

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально-науковий інститут агроекології та землеустрою
Кафедра екології, технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства

05-02-464М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Технології водопідготовки питної води»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за освітньо-професійною програмою «Технології захисту
навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології
захисту навколишнього середовища»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-методичною
радою з якості ННІАЗ
Протокол № 11 від 07 лютого 2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Технології водопідготовки питної води» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Ліхо О. А. – Рівне : НУВГП, 2024. – 65 с.

Укладач: Ліхо О. А., к.с.-г.н., професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства

Керівник групи забезпечення спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»: Статник І. І., к.с.-г.н., доцент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

© О. А. Ліхо, 2024
© Національний університет
водного господарства та
природокористування, 2024

ЗМІСТ

1. Практична робота № 1 Контроль якості питної води	4
2. Практична робота № 2. Обґрунтування технологічної схеми очистки води	11
3. Практична робота № 3. Обґрунтування методу знезараження питної води	24
4. Література	43
5. Додаток 1	44
6. Додаток 2	52
7. Додаток 3	56

Практична робота № 1

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

Мета роботи: виконати оцінку придатності води для потреб питного водопостачання.

Теоретична частина

Згідно Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»

(ДСанПіН 2.2.4-171-10), питна вода, призначена для споживання людиною, повинна відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад. Для виробництва питної води слід надавати перевагу воді підземних джерел питного водопостачання населення, надійно захищених від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення.

Основні терміни

Вода питна, призначена для споживання людиною (питна вода), – вода, склад якої за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними, паразитологічними та радіаційними показниками відповідає вимогам державних стандартів та санітарного законодавства (з водопроводу – водопровідна, фасована, з бюветів, пунктів розливу, шахтних колодязів та каптажів джерел), призначена для забезпечення фізіологічних, санітарно-гігієнічних, побутових та господарських потреб населення, а також для виробництва продукції, що потребує використання питної води.

Забарвленість – показник, що характеризує інтенсивність забарвлення води, яке зумовлене вмістом забарвлених органічних речовин.

Загальна жорсткість – показник, що характеризує властивість води, зумовлену наявністю у ній розчинених солей кальцію та магнію (сульфатів, хлоридів, карбонатів, гідрокарбонатів тощо).

Загальна лужність – показник, що характеризує властивість води, зумовлену наявністю у ній аніонів слабких кислот, головним чином вугільної кислоти (карбонатів, гідрокарбонатів).

Запах – показник, що характеризує властивість води подразнювати рецептори слизових оболонок носа та синусних пазух, зумовлюючи відповідне відчуття.

Каламутність – показник, що характеризує природну властивість води, зумовлену наявністю у воді завислих речовин органічного і неорганічного походження (глини, мулу, органічних колоїдів, планктону тощо).

Клас небезпеки речовини (I, II, III, IV) – ступінь небезпеки для людини хімічних речовин, що забруднюють воду, який залежить від їх токсичності, кумулятивності, лімітуючої ознаки шкідливості та здатності викликати несприятливі віддалені ефекти.

Лімітуюча ознака шкідливості – показник, за яким встановлюється гігієнічний норматив шкідливої хімічної речовини у воді та який визначається за мінімальною концентрацією, яка впливає безпосередньо на організм людини (санітарно-токсикологічна ознака шкідливості), органолептичні властивості води (органолептична ознака шкідливості) чи процеси самоочищення водою (загальносанітарна ознака шкідливості).

Мікробіологічні показники – показники епідемічної безпеки питної води, перевищення яких може призвести до виникнення інфекційних хвороб у людини.

Органолептичні показники (запах, смак і присмак, забарвленість, каламутність) – фізичні властивості питної води, що сприймаються органами чуття.

Паразитологічні показники – показники епідемічної безпеки питної води, перевищення яких може призвести до виникнення паразитарних інвазій у людини.

Перманганатна окиснюваність – кількість кисню, що потрібна для хімічного окиснення перманганатом калію легкоокиснюваних органічних і неорганічних речовин (солей двовалентного заліза, сірководню, амонійних солей, нітритів

тощо), які містяться у 1 дм³ води.

Підготовка питної води (водопідготовка, обробка) – технологічний процес, який здійснюється для доведення показників безпечності та якості питної води до рівнів гігієнічних нормативів.

Санітарно-токсикологічні показники – хімічні показники, що нормуються за санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості.

Смак і присмак – показники, що характеризують здатність наявних у воді хімічних речовин після взаємодії зі слиною подразнювати смакові рецептори язика і зумовлювати відповідне відчуття.

Сухий залишок – показник, що характеризує кількість розчинених речовин, передусім мінеральних солей, в 1 дм³ води.

Фізико-хімічні показники – фізичні чи хімічні показники, що нормуються за загальносанітарною чи органолептичною ознакою шкідливості.

Загальні положення

Залежно від технології отримання виокремлюють такі види питних вод:

оброблені – питні води, що виготовляються з води, отриманої з поверхневих джерел питного водопостачання, підземних джерел питного водопостачання шляхом очищення, знезараження чи домінералізації;

необроблені (природні) – води, отримані безпосередньо з підземних джерел питного водопостачання, які за всіма показниками відповідають вимогам Санітарних норм без їх очищення (крім освітлення), знезараження чи домінералізації.

Під час вибору вододжерела та технології водопідготовки у разі будівництва чи реконструкції підприємства питного водопостачання населення слід надавати перевагу джерелам та технологіям, що забезпечать виробництво питної води з оптимальним вмістом мінеральних речовин за показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води (табл. 7, додаток 1).

Безпечність та якість питної води за мікробіологічними показниками повинна відповідати гігієнічним нормативам,

наведеним у табл. 1 (додаток 1).

Безпечність та якість питної води за паразитологічними показниками повинна відповідати гігієнічним нормативам, наведеним у табл. 1 (додаток 1). Паразитологічні показники визначають у питній воді поверхневих та підземних (грунтові води) джерел питного водопостачання населення.

Безпечність та якість питної води за органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками повинна відповідати гігієнічним нормативам, наведеним у табл. 2, 3, 4 (додаток 1).

Гігієнічну оцінку безпечності та якості питної води проводять за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитологічні), санітарно-хімічними (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні) та радіаційними показниками, наведеними у додатку 1.

Хід роботи:

1. Вихідні дані розрахунку (перелік забруднюючих речовин з відповідними концентраціями) обрати згідно варіанту (табл. 1.1) і занести у таблицю 1.2. Варіант встановлюється за сумою двох останніх цифр у номері студентського квитка.

2. Використовуючи ДСПІН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (додаток 1), встановити значення ГДК для кожної речовини і занести у таблицю 1.2.

3. Встановити і занести в таблицю 1.2 клас небезпеки та лімітуючі ознаки шкідливості для всіх речовин (додаток 2).

4. Порівняти фактичні концентрації речовин у воді з ГДК. Результати порівняння занести у таблицю.

5. У випадку виявлення у воді забруднюючих речовин з однаковою лімітуючою ознакою шкідливості, необхідно перевірити виконання наступної умови:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1$$

де: $C_1, C_2 \dots C_n$ – виявлені концентрації забруднюючих речовин,

мг/дм³ ;

ГДК₁, ГДК₂ ... ГДК_n – відповідні гранично-допустимі концентрації, мг/дм³.

6. Розрахунки по двох будь яких речовинах представити у розгорнутому вигляді.

7. Сформулювати висновки по роботі.

Таблиця 1.1

Вихідні дані

	Варіанти				
	В-1	В-2	В-3	В-4	В-5
сума іонів	640	733	480	646	633
сульфати	44,4	47,8	42,7	56,4	46,7
хлориди	57,7	53,1	30,8	44,2	52,1
завислі речовини	39,5	35	11,3	32,3	41,5
pH	8,86	8,55	7,73	8,21	7,98
розчинений кисень	7,2	8	13	13,4	4,2
ХСК	28,7	18,2	15	33,4	32,7
азот амонійний	1,5	1,26	1,33	2,4	2,5
азот нітратний	1,3	1,96	0,77	3,4	2,3
азот нітритний	0,5	0,112	0,019	1,09	1,5
фосфати	0,078	0,165	0,055	0,29	0,203
БСК5	4,7	4,6	4,3	6,9	4,7
мідь	0,0073	0,0071	0,007	0,006	0,0073
цинк	0,07	0,06	0,027	0,064	0,06
залізо	0,33	0,37	0,37	0,38	0,39
марганець	0,29	0,35	0,213	0,31	0,33
фториди	0,222	0,197			0,312
	Варіанти				
	В-6	В-7	В-8	В-9	В-10
сума іонів	578	572	662	571	671
сульфати	41,7	71,2	65,2	40,94	55,7

хлориди	33,5	43,6	55	26,98	57,1
завислі речовини	7	31,8	45	22,82	43,3
pH	7,82	7,95	8,55	8,23	8,26
розчинений кисень	11,4	10,4	12,1	12,44	6,7
ХСК	26,6	29,2	45,7	38,5	35,7
азот амонійний	1,25	1,45	1,36	1,72	1,40
азот нітратний	1,22	2,09	1,96	2,35	1,87
азот нітритний	0,16	0,038	0,29	1,078	0,31
фосфати	0,23	0,115	0,215	1,045	0,301
БСК5	5,4	6,6	8,1	8,1	8,2
мідь	0,008	0,0075	0,006	0,006	0,018
цинк	0,04	0,071	0,063	0,062	0,055
залізо	0,41	0,3	0,31	0,36	0,27
марганець	0,212	0,164	0,313	0,308	0,287
	Варіанти				
	В-11	В-12	В-13	В-14	В-15
Сума іонів	840	833	580	846	785
сульфати	74,4	67,8	52,7	76,4	61,9
хлориди	87,7	73,1	37,8	64,2	47,2
завислі речовини	55,5	44	17,3	52,6	42,1
pH	8,33	8,55	7,73	8,21	7,95
розчинений кисень	7,2	6	10	4,4	6,1
ХСК	36,7	22,2	17	41,4	34,9
азот амонійний	2,5	2,26	1,88	2,9	1,87
азот нітратний	1,9	2,06	1,17	3,6	2,14
азот нітритний	1,05	2,102	0,079	1,16	0,15
фосфати	0,12	0,2	0,099	0,66	0,165
БСК5	6,1	5,5	6,3	8,9	7,6
мідь	0,0103	0,0121	0,011	0,006	0,010

цинк	0,09	0,09	0,044	0,064	0,041
залізо	0,53	0,39	0,55	0,38	0,2
марганець	0,49	0,42	0,203	0,31	0,144
фториди	0,722	0,21			0,131
	Варіанти				
	В-16	В-17	В-18	В-19	В-20
сума іонів	878	772	782	774	822
сульфати	49,7	71,2	69,3	45,94	62,4
хлориди	36,5	45,6	56	32,98	54,2
завислі речовини	8	34,8	41	23,82	48,1
pH	7,82	7,95	8,55	8,23	8,21
розчинений кисень	7,4	5,4	5,1	6,44	4,4
ХСК	33,6	31,2	48,7	45,5	41,4
азот амонійний	2,05	1,87	2,36	1,71	1,9
азот нітратний	2,01	2,22	2,68	2,22	2,6
азот нітритний	0,66	0,1	0,51	1,078	1,06
фосфати	0,73	0,165	0,302	1,062	0,66
БСК5	8,4	7,6	9,1	8,1	8,9
мідь	0,005	0,0055	0,011	0,007	0,006
цинк	0,03	0,041	0,055	0,082	0,054
залізо	0,42	0,2	0,41	0,46	0,38
марганець	0,22	0,144	0,363	0,345	0,31

Таблиця 1.2

Контроль якості питної води

№	Речовини	C_n , мг/дм ³	ГДК _n , мг/дм ³	Клас небезпеки	ЛОШ	Перевищ. ГДК, разів
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						

Практична робота № 2

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ОЧИСТКИ ВОДИ

***Мета роботи:** . Ознайомитись з принципами підходу до вибору методів та технологічної схеми очищення природних вод. Обґрунтувати технологічну схему очистки води.*

Теоретична частина

Необхідність обробки води виникає в тому випадку, коли якість води в джерелі водопостачання не відповідає нормативним вимогам. Характер і ступінь невідповідності якості води джерела вимогам споживача визначає вибір методів обробки води. Якщо при цьому можуть бути використані різні методи очищення, то їх вибір здійснюється на основі техніко-економічних розрахунків.

