті, у присутності води оксиди азоту, що утворюються при електричному розряді, дають початок азотистим похідним, які забруднюють устаткування, заважають процесу і небажані в питній воді.

Тиск, при якому повітря подається в озонатор, залежить від методу введення озону в оброблювану воду і способу осушення повітря. Якщо повітря

осушують в тепловій регенерованій сушарці при низькому тиску, тиск на вході складається з тиску, необхідного для ефективного контакту озону з водою, і втрат тиску в різних частинах устаткування і в трубопроводі. Тиск на вході складає близько 0,07 МПа і в цьому випадку забезпечується повітрорудовкою.

Якщо повітря осушують в безтеплових регенерованих сушарках високого тиску, тиск на вході змінюється в межах 0,5-1 МПа.

Осушення повітря зазвичай проводиться в одну стадію при високому тиску або в дві при низькому тиску.

В даний час існують два типи установок, придатних для отримання озону: пластинчасті і трубчасті озонатори.

Озонатори пластинчастого типу складаються з плоских діелектриків і металевих електродів. Установку, як правило, розміщують в ізольованому приміщенні, до складу її входить система, що охолоджує.

Озонатори трубчастого типу складаються з двох концентричних електродів і діелектричної трубки. Трубчасті озонатори розрізняють по горизонтальному або вертикальному розташуванню електродів і положенню діелектрика щодо системи, яка охолоджує.

Зазвичай концентрація озону в озоно-повітряній суміші в середньому складає 10-20 г/м³. При такій концентрації і за умови інтенсивної сушки повітря (точка роси між температурами 40 і 60 °С) продуктивність озонаторів, що існують на сьогоднішній день, залежно від їхнього типу складає 50-100 г/год на 1 м² поверхні; продуктивність може бути підвищена шляхом збільшення частоти струму.

Озон виробляється в озонаторах «QUINTA» [34], робота яких ґрунтується на бар'єрному розряді. Діапазон продуктивності озонаторів від 2 до 50 г ОЗ/год. Визначальною при виборі озонаторів цього типу є можливість генерації озону заданої продуктивності без попередньої просушки повітря.

Залежно від якості вихідної води й експлуатації устаткування як фільтр для очищення озонованої води може використовуватися комбіноване засипання, що складається із гравію й активованого вугілля й розміщене в

контактному апараті. Для води, що містить крім зазначених вище забруднювачів катіони кольорових і важких металів, фільтраційне очищення озонованої води рекомендується робити на виносних фільтраційних модульних установках (УФМ), виконаних у вигляді окремих модулів з можливістю нарощування кількості модулів до заданої продуктивності. Продуктивність фільтраційного модуля – 1,0 м³/год й 15,0 м³/год. Фільтраційні установки регенеруються, використовують як фільтруючий матеріал принципово нові полімерні фільтроелементи — ПГС-полімери (ПГС – просторово-глобулярна структура).

Робота комплексу (рис. 3.4) здійснюється в автоматичному режимі. При включенні контролера й озонатора (включення проводиться поворотом відповідних вимикачів) відкривається електромагнітний клапан, і вихідна вода подається через ежектор у контактний резервуар. Одночасно в озонаторі виробляється озонно-повітряна суміш, що надходить в ежектор за рахунок розрідження й змішується з вихідною водою. Озон, що розчинився, реагує з домішками, що знаходяться у воді (відбувається окислювання сполук марганцю, заліза у формі Fe²⁺ і перехід його у форму Fe³⁺, а також окислювання сірководню й органічних сполук. Одночасно відбувається знезаражування води). Керування роботою електромагнітного клапана, озонатора, насосної станції забезпечується автоматично за сигналом від блоку датчиків рівня. Електромагнітний клапан відкривається при досягненні водою рівня В2 і закривається при досягненні рівня В1. Одночасно з відкриттям електромагнітного клапана включається озонатор. Відключення озонатора відбувається при закритті електромагнітного клапана. Насосна станція управляється за допомогою реле тиску (при наявності напруги в ланцюзі живлення), що включається, коли вода в контактній ємності підніметься до рівня В3, і вимикається, коли рівень води опускається до рівня В4. Продукти окислювання осідають або на шарі активованого вугілля, розміщеного в контактному резервуарі, або на виносному фільтрі.

У міру нагромадження осаду активоване вугілля підлягає регенерації. Тривалість процесу очищення встановлюється дослідним шляхом і залежить від якості вихідної води. Тривалість процесу регенерації повинна бути не менш 20 хв для зворотного промивання й 15 хв при прямому промиванню.

Також відомі [34] комплектні установки очищення води з озонуванням і подальшим її фільтруванням типу Р6, призначені для очищення підземних і поверхневих вод з доведенням якості природних вод до вимог СанПіН 2.1.4.559-96 [53].

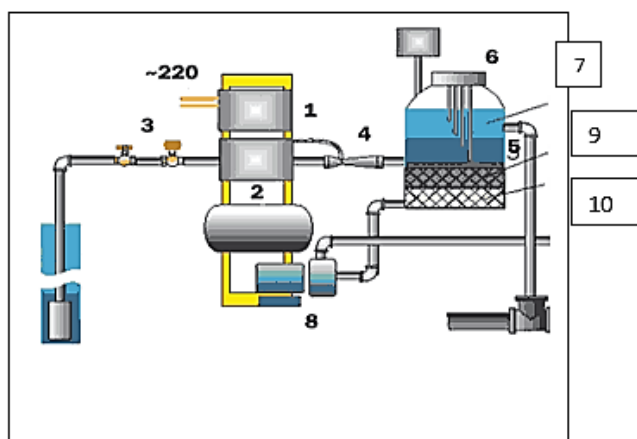


Рисунок 3.4. – Схема озono-сорбційної очистки зі вмонтованим фільтром [34]

1 – блок управління; 2 – озонатор; 3 – електромагнітний клапан; 4 – ежектор; 5 – контактний-фільтрувальний апарат; 6 – блок датчиків; 7 – вода; 8 – насосна станція; 9 – вугільний фільтр; 10 – гравій.

Залежно від виду джерела установка включає блок озонування, сорбційний вугільний або піщаний фільтр. Для конкретних умов до складу установки можуть входити одночасно піщаний і вугільний фільтри, а також вони можуть бути дообладнанні вузлами реагентної обробки з використанням коагуляції води, завершального знезараження із застосуванням УФ-опромінення або гіпохлориту натрію.

Озонування води і подальше фільтрування на піщаному і вугільному завантаженнях забезпечують глибоке видалення заліза, зниження каламутності, повне видалення запаху природної води, зменшення органічних

забруднень, що визначають показником перманганатної окислюваності і аміаку. При роботі установок відмічається деяке підвищення вмісту нітриту і нітратів у воді, яка обробляється озоном, що пов'язане з трансформацією з'єднань під його дією.

Нова озono-фільтрувальна установка (рис. 3.5) [34] відрізняється від традиційних автоматичним управлінням її роботою в залежності від місцевих умов за допомогою регульованого електроприводу. Автоматизація роботи установки полягає в підтримці тиску і витрати води відповідно до потрібних у споживача. Тиск води в мережі контролюється манометром і підтримується на постійному рівні.

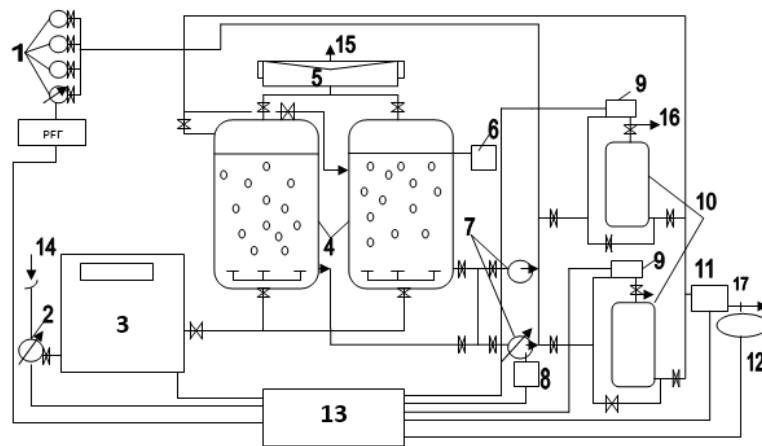


Рисунок 3.5– Структурна схема озono-фільтрувальної установки продуктивністю 12 м³/год [34]

1 – насоси першого підйому; 2 – компресор; 3 – озонатор; 4 – апарат обробки води озоном; 5 – дегазатор залишкового озону; 6 – сигналізатор рівня; 7 – насоси другого підйому; 8 – регульований електропривід; 9 – реле потоку; 10 – фільтр прояснюючий вертикальний; 11 – витратомір води; 12 – манометр електронний; 13 – пульт управління; 14 – повітря на компресування; 15 – випуск в атмосферу; 16 – злив промивної води; 17 – очищена вода в мережу.

Витрата очищеної води контролюється витратоміром, де фіксуються кількість поданої води і час. Одночасно на вторинному приладі витратоміру показується і фіксується миттєва витрата води.

При зниженні споживання води до 60 % автоматично подається сигнал на відключення одного з насосів, що працюють без регулювання подачі. В цей час насос з регульованою подачею повинен компенсувати відключення цього

насоса за рахунок збільшення своєї продуктивності. Якщо споживання води продовжує знижуватися (наприклад, в нічний час), то досягнувши 30 % споживання води відбувається відключення другого насоса з нерегульованою подачею. Таким чином, в роботі залишається один насос з регульованою подачею води, який підтримує тиск в мережі.

При збільшенні витрати води (що спостерігається вранці) починається автоматичне почергове включення насосів (які раніше були автоматично відключені), а насос з регульованою подачею, зменшуючи або збільшуючи обороти, підтримує тиск в мережі споживання.

Автоматизацією станції переслідувалися дві мети: стабільність роботи водопровідної мережі і зниження споживання електроенергії з 20 до 70 %.

Пропонується три режими роботи установок:

- озоно-фільтрувальний – передбачається для роботи в періоди року, коли очищення води від заліза і інших забруднень методом аерації і фільтруванням не дає бажаних результатів;
- аераційно-фільтрувальний – застосовується з метою економії енергоресурсів в ті періоди року, коли цим методом досягається належне очищення;
- фільтраційний – є спрощеним методом очищення і застосовується тільки при надзвичайних ситуаціях (аваріях).

Ефективність роботи установок в кожному режимі залежить від багатьох чинників і визначається експериментально при пусконаладжувальних роботах і в процесі експлуатації [34].

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО ТОКСИКОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ДЕЗИНФЕКТАНТІВ

До 1846 р. відноситься перше згадування про використання хлору як бактерицидного засобу – доктор Семмелвейс у головному госпіталі м. Відня використав хлорну воду для миття рук перед оглядом хворих. А в 1881 р. німецький бактеріолог Роберт Кох продемонстрував, що чисті культури бактерій можуть бути зруйновані хлоровмістним розчином - гіпохлоритом натрію.

Хлор – один з біогенних елементів, постійний компонент тканин рослин і тварин. Добова потреба дорослої людини в хлорі (2 – 4 г) покривається за рахунок харчових продуктів. В організмі хлор – основна осмотична активна речовина плазми крові, лімфи, спинномозкової рідини й деяких тканин.

Після знезаражування хлором у воді залишається невелика кількість токсичних хлорних домішок, що знижує смакові й запахові властивості води (не говорячи вже про хімічний вплив на організм цих домішок). При обробці води хлорактивними сполуками, виявлені й виділені побічні продукти, що володіють високою геннотоксичністю: тригалогенметани, хлорфеноли, п-нітрохлорбензол, бромформ й ін. У хлороформу й чотирьоххлористого вуглецю, що відноситься до 24 галогенорганічних сполук з віддаленими біологічними ефектами, виявлені канцерогенні властивості й, тому, вони розглядаються як сполуки, небезпечні для людини. Недавно виділений й ідентифікований новий продукт, що володіє сильною мутагенною дією – 3-хлор-4(дихлорметил)-5-гідроксі-2(5H)-фуранон і його геометричний ізомер. Концентрація його в питній воді в деяких випадках може становити 30-60 нг/см³. Молекули хлорорганічних сполук, потрапляючи в організм людини, викликають цілий ряд мутагенних і канцерогенних ефектів – ослаблення імунної системи, ураження репродуктивних функцій у чоловіків і жінок, виникнення раку й ураження органів травлення (рак сечового міхура, рак шлунка, рак печінки, рак прямої кишки). Але страждають не тільки органи травлення. Також хлор може стати причиною хвороби серця, атеросклерозу,

анемії, підвищеного тиску. Крім цього хлор сушить шкіру, руйнує структуру волосся (воно починає більше випадати, стає ламким, тьмяним), дратує слизисту оболонку очей. Численні дані [35, 36], переконливо свідчать про те, що хлорування питної води викликає високі рівні мутагенної активності й токсичності, виявлені за допомогою різних біологічних тестів.

Ще одна причина, через яку хлорування не можна вважати універсальним методом знезаражування – існування хлоррезистентної мікрофлори: хлоростійких форм *E.coli*, *Pseudomonadaceae*, *Klebsiellas*, *Proteae*, *Legionella*, що відносяться до умовно патогенних і патогенних мікроорганізмів й являються стабільними контамінантами міських систем водопостачання.

З існуючих способів знезаражування води, які застосовуються на централізованих водопроводах, все більше уваги в цей час приділяється діоксиду хлору. Це з'єднання хлору, на відміну від найпоширенішого на станціях водопідготовки газоподібного хлору, має більш ефективну бактерицидну, віруліцидну і протозооцидну дію[35] і відрізняється відсутністю утворення токсичних галогеновмістних сполук.

За результатами експериментальних досліджень, серед чотирьох хлоровміщуючих реагентів гіпохлорит натрію має найбільшу реакційну здатність щодо утворення канцерогенних хлорорганічних сполук (гіпохлорит натрію > хлорне вапно > рідкий хлор чи хлор-газ > хлорамін).

В 1996 р. Директивою Європейського Союзу вводяться суворіші стандарти для броматів (10мкг/л) і двох тригалоїдметанів – максимальна загальна концентрація (хлороформ + бромдихлорметен) рівна 40 + 15 або 35+25 мкг/л у зв'язку з підтвердженням їхньої канцерогенної активності.

У Росії введенням в дію СанПіН 2.1.4.559-96 «Питна вода. Гігієнічні вимоги до якості води централізованих систем питного водопостачання. Контроль якості» [53] встановлені ГДК на вміст в питній воді 74 хлорорганічних сполук, а концентрацію хлороформу обов'язково слід визначати при знезараженні води хлором. Тенденція по зменшенню ГДК хлорорганічних сполук (ХОС), мабуть, збережеться і надалі. Про це свідчить

те, що в нормативах багатьох розвинених країн як перспективна мета визначається повна відсутність ХОС у воді, а їх допустимий сумарний вміст у воді в багатьох країнах набагато нижчий, ніж в Україні (Німеччина – 10 мкг/л, Швейцарія – 25 мкг/л, Швеція – 50 мкг/л, США – 80 мкг/л, Україна – 100 мкг/л, Росія – 200 мкг/л).

Повсюдне застосування попереднього хлорування приводить до того, що багатократне зростання вмісту летючих хлорорганічних сполук спостерігається практично на всіх очисних спорудах. По оцінках американського Агентства по захисту навколишнього середовища (US EPA), тільки введення в дію в США нового нормативу на побічні продукти знезараження хлоровмістними реагентами вплине на роботу більш ніж 6000 споруд водопідготовки.

Відмова від попереднього хлорування або значне скорочення його доз є першим і обов'язковим кроком при вирішенні проблеми ХОС. Далі при очищенні води необхідно добитися максимального видалення органічних речовин, «попередників» утворення ХОС, і зниження хлорного поглинання води. За наявності у воді аміаку хлор взаємодіє активніше з іонами NH_4^+ , чим з органічними речовинами, у зв'язку з чим ХОС не утворюються. При подальшому збільшенні дози хлору на етапі руйнування хлорамінів з'являється вільний хлор, і швидко утворюються ХОС. Заміна хлору хлорамінами дозволяє істотно (у 8-10 разів) знизити вміст ХОС, тому другим шляхом вирішення проблеми ХОС є застосування амонізації води. Обидва вказані способи можуть бути достатньо дієві і в даний час впроваджуються на станціях водопідготовки за кордоном. Проте відмова від попереднього хлорування і застосування хлорамінів призводять до значного зниження ефективності знезараження води.

Останні дослідження показали, що думка про озонування як про більш нешкідливий спосіб знезаражування води — помилкова. Продукти реакції озону з органічними речовинами, що знаходяться у воді, являють собою альдегіди, кетони, карбонові кислоти й інші гідроксилірованні аліфатичні й

ароматичні сполуки, органічні пероксиди, епоксиди, бромати. Найбільш часто в озонованій воді відзначається присутність альдегідів (формальдегід, ацетальдегід, гліоксаль, метилгліоксаль).

Існують, як мінімум, три основні причини небажаної присутності альдегідів у питній воді:

а) альдегіди – високо біорозпадні речовини, і значна їхня кількість у воді підвищує можливість біологічного обростання трубопроводів і збільшує небезпеку вторинного забруднення води мікробіологічними компонентами;

б) деякі альдегіди мають канцерогенну активність і становлять небезпеку для здоров'я людей;

в) внаслідок відсутності ефекту післядії необхідно здійснювати хлорування на другому щаблі знезаражування питної води, а при цьому альдегіди, що утворилися у воді, збільшують небезпеку утворення хлорорганічних побічних продуктів типу хлорціанатхлоральгідрата.

За тривалого впливу на організм людини, альдегіди викликають подразнення слизових оболонок, а в разі підвищеної концентрації спостерігається головний біль, втрата апетиту та безсоння. Тому, щоб окислити органічні домішки повністю, для озонування потрібно використовувати надлишок озону. А отут варто зазначити, що озон значно дорожчий окисник, ніж хлор.

Крім того, озон, як і продукти його взаємодії із хлорорганікою отруйний, тому присутність більших концентрацій хлорорганіки на стадії водоочищення може бути надзвичайно шкідливою і небезпечною для організму.

Ультрафіолетові знезаражувачі вбивають [37, 38], але не видаляють із води мікроорганізми. Тому в очищеній воді залишаються мертві мікроорганізми, які при потраплянні в шлунок людини розкладаються з виділенням різних шкідливих речовин. Можливий вторинний ріст мікроорганізмів.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

5.1 Оцінка ефективності природоохоронних заходів

Економічне обґрунтування природоохоронних заходів здійснюється через зіставлення їхніх економічних результатів із необхідними для їх упровадження витратами з допомогою показників загального економічного ефекту від цих заходів.

Економічним результатом природоохоронних заходів є сума таких величин:

- відвернені економічні збитки від забруднення навколишнього середовища, тобто здійснені завдяки зменшенню забруднення навколишнього середовища затрати в матеріальному виробництві, невиробничій сфері та витрати населення;
- приріст економічної (грошової) оцінки природних ресурсів, збереження чи поліпшення їх завдяки реалізації природоохоронних заходів;
- приріст грошової оцінки реалізованої продукції, отриманої завдяки повній утилізації сировинних, паливно-енергетичних та інших матеріальних ресурсів унаслідок здійснення природоохоронних заходів.

Економічне обґрунтування екологічних програм передбачає загальноекономічний підхід, що означає якомога повніше охоплення усіх соціально-економічних результатів щодо варіантів природоохоронних заходів у різних сферах економіки на найближчу і віддалену перспективу; врахування всіх витрат, пов'язаних із здійсненням варіантів, що розглядаються; врахування часового фактора при оцінці витрат і результатів програм; міжгалузевий підхід до обґрунтування природоохоронних заходів по території в цілому.

При розрахунках чистого економічного ефекту економічним результатом природоохоронних заходів вважається загальна сума, яка складається із суми збитків, яких вдалося уникнути завдяки зниженню забруднення навколишнього середовища, витрат у матеріальному виробництві, невиробничій сфері і відповідних витрат населення; приросту

економічної (вартісної) оцінки природних ресурсів, які заощаджуються внаслідок природоохоронних заходів; приросту вартісної оцінки реалізованої продукції, який одержано завдяки утилізації сировинних, паливно-енергетичних та інших матеріальних ресурсів в результаті здійснення природоохоронних дій. Економічний результат природоохоронних програм, який розраховується для визначення чистого економічного ефекту, може застосовуватись і в розрахунках загальної економічної ефективності відповідних природоохоронних витрат.

Загальна економічна ефективність природоохоронних витрат розраховується як співвідношення річного обсягу повного економічного ефекту до суми приведених витрат, які сприяли цьому ефекту. Показник загальної економічної ефективності застосовується з метою регіонального обґрунтування структури і обсягів природоохоронних заходів або структури і обсягів капітальних вкладень природоохоронного призначення.

Повний економічний ефект природоохоронних витрат розраховується за різницею в прибутку у сфері матеріального виробництва, витрат у невиробничій сфері, витрат з державного бюджету і особистих коштів громадян за стану навколишнього середовища, що склався (або стану, що може виникнути внаслідок відмови від проведення природоохоронного заходу), і того, що проектується.

Показник загальної економічної ефективності природоохоронних витрат розраховується як відношення річного обсягу повного економічного ефекту до суми приведених витрат, які сприяли досягненню цього ефекту (тобто експлуатаційних витрат і капіталовкладень, приведених до однакової розмірності згідно з нормативом ефективності).

Загальна економічна ефективність капітальних вкладень у природоохоронні заходи визначається діленням річного обсягу повного економічного ефекту, за винятком експлуатаційних витрат на утримання і обслуговування природоохоронних об'єктів, на суму капітальних вкладень,

що забезпечили цей результат. Показник загальної ефективності капітальних вкладень порівнюється з нормативним і фактично досягнутим.

Загальний ефект від продуктивнішого використання основного виробничого обладнання в умовах покращання стану навколишнього середовища оцінюється за річним приростом продукції через скорочення простоїв обладнання в ремонті, збільшення фонду машинного часу, скорочення витрат на всі види ремонту і обслуговування, зростання продуктивності праці робітників, які зайняті на обслуговуванні обладнання з підвищеною надійністю і ремонтпридатністю.

Загальний ефект від скорочення (або від запобігання збільшенню) витрат на додаткову очистку забрудненої води, атмосферного повітря, скорочення рівнів шуму або вібраційного впливу до нормативних вимог, що застосовуються в технологічних процесах або в умовах невиробничого використання ресурсів, визначають за річним приростом продукції в сфері матеріального виробництва або за скороченням поточних витрат у невиробничій сфері, а розрахунковий ефект визначають як різницю між собівартістю ресурсу, що використовується, у перерахунку на собівартість продукції.

У випадках, коли запобігання забрудненню води і повітря, які використовуються на виробничі, господарсько-питні або житлово-комунальні потреби, пов'язане з ліквідацією основних фондів, у розрахунках економічної ефективності природоохоронних заходів враховують залишкову вартість, яку оцінюють як різницю між відновлюваною вартістю і значенням нарахованої амортизації, за винятком суми реалізації.

Запроектовані показники загальної економічної ефективності природоохоронних витрат мають бути, як правило, не нижче за відповідні нормативи і звітні показники за минулий рік. Якщо цю вимогу не задовольняють варіанти заходів у галузі охорони навколишнього середовища, відібрані за критеріями мінімуму витрат або максимуму економічного ефекту, а також при встановленні факту різноспрямованості економічних і додаткових

показників, що характеризують результати природоохоронних заходів, необхідно здійснити додатковий контроль [51] і аналіз доцільності відібраних варіантів шляхом збільшення кількості варіантів, що подаються на розгляд, і пошуку додаткових резервів підвищення економічності природоохоронних дій.

Вибір конкретного методу в кожному випадку ґрунтується на комплексному аналізі передбачуваного рішення з техніко-експлуатаційної і економічної точок зору. Особливу увагу при цьому приділяють забезпеченню надійного і безперервного знезараження води. В табл. 5.1 представлені техніко-економічні показники різноманітних методів знезараження води для станцій різної продуктивності.

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники методів знезараження води для станцій різної продуктивності [51]

Вид обробки	Вартість, USD, при продуктивності, тис. м³/добу			
	4	20	40	400
Хлорування	8,2	5	4,2	3,5
Хлорування + дехлорування	11,5	7	5	4,5
Озонування	42,5	23,2	20,7	15,7
УФ-обробка	4,5	3,5	3,2	3

У табл. 5.2 наведено короткий опис найпоширеніших методів знезараження води.

Таблиця 5.2 – Характеристика методів знезараження води [51]

	Ультрафіолет	Хлор	Озон
Капіталовкладення	Низькі	Найнижчі	Високі
Виробництво, витрати	Найнижчі	Низькі	Високі
Простота установки	Чудова	Гарна	Погана
Простота обслуговування	Чудова	Гарна	Погана
Вартість обслуговування	Найнижча	Середня	Висока
Частота обслуговування	Не часто	Часто	Постійно
Контролюючі системи	Чудові	Погані	Гарні
Дезінфекція	Чудова	Гарна	Чудова
Небезпека	Низька	Висока	Висока
Вплив на воду	Немає	Хлорорганіка, смак, зміна рН.	Невідомо
Контактний час	0,5 - 5 с	30 - 60 хв	10 - 20 хв

Робота станції озонування визначається, головним чином, високою енергоємністю процесу синтезу озону ($12\text{--}22 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{кг}$ озону, що виробляється), допоміжного устаткування (сумарне споживання електроенергії станцією досягає $30\text{--}40 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{кг}$ озону і більше), а також витратами на утримання обслуговуючого персоналу і забезпечення будівлі тепловою енергією.

На рис. 5.1 наочно наведена залежність ефективності очистки від загальної вартості методу знезараження води.

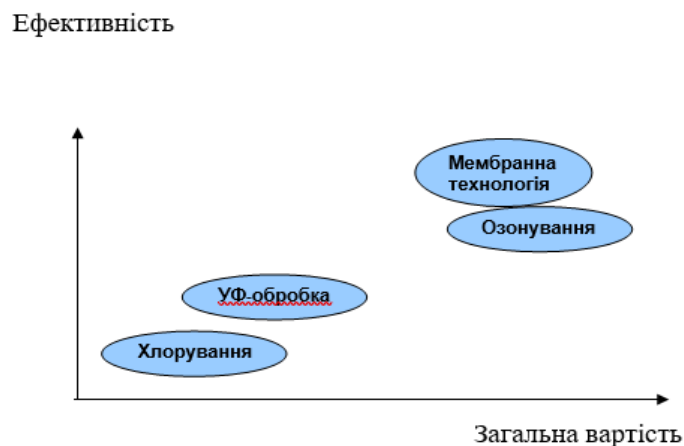


Рисунок 5.1 – Аналіз залежності вартості від ефективності знезараження

5.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

Розрахунок експлуатаційних витрат на рік при знезараженні води хлоруванням або УФ-опроміненням для станції продуктивністю $29000 \text{ м}^3/\text{добу}$.

5.2.1 Знезараження хлоргазом

Для станції продуктивністю $29000 \text{ м}^3/\text{добу}$ за рік витрачається 30 т хлоргазу. 1 т хлоргазу приблизно коштує 9000 грн.

Отже, в рік на реагенти витрачається 270000 грн.

5.2.2 Знезараження води УФ-опроміненням

Витрата електроенергії при знезаражуванні природної води УФ-випроміненням складає порядку $0,03 \text{ Вт}\cdot\text{год}$ на 1 л води. 1 кВт енергії коштує $0,63 \text{ грн.}$

$0,03 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{дм}^3 \times 29000 \text{ м}^3 / \text{добу} = 0,03 \text{ Вт} \cdot \text{год} / \text{дм}^3 \times 1208300 \text{ дм}^3 / \text{год} =$
36,25 кВт

36,25 – витрата електроенергії на годину.

В рік електроенергії витрачається – 317550 кВт.

Експлуатаційні витрати – $317550 \times 0,63 = 200056,5$ грн.

При розрахунку витрат при знезараженні природної води в УФ-установках не враховувалась вартість УФ-ламп, які замінюються щорічно.

5.2.3 Знезараження води гіпохлоритом натрія

Вартість Гіпохлориту натрія марки «А» приблизно коштує 5,60 грн/кг. Враховуючи, що нам його потрібно 15 т, кінцева вартість складе 84000 грн.

Отже, знезараження води гіпохлоритом натрія і УФ-обробкою коштуватиме 284056,5 грн.

Висновки: еколого-економічна ефективність запропонованих заходів за експлуатаційними затратами складає:

$E_{\text{п}} = 270000 - 284056,5 = - 14056,5$ грн/рік.

З точки зору економіки доцільніше було б використання хлору, проте, використання гіпохлориту натрія дозволить станції знезараження вийти із розряду «особливо небезпечних об'єктів». Враховуючи, що гіпохлорит натрія значно безпечніший за звичайний хлор, а ми, в першу чергу, зацікавлені в екологічності процесу, затратами на використання запропонованого методу можна знехтувати, так як вони не значні в порівнянні з загальною вартістю.

ВИСНОВКИ

Водопостачання об'єктів залізничного транспорту (поїзда і вокзали) має ряд особливостей, пріоритетними серед яких є висока ймовірність додаткового (вторинного) забруднення води, що надходить на них, і практично відсутність додаткових систем водообробки. Це диктує важливість завдання санітарно-гігієнічної регламентації на цих об'єктах засобів та способів кондиціонування води та дезінфекції систем водопостачання. Її актуальність не втрачена і в даний час - в силу зміни якості води, що поступає на об'єкти транспорту, розвитку технічних засобів і технологій водообробки, появи нових способів і пристроїв для кондиціонування води, нарешті, через розвиток і вдосконалення самих об'єктів транспорту.

Найважливішою передумовою забезпечення безпеки питної води на транспортних засобах є гармонізація національних вимог до якості питної води з рекомендаціями ВООЗ та директивами ЄС. «Вода має соціальну, економічну та природну цінність, і нею слід керувати таким чином, який є найбільш прийнятним та стійким поєднанням усіх цих цінностей» (Протокол ВООЗ, 2006).

У практиці комунального водопостачання використовуються реагентні (хлорування, озонування) та безреагентні (ультрафіолетове опромінення, вплив γ -променів, лазерних променів та ін.) способи.

В даний час найбільш поширене набув спосіб хлорування води завдяки технічним, гігієнічним та економічним перевагам перед іншими способами знезараження. Для хлорування води використовуються різні сполуки хлору та різні способи їх взаємодії з водою.

Ще одним із перспективних способів знезараження питної води є обробка її озоном.

Знезараження води ультрафіолетовими (бактерицидними) променями відноситься до фізичних або безреагентних методів. У Європі УФ-опромінення використовують для водопідготовки з 1955 року. Але дезінфекція води УФ-опроміненням має досить обмежену сферу застосування і не може

розглядатися як альтернатива надійному в санітарно-епідеміологічному відношенні методу знезараження води з використанням хімічних реагентів у промислових масштабах. Інші безреагентні методи знезараження води – обробка ультразвуком, ультрафіолетовим випромінюванням, які дали добрий бактерицидний ефект в експериментальних умовах, але у водопровідній практиці застосування не знайшли з техніко-економічних причин.

Отже, для підготовки (доочищення) питної води для пасажирських потреб залізничного транспорту, враховуючи якість похідної води із міських комунальних мереж рекомендовано застосування технології УФ-обробки прямої дії або технології хлорування ClO_2 з подальшим озонуванням, що забезпечить якість питної води на національному та міжнародному нормативну рівні.

Всі відомі способи знезараження питної води мають свої межі впливу на патогени і тому мають використовуватися доцільно, щоб уникнути побічного ефекту для здоров'я людей. Правильний вибір дезінфеканту чи комбінації дезінфекційних препаратів, забезпечення умов ефективного, індивідуального їх використання дозволить отримати високоякісну питну воду у промислових масштабах.

Але слід завжди пам'ятати, що людина та довкілля нерозривно пов'язані між собою, і дбайливе ставлення до землі, води, повітря дозволить нам уникнути багатьох проблем, у тому числі з очищенням від наслідків наших іноді не зовсім обдуманих дій. Тому охорона та оздоровлення навколишнього середовища залишається одним із резервів покращення стану здоров'я населення.

АНОТАЦІЯ

Дипломна магістерська робота складається з вступу, п'яти розділів і висновків. Робота включає 26 рисунків і 6 таблиць. Загальний обсяг роботи 77 сторінок. Кількість використаних джерел в бібліографії – 56.

Об'єктом дослідження даної дипломної магістерської роботи виступають процеси підготовки питної води для пасажирських потреб.

Мета роботи полягає у пошуку та впровадженні сучасних інноваційних методів підготовки питної води для пасажирських перевезень.

У даній дипломній магістерській роботі проведено аналіз сучасних нормативних вимог до якості питної води в умовах євроінтеграції України та сучасних інноваційних методів водопідготовки. Зроблено висновки.

За результатами представлених досліджень підібрано комбіновану технологічну схему для знезараження води з використанням гіпохлориту натрію та УФ-опромінення.

Ключові слова: забруднення, питна вода, хлор, очищення, озонування, УФ-опромінення.

ABSTRACT

Master's thesis consists of an introduction, five chapters and conclusions. The work includes 26 figures and 6 tables. The total volume of the work is 77 pages. The number of sources used in the bibliography is 56.

The object of study of this master's thesis is the processes of preparation of drinking water for passenger needs.

The purpose of the work is to find and implement modern innovative methods of drinking water treatment for passenger transportation.

In this master's thesis an analysis of modern regulatory requirements for drinking water quality in the context of European integration of Ukraine and modern innovative methods of water treatment. Conclusions are made.

According to the results of the presented research, a combined technological scheme for water disinfection using sodium hypochlorite and UV irradiation was selected.

Keywords: pollution, drinking water, chlorine, purification, ozonation, UV irradiation.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Конституція України від 23.07.1996 р., № 30 / Верховна Рада України. — Офіц. вид. — К. : Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.141. - (Бібліотека офіційних видань).
2. Водний кодекс від 06.06.1995 № 213/95-ВР / Верховна Рада України. — Офіц. вид. — К. : Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст.189. - (Бібліотека офіційних видань).
3. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання»: за станом від 10.01.2002 № 2918-III / Верховна Рада України. — Офіц. вид. — К. : Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002, N 16, ст.112- (Бібліотека офіційних видань).
4. Питна вода [Електронний ресурс] // Науково-популярний блог. – 2015. - Режим доступу: <http://www.npblog.com.ua/index.php/ekologiya/pitna-voda.html> (26.02.15) – Загл. с екрана.
5. Державні санітарні норми та правила. ДСанПіН 2.2.4-171-10. «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»: введ. та затв. наказом від 12.05.2010 N 400 / Міністерство охорони здоров'я - — Офіц. вид. — К. : Офіційний вісник України. 2010 р., № 51, стор. 99, стаття 1717, код акту 51857/2010.
6. Захворювання, пов'язані з водою, в Україні [Електронний ресурс] // mama-86.org. – 2015. - Режим доступу: <http://mama-86.org.ua/archive/news/16032006-1.htm> (26.02.15) – Загл. с екрана.
7. Інформація щодо випадків черевного тифу у м. Одесі [Електронний ресурс] // МОЗ України. – 2015. - Режим доступу: <http://www.moz.gov.ua/ua/main/press/?docID=2115> (26.02.15) – Загл. с екрана.
8. Спалах гострої бактеріальної дизентерії в Одеській області. [Електронний ресурс] // МОЗ України. – 2015. - Режим доступу: <http://www.moz.gov.ua/ua/main/press/?docID=5302> (26.02.15) – Загл. с екрана.
9. Water Sanitation and Health (WSH) Water-related Disease [Електронний ресурс] // who. – 2015. - Режим доступу: http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/en/ (27.02.15) – Загл. с екрана.
10. Мокиенко, А. В. Токсиколого-гигиеническая оценка диоксида хлора как средства обеззараживания воды (обзор литературы и результатов собственных исследований) [Текст] / А. В. Мокиенко, Н. Ф. Петренко, А. И. Гоженко // Современные проблемы токсикологии. – 2006. – № 4. – С. 44 – 49.

11. Санітарно-епідеміологічний нагляд за знезараженням води у системах централізованого господарсько-питного водопостачання діоксидом хлору : метод. рекомендації МР 2.2.4.-147-2007 / затв. МОЗ України ; Наказ № 430 від 30.07.2007 р. — Офіц. вид. — К. : Офіційний вісник України. 2010 р., № 51, стор. 99, стаття 1717, код акту 51857/2010.

12. Болдырев, В. В. Разработка станции обеззараживания воды газообразным хлором, получаемым на месте потребления [Текст] / В. В. Болдырев, И. П. Томашевская, Б. Ф. Лямаев, В. Н. Косинова // Химия и технология воды, 1997, т 19, №1.

13. Линия средств для плавательных и SPA-бассейнов [Электронный ресурс] // InetStar.Ru. — 2015. - Режим доступа: <http://www.markopoolchem.ru/> (15.03.15) — Загл. с экрана.

14. Biofolung and Biocorrosion in industrial water system [Электронный ресурс] // NCBI. GOV. — 2015. - Режим доступа: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16417202> (26.04.15) — Загл. с экрана.

15. What is the best (validated) disinfectant for Cryptosporidium in clinical lab? [Электронный ресурс] // researchgate.net. 2008 — 2015. - Режим доступа: http://www.researchgate.net/post/What_is_the_best_validated_disinfectant_for_Cryptosporidium_in_clinical_lab (15.03.15) — Загл. с экрана.

16. Environmental Tehnology Verificaiton Program [Электронный ресурс] // archive.gov. — 2015. - Режим доступа: <http://archive.epa.gov/nrmrl/archive-etv/> (15.03.15) — Загл. с экрана.

17. Методические указания. МУ 2.1.4.7.19.98. Методические указания по санитарному надзору за применением ультрафиолетового излучения в технологии подготовки питьевой воды: утв. и введ. 15 октября 1998 года / Главным государственным санитарным врачом РФ — М.: минздрав России, 1998.

18. Holf, J. C. The relationship of turbidity to disinfection of potable water [Текст] / J. C. Holf // EPA-57019-78-002. — 1978.

19. Malley J. R. Evaluation of bypro-ducts by treatment of groundwater with ultraviolet radiation [Текст] / J. R. Malley // AWWARF and AWWA, Denver, US. — 1995.

20. Kruithof, J. C. Practi-cal Experience with UV-Disinfection in the Netherlands [Текст] / J. C. Kruithof, R. C. Leer // Proc. AWWA Seminar on Emerging Technologies in Practice: Annual Conf., Cincinnati. Ohio. — 1990, 17-21 June.

21. Гончарук, В. В. Современное состояние проблемы обеззараживания воды [Текст] / В. В. Гончарук, Н. Г. Потапченко // Химия и технология воды. 1998. Т. 20. № 2.

22. Methods for investigation and pre-vention of waterborne disease outbreaks [Электронный ресурс] // nepis.gov. – 2015. - Режим доступа: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/300000ID.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1986+Thru+1990&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5Czyfiles%5CIndex%20Data%5C86thru90%5CTxt%5C00000005%5C300000ID.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=p%7Cf&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x&ZyPURL> (26.03.15) – Загл. с экрана.

23. УФ-излучение для обеззараживания питьевой воды из поверхностных источников [Электронный ресурс] // ООО ЭП "Очистные сооружения". 2002 – 2004. - Режим доступа: <http://www.1os.ru/content/subs/doc6.html> (26.03.15) – Загл. с экрана.

24. UV Light Disinfection Technology in Drinking Water Application: US EPA [Электронный ресурс] // nepis.gov. – 2015. - Режим доступа: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/20001SHK.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995%20Thru%201999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C95THRU99%5CTXT%5C00000005%5C20001SHK.txt&User=ANONYMOUS&Password=anonymous&SortMethod=h%7C&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=p%7Cf&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&SeekPage=x> (26.03.15) – Загл. с экрана.

25. World's largest potable water UV plant for Thames water [Текст] // Water Services. 1987. Xi 1096.

26. Kruithof, J. C. °Zonation and bio-logical activated carbon filtration in Dutch drinking water treatment: Regional Conf. on Ozone. Ultraviolet Light, Advanced Oxidation Processes in Water Treatment [Текст] / J. C. Kruithof. — Amsterdam, 1996.

27. Сучасні підходи очищення стічної води біотехнологічних виробництв [Електронний ресурс] // eco.com.ua. – 2015. - Режим доступу:<http://eco.com.ua/content/suchasni-pidkhodi-ochishchennya-stichnoi-vodi-biotekhnologichnikh-virobnitstv> (27.03.15) – Загл. с экрана.

28. Принцип действия, технологическая схема, преимущества [Електронний ресурс] // ООО "ПК "ТРИОТЕХНИКА" - производственная компания. – 2008 - 2013. - Режим доступу:http://www.waterline.ru/content_411 (27.03.15) – Загл. с экрана.

29. Озоновая очистка воды [Електронний ресурс] // ООО «Эко-Септик». – 2010 - 2014. - Режим доступу:<http://eco-septic.ru/ozonovaya-ochistka-vodyi.html> (27.03.15) – Загл. с экрана.

30. Биопрепарат для выгребных ям. Биопрепарат для септиков. Биопрепарат для уличных туалетов. Водограй обеспечит чистоту канализации в частном секторе, пищевой промышленности и сельском хозяйстве [Електронний ресурс] // Укрекобезпека. – 2008 - 2015. - Режим доступу:<http://www.vodograi.org/> (27.03.15) – Загл. с экрана.

31. Аква-Логика. Насосы [Електронний ресурс] // Аква-Логика. – 2005- Режим доступу:<http://www.aqualogic.ru/> (30.03.15) – Загл. с экрана.

32. Хлоратор воды ЛОНИИ-100КМ. Насосы [Електронний ресурс] // ООО "ФИРМА КОНТРАГЕНТ". - 2012 – 2015 - Режим доступу:<http://contragent.com.ua/produktsiya/neftegaz/truboprovodnaya-armatura/item/khlorator-vody-lonii-100km> (30.03.15) – Загл. с экрана.

33 Аквахлор [Електронний ресурс] // Экспертиза Безопасности. – 2015 - Режим доступу:<http://bbb.eska8.com/products/aquachlor/> (30.03.15) – Загл. с экрана.

34. Поставка оборудования для химической промышленности [Електронний ресурс] // ООО «НПО „КХМ“. – 2015 - Режим доступу: <http://www.npo-khm.ru/> (31.03.15) – Загл. с экрана.

35. Цифровий репозиторій ХНУМГ ім. О. М. Бекетова [Електронний ресурс] // eprints. – 2015 - Режим доступу: <http://eprints.kname.edu.ua> (31.03.15) – Загл. с экрана.

36. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища»: за станом на 01.01.2015 / Верховна Рада України. — Офіц. вид. — К. : Відомості Верховної Ради України, 1991 р., № 41, стаття 546. - (Бібліотека офіційних видань).

37. Медріш, Г. Л. Обладнання та прилади для знезараження води [Текст] / Г. Л. Медріш // Водопостачання та санітарна техніка. - М: Стройиздат, - N 2, 1993р.

38. Арутюнова, І. Ю. Дослідження різних технологічних режимів очищення води, спрямованих на зниження вмісту хлорорганічних сполук у питній воді [Текст] / І. Ю. Арутюнова // 8-й Міжнародний конгрес ЕКВАТЕК-2008 Вода: екологія і технологія. 2008р.

39. Пат. 2196741 РФ, C02F1/78. Установка озонирования воды [Текст] / Зубков В. И. (Россия); заявник та патентовласник Дочернее унитарное предприятие "Турбонасос" Федерального государственного унитарного предприятия "Конструкторское бюро химавтоматики".— № 2001125994/12; заявл. 25.09.2001; опубл. 20.01.2003. — 4 с.

40. Resoner, D. J. A new medium for the enumeration and subculture of bacteria from potable water [Текст] / D. J. Resoner, E. E. Geldreich // Appl. Environ. Microbiol. — 1985. — 49, N 1. P. 1 — 8.

41. Finch, G. J. Indicator bacteria concentrations in water treatment and assessment of elimination capacity [Текст] / G. J. Finch, D. W.Smit, M. E. Stiels // Ibid. — 1988. 12, N 12. — P. 1563 — 1570.

42. Singer, P.S. Water Works Assoc [Текст] / P. S. Singer // J. Amer. — 1990. — N 10. — P. 78 — 88.

43. Perrine, O. Role ozone and wasterwater treatment [Текст] / O. Perrine, D. Barbier, P. Georges, B. Langlais // Proc. 2nd Int. Conf. (Edmonton, 28-29 Apr., 1987). — Kitchener. 1987. — P. 283-292.

44. Запольський, А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води Підручник [Текст] / А. К. Запольський. — К.: Вища школа, 2005. — 671 с.

45. Кульский, Л. А. Химия воды: Физико-химические процессы обработки природных и сточных вод [Текст] / Л. А. Кульский, В. Ф. Накорчевская - К.: Вища школа. Головное изд-во, 1983. — 240 с.

46. Кульский, Л. А. Технология очистки природных вод 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Л. А. Кульский, П. П. Строкач — К. : Вища шк. Головное изд-во, 1986. — 352 с.

47. Нормативно-правових актів з питань охорони праці НПАОП 41.0-1.01-79 «Правила техніки безпеки при експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених місць» введ. и утв.: наказом від 04.10.1977 №407 / Міністерство житлово-комунального господарства РРФСР - М. : Стройиздат, 1979. - 136 з мал.

48. Державні будівельні норми України. ДБН В.2.5-56:2010 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту»: введ. та затв. наказом від 22.12.2010 р. 537 та від 30.12.2010 р. 571, чинні з 01.10.2011 р. / Мінрегіонбуд – Київ: Укрархбудінформ, 2011. – 35 с.

49. Бактерицидная ультрафиолетовая (уф) установка обеззараживания питьевой воды «ЛАЗУРЬ М-3» [Електронний ресурс] // ЗАО СВАРОГ. – 2002 - Режим доступа: http://www.svarog-uv.ru/l_3_p.htm (26.04.15) – Загл. с экрана.

50. Показники економічної і соціальної ефективності природоохоронних заходів [Електронний ресурс] // Buklib. – 2015 - Режим доступа: <http://buklib.net/books/25955/> (13.05.15) – Загл. с экрана.

51. Государственный стандарт союза ССР. ГОСТ 2874-82 «Вода питна» Гигиенические требования и контроль за качеством введ. и утв.: постановлением от 18.10.82 №3989 / Комитет стандартов при совете министров СССР - Москва: Издательство Стандартов, 1985.

52. Будівельні норми та правила. СНіП 2.04. 02-84 Водоснабжение наружные сети и сооружения затвер. і введ.: постановою о від 23 .03.2000 № 57 / Держбуд України - Москва: ИПК Издательство Стандартов, 1984.

53. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.4.559-96 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества введ. и утв.: постановлением от 24 октября 1996 г. № 26. / Госкомсанэпиднадзор России - Москва: Издательство Стандартов, 1996.

54. Межгосударственный Стандарт. ГОСТ 18963-73 Вода питьевая. Методы санитарно-бактериологического анализа введ. и утв. Постановлением от 29.06.1973 N 1091/ Государственный комитет СССР по стандартизации.- М.: Стандартиформ, 2006.

55. Государственный стандарт союза ССР. ГОСТ 18190-72 «Вода питна. Методи визначення вмісту залишкового активного хлору» введ. и утв.: постановлением от 25.10.1972 N 1967 / Комитет стандартов при совете министров СССР - Москва: Издательство Стандартов, 1976

56. Санитарные правила и нормы. СанПиН 2.1.4.559-96 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества введ. и утв.: постановлением от 24 октября 1996 г. № 26. / Госкомсанэпиднадзор России - Москва: Издательство Стандартов, 1996.

СПИСОК РИСУНКІВ

Рисунок 1.1 - Динаміка відхилень проб питної води з водопровідних мереж від нормативів.

Рисунок 1.2 - Аналіз вмісту хлорорганічних сполук у питній воді по різних регіонів України.

Рисунок 1.3 – Аналіз показників хлорного поглинання води

Рисунок 1.4 – Зміна концентрації HClO і ClO^- в залежності від рН

Рисунок 1.5 – Озонування води

Рисунок 1.6 – Знезараження води УФ-променями

Рисунок 2.1 – Схема використання УФ-опромінення на етапі первинного знезараження

Рисунок 2.2 – Схема використання УФ-опромінення на заключному етапі водо підготовки

Рисунок 2.3 – Джерело водопостачання – річкова вода (при погодженому водозаборі в зоні санітарної охорони)

Рисунок 2.4 – Джерело водопостачання – морська вода (бажана наявність прибережної скважини)

Рисунок 2.5 – Джерело водопостачання – підземна вода

Рисунок 2.6 – Можливі схеми оптимізації знезараження води з використанням УФ-опромінення

Рисунок 2.7 – Схема очисних споруд в Роттердамі (Нідерланди), Хельсінки (Фінляндія)

Рисунок 2.8 – Схема дезінфекції озоном. Робота під тиском.осушення повітря в одну стадію

Рисунок 2.9 – Схема дезінфекції озоном. Робота під розрідженням. Двостадійна сушка повітря

Рисунок 2.10 – Традиційна схема знезараження води озонуванням

Рисунок 2.11 – Схема станції для озонування

Рисунок 2.12 – Спрощена схема озонування води

Рисунок 3.1 – Камера знезаражування

Рисунок 3.2 – Принцип роботи бактерицидної установки

Рисунок 3.3 – Поперечний переріз і схема роботи устаткування Atlantium Rayo

Рисунок 3.4. – Схема озono-сорбційної очистки зі вмонтованим фільтром

Рисунок 3.5 – Структурна схема озono-фільтрувальної установки продуктивністю $12 \text{ м}^3/\text{год}$

Рисунок 3.6 – Принципова схема хлорування хлоратором ЛОНИ-100

Рисунок 3.7 – Принципова схема хлорування хлоратором «ADVANCE»

Рисунок 5.1 – Аналіз залежності вартості від ефективності знезараження

СПИСОК ТАБЛИЦЬ

Таблиця 1.1 - кількість показників для аналізу якості питної води в різних країнах та організаціях

Таблиця 1.2 – Значення СТ для різних реагентів

Таблиця 1.4 – Дози УФ-опромінення, необхідні для інактивації 99,9 % мікроорганізмів

Таблиця 5.1 – Техніко-економічні показники методів знезараження води для станцій різної продуктивності

Таблиця 5.2 – Характеристика методів знезараження води

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ДСТУ - Державний стандарт України

ЄС - Європейський союз

СанПіН - санітарні правила і норми - це державні підзаконні нормативні правові акти з описами та вимогами щодо безпечних і нешкідливих для людини, популяції людей і нащадків чинників середовища існування та їх оптимальних і безпечних кількісних параметрів із метою збереження здоров'я та нормальної життєдіяльності

СНД - Співдружність Незалежних Держав

СТ - добуток концентрації С (мг/л) дезінфектанту на час Т (хв.) його контакту з водою

ТГМ - тригалогенметани

ХОС - хлорорганічні сполуки