

Вороняк В.В., Козенко О.В., Двилюк І.В.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ТА ОХОРОНА ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ



Рекомендовано Львівським національним університетом ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького як навчально-методичний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальності 212 «Ветеринарна гігієна, санітарія і експертиза» (протокол №8 від 26.12. 2019 року)

УДК 619 :355:9

Вороняк В.В., Козенко О.В., Двилюк І.В. Методи дослідження якості води та охорона джерел водопостачання. Навчально-методичний посібник. – Львів: ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, 2020. -176 с.

Рецензенти:

Кушнір І.М. - доктор ветеринарних наук, завідувач лабораторії бактеріологічного контролю якості і безпечності ветеринарних препаратів ДНДКІ ветеринарних препаратів і кормових добавок

Мідяний С.В. - кандидат хімічних наук, доцент кафедри органічної та неорганічної хімії Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

У навчально-методичному посібнику наведені методи дослідження якості води джерел господарсько-питного водопостачання з дисципліни „Водопостачання, водовідведення та якість води” та проведення лабораторно-практичних занять та самостійної роботи під контролем викладача і самостійно студентами факультету ветеринарної гігієни, екології та права. Викладені вимоги до гігієнічних критеріїв якості питної води, паспортизації джерел водопостачання, правил відбору, зберігання і транспортування проб води, методи її аналізу, очищення, знезараження і нормативи якості та безпеки. Окремо подано методи оцінки стічних вод, умови спуску їх у водойми та заходи щодо організації охорони джерел водопостачання.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри гігієни, санітарії та загальної ветеринарної профілактики, протокол № 27 від 9. 12. 2019 року

Рекомендовано методичною Радою факультету ветеринарної гігієни, екології та права Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, протокол №4 від 18.12. 2019 року

© Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

ВСТУП

Турбота про отримання достатньої кількості води, придатної для пиття і для задоволення культурно-побутових потреб населення у воді тривалий період супроводжує людство. При цьому характер і форми водопостачання населення змінювались зі зміною соціально-економічних умов, прогресом техніки та природничих наук і загальним підйомом культури.

Вода, як повітря і їжа, є тим елементом зовнішнього середовища, без якого неможливе життя. Вона бере безпосередню участь практично у всіх життєво важливих процесах: всмоктуванні, транспорті, розщепленні, окисненні, гідролізі, синтезі, осмосі, дифузії, резорбції, фільтрації, виведенні, а також в підтримці температурного гомеостазу організму. Людина гостро реагує на нестачу або надлишок води в організмі. При зневодненні порушується більшість фізіологічних функцій організму.

Через недоброякісну воду можуть передаватися інфекційні, інвазійні та виникати неінфекційні захворювання хімічної етіології, в тому числі ендемічні. Вода необхідна для проведення комплексу санітарно-гігієнічних, господарських і технологічних заходів в багатьох сферах діяльності людини.

В сучасних умовах забруднення водних ресурсів є різноманітним, що призводить до деградації водойм, погіршення стану підземних вододжерел, а відтак до дефіциту якісних прісних вод.

У зв'язку з цим у розвинутих країнах світу, в тому числі в Україні, проводяться інтенсивні роботи щодо боротьби із забрудненням водних джерел, охорони гідросфери, впровадження прогресивних технологій очищення, знезаражування і контролю якості води.

Сучасні технічні засоби дозволяють визначити майже всі інгредієнти природного складу вод і антропогенних забруднень – це методи атомно-абсорбційної та емісійної спектрофотометрії для неорганічних речовин і хроматомаспектротметрії для ідентифікації декількох тисяч органічних сполук. Однак ці методи через складність апаратури або її відсутність використовуються поки обмежено. У практичній роботі досі застосовують більш доступні методи аналізу – фотометричні, хроматографічні, титриметричні, гравіметричні тощо.

Навчально-методичний посібник „Методи дослідження якості води та охорона джерел водопостачання” містить основні теоретичні та практичні відомості для проведення робіт, які виконуються студентами під час лабораторних занять, самостійних завдань, а також навчальної практики. Основну увагу зосереджено на методах обстеження джерел водопостачання, визначенні їх дебіту, на правилах відбору, зберігання та визначенні якості питної води як в польових, так і в лабораторних умовах, та методи санітарного нагляду, організації і дотримання зон санітарної охорони вододжерел, контроль за стічними водами та умовами їх спуску у водні об'єкти.

РОЗДІЛ 1. ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

1.1. Гігієнічні критерії якості питної води

Мета:

1. Ознайомитись з основними документами, програмою і обсягом досліджень в галузі водопостачання.
2. Освоїти гігієнічні вимоги, що пред'являються до якості питної води джерел господарсько-питного водопостачання.

Основною метою контролю в галузі водопостачання є оцінка умов питного і культурно-побутового водокористування населення, можливого ступеня його обмеження під впливом антропогенного фактора, попередження несприятливого впливу на здоров'я і санітарно-побутові умови життя населення. У зв'язку з цим санітарно-хімічний контроль здійснюється для вирішення різних питань поточного та попереджувального санітарного нагляду і включає комплексні спостереження за станом водойм як об'єктів водокористування населення, дотриманням умов спуску стічних вод, гігієнічною ефективністю водоохоронних заходів тощо. У всіх випадках залишається контроль за дотриманням водно-санітарного законодавства, виявлення його порушення та обґрунтування відповідних гігієнічних вимог для забезпечення сприятливого водокористування.

Санітарно-гігієнічний контроль повинен проводитися цілеспрямовано при включенні конкретних питань, необхідних для вирішення поставленого завдання. При цьому дуже важливо скласти чітку програму досліджень води, яка обґрунтовує періодичність, частоту, місце відбору проб і перелік необхідних показників, які визначаються виходячи із завдань контролю з урахуванням місцевих природних і санітарних умов, а також отримання достатньо повної інформації, але не загромадженою введенням необґрунтованих показників. ДСТУ 4808-2007 містить програму виробничого контролювання якості води у джерелах централізованого питного водопостачання (додаток А).

Основними документами, що визначають програму і необхідний обсяг досліджень, є ДСТУ 4808-2007, «Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» (1988), переліки гранично допустимих концентрацій (ГДК), орієнтовних безпечних рівнів дії (ОБРД) та орієнтовних допустимих рівнів (ОДР) шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового водокористування ДСТУ 3041-95 та ін. У них включені нормативи більше 1000 окремих показників, що характеризують зовнішній вигляд, органолептичні властивості води, санітарний режим водойми і вміст специфічних речовин, які нормуються за трьома лімітуючими показниками шкідливості (органолептичний, санітарно-токсикологічний, вплив на санітарний режим).

Гігієнічне значення води визначається фізіологічною потребою в ній

людини, а також витратою на санітарно-гігієнічні, господарсько-побутові і виробничі цілі

У той же час у разі вживання неякісної води створюється реальна небезпека розвитку інфекційних хвороб і гельмінтозів, а також низки захворювань неінфекційної природи, обумовлених хімічним складом і забрудненням водоймищ радіоактивними та хімічними речовинами.

У зв'язку з цим до якості води пред'являють санітарно-гігієнічні вимоги, які регламентуються санітарним законодавчим документом – «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) від 12 травня 2010 р.

У документі виділено 4 групи показників, що регламентують якість води:

1) вода повинна мати сприятливі органолептичні властивості, тобто бути прозорою, безбарвною, освіжаючою на смак і без запаху;

2) вода має бути нешкідлива за хімічним складом, тобто вміст токсичних хімічних речовин не повинен перевищувати ГДК, а для багатьох нетоксичних речовин (закисні солі заліза, солі жорсткості та ін.) допустимі концентрації, які не обмежують водоспоживання;

3) вода має бути безпечною в епідеміологічному відношенні, тобто не містити патогенних кишкових найпростіших, бактерій, вірусів, яєць гельмінтів.

4) вода повинна мати фізіологічно повноцінний мінеральний склад.

Показники, що забезпечують сприятливі органолептичні властивості води, включають нормативні концентрації для речовин, що містяться в природних водах, а також що додаються до води в процесі обробки у вигляді реагентів або вододжерел, що з'являються в результаті забруднення.

Органолептичні властивості води характеризуються інтенсивністю допустимої зміни органолептичних властивостей води (запах, присмак, кольоровість, каламутність), вмістом хімічних речовин, шкідливість яких визначається їх здатністю в найменших концентраціях погіршувати органолептичні властивості води.

За органолептичними показниками вода повинна відповідати таким вимогам (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Нормативи органолептичних властивостей питної води

N п /п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1	2	3	4	5	6
1.	Запах: при t 20° С при t 60° С	бали	≤ 2 ≤ 2	≤ 3 ≤ 3	≤ 0 (2) ⁴ ≤ 1 (2) ⁴

Продовження таблиці 1.1					
1	2	3	4	5	6
	Смак та присмак	бали	≤ 2	≤ 3	$\leq 0 (2)^4$
3.	Забарвленість	градуси	$\leq 20 (35)^1$	≤ 35	$\leq 10 (20)^4$
4.	Каламутність	нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм ³)	$\leq 1,0 (3,5)^1$ $\leq 2,6 (3,5)^1$ - для підземного вододжерела	$\leq 3,5$	$\leq 0,5 (1,0)^4$

¹ Норматив, зазначений у дужках, установлюється в окремих випадках за погодженням з Держпродспоживслужбою.

⁴ Норматив, зазначений у дужках, установлюється для питної води фасованої газованої, питної води з пунктів розливу та бюветів.

ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, що призначена для споживання людиною» регламентує показники, що характеризують безпеку хімічного складу води за:

1) вмістом шкідливих хімічних речовин, що найчастіше зустрічаються в природних водах на території України, а також речовин антропогенного походження, що набули глобального поширення;

2) вмістом шкідливих хімічних речовин, що поступили та утворилися в воді в процесі її обробки в системі водопостачання;

Концентрація хімічних речовин не повинна перевищувати нормативів, приведених в таблицях 1.2 – 1.4.

Таблиця 1.2

Фізико-хімічні показники безпеки і якості питної води

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1	2	3	4	5	6
а) неорганічні компоненти					
1.	Водневий показник	одиниці рН	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5 ($\geq 4,5$) ⁵
2.	Діоксид вуглецю	%	не визнач.	не визнач.	0,2 - 0,3 - для слабо газов. 0,31 - 0,4 - для середньо-газов. 0,41 - 0,6 - для сильно газованої
3.	Залізо загальне	мг/дм ³	$\leq 0,2 (1,0)^1$	$\leq 1,0$	$\leq 0,2$
4.	Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	$\leq 7,0 (10,0)^1$	$\leq 10,0$	$\leq 7,0$
5.	Загальна лужність	ммоль/дм ³	не визнач.	не визнач.	$\leq 6,5$

Продовження таблиці 1.2					
1	2	3	4	5	6
6.	Йод	мкг/дм ³	не визнач.	не визнач.	≤ 50
7.	Кальцій	мг/дм ³	не визнач.	не визнач.	≤ 130
8.	Магній	мг/дм ³	не визнач.	не визнач.	≤ 80
9.	Марганець	мг/дм ³	≤ 0,05 (0,5) ¹	≤ 0,5	≤ 0,05
10.	Мідь	мг/дм ³	1,0	не визнач.	≤ 1,0
11.	Поліфосфати	мг/дм ³	≤ 3,5	не визнач.	≤ 0,6 (3,5) ⁴
12.	Сульфати	мг/дм ³	≤ 250 (500) ¹	≤ 500	≤ 250
13.	Сухий залишок	мг/дм ³	≤ 1000 (1500) ¹	≤ 1500	≤ 1000
14.	Цинк	мг/дм ³	≤ 1,0	не визнач.	≤ 1,0
15.	Хлор залишк. вільний	мг/дм ³	≤ 0,5	≤ 0,5	< 0,05
16.	Хлориди	мг/дм ³	≤ 250 (350) ¹	350	≤ 250
б) органічні компоненти					
17.	Хлор залишк. зв'язаний	мг/дм ³	1,2	≤ 1,2	< 0,05

Таблиця 1.3

**Санітарно-токсикологічні показники безпеки та якості
питної води**

N з/п	Найменування показників	Одини- ці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1	2	3	4	5	6
а) неорганічні компоненти					
1.	Алюміній**	мг/дм ³	≤ 0,20 (0,50) ²	не визнач.	≤ 0,1
2.	Амоній	мг/дм ³	≤ 0,5 (2,6) ¹	≤ 2,6	≤ 0,1 (0,5) ⁴
3.	Діоксид хлору	мг/дм ³	≤ 0,1	не визнач.	не визнач.
4.	Кадмій**	мг/дм ³	≤ 0,001	не визнач.	≤ 0,001
5.	Кремній**	мг/дм ³	≤ 10	не визнач.	≤ 10
6.	Миш'як**	мг/дм ³	≤ 0,01	не визнач.	≤ 0,01
7.	Молібден**	мг/дм ³	≤ 0,07	не визнач.	≤ 0,07
8.	Натрій**	мг/дм ³	200	не визнач.	≤ 200
9.	Нітрати (по NO ₃ ⁻)	мг/дм ³	≤ 50,0	≤ 50,0	≤ 10 (50) ⁴
10.	Нітрити**	мг/дм ³	≤ 0,5(0,1) ³	≤ 3,3.	≤ 0,5 (0,1) ⁷
11.	Озон залишковий	мг/дм ³	0,1 - 0,3	не визнач.	не визнач.
12.	Ртуть*	мг/дм ³	≤ 0,0005	не визнач.	≤ 0,0005
13.	Свинець**	мг/дм ³	≤ 0,010	не визнач.	≤ 0,010
14.	Срібло**	мг/дм ³	не визнач.	не визнач.	≤ 0,025
15.	Фториди**	мг/дм ³	0,7-1,5	≤ 1,5	≤ 1,5 ⁶
16.	Хлорити	мг/дм ³	≤ 0,2	не визнач.	не визнач.
б) органічні компоненти					
17.	Поліакриламід** залишковий	мг/дм ³	≤ 2,0	не визнач.	< 0,2

Продовження таблиці 1.3					
1	2	3	4	5	6
18.	Формальдегід**	мг/дм ³	≤ 0,05	не визнач.	≤ 0,05
19.	Хлороформ**	мкг/дм ³	≤ 60	не визнач.	≤ 6
в) інтегральний показник					
20.	Перманганатна окиснюваність	мгО/дм ³	≤ 5,0	≤ 5,0	2,0 (5,0) ⁴

¹ Норматив, зазначений у дужках, установлюється в окремих випадках за погодженням з головним державним санітарним лікарем відповідної адміністративної території.

² Норматив, зазначений у дужках, установлюється для питної води, обробленої реагентами, що містять алюміній.

³ Норматив, зазначений у дужках, установлюється для обробленої питної води.

⁴ Норматив, зазначений у дужках, установлюється для питної води фасованої газованої, питної води з пунктів розливу та бюветів.

⁵ рН для газованої питної води.

⁶ Норматив встановлюється виключно для питної води фасованої. Для питної води з пунктів розливу та бюветів норматив встановлюється за кліматичними зонами.

⁷ Норматив, зазначений у дужках, установлюється для негазованої питної води.

* Речовини I класу небезпеки.

** Речовини II класу небезпеки.

Примітки:

1. У водопровідній питній воді визначаються:

- хлороформ – якщо питна вода з поверхневих вододжерел;
- хлор залишковий вільний та зв'язаний, озон, поліакриламід – у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів;
- формальдегід - у разі озонування води в процесі водопідготовки;
- діоксид хлору та хлорити – у разі обробки води діоксидом хлору в процесі водопідготовки.

2. У питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів визначаються:

- хлороформ – якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода;
- формальдегід – у разі озонування води в процесі водопідготовки або якщо використовується озонована вихідна вода;
- срібло та діоксид вуглецю – у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів чи речовин;
- поліакриламід – у разі використання в процесі водопідготовки водопровідної питної води з поверхневого джерела питного водопостачання.

Санітарно-хімічні показники безпеки та якості питної води

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1. Фізико-хімічні показники					
органічні компоненти					
1.	Нафто-продукти	мг/дм ³	≤ 0,1	не визнач.	< 0,01
2.	ПАР аніонні	мг/дм ³	≤ 0,5	не визнач.	< 0,05
3.	Феноли леткі	мг/дм ³	≤ 0,001	не визнач.	< 0,0005
4.	Хлорфеноли	мг/дм ³	≤ 0,0003	не визнач.	≤ 0,0003
2. Санітарно-токсикологічні показники					
а) неорганічні компоненти					
5.	Кобальт**	мг/дм ³	≤ 0,1	не визнач.	≤ 0,1
6.	Нікель	мг/дм ³	≤ 0,02	не визнач.	≤ 0,02
7.	Селен**	мг/дм ³	≤ 0,01	не визнач.	≤ 0,01
8.	Хром загальний	мг/дм ³	≤ 0,05	не визнач.	≤ 0,05
9.	Берилій*	мг/дм ³	≤ 0,0002	не визнач.	≤ 0,0002
10.	Бор**	мг/дм ³	≤ 0,5	не визнач.	≤ 0,5
11.	Стронцій**	мг/дм ³	≤ 7,0	не визнач.	≤ 7,0
12.	Сурма**	мг/дм ³	≤ 0,005	не визнач.	≤ 0,005
13.	Ціаніди**	мг/дм ³	≤ 0,050	не визнач.	≤ 0,050
б) органічні компоненти					
14.	Бенз(а)пірен*	мкг/дм ³	≤ 0,005	не визнач.	< 0,002
15.	Дибромхлорметан**	мкг/дм ³	≤ 10	не визнач.	≤ 1
16.	Пестициди ^{1,2}	мг/дм ³	≤ 0,0001	не визнач.	≤ 0,0001
17.	Пестициди ^{1,3} (сума)	мг/дм ³	≤ 0,0005	не визнач.	≤ 0,0005
18.	Тригалоген-метани ⁴ (сума)	мг/дм ³	≤ 100	не визнач.	≤ 10 ²
19.	Бензол**	мкг/дм ³	≤ 0,001	не визнач.	≤ 0,001
20.	1,2-дихлоретан**	мкг/дм ³	≤ 3	не визнач.	≤ 0,3
21.	Тетрахлорвуглець**	мкг/дм ³	2	не визнач.	0,2
22.	Трихлор-етилен** та тетрахлоретилен** (сума)	мкг/дм ³	≤ 10	не визнач.	≤ 1
в) інтегральний показник					
	Заг. органічний вуглець	мг/дм ³	≤ 8,0***	не визнач.	≤ 3,0

¹ Пестициди включають органічні інсектициди, органічні гербіциди, органічні фунгіциди, органічні нематоциди, органічні акарициди, органічні альгіциди, органічні родентициди, органічні слімициди, споріднені продукти (серед них регулятори росту) та їх метаболіти, продукти реакції та розпаду. Перелік пестицидів, що визначаються у питній воді, встановлюється в кожному конкретному випадку та повинен включати тільки ті пестициди, що можуть знаходитись в джерелі питного водопостачання.

² Норматив для кожного окремого пестициду. У разі наявності в джерелі питного водопостачання алдрину