Хімічні, фізичні й фізико-хімічні процеси, що використовуються при підготовці води, можна розділити на два класи.

До першого класу відносяться процеси, пов'язані з коректуванням фізичних і хімічних властивостей води.

Другий клас поєднує процеси, що забезпечують знезаражування води, тобто звільнення її від хвороботворних бактерій і мікроорганізмів.

Незважаючи на принципове розходження задач, що виконуються при здійсненні цих процесів, останні можуть бути загальними в залежності від фазово-дисперсного стану мінеральних, органічних і біологічних домішок води.

Дуже перспективною при виборі технологічної схеми очищення промислових стічних вод є систематизація всіх домішок, що запропонована Л.А. Кульським (табл. 2.1).

Зв'язок між технікою очищення води і приналежністю домішок, що видаляються, і забруднень до тієї або іншої групи класифікації визначається загальними закономірностями, яким підкоряються процеси, що відбуваються у водному середовищі, в залежності від фізико-хімічної характеристики цих домішок (табл. 2.2).

Таблиця 2.1

Класифікація домішок води за Л. А. Кульським

Група	Найменування домішок	Розмір частинок, мкм	Характеристика домішок
Гетерогенна система – дисперсна система, в якій відсутня поверхня розділу, яка відділяє частини системи			
I	Зважені частки	$>10^{-1}$	Суспензії та емульсії, які зумовлюють каламутність води
II	Колоїдно-розчинні речовини	$10^{-1} - 10^{-2}$	Колоїди та високомолекулярні речовини, які обумовлюють окислюваність та кольоровість води, віруси
Гомогенна система – дисперсна система, в якій наявна поверхня розділу середовищ			
III	Молекулярно-розчинні речовини	$10^{-2} - 10^{-3}$	Розчинні у воді гази, органічні речовини, які надають воді запах і присмак
IV	Дисоційовані іони	$<10^{-3}$	Солі, кислоти, основи, які надають воді жорсткість, лужність та мінералізацію

Сутність класифікації полягає в тому, що всі домішки води за їх відношенням до дисперсійного середовища об'єднані в чотири групи з загальною для кожної з них фізико-хімічною характеристикою. Домішки перших двох груп являють собою гетерогенні системи, інших двох груп – гомогенні. Перші утворюються присутніми у воді суспензіями й колоїдами, другі – речовинами, що утворюють з водою молекулярні й іонні розчини. Такий порядок розташування груп і систем з дисперсністю домішок, що підвищується, доцільний з технологічної точки зору, тому що очищення води починається з видалення грубодисперсних домішок і колоїднодисперсних речовин.

Таблиця 2.2

Класифікація домішок води за їх фазово-дисперсним станом і процеси, що використовуються для їх видалення

Фазова характеристика	Гетерогенні системи	
Група	I	II
Фізико-хімічна характеристика	Грубодисперсні домішки: суспензії, емульсії, планктон, патогенні мікроорганізми	Домішки колоїдного ступеня дисперсності: органічні та неорганічні речовини, віруси
Методи видалення домішок з води	Механічне безреагентне розділення	Ультрафільтрація
	Адгезія на високодисперсних і зернистих матеріалах, а також на гідроксидах Al та Fe	Коагуляція колоїдних домішок
		Окислювання хлором, озonom, перманганатом калію
		Адсорбція на гідроксидах Al та Fe, а також на високодисперсних глинистих мінералах
Флотація суспензій та емульсій	Електрофоретичні методи	

	Бактерицидний вплив на патогенні мікроорганізми та спори	Віруліцидний вплив
Фазова характеристика	Гомогенні системи	
Група	III	IV
Фізико-хімічна характеристика	Домішки молекулярного ступеня дисперсності: гази, органічні речовини	Домішки іонного дисперсності: солі, кислоти, луки
Методи видалення домішок з води	Гіперфільтрація (зворотний осмос)	
	Десорбція газів і речовин, евапорація важколетучих органічних речовин	Переведення іонів у малорозчинні сполуки
	Окислювання хлором, озonom, перманганатом калію	
	Адсорбція на активованому вугіллі та інших матеріалах	Фіксація іонів фази іонітів
	Асоціація молекул	Моляризація та комплексоутворення
	Екстракція органічними розчинниками	Сепарація іонів при різному при різному фазовому стані води
	Біохімічний розпад	Використання рухливості іонів в електричному полі

Основою класифікації домішок води за їх фазово-

дисперсним станом є:

- фазово-дисперсна характеристика речовин, що визначає поведінку їх у водному середовищі, а, отже, й їхнє відношення до реагентів, що вводяться, і застосуванням методам очищення;

- здатність багатьох речовин у водному середовищі змінювати свій фазово-дисперсний стан під впливом фізико-хімічних чинників (рН, сольового складу, температури та ін.), що відкриває широкі можливості для вдосконалення технологічних прийомів очищення природних і промислових стічних вод;

- відповідність визначених технологічних прийомів і методів видалення домішок їхньому фазово-дисперсному стану.

Систематизація домішок на основі їхніх фізико-хімічних характеристик використовується для класифікації технологічних процесів обробки води. Передумовами до цього є те, що фазово-дисперсний стан домішок води з врахуванням їхньої хімічної природи обумовлює поведінку цих речовин у процесі водообробки, а також те, що кожному фазово-дисперсному стану домішок відповідає характерна сукупність методів впливу, що призводять до одержання якісної води. З урахуванням фізико-хімічних властивостей домішок, також кінетики й динаміки їхніх фазових перетворень, можна здійснювати вибір найбільш оптимальних і економічних процесів обробки води.

Вибір технологічного методу водообробки, що забезпечує необхідний ступінь очищення, можна здійснювати згідно табл. 1-4 (додаток 3), що містять дані про способи обробки води, умови їхнього застосування в залежності від якісних показників останньої, склад очисних споруд.

Характеристика домішок I групи та методів їх видалення

Перша група поєднує нерозчинні у воді домішки з розміром частинок 10^{-5} – 10^{-4} см і більше. Ці суспензії обумовлюють мутність води, а в деяких випадках її кольоровість. Найбільш часто ці домішки представлені часточками глини, піску, ґрунту, мулу, а також емульсіями мінеральних олій, нафтопродуктами тощо. На поверхні часточок можуть

сорбуватися патогенні бактерії, віруси, радіоактивні речовини. В стані спокою для таких систем характерна седиментація частинок або спливання в залежності від їхньої щільності. Домішки I групи ефективно видаляються з води під дією гравітаційних сил, сил прилипання (адгезії й аутогезії), сполученого осадження.

Видалення цих домішок – освітлення води – можна досягти застосуванням безреагентних і реагентних методів.

Освітлення і часткове знебарвлення (усунення кольоровості) води безреагентним методом відбувається при тривалому відстоюванні у відкритих басейнах – відстійниках або водоймищах. Для освітлення води (й то неповного) необхідне відстоювання не менш 1-2 діб, для часткового знебарвлення води – 1-2 і більше місяців. У зв'язку з цим такий метод застосовується відносно рідко, в основному для попереднього відстоювання води, що містить велику кількість грубодисперсних домішок.

На даний час для безреагентного видалення грубодисперсних домішок застосовується фільтрування через сітки, мікропроціжування та інше. Видалення тонких суспензій здійснюється центрифугуванням.

Реагентний метод освітлення й знебарвлення води засновано на застосуванні спеціальних хімічних речовин – коагулянтів і флокулянтів – і називається коагулюванням. В результаті коагулювання у воді утворюються пластівці, що включають завислі й колоїдні часточки, які додають воді мутність і кольоровість, фітопланктон і бактерії. Більш великі, чим природні домішки, пластівці-агрегати осаджуються значно швидше і забезпечують більш повне освітлення, знебарвлення і знезаражування води.

Після осадження основної маси суспензії процеси освітлення і знебарвлення води звичайно завершуються фільтруванням, при якому воду пропускають через шар зернистого матеріалу (найчастіше піску або антрациту) з гранулами різної крупності. Розрізняють повільне й швидке фільтрування. Характерною рисою першого є досить малі швидкості фільтрування (0,1–0,3 м/годину), застосування фільтруючого матеріалу (звичайно кварцового річкового піску) із

дрібними фракціями (0,25-0,35 мм) і відсутність попереднього коагулювання. В другому випадку швидкість фільтрування значно вище (звичайно 5-12 м/годину), використовуються більш великі фракції фільтруючого матеріалу (0,5-2 мм і більше), а вода попередньо обробляється коагулянтом.

Процес освітлення і знебарвлення води є найбільш розповсюдженим, уступаючи за масовістю тільки знезаражуванню. В процесі освітлення і знебарвлення вода одночасно звільняється від значної кількості бактерій (при фільтруванні затримується до 99% усіх бактерій), тобто частково знезаражується. Знезаражування води є обов'язковим при санітарній ненадійності джерела, використовуваного для питних цілей. Воно здійснюється практично в усіх випадках, коли вода забирається з відкритих водойм.

Знезаражування можна розглядати і як цілком самостійний, і часто єдиний процес обробки води. У такому виді він застосовується на водопроводах, джерелом яких є безбарвні, прозорі поверхневі або підземні води. Знезаражування води може здійснюватися двома основними методами: реагентним і безреагентним.

Реагентними методами називаються такі, при яких для знезаражування води застосовуються хімічні речовини, що викликають загибель мікроорганізмів (дезінфектанти). Такими речовинами є багато окиснювачів (хлор, озон), а також деякі солі важких металів (в основному срібла й міді). Солі міді, через свою отруйність для організму людини, застосовуються лише при обробці води, що йде для технічних потреб (боротьба з обростанням поверхонь), а також як засіб боротьби з цвітінням води у відкритих водоймах. До реагентних методів знезаражування води відносяться також використання замутиювачів (монтморилоніт, палигорськіт та ін.), що мають адгезійні властивості у відношенні до бактерій, вірусів, спор. Наступне видалення цієї суспензії звільняє воду від мікроорганізмів.

При безреагентних методах знезаражування вода піддається впливу ультрафіолетових променів, ультразвукових хвиль, високої температури, струмів високої частоти, гамма-

променів та інших фізичних чинників.

Таким чином, в основі використовуваних методів для очищення води від речовин першої групи лежать фізико-хімічні процеси: агрегація за допомогою коагулянтів і флокулянтів, адгезія на поверхні зернистих інертних завантажень, також флоатація. При наявності біологічних забруднень застосовуються також окиснювачі, солі важких металів, електромагнітне випромінювання й ультразвук.

Характеристика домішок II групи та методів їх видалення

Друга група поєднує гідрофільні та гідрофобні колоїдні домішки, що знаходяться у воді в стані золів, а також високомолекулярні речовини; розмір частинок – 10^{-6} – 10^{-5} см. До цієї групи речовин відносяться колоїдні мінеральні й органічно-мінеральні частинки ґрунтів, недисоційовані та нерозчинні форми гумусових речовин, що додають воді бурий колір. Високомолекулярні сполуки представлені у воді гуміновими й фульвокислотами та їхніми солями.

Для видалення цих речовин з води *застосовується обробка хлором, озоном й іншими окислювачами*. В результаті знижується кольоровість води, руйнуються гідрофільні колоїди, що виявляють захисні властивості стосовно гідрофобних домішок води, чим створюються сприятливі умови для наступного коагулювання, утворення й осадження пластівців, знищуються мікроорганізми.

Найбільш повне видалення колоїдних домішок і знебарвлення води досягаються за допомогою коагулянтів. Ступінь і швидкість гідролізу коагулянтів у воді залежить від їхнього рН, сольового складу і температури. Особливо чуттєвий до цих факторів алюмінієвий коагулянт $Al_2(SO_4)_3$, найменш чуттєвий – залізний коагулянт. Використання змішаного алюмо-залізного коагулянту дає можливість затримувати більш широку гаму забруднень; при цьому коагулянт має переваги кожного з компонентів і дає можливість проводити коагулювання води в більш широкому інтервалі рН і температур. Застосування разом з коагулянтами невеликих добавок флокулянтів (активна

кремнієва кислота, поліакриламід та ін.) сприяє підвищенню ефекту коагулювання: прискорює утворення пластівців, поліпшує їхню структуру, призводить до швидкого й ефективного освітлення води.

Гарні результати очищення води від колоїдних забруднень забезпечує контактна коагуляція (безвідстійне фільтрування).

Характеристика домішок III групи та методів їх видалення

Третя група поєднує розчинені у воді гази й молекулярно-розчинні органічні сполуки, як біологічного походження, так і внесені зі стоками промислових підприємств і населених пунктів. Речовини третьої групи додають воді найрізноманітніші присмаки й запахи, а іноді й кольоровість. Розмір частинок речовин третьої групи складає 10^{-7} - 10^{-6} см.

Найбільш перспективними процесами видалення з води речовин третьої групи є аерування, окислювання, адсорбція.

Розчинені у воді гази й летучі органічні речовини (легкі бензини, деякі органічні сірчисті сполуки, низькомолекулярні ефіри й карбонільні сполуки та ін.) видаляються з води шляхом аерування (фонтануванням, дощуванням, барботуванням), а також обробкою води відповідними хімічними реагентами. Для видалення сірководню воду обробляють хлором, для зв'язування надлишкової вугільної кислоти – вапняним розчином, крейдою або фільтрують через мармурову крихту. При надлишку кисню його видаляють фільтруванням через залізну стружку, обробкою сульфітом натрію або інших реагентів.

Розчинені у воді одно- і багатоатомні феноли, більшість продуктів органічного синтезу, гумінові та фульвокислоти руйнуються під дією сильних окиснювачів.

Багато речовин даної групи виводяться з води за допомогою активованого вугілля. Цей спосіб очищення ґрунтується на тому, що домішки води вступають у молекулярну взаємодію з високорозвиненою поверхнею вугілля і закріплюються на ній. На вугіллі добре сорбуються гідрофобні сполуки, до яких відносяться розчинні у воді вуглеводні нафти, ароматичні вуглеводні та їхні похідні (хлорфенол), хлоровані

вуглеводні та інші малорозчинні у воді сполуки.

Усунення запаху й присмаку здійснюється різними методами в залежності від їхнього походження. Появу запаху й присмаку природного походження, що викликається продуктами життєдіяльності мікроорганізмів і їхнім відмиранням, можна попередити обробкою водою мідним купоросом. Аналогічні запахи у водопровідній воді усувають за допомогою сильних окиснювачів (озону, оксиду хлору (II) та ін.) або адсорбентом (наприклад, активованим вугіллям).

Застосування хлорування з амонізацією (замість одного хлорування) для води, що містить фенол та інші похідні бензолу, перешкоджає виникненню в ній хлорфенольних запахів та присмаків.

Запахи та присмаки, обумовлені наявністю розчинених газів або солей, видаляються відповідними методами дегазації й знесолення.

Характеристика домішок IV групи та методів їх видалення

Четверта група забруднень поєднує речовини, що дисоціюють у воді на іони; розмір їхнього порядку 10^{-8} - 10^{-7} см. Домішки, що відносяться до четвертої групи, являють собою електроліти.

Усунення їх з води засновано на зв'язуванні іонів у малорозчинні та слабкодисоційовані сполуки за допомогою реагентів, що додаються у воду. При виборі реагентів доцільно виходити з величин добутку розчинності сполук, що утворюються. У випадку малих їхніх значень повнота очищення зростає, особливо при надлишку іона-осаджувача.

Для видалення забруднень четвертої групи широко використовуються іонообмінні реакції, що протікають на поверхні твердої фази (на іонообмінних смолах). Ці процеси раціонально використовувати у випадках, коли іони, що видаляються, необхідно утримувати на нерозчинному матеріалі, замінивши їх іонами, нешкідливими для наступного використання води.

Воду від небажаних іонів можна звільнити шляхом її

випаровування, переведення в тверду фазу (виморожування, одержання газогідратів) або додаванням розчинника, що не змішується з водою, для утворення двох фаз, використовуючи нерівномірність розподілу іонів між цими фазами (екстракція).

У деяких випадках доцільно використовувати рухливість іонів в електричному полі (електродіаліз).

Пом'якшення води, тобто видалення з неї катіонів кальцію і магнію, що обумовлюють жорсткість води, здійснюється термічними, реагентними та іонообмінними методами.

Термічні методи пом'якшення засновані на переведенні гідрокарбонатів кальцію і магнію в малорозчинні карбонати, що випадають в осад при кип'ятінні.

Реагентними методами пом'якшення води розчинні солі кальцію і магнію за допомогою хімічних реагентів переводяться в нерозчинні сполуки, що утворюють суспензії, які видаляються відстоюванням і фільтруванням. Найбільш розповсюджений спосіб – вапняно-содовий.

Пом'якшення води іонообмінним методом здійснюється фільтруванням її через Na- або H-катіоніт, в результаті чого іони Ca^{2+} та Mg^{2+} , що знаходяться у воді, обмінюються на іони Na^+ або H^+ .

Останнім часом одержав поширення новий метод, що полягає в пропущенні води, яку необхідно пом'якшити, через магнітні або електромагнітні прилади. В результаті такої обробки, жорсткість води не змінюється, але осад випадає у вигляді дрібних кристаликів рухливого шламу, який не прилипає до поверхні нагрівання і легко видаляється при продуванні.

Знесолення (видалення з води всіх розчинених у ній солей) і опріснення води (зменшення вмісту розчинених солей до норм, що робить воду придатною для питних і господарських потреб) можна досягти термічною обробкою, електрохімічним шляхом, методом іонного обміну, газогідратним способом, екстракцією, зворотним осмосом тощо.

Видалення заліза та марганцю досягається такими способами. При наявності у воді заліза у вигляді гідрокарбонату знезалізнення здійснюється за допомогою аерування та подальшого відстоювання або фільтрування. Колоїдні органічні

сполуки заліза видаляються хлоруванням з наступною обробкою коагулянтами. Знезалізнення води, що містить залізо у вигляді некарбонатних солей, досягається фільтруванням її через Н-, Na- або Ca-катіоніти.

Сполуки марганцю (II), як і заліза, окислюють киснем повітря, переводячи його в марганець (III). Марганець також можна видалити фільтруванням через пісок або піролюзит з попереднім підлужуванням води вапном, обробкою води залізними коагулянтами або фільтруванням через Mn-катіоніт.

Видалення важких металів (свинцю, міді та ін.), а також отрутних і отруйних речовин, що мають високу токсичність навіть у дуже малих концентраціях, вимагає ретельно підібраних комбінованих методів очищення, заснованих на процесах дистиляції, відстоювання, фільтрування, коагулювання, окислювання, осадження, адсорбції, іонного обміну тощо.

Таким чином, усі домішки, що забруднюють водойми, цілком охоплюються чотирма групами запропонованої класифікації. Використовуючи особливості, що характеризують кожну групу речовин, можна знаходити ефективні способи видалення всього комплексу домішок води за допомогою невеликого числа елементів очисних споруд.

Поліпшення якості води при сучасній техніці її очищення для господарсько-питних потреб і технологічних цілей промислових підприємств може бути досягнуто різними методами.

Метод поліпшення якості води та відповідний комплекс очисних споруд вибирається в залежності від її фізико-хімічного й бактеріологічного (а в окремих випадках і від гідробіологічного) складу, від вимог споживача, продуктивності станції, специфічних і місцевих умов, а також від техніко-економічних міркувань.

Для обґрунтування методу очищення води необхідно мати в наявності дані хімічного аналізу води, що очищується. Враховується також досвід експлуатації споруд, що працюють в аналогічних умовах.

Хід роботи

1. Вихідними даними для виконання роботи є результати досліджень, проведених при виконання практичної роботи № 1.

2. Речовини, які обиралися згідно варіанту з табл. 1.1., занести у таблицю 2.3 з врахуванням їхньої приналежності до відповідної (гетерогенної чи гомогенної) системи.

3. Використовуючи інформацію, наведену у таблиці 2.1 навести характеристику речовин (домішок), присутніх у воді, яка підлягає обробці. На основі таблиці 2.2. обрати методи очищення води. Результати дослідження занести у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3

Обґрунтування методів очищення води

№ з/п	Речовини (домішки)	Найменування домішок	Група	Характеристика домішок	Метод очищення
Гетерогенна система					
1.					
Гомогенна система					
1.					

4. Використовуючи таблиці 1-4 (додаток 4), обґрунтувати технологічну схему обробки води, яка забезпечить відповідність її якості нормативним вимогам. Вказати очисні споруди, необхідні для цього.

Контрольні запитання

1. Дайте характеристику груп домішок у природній воді за класифікацією Л. А. Кульського.
2. Що таке водоочистка?
3. Що передбачає водопідготовка?
4. Які методи освітлення, усунення кольоровості, присмаків та запахів ви знаєте?
5. В чому полягає суть процесу коагуляції?

6. Що передбачає метод окислення?

7. В чому полягають особливості обробки води активованим вугіллям?

Практична робота № 3

ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

***Мета роботи:** Ознайомитись з реагентними та безреагентними методами знезараження води. Дослідити довід знезараження питної води в Україні і країнах світу.*

Теоретична частина

Знезараження води хлором, озоном, сріблом та йодом.

Хлорування води – один із поширених методів знезараження води на водопроводах. Ця процедура виконується у всіх випадках забору води з поверхневих водойм, а також при отриманні води з підземних джерел, бактеріальні показники яких не відповідають вимогам стандарту.

Хлорування води відбувається газоподібним хлором або ж речовинами, що містять активний хлор: хлорне вапно, хлорит, діоксид хлору. Під «активним хлором» розуміють кількість газоподібного хлору, що відповідає кількості O_2 , який виділяється сполуками при уведенні їх у воду. Для знезараження води, як правило, використовують рідкий хлор. На станціях невеликої продуктивності (до 3000 м³/добу) знезараження води допускається хлорним вапном.

Суть дії хлору полягає в пригніченні обміну і окисненні речовин, які входять до складу протоплазми клітин бактерій, у результаті чого останні гинуть. Збудники тифу, дизентерії, холери й бруцельозу є дуже чутливими до дії хлору. Навіть сильно заражена бактеріями вода значною мірою дезінфікується порівняно невеликими дозами хлору.

Бактерицидний ефект хлору значною мірою залежить від його початкової дози і тривалості контакту з водою. Частіше за

все на руйнування клітин витрачається лише незначна частина хлору. Більша частина хлору йде на реакції з різноманітними органічними і мінеральними домішками, які містяться у воді. Ці реакції протікають з різною швидкістю залежно від концентрації хлору, рН, температури водії тощо.

Кількість хлору, який поглинуто в результаті його взаємодії з речовинами, що містяться у воді, називається *хлоропоглинанням* води, яке визначається кількістю хлору у мг/л, який витрачається при 30-хвилинному контакті його з досліджуваною водою на окиснення і хлорування деяких органічних речовин. До таких речовин відносяться гумус, продукти розкладення клітковини й білкових сполук, солі двовалентного заліза, нітриту, аміак і солі амонію, сірководень.

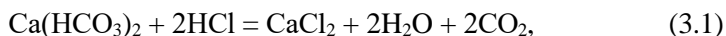
На практиці при визначенні необхідної дози хлору виходять із загальної потреби хлору для води. Це включає її хлоропоглинання і деякий надлишок хлору, який забезпечує протягом певного часу бактерицидний ефект. Надлишок хлору необхідний для запобігання повторного бактеріального забруднення води під час проходження по водопровідній мережі. Вміст залишкового активного хлору у водопровідній воді лімітується стандартом і повинен досягати на найближчій до насосної станції точці 0,3- 0,5 мг/л.

Наявність завислих у воді домішок як органічного походження, так і мінерального, значно знижує бактерицидний ефект хлорування, їх поверхня, яка сорбує на собі хлор, вилучає його з води. Крім того, бактерії, які знаходяться всередині згустків завислих речовин, меншою мірою піддаються впливу хлору. Знезараження насичених домішками вод вимагає збільшення доз хлору протягом довгого проміжку часу. Тому гігієнічні та смакові якості води бувають знижені.

Добрі результати при знезараженні води, бактеріальне забруднення якої перевищує межу, дає хлорування підвищеними дозами з наступним дехлоруванням води. Збільшення бактерицидного ефекту невеликих доз хлору може бути досягнуто використанням комбінованих методів хлорування (додавання до хлорованої води перманганату калію і солей важких металів).

Хлор, як уже зазначалося, окислює і руйнує органічні домішки води, в результаті чого знижується колірність води, зникають запахи, а також інші показники, які пов'язані з наявністю у воді органічних речовин. Руйнування при хлоруванні гумінових речовин сприяє поліпшенню процесів самоочистки.

Звичайно хлорування сприяє очистці води від заліза, марганцю і деяких отруйних речовин. При хлоруванні води великими дозами відбувається перехід частини карбонатної жорсткості в некарбонатну:



Таким чином, хлорування води, поряд із знезараженням відіграє велику роль також як фактор, що сприяє поліпшенню процесів коагулювання, відстоювання і фільтрування.

Реагенти для хлорування води. Хлор є газом жовто-зеленого кольору з різким неприємним запахом. Отримують його шляхом електролізу розчину кухонної солі. Сухий хлор за низьких температур вступає у взаємодію з дуже невеликою кількістю речовин, але за наявності слідів вологи його активність різко зростає. Він безпосередньо з'єднується з усіма металами і, окрім кисню, благородних газів, азоту і фтору, з усіма неметалами.

Газоподібний хлор добре розчинний у воді, розчинність його підвищується із зниженням температури і збільшенням тиску. Але за низьких температур утворюються гідрати хлору загального складу $\text{Cl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, які випадають в осад, і, таким чином, визначають граничну концентрацію хлору у воді. За насичення води хлором утворюється хлорна вода, яка має сильні окислювальні властивості.

Взаємодія хлору з водою (гідроліз хлору) при хлоруванні відбувається за рівнянням:



Гідроліз хлору залежить також від рН, тиску, температури, інтенсивності перемішування та інших факторів. Процес

гідролізу хлору протікає приблизно за 2 хв.

Хлорнуватиста кислота (HClO) – сильний окислювач, існує тільки в розчині. В сильно розведених розчинах вона не має кольору. Концентровані розчини мають жовтий колір і різкий запах. У нейтральному чи лужному середовищі на світлі відбувається фотохімічне розкладання хлорнуватистої кислоти з виділенням кисню



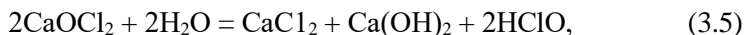
Хлорнуватиста кислота – сильний окисник, який робить безколірними лакмус та індиго. Солі хлорнуватистої кислоти – гіпохлорати – одержують при взаємодії хлору з холодним розчином лугу:



Відбувається ця реакція або при пропусканні газоподібного хлору через розчин лугу, або ж при електролізі розчинів хлоридів лужних металів в умовах, які забезпечують перемішування продуктів електролізу.

При взаємодії хлору з гашеним вапном отримують *хлорне вапно*. Окислювальні властивості хлорного вапна цілком залежать від наявного в ньому аніона хлорнуватистої кислоти. Існуючі способи технічного виробництва хлорного вапна в заводських умовах забезпечують одержання її із вмістом активного хлору в межах 32-36 %.

Реакція розкладання у хлорного вапна водою протікає за рівнянням:



Серед хлоритів особливе місце посідає NaOCl_2 як вихідний продукт для отримання діоксиду хлору. Хлорит натрію є сильним окисником.

За рН 2 розкладання хлориту натрію у воді протікає з утворенням ClO_2 і HCl .

Діоксид хлору (ClO_2) являє собою зеленувато-жовтий отруйний газ із запахом, значно більш інтенсивним, ніж запах хлору. Діоксид хлору легко розчиняється у воді, не гідролізуючись. ClO_2 має порівняно з хлором ту перевагу, що при обробці води, яка містить феноли, не виникає хлорфенольних запахів, оскільки фенол практично окислюється ClO_2 до хінону та малеїнової кислоти, які в малих дозах не надають воді запаху і присмаку. Тому використання діоксиду хлору може бути рекомендовано для підвищення ефективності знезараження і попередження виникнення специфічних запахів у воді.

Методи хлорування води. Хлорування води є заходом, який постійно здійснюється на комунальних водопроводах та станціях з очистки господарсько-побутових і деяких категорій промислових стічних вод. Крім того, хлорування проводиться як короточасний чи періодичний захід, необхідний для дезинфекції ділянок водопроводу, що вводяться в експлуатацію, фільтрів, резервуарів чистої води.

При виборі методу хлорування необхідно враховувати цільове призначення цього процесу, наявність забруднюючих речовин у воді, її характер, специфіку водоочисних споруд. Виходячи з різних цілей хлорування, існуючі методи обробки води хлором та солями, які містять активний хлор, можна об'єднати у дві групи:

- постхлорування (завершальне);
- прехлорування (попереднє) води.

Постхлорування – це процес знезараження води, який проводиться після всіх інших способів її обробки і є завершальним етапом очистки води.

Постхлорування може здійснюватися як невеликими дозами (нормальне хлорування), так і підвищеними (перехлорування). Використовується воно і спільно з іншими речовинами для знешкодження мікроорганізмів (комбіноване хлорування).

Нормальне хлорування застосовується для знезараження води, яка відбирається в надійних у санітарному відношенні джерелах і має добрі фізико-хімічні показники. Дози хлору мають

забезпечувати необхідний бактерицидний ефект без погіршення органолептичних показників якості води. Кількість залишкового хлору після 30-хвилинного контакту води з хлором допускається не вище 0,5 мг/л, оскільки за вищих концентрацій вода набуває специфічного запаху і присмаку.

Перехлорування використовується часто в тих випадках, коли спостерігаються різкі коливання бактеріального забруднення води та коли нормальне хлорування не дає потрібного бактерицидного ефекту.

Перехлорування усуває багато неприємних присмаків, запахів і в деяких випадках може використовуватися для очистки води від токсичних речовин.

Доза залишкового хлору при перехлоруванні звичайно встановлюється в межах 3-10 мг/л. Відомі випадки, коли перехлорування проводилося дуже високими дозами – до 100 мг/л (суперхлорування). За великих доз хлору досягається швидкий ефект.

Залишок хлору, який перевищує допустиму у воді концентрацію, усувається дехлоруванням. За невеликого надлишку хлор може бути усунуто аеруванням, а за високих концентрацій залишкового хлору застосовуються хімічні методи. З них найбільш поширеними є: обробка води сірчистим ангідридом та активованим вугіллям.

Комбіновані методи хлорування, тобто обробка води хлором разом з іншими бактерицидними препаратами (тіосульфатом, сульфідом натрію, бісульфітом натрію), можуть використовуватися для підсилення дії хлору чи фіксації його у воді на більш довгий строк. До комбінованих методів відносяться: хлорування з мангануванням (додається KMnO_4), хлорсрібний та хлормідний способи (у воду вводяться одночасно хлор та іони Ag і Cu), а також хлорування з амонізацією (вводиться аміак чи солі амонію). Комбіновані методи використовуються не лише для обробки великих об'ємів води на стаціонарних водопроводах, але і як індивідуальні засоби знезараження води.

Прехлорування води використовується як засіб, який поліпшує деякі процеси очистки води (наприклад, коагулювання

і усунення заліза), а також як ефективний засіб знезараження деяких токсичних речовин. Прехлорування, як правило, здійснюється великими дозами хлору, але на відміну від перехлорування воно не вимагає наступного дехлорування води, оскільки надлишок хлору звичайно повністю усувається при подальших процесах її обробки. Надлишковий хлор витрачається на окиснення різноманітних домішок води, сорбується пластівцями коагулянту, окислює організми, які розвиваються на поверхні і в товщі заповнювачів фільтрів.

Практичне використання процесу хлорування води в основному зводиться до пре- та постхлорування. Застосовується також подвійне хлорування (пре- та постхлорування). У такому випадку до кожного з цих процесів висуваються різні вимоги:

- попереднє хлорування проводять для того, щоб підготувати воду до наступних етапів очистки;

- від завершального хлорування вимагається забезпечення необхідної концентрації залишкового хлору у воді, яка гарантує санітарну якість води (хлор вводиться після фільтрів);

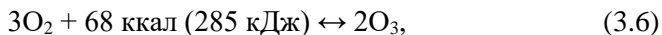
- подвійне хлорування використовується за високої колірності вихідної води та за підвищеного вмісту в ній органічних речовин.

Озонування води. Одним з ефективних методів знезараження води є її обробка озоном. Озон, як відомо, є алотропічною модифікацією кисню, і молекула його на відміну від молекули кисню (O_2) складається не з двох, а з трьох атомів (O_3).

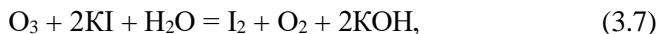
Уперше озон було виявлено в 1785 р. нідерландським фізиком М. ван Марумом за характерним запахом (свіжості) і окисними властивостями, які набуває повітря після пропускання через нього електричних іскор. Характерний запах озону вже відчувається за його вмістом в повітрі навіть у співвідношенні 1:500 000. Озон є вибуховим газом синюватого кольору з різким характерним запахом. Маса 1 л озону становить 2,1445 г; густина газоподібного озону за киснем 1,5, за повітрям 1,62; нижче

температури кипіння, яка становить 112° С, озон стає темно-синьою рідиною з густиною 1,71 г/см³. Розчинність озону за температури 0°С у воді становить 0.394 г/л, тобто у 15 разів більша, ніж у кисню (0,049 г/л).

Озон утворюється за зворотною реакцією:



Молекула O₃ є нестійкою і самочинно перетворюється на O₂ з виділенням тепла. За невеликих концентрацій без сторонніх домішок озон розкладається повільно, за великих – з вибухом. Нагрівання і контакт озону з найменшими кількостями органічних речовин, деяких металів чи їх оксидів різко прискорює його перетворення. І навпаки, присутність значної кількості HNO₃ стабілізує озон, а у емностях із скла, деяких пластмас або чистих металів озон за температури 78° С практично не розкладається. Озон є одним з найбільш сильних окисників, набагато сильнішим, ніж кисень. Він окислює всі метали, за виключенням золота і платинових, а також більшість інших елементів. Присутність озону у газовій суміші можна встановити за реакцією:



«Звичайний» кисень O₂ в реакцію з KI не вступає.

У промисловості озон отримують з повітря в озонаторах, пропускаючи тихий електричний розряд за низьких температур. Зріджується O₃ краще, ніж O₂, і тому їх легко розділити.

Озонування води ґрунтується на властивості озону розкладатись у воді з утворенням атомарного кисню (O₃ → O₂ + O), який руйнує ферментні системи мікробних клітин, окислює деякі сполуки, що надають воді неприємного запаху (наприклад, гумінові основи).

Кількість озону, яка є необхідною для знезараження води, залежить від ступеня забруднення води і становить 1-6 мг/л за контакту близько 8-10 хв. Кількість залишкового озону не повинна перевищувати 0,3-0,5 мг/л, оскільки більш висока доза

надає воді специфічного запаху і викликає значну корозію водопровідних труб.

З позиції гігієни озонування є одним з найкращих способів знезараження води. Вода при цьому не збагачується додатковими домішками. Залишковий невикористаний озон через короткий проміжок часу розпадається і перетворюється на кисень. Нагадаємо, що перші досліди з озонування дніпровської води у Києві було проведено 1908 р., а промислову озонаторну установку на дніпровському водозаборі було встановлено 1974 р.

Треба зазначити, що озонування води є відповідальним технологічним процесом, який вимагає великих витрат електроенергії, застосування складних приладів і висококваліфікованого технагляду, оскільки концентрований озон – отруйний газ. Це до певної міри є стримуючим фактором для його широкого застосування. За літературними даними у світі діє понад 3000 озонаторних установок різної потужності.

Знезараження води іонами срібла. Срібло навіть у малих концентраціях має властивість знищувати мікроорганізми, що пояснюється властивістю його іонів руйнувати протоплазму мікроорганізмів. За теорією Г. Вороца та Е. Тоферна, механізм бактерицидної дії срібла пояснюється порушенням обміну речовин у клітинах бактерій внаслідок блокування активних груп окремих ферментів.

Ступінь активності срібла тим більший, чим вища концентрація його іонів у розчині. Домішки, які містяться у воді, негативно впливають тільки в тому разі, якщо вони зв'язують іони срібла в малодисоційовані чи важко розчинні сполуки, які випадають в осад або ж відновлюють їх до металу.

Збагачення води іонами срібла досягається кількома способами: методом контактування води з розвинутою поверхнею металу (посріблені кільця Рашига, пісок Краузе тощо), методом безпосереднього розчинення у воді препаратів срібла електролітичними способами (метод Л. А. Кульського).

Найбільшу практичну цінність становить електролітичний метод, який ґрунтується на анодному розчиненні срібла. Цей метод забезпечує можливість швидкого отримання бажаних концентрацій срібла в розчині, дозволяє вести за допомогою

електровимірювальних приладів точне дозування і регулювання процесу.

«Срібна вода», яка готується електролітичним розчиненням, має високі бактерицидні властивості і з успіхом може бути використана для очистки води від шкідливих мікроорганізмів, дезінфекції та консервування продуктів харчування, для лікувальних цілей тощо. Завдяки мізерним дозам срібла вона є зовсім не шкідливою.

Інтерес до знезараження води електролітичними розчинами срібла в світі є значним. Багато зарубіжних фірм випускають іонатори різної продуктивності для знезараження води на водопроводах, у тих місцях, де використання хлору є не бажаним, а існує необхідність тривалого зберігання питної води (наприклад, на судах).

Стационарну і переносну вітчизняну апаратуру різної продуктивності для отримання електролітичної срібної води було розроблено в Інституті колоїдної хімії та хімії води НАН України. Прилади, які виробляють срібну воду, – іонатори системи Л. А. Кульського, випускаються з 1937 р. Вони постійно удосконалюються.

Йодування води. З галогенів, окрім хлору, для знезараження води використовуються також йод і бром. Але в практиці водопостачання знайшло застосування лише йодування води.

Було встановлено, що йодування має ряд суттєвих переваг порівняно з хлоруванням:

- 1) менша тривалість контакту з водою;
- 2) більший бактерицидний ефект;
- 3) розширення діапазону бактерицидної дії;
- 4) йод не є елементом, чужим для людського організму;
- 5) концентрація йоду в обробленій воді нерідко не перевищує фонових значень вихідної води.

Безреагентні методи знезараження води

Знезараження води ультрафіолетовим промінням. Негативну дію світла на розвиток більшості бактерій було помічено давно, але механізм дії світла довгий час залишався невідомим. За більш детального вивчення цього явища було

встановлено, що бактерицидною дією характеризується, в основному, короткохвильова частина спектра. У кінці XIX ст. було встановлено бактерицидну дію ультрафіолетового проміння з довжиною хвиль від 2000 до 2950 А (1 ангстрем дорівнює 10^{-8} см), причому максимально ефективним є проміння з довжиною хвиль близько 2600 А. У наш час достатньо правильним поясненням бактерицидних властивостей ультрафіолетового проміння є те, що воно впливає на білкові молекули і ферменти цитоплазми клітин, а це викликає їх загибель.

Знезараженню ультрафіолетовим промінням краще за все піддається очищена прозора вода, колірність якої не перевищує 20° , оскільки завислі та колоїдні частинки розсіюють світло і заважають проникненню ультрафіолетового проміння.

Джерелами ультрафіолетового проміння є ртутні лампи, виготовлені з кварцового скла (оскільки звичайне скло не пропускає ультрафіолетову радіацію. Під дією електричного струму ртутні пари дають яскраве зеленувато-біле світло, багате на ультрафіолетове проміння.

Знезараження опроміненням не вимагає додавання у воду хімічних реагентів, не змінює фізико-хімічних властивостей домішок і не впливає на смакові якості води. Але використання методу обмежується високою вартістю обробки води й відсутністю післядії. Короткочасність знезаражуючого ефекту виключає застосування методу, якщо існує небезпека повторного зараження води.

Знезараження води ультразвуковими хвилями. Ультразвуком називають механічні коливання, частота яких вища за поріг чутливості людського вуха, тобто більше 20 кГц. Велика інтенсивність коливань – одна з особливостей ультразвуку – зумовлює його фізико-хімічну та біологічну дію.

Єдиної теорії, яка пояснювала б досконало бактерицидну дію ультразвуку, на даний час немає. Найбільш вірогідною є гіпотеза, що пояснює дію ультразвуку на бактерії у воді явищем кавітації, тобто утворенням у рідині порожнин та бульбашок, миттєве «закривання» яких підвищує тиск до десятків тисяч атмосфер.

До сьогоденішнього часу дослідження ультразвукових

хвиль з метою використання їх на практиці на вітчизняних водопроводах не вийшло із стадії експериментів. За кордоном існують промислові установки.

Термічне знезараження води. Термічний метод знезараження застосовується для невеликих об'ємів води. Цим методом користуються в побутових умовах, в санаторіях, лікарнях, на суднах, у потягах. Знезараження досягається 5-10-тихвилинним кип'ятінням.

Термічний метод знезараження води не знайшов застосування навіть на малих водопроводах через його високу вартість, пов'язану з великими витратами палива, та через малу продуктивність установок.

Ефективність різних методів знезараження води.

Серед відомих окисних методів знезараження води найбільше практичне застосування отримало хлорування. В основному використовується рідкий хлор, але можуть застосовуватися і препарати, які містять активний хлор (хлорне вапно, гіпохлорити кальцію і натрію, хлораміни, діоксид хлору та ін.), а також активний хлор, отриманий методом електролізу на місці використання.

Основною особливістю хлору є його здатність консервувати оброблену воду протягом досить тривалих проміжків часу, а відносна доступність і дешевизна зумовили широке використання методу хлорування вже на початку ХХ ст. і до нашого часу.

Застосування на практиці водопідготовки інших окисників (озону, йоду, броду, перманганату калію, пероксиду водню та ін.) як основних реагентів стримується їх дефіцитом, високою вартістю, відсутністю широкомасштабних спеціальних досліджень, багаторічних спостережень за дією на організм людини продуктів їх взаємодії з неорганічними і органічними домішками природних вод (табл. 3.1). Так, застосування тільки озонування недостатньо для надійного знезараження питної води через дуже малий період його післядії. Озонування ефективно застосовується для деструкції органічних, токсичних чи важко окиснюваних речовин.

Обробка води іонами важких металів (наприклад, срібла)

прийнятна для пристроїв незначної продуктивності. Коагулювання, флокулювання і такі фізичні методи, як γ -опромінення, обробка ультрафіолетовими променями та інші також не забезпечують консервацію води.

Наявність певних недоліків і технологічних труднощів у застосуванні цих методів поки що не дозволяє успішно конкурувати їм з методами хлорування. Їх використання можливе як проведення додаткових заходів, що посилюють, чи коригують методи хлорування в особливих випадках.

Відомо ряд комбінованих методів хлорування води:

- хлорування з амонізацією;
- хлорування з мангануванням;
- хлорсрібний метод та ін.

Хлорування з амонізацією рекомендується у таких випадках:

- за появи хлорфенольних запахів і присмаків;
- для економії хлору за високого хлоропоглинання води і відсутності запахів, присмаків і значного бактеріального забруднення;
- для консервації залишкового хлору у довгих водоводах і мережах з метою забезпечення санітарного режиму;
- для зменшення корозії сталевих водоводів;
- з метою зниження інтенсивності запаху і присмаку хлору, особливо відчутного в літній час;
- для попередження утворення токсичних речовин при хлоруванні води, яка містить гумусові кислоти.

Хлорування з мангануванням (додається розчин KMnO_4) застосовують за необхідністю посилити окисну й бактерицидну дію хлору. Додавати перманганат калію слід перед відстійниками. Відновлюючись до MnO_2 , він повністю затримується у відстійниках і на фільтрах. В таблиці 3.1 наведена порівняльна характеристика реагентних і безреагентних методів знезараження води.

Таблиця 3.1

Характеристика сучасних методів знезараження води [5]

Метод знезараження	Переваги	Недоліки
Хлорування рідким хлором (доза хлору – 1-10 г/м ³ , контакт – 0,5-1 год)	Має високу дезінфікуючу здатність. Відносно стійкий і зберігає активність тривалий час, легко дозується і контролюється. Може транспортуватися і використовуватися у будь-якому місці. Найбільш дешевий	Утворює тригалоген-метани, для ліквідації яких необхідна додаткова очистка. Утворює продукти хлорування із запахами (хлорфеноли). Необхідні спеціальні сховища, проміжна ємність для забезпечення годинного контакту, постійний контроль за роботою дозатора. Небезпечна сильно діюча отруйна речовина (СДОР)
Хлорування із застосуванням прямого електролізу природних слабо-мінералізованих вод, (доза хлору 1-10 г/м ³ , контакт – 0,5-1 год)	Переваги рідкого хлору зберігаються. Полегшується дозування і експлуатація. Легко піддається експлуатації. У технологічній схемі відсутні ємності для приготування електроліту. Витрати ручної праці мінімальні	Малі значення виходу активного хлору, необхідність депасивації електродів від гідроксид-карбонатних відкладень. Більш висока електроємність.
Хлорування концентрованими розчинами (хлорне вапно, гипохлорити Na і Ca; доза хлору 1-10 г/м ³ , контакт –0,5-1 год)	Переваги рідкого хлору зберігаються. Безпечність застосування	Гостро дефіцитні. Необхідні додаткові ємності для приготування робочих розчинів, сухі складські приміщення. Швидко втрачають активність. Витрати ручної праці

<p>Хлорування концентрованими водними розчинами хлормістких речовин (доза хлору 1-10 г/м³, контакт – 0,5-1 год)</p>	<p>Переваги рідкого хлору зберігаються. Відносна безпечність при роботі</p>	<p>Дефіцитні. Швидко втрачають активність (малостійкі). Витрати ручної праці. Необхідність ємностей для розведення і пристроїв для дозування розчинів</p>
<p>Хлорування діоксидом хлору (доза ClO₂ – 0,3-2,0 г/м³, контакт – 0,5 год)</p>	<p>Дезінфікуюча здатність наближується до озону. Не утворює токсичних продуктів хлорування, які мають мутагенну активність</p>	<p>Висока вартість, технологічні труднощі, можливість використання лише на місці одержання, дефіцитність реагентів</p>
<p>Хлорування неорганічними хлораминами (доза NH₂Cl – 1-5 г/м³, контакт – 1-3 год)</p>	<p>Зниження ймовірності утворення тригалогенметанів у воді після хлорування. Значне зменшення доз хлору</p>	<p>Менша окисна здатність і, як наслідок, поява ембріо- і гонадотоксичних речовин при хлоруванні пестицидів, ароматичних амінів та ін.</p>
<p>Йодування, бромування (доза галогену – 0,36-5,0 г/м³, контакт – 0,5 год)</p>	<p>Дезінфікуюча здатність вища, ніж у хлору. Менша тривалість контакту з водою, розширення діапазону бактеріцидної дії</p>	<p>Висока вартість, обмежена наявність, технологічні труднощі. Обмеженість застосування. Утворює токсичні галогенізовані сполуки</p>

Озонування (доза озону 1-5 г/м ³ , контакт не менше 0,2 год)	Найбільш висока дезінфікуюча здатність. Продукти окиснення не мають мутагенної активності	Висока вартість, значні технологічні труднощі, висока небезпека експлуатації, необхідність негайного використання води через малу післядію озону
---	---	--

Продовження табл. 3.1

Обробка перманганатом калію (доза KMnO ₄ – 0,1-2,0 г/м ³ , контакт – 0,1-0,5 год)	Зручний для дезінфекції трубопроводів, оскільки не вимагає спеціального обладнання. Не утворює продуктів з неприємним запахом. Можливе тривале зберігання заготовленого розчину	Дезінфікуюча дія нижча, ніж у озону і хлору. Дефіцитний, вимагає ручної праці при приготуванні і старанного дозування
Обробка пероксидом (доза H ₂ O ₂ – 1-10 г/м ³ , контакт – 0,5-1,0 год)	Менш токсичний, ніж інші окисники. Розширення діапазону бактерицидної дії порівняно з хлором. Не утворює отруйних випаровувань, не леткий	Висока вартість, технологічні труднощі при дозуванні і контролі. На світлі і при зберіганні руйнується
Обробка іонами важких металів (доза – 0,05-5,0 г/м ³ , контакт 1-2 год)	Нескладне обладнання, компактність і надійність в експлуатації, тривала консервуюча дія	Дефіцитність чистих металів, необхідність точного дозування, вилучення іонів важких металів перед споживанням води
Коагулювання, флокулювання, фільтрування (доза коагулянту 10-100 г/м ³ , експозиція – 0,1-5,0 год)	Можливість обробки великих об'ємів води, добре вивчені та випробувані.	Необхідність значного реагентного господарства, дозаторів, споруд для відстоювання обробленої води, Необхідність виділення і наступного осадження. Значна тривалість процесу

Обробка γ -опроміненням (доза опромінення $5 \cdot 10^4$ рад, контакт – 0,5 год)	Безреагентний спосіб, компактний і достатньо надійний при експлуатації	Недостатньо вивчений, жорсткі гігієнічні норми, утрудненні контроль знезараження
Обробка ультрафіолетовими променями (експозиція 1-2 хв)	Дія включно на біологічні об'єкти, можливість не обмежувати дозу обробки. Руйнує тканини	Необхідність ретельної попередньої очистки води від завислих речовин і заліза. Не має післядії. Значні експлуатаційні витрати

Продовження табл. 3.1

Обробка високовольтним розрядом (1-2,5 кВ, 10-25 кГц)	Миттєва дія, можливість повної автоматизації при експлуатації, не вимагає ручної праці	Складна апаратура, великі маси і габарити пристроїв, значна витрата електроенергії
Електричний розряд малої потужності	Те ж саме	Двоступінчаста обробка, при невеликих швидкостях протікання води, значна витрата електроенергії
Термообробка (100°C ; тривалість – 0,1 год)	Легко здійснювати в польових умовах	Можливість обробки малих кількостей води, висока енергоємність
Обробка змінним електричкям струмом (напруженість поля 70-130 В/см, експозиція – 6-15 с)	Не вимагає складного обладнання, компактна	Висока енергоємність, призводить до підвищення температури води. Не має післядії
Вакуумування (тиск – 22-13,3 кПа, тривалість – 0,5 год)	Можливість обробки при низьких температурах, які виключають термодеструкцію і зміну якісного складу води	Обмежена потреба, висока вартість і технологічна складність

<p>Обробка ультразвуком (частота – 12-25 кГц, експозиція – близько 0,02 год)</p>	<p>Перевага безреагентного способу знезараження, можливість поєднування з іншими видами дезінфекції.</p>	<p>Недостатньо вивчена, висока енергоємність, відсутність промислових зразків обладнання.</p>
<p>Мікрофільтрування (тиск – 0,1-0,2 МПа)</p>	<p>Те ж саме</p>	<p>Обмеженість періоду експлуатації мембран (до 180 діб), мала продуктивність, відсутність післядії.</p>

Хлорсрібний метод достатньо широко застосовується на судах морського флоту. Він забезпечує ефективне знезараження води та її консервацію на тривалий строк (до 6 місяців).

Бактерицидну, віруліцидну і окисну дію хлору можна посилити впливом ультразвуку, ультрафіолетового опромінення, електричного струму.

Утворення токсичних хлорорганічних сполук при хлоруванні води. Органічний склад природних вод формується за участю ґрунтового і торфового гумусу, планктону, вищої водної рослинності, тваринних організмів, а також органічних речовин, які вносяться у водойми унаслідок розвитку населених пунктів, промисловості й сільського господарства.

При хлоруванні води витрати хлору на різні органічними речовинами приблизно такі, % від загальної дози хлору:

- окиснення органічних речовин до CO_2 50-80;
- утворення галогенацетонітрилу 0-5;
- утворення тригалогенметанів (ТГМ) 0,5-5;
- утворення хлорвмісних сполук (без ТГМ) 1-6;
- інші реакції решта.

Треба чітко знати, що за певних умов при обробці води активним хлором можуть утворюватися небезпечні для здоров'я людини речовини, зокрема: хлороформ (має канцерогенну активність); дихлорбромметан, хлоридбромметан, трібромметан (мають мутагенні властивості); 2, 4, 6-трихлорфенол, 2-хлорфенол, дихлорацетонітрил, хлорпіридин, поліхлоровані біфеніли (є імунотоксичними та канцерогенними).

Основними заходами, які рекомендуються для попередження появи цих небезпечних речовин при хлоруванні природних вод, є:

- зменшення концентрації хлору в зоні реакції;
- скорочення тривалості контакту з вільним хлором;
- усунення основної маси органічних речовин коагулюванням і адсорбцією до хлорування;
- заміна попереднього хлорування озонуванням чи обробкою діоксидом хлору.

У результаті проведених в останні роки досліджень було

встановлено, що у воді можуть бути присутніми токсичні леткі галогенорганічні сполуки (ЛГС). Це в основному сполуки, що відносяться до групи ТГМ: хлороформ, дихлорбромметан, дибромхлорметан, бромформ та інші, які мають канцерогенну і мутагенну активність.

Хід роботи

1. Ознайомитись з реагентними і безреагентними методами знезараження води.
2. Підготувати звіт з практичної роботи у вигляді реферату та презентацію, де були б представлені основні результати дослідження. У звіті потрібно навести дані стосовно досвіду знезараження питної води в Україні та країнах світу.

Контрольні запитання

1. Як відбувається хлорування води. Методи і концентрації?
2. Яким чином відбувається озонування води?
3. В чому полягає йодування води?
4. Безреагентні методи знезараження води. Переваги та недоліки.
5. Які перспективи хлорування води?

ЛІТЕРАТУРА

1. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Київ, 2014. 30 с.
2. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10 № 452/17747. Київ, 2010. 48 с.
3. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 № 721. (чинна редакція від 22.02.2023 р.) URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>
4. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / А. К. Запольський, Н. А. Мішакова-Клименко, І. М. Астрелін і ін. К. : Лібра, 2000. 552 с.
5. Шаніна Т. П., Соколов Ю. М., Кузьміна В. А. Екологія міських систем : конспект лекцій . Одеса : ОДЕКУ, 2008. 150 с.

ДОДАТОК 1

Таблиця 1

Показники епідемічної безпеки питної води

(Додаток 1 до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», ДСанПіН 2.2.4-171-10)

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води	
			водопровідної, з пунктів розливу та бюветів	з колодязів та каптажів джерел
1	2	3	4	5
1. Мікробіологічні показники				
1	Загальне мікробне число при t 37° С - 24 год*	КУО/см ³	≤ 100 (≤ 50)**	не визначається
2	Загальне мікробне число при t 22° С - 72 год	КУО/см ³	не визначається	не визначається
3	Загальні коліформи***	КУО/100 см ³	відсутність	≤ 1
4	E.coli***	КУО/100 см ³	відсутність	відсутність
5	Ентерококи***	КУО/100 см ³	відсутність	не визначається
6	Синьогнійна паличка (Pseudomonas aeruginosa)	КУО/100 см ³	не визначається	не визначається
7	Патогенні ентеробактерії	наявність в 1 дм ³	відсутність	відсутність
8	Коліфаги****	БУО/дм ³	відсутність	відсутність

Продовження табл. 1

9	Ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші	наявність в 10 дм ³	відсутність	відсутність
2. Паразитологічні показники				
10	Патогенні кишкові найпростіші: ооцисти криптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші	клітини, цисти в 50 дм ³	відсутність	відсутність
11	Кишкові гельмінти	клітини, яйця, личинки в 50 дм ³	відсутність	відсутність

* Для 95 % проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року.

** Через 10 років з часу набрання чинності Санітарними нормами.

*** Для 98 % проб води, відібраних з водопровідної мережі, що досліджувались протягом року.

**** Визначають додатково у питній воді з поверхневих вододжерел у місцях її надходження з очисних споруд в розподільну мережу, а також в ґрунтових водах.

***** Визначають під час виробничого контролю перед розливом питної води у тару.

Таблиця 2

**Санітарно-хімічні показники безпечності та якості
питної води**

(Додаток 2 до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», ДСанПіН 2.2.4-171-10)

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води	
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел
1	2	3	4	5
1. Органолептичні показники				
1	Запах: при t 20° С при t 60° С	бали	≤ 2 ≤ 2	≤ 3 ≤ 3
2	Забарвленість	градуси	≤ 20 (35) ¹	≤ 35
3	Каламутність	Нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм ³)	≤ 1,0 (3,5) ¹ ≤ 2,6 (3,5) ¹ - для підземного вододжерела	≤ 3,5
4	Смак і присмак	бали	≤ 2	≤ 3
2. Фізико-хімічні показники				
а) неорганічні компоненти				
5	Водневий показник	одиниці рН	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
6	Діоксид вуглецю	%	не визначається	не визначається
7	Залізо загальне	мг/дм ³	≤ 0,2 (1,0) ¹	≤ 1,0
8	Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	≤ 7,0 (10,0) ¹	≤ 10,0
9	Загальна лужність	ммоль/дм ³	не визначається	не визначається
10	Йод	мкг/дм ³	не визначається	не визначається

Продовження табл. 2

11	Кальцій	мг/дм ³	не визначається	не визначається
12	Магній	мг/дм ³	не визначається	не визначається
13	Марганець	мг/дм ³	≤ 0,05 (0,5) ¹	≤ 0,5
14	Мідь	мг/дм ³	≤ 1,0	не визначається
15	Поліфосфати (за PO ₄ ³⁻)	мг/дм ³	≤ 3,5	не визначається
16	Сульфати	мг/дм ³	≤ 250 (500) ¹	≤ 500
17	Сухий залишок	мг/дм ³	≤ 1000 (1500) ¹	≤ 1500
18	Хлор залишковий вільний	мг/дм ³	≤ 0,5	≤ 0,5
19	Хлориди	мг/дм ³	≤ 250 (350) ¹	≤ 350
20	Цинк	мг/дм ³	≤ 1,0	не визначається
б) органічні компоненти				
21	Хлор залишковий зв'язаний	мг/дм ³	≤ 1,2	≤ 1,2
3. Санітарно-токсикологічні показники				
а) неорганічні компоненти				
22	Алюміній**	мг/дм ³	≤ 0,20 (0,50) ²	не визначається
23	Амоній	мг/дм ³	≤ 0,5 (2,6) ¹	≤ 2,6
24	Діоксид хлору	мг/дм ³	≤ 0,1	не визначається
25	Кадмій**	мг/дм ³	≤ 0,001	не визначається
26	Кремній**	мг/дм ³	≤ 10	не визначається
27	Миш'як**	мг/дм ³	≤ 0,01	не визначається
28	Молібден**	мг/дм ³	≤ 0,07	не визначається

Продовження табл. 2

29	Натрій**	мг/дм ³	≤ 200	не визначається
30	Нітрати (по NO ₃)	мг/дм ³	≤ 50,0	≤ 50,0
31	Нітрити**	мг/дм ³	≤ 0,5 (0,1) ³	≤ 3,3
32	Озон залишковий	мг/дм ³	0,1 - 0,3	не визначається
33	Ртуть*	мг/дм ³	≤ 0,0005	не визначається
34	Свинець**	мг/дм ³	≤ 0,010	не визначається
35	Срібло**	мг/дм ³	не визначається	не визначається
36	Фториди**	мг/дм ³	для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	≤ 1,5
37	Хлорити	мг/дм ³	≤ 0,2	не визначається
б) органічні компоненти				
38	Поліакриламід** залишковий	мг/дм ³	≤ 2,0	не визначається
39	Формальдегід**	мг/дм ³	≤ 0,05	не визначається
40	Хлороформ**	мкг/дм ³	≤ 60	не визначається
в) інтегральний показник				
41	Перманганатна окиснюваність	мг/дм ³	≤ 5,0	≤ 5,0

* Речовини I класу небезпеки.

** Речовини II класу небезпеки.

Таблиця 3

**Санітарно-хімічні показники безпечності та
якості питної води**

(Додаток 2 до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», ДСанПіН 2.2.4-171-10)

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води	
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел
1	2	3	4	5
1. Фізико-хімічні показники органічні компоненти				
1	Нафтопродукти	мг/дм ³	≤ 0,1	не визначається
2	Поверхнево активні речовини аніонні	мг/дм ³	≤ 0,5	не визначається
2. Санітарно-токсикологічні показники а) неорганічні компоненти				
3	Кобальт**	мг/дм ³	≤ 0,1	не визначається
4	Нікель	мг/дм ³	≤ 0,02	не визначається
5	Селен**	мг/дм ³	≤ 0,01	не визначається
6	Хром загальний	мг/дм ³	≤ 0,05	не визначається
б) органічні компоненти				
7	Бенз(а)пірен*	мкг/дм ³	≤ 0,005	не визначається
8	Дибромхлорметан**	мкг/дм ³	≤ 10	не визначається
9	Пестициди ^{1, 2}	мг/дм ³	≤ 0,0001	не визначається
10	Пестициди ^{1,3} (сума)	мг/дм ³	≤ 0,0005	не визначається
11	Тригалогенметани ⁴ (сума)	мкг/дм ³	≤ 100	не визначається

* Речовини I класу небезпеки. ** Речовини II класу небезпеки.

Таблиця 4

**Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної
води**

(Додаток 2 до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», ДСанПіН 2.2.4-171-10)

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води	
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел
1	2	3	4	5
1. Фізико-хімічні показники органічні компоненти				
1	Феноли леткі	мг/дм ³	≤ 0,001	не визначається
2	Хлорфеноли	мг/дм ³	≤ 0,0003	не визначається
2. Санітарно-токсикологічні показники				
а) неорганічні компоненти				
3	Берилій*	мг/дм ³	≤ 0,0002	не визначається
4	Бор**	мг/дм ³	≤ 0,5	не визначається
5	Стронцій**	мг/дм ³	≤ 7,0	не визначається
6	Сурма**	мг/дм ³	≤ 0,005	не визначається
7	Ціаніди**	мг/дм ³	≤ 0,050	не визначається
б) органічні компоненти				
8	Бензол**	мг/дм ³	≤ 0,001	не визначається
9	1,2 - дихлоретан**	мкг/дм ³	≤ 3	не визначається
10	Тетрахлорвуглець**	мкг/дм ³	≤ 2	не визначається
11	Трихлоретилен** та тетрахлоретилен** (сума)	мкг/дм ³	≤ 10	не визначається
в) інтегральний показник				
12	Загальний органічний вуглець	мг/дм ³	≤ 8,0	не визначається

* Речовини I класу небезпеки. ** Речовини II класу небезпеки.

Таблиця 5

**Показники питомої сумарної альфа- і бета-активності
питної води**

(Додаток 3 до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні
вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»,
ДСанПіН 2.2.4-171-10)

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
1	Сумарна альфа-активність	Бк/дм ³	≤ 0,1
2	Сумарна бета-активність	Бк/дм ³	≤ 1,0

Таблиця 6

Радіаційні показники безпечності питної води

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
1	2	3	4
1	Сумарна активність природної суміші ізотопів U	Бк/дм ³	≤ 1
2	Питома активність ²²⁶ Ra	Бк/дм ³	≤ 1
3	Питома активність ²²⁸ Ra	Бк/дм ³	≤ 1
4	Питома активність ²²² Rn	Бк/дм ³	≤ 100
5	Питома активність ¹³⁷ Cs	Бк/дм ³	≤ 2
6	Питома активність ⁹⁰ Sr	Бк/дм ³	≤ 2

Таблиця 7

**Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу
питної води**

(Додаток 4 до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні
вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»,
ДСанПіН 2.2.4-171-10)

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
1	Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	1,5 - 7,0
2	Загальна лужність	ммоль/дм ³	0,5 - 6,5
3	Йод	мкг/дм ³	20 - 30
4	Калій	мг/дм ³	2 - 20
5	Кальцій	мг/дм ³	25 - 75
6	Магній	мг/дм ³	10 - 50
7	Натрій	мг/дм ³	2 - 20
8	Сухий залишок	мг/дм ³	200 - 500
9	Фториди	мг/дм ³	0,7 - 1,2

ДОДАТОК 2

Таблиця

Скорочений перелік нормативів ГДК і ЛОШ [3]

Найменування речовин	Господарсько-питне водопостачання		
	ГДК, мг/дм ³	Лімітуюча ознака шкідливості	Клас небезпеки речовини
1	2	3	4
1. Азот амонійний	2,0	санітарно-токсикологічна	3
2. Алюміній	0,5	санітарно-токсикологічна	2
3. Ацетон	2,2	загальносанітарна	3
4. Барій	0,1	санітарно-токсикологічна	2
5. Бензол	0,5	санітарно-токсикологічна	2
6. Гідрохінон	0,2	органолептична	4
7. Гліцерин	0,5	загальносанітарна	4
8. ДДТ (технічний)	0,1	санітарно-токсикологічна	2
9. Діетиленгліколь	1,0	санітарно-токсикологічна	3
10. Залізо загальне	0,3	органолептична	3

11. Жири рослинні та тваринні	нормуються за БСК		
12. Ізопрен	0,005	органолептична	4
13. Кадмій	0,001	санітарно- токсикологічна	2
14. Капролактам	1,0	загальносанітарна	4
15. Карбофос	0,05	органолептична	4
16. Кобальт	0,1	санітарно- токсикологічна	2
17. Ксілол	0,05	органолептична	3
18. Фарбники синтетичні (кислотні)	0,02- 0,2	органолептична	4
19. Марганець	0,1	органолептична	3
20. Мідь	0,1	органолептична	3
21. Метанол	3,0	санітарно- токсикологічна	2
22. Метафос	0,5	органолептична	4
23. Миш'як	0,05	санітарно- токсикологічна	2
24. Натрій	200,0	санітарно- токсикологічна	2
25. Нафта та	0,3	органолептична	4

нафтопродукти			
26. Нікель	0,1	санітарно-токсикологічна	3
27. Нітрати	45,0	санітарно-токсикологічна	3
28. Нітрити	3,3	санітарно-токсикологічна	2
29. Полиакриламід	2,0	санітарно-токсикологічна	2
30. Ртуть	0,0005	санітарно-токсикологічна	1
31. Свинець	0,03	санітарно-токсикологічна	2
32. Селен	0,01	санітарно-токсикологічна	2
33. СПАР	0,5	органолептична	4
34. Стірол	0,1	органолептична	3
35. Стронцій	7,0	санітарно-токсикологічна	2
36. Сульфати	500,0	органолептична	4
37. Сульфідиди	0	загальносанітарна	3
38. Тіофос	0,003	органолептична	4
39. Титан	0,1	загальносанітарна	3

40. Толуол	0,5	органолептична	4
41. Оцетна кислота	1,0	загальносанітарна	4
42. Фенол	0,001	органолептична	4
43. Формальдегід	0,05	санітарно-токсикологічна	2
44. Фосфати	3,5	загальносанітарна	4
45. Хлориди	350,0	органолептична	4
46. Хром трьохвалентний	0,5	санітарно-токсикологічна	3
47. Хром шестивалентний	0,05	санітарно-токсикологічна	3
48. Ціаніди	0,1	санітарно-токсикологічна	2
49. Цинк	1,0	загальносанітарна	3
50. Етанол	-	-	-

ДОДАТОК 3

Таблиця 1

Методи видалення з води речовин I групи

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Механічне безреагентне розділення</i>		
Відстоювання	Грубодисперсні домішки до 5000 мг/л, кольоровість до 50°	Водозабірні ковші, відстійники
Фільтрування	Завислі речовини до 50 мг/л, кольоровість 50°	Повільні фільтри
Мікро-проціджування	Завислі речовини до 1000 мг/л, кольоровість 50°	Попередні фільтри
	Планктон при вмісті більш 1000 кл./см ³ зависі	Мікрофільтри
Центрифугування	Грубодисперсні домішки	Безупинно діючі центрифуги, гідроциклони
<i>Флотація</i>		
Безреагентна флотація	Нафти та масла при вмісті 50-150 г/см ³	Флотатори й пристрої для диспергування повітря
Реагентна флотація	Теж, при необхідності глибокого очищення	
<i>Агрегація за допомогою флокулянтів</i>		

Обробка води коагулянтами з використанням флокулянтів та наступним відстоюванням, фільтруванням	Вміст завислих речовин і кольоровість води не обмежені; патогенні бактерії, спори	Флотатори й пристрої для диспергування повітря, установки для приготування та дозування розчинів флокулянтів
<i>Адгезія на високодисперсних і зернистих матеріалах, а також на гідроксидах алюмінію та заліза</i>		
Фільтрування через наливний шар допоміжної речовини	Дрібнодисперсні завислі сполук заліза та марганцю (при необхідності їх глибокого видалення)	Діатомові та інші наливні фільтри
Фільтрування з використанням явища контактної коагуляції	Завислі речовини до 150 мг/л, кольоровість до 150°	Установки для приготування та дозування розчинів реагентів, контактні освітлювачі або контактні фільтри
Обробка високодисперсними глинистими мінералами з наступним відстоюванням і фільтруванням	Патогенні бактерії, спори	Установки для приготування та дозування суспензій глинистих мінералів, змішувачі, відстійники, фільтри. Установки для приготування та дозування реагентів дозування реагентів

Продовження табл. 1

Обробка води коагулянтами з наступним видаленням зависі відстоюванням, фільтруванням	Вміст завислих речовин і кольоровість води не обмежені; патогенні бактерії, спори	Установки для приготування та дозування розчинів реагентів, змішувачі, камери утворення пластівців, освітлювачі або відстійники, фільтри
<i>Бактерицидний вплив на патогенні мікроорганізми</i>		
Обробка води окислювачами: - хлорування	- патогенні бактерії, спори	- склади хлору, хлоратори, змішувачі, контактні резервуари, установки для одержання ClO_2 ;
		- склади солі, гіпохлоритні установки, змішувачі, контактні резервуари
- озонування	- патогенні бактерії, спори	- Озонаторні установки з цехами підготовки повітря та пристроями для введення озону в воду
Знезаражування і консервування води іонами срібла й інших важких металів	Теж, при необхідності тривалого збереження	Іонатори типу ЛК, резервуари для збереження води
Обробка води: - ультразвуком	- патогенні бактерії, спори та ін.	- ультразвукові установки
- ультрафіолетовими променями	- теж, при невеликому вмісті суспензії	- бактерицидні установки

Таблиця 2

Методи видалення з води речовин II групи

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Окислення хлором, озоном та ін.</i>		
1. Хлорування	Підвищений вміст у воді колоїдних і високомолекулярних сполук, що обумовлюють окислюваність і кольоровість води (35-200°);	Склади хлору, хлоратори, змішувачі, контактні резервуари, установки для одержання двоокису хлору
2. Озонування	забруднення води вірусами	Озонаторні установки з цехами підготовки повітря та пристроями для введення озону в воду
<i>Адсорбція на гідроксидах алюмінію або заліза, а також на високомолекулярних глинистих мінералах</i>		
1. Коагуляція у вільному об'ємі: - обробка води коагулянтами з наступним видаленням зависі	- підвищений вміст у воді колоїдних і високомолекулярних сполук, що обумовлюють окислюваність і кольоровість води (35-200°)	- пристрої для приготування розчинів реагентів та їх дозування, змішувачі, камери утворення пластівців, відстійники або освітлювачі, фільтри
- обробка води високодисперсним и заму́тнювачами та коагулянтами	- теж, при низькій температурі та малій мутності води, а також при високій забрудненості води вірусами	- теж і пристрої для обробки води заму́тнювачами
2. Контактна коагуляція	Наявність колоїдних і високомолекулярних речовин, що обумовлюють кольоровість води 35-150° при малій її мутності	Пристрої для приготування розчинів реагентів і їхнього дозування, змішувачі та контактні освітлювачі

<i>Агрегація за допомогою флокулянтів катіонного типу</i>		
Обробка води катіонними флокулянтами	Наявність колоїдних і високомолекулярних речовин, що обумовлюють кольоровість води 35-150° при малій її мутності	Пристрої для приготування розчинів флокулянтів, їхнього дозування, камери утворення пластівців, відстійники, фільтри
<i>Ультрафільтрація</i>		
Фільтрування через крупнопористі мембрани	Наявність у воді завислих речовин	Ультрафільтраційні установки на автономних об'єктах
<i>Вируліцидний вплив</i>		
1. Обробка води окислювачами: - хлорування	- забруднення води вірусами	- склади хлору, хлоратори, змішувачі, контактні резервуари, установки для одержання двоокису хлору. Склади солі, електролітичні гіпохлоритні установки, змішувачі, контактні резервуари
- озонування		- озонаторні установки з цехами підготовки повітря та пристроями для введення озону в воду
2. Знезаражування і консервування води іонами срібла й інших важких металів	Теж, при невеликому вмісті хлоридів і необхідності тривалого збереження води	Іонатори типу ЛК, резервуари для збереження води
3. Обробка води ультрафіолетовими променями	Теж, при невеликому вмісті завислих речовин	Бактерицидні установки

Таблиця 3

Методи видалення з води речовин III групи

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Десорбція газів і відгін летучих органічних сполук</i>		
1. Аерування	Гази та летучі органічні сполуки, що додають воді неприємні присмаки і запахи	Бризкальні басейни, аератори й дегазатори різних типів
2. Евапорація: - парациркуляційний метод - азеотропний відгін	- феноли в стічних водах	- установки для розгонки
<i>Окислювання хлором, озоном, перманганатом калію й ін.</i>		
1. Хлорування	Сірководень (0,3-0,5 мг) – доочищення після аерування; летучі органічні сполуки, що додають воді неприємні присмаки й запахи	Хлоратори, змішувачі, установки для одержання й дозування двоокису хлору
2. Озонування	Домішки, що обумовлюють присмаки й запахи не дуже забрудненої води, при малій ефективності хлорування й вуглевання	Озонаторні установки з цехами підготовки повітря й установки для введення озону в воду

3. Обробка води перманганатом калію	Речовини, що додають воді присмаки й запахи, при незначному її забрудненні і відсутності сполук марганцю	Установки для приготування й дозування розчину перманганату калію
<i>Екстракція органічними розчинниками</i>		
Знефенолювання	Феноли в стічних водах	Екстракційні установки
<i>Адсорбція на активованому вугіллі та інших матеріалах</i>		
Вуглевання	Неприємні запахи й присмаки, що додають воді, домішки природного походження, а також внесені зі стічними водами	Установки для приготування, дозування і змішування з водою вугільної суспензії
Очищення води на вугільних фільтрах і в адсорберах з завислим шаром вугілля	Домішки, що обумовлюють присмаки й запахи; присутні в стічних водах ароматичні органічні речовини	Вугільні фільтри, пристрої для приготування регенераційних розчинів, адсорбери з завислим шаром, печі для активування й регенерації вугілля
<i>Біохімічний розпад</i>		
Розкладання мікроорганізмами: - аеробне	- речовини, що забруднюють стічні води	- аеротенки, біофільтри, відстійники
- анаеробне	- домішки, що містяться в концентрованих стоках, опадах	- метантенки та інші

Таблиця 4

Методи видалення з води речовин IV групи

Технологічні способи обробки води	Галузь застосування, забруднення, що видаляються	Очисні споруди
<i>Гіперфільтрація (зворотний осмос)</i>		
Фільтрування води під тиском вище осмотичного через непроники для іонів мембрани	Загальний солевміст 20-35 г/л	Установки з напівпроникними мембранами
<i>Переведення іонів у малорозчинні сполуки:</i>		
- утворення малорозчинних солей		
1. Пом'якшення: - термічний спосіб	- жорсткість з перевагою $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, некарбонатна, тільки у вигляді гіпсу; мутність менш 50 мг/л	- термом'якшувачі, Внутрішньокотлова обробка
- содово-вапняковий спосіб	- жорсткість 5-30 мг-екв/л; мутність до 500 мг/л	- змішувачі, вихрові реактори, установки типу «Струміль», освітлювачі та відстійники спеціальних конструкцій
- фосфатний спосіб	- після проведення пом'якшення води до 2 мг-екв/л	
2. Знекремнювання	Підвищена для котлової води кількість SiO_2	Освітлювачі, фільтри
- утворення малорозчинних гідроксидів		
Видалення кольорових і важких металів, а також магнієвої жорсткості	Вміст іонів металів вище норм, припустимих для стічних вод. Пом'якшення води, що містить значну кількість магнію	Установки для приготування й дозування розчинів, змішувачі, відстійники або освітлювачі, фільтр-преси

Продовження табл. 4

- окислювання закисних форм металів з утворенням їх гідроксидів		
Знезалізнення та видалення марганцю: - аерування або хлорування	- вміст гідрокарбонату заліза до 25 мг/л при лужності до 2 мг-екв/л та окислюваності до 6 мгО ₂ /л, підвищений вміст сполук марганцю	- бризкальні басейни, градирні, контактні резервуари, освітлювальні та контактні фільтри
- окислювання на каталізаторах		- фільтри з піском, покритим оксидами Mn або продуктами окислювання Fe (II)
Сепарація іонів при різних фазових станах води:		
- переведення в газоподібний стан		
- дистиляція	- загальний солевміст 20-35 мг/л	- випарники різних типів, термокомпресорні агрегати, геліоопріснювачі, двохцільові атомні установки
- перерозподіл іонів в рідинах, що не змішуються		
- екстракція	- солевміст 2-10 г/л, відсутність солей Ca та Mg	- екстракційні та ректифікаційні колони
- переведення води в тверду фазу		
1. Опріснення виморожуванням	Солевміст до 35 г/л	Установки з використанням штучного холоду, площадки для виморожування
2. Газогідратне опріснення		Газогідратні установки, що включають реактор-гідратоутворювач, віддільник і вузол плавлення гідратів
Фіксація іонів на твердій фазі іонітів:		
- H ⁺ , Na-катіонування		

Продовження табл. 4

1. Пом'якшення	Жорсткість до 14 мг-екв/л, вміст завислих речовин до 10-15 мг/л (при використанні нерухомого шару катіоніту)	Катіонітові фільтри, адсорбери з завислим шаром катіоніту, установки для приготування й дозування регенераційних розчинів
2. Вилучення іонів кольорових металів	Вміст іонів металів вище норм, припустимих для стічних вод	
- ОН-аніонування		
1. Опріснення	Загальний солевміст до 3-4 г/л; вміст зависі до 8 мг/л; кольоровість до 30°	Іонообмінні фільтри, дегазатори, установки для приготування й дозування регенераційних розчинів
2. Знесолення		
Видалення фтору		
Знефторювання	Вміст іонів фтору більш 1,5 мг/л	Фільтри, завантажені активованим окисом алюмінію
Переведення іонів у малодисоційовані сполуки:		
- нейтралізація		
- підлужування або підкислення води	- підвищена кислотність або лужність води (рН<6,5 або рН>8,5)	- установки для приготування й дозування розчинів реагентів, змішувачі
- утворення комплексних сполук		
- стабілізація	- індекс насичення води I>0,5	- установки для приготування й дозування розчинів реагентів, змішувачі
Використання рухливості іонів в електричному полі		
Електродіаліз	Загальний солевміст 3-10 г/л, мутність до 2 мг/л, вміст заліза до 0,3 мг/л	Установки для електрохімічного знесолення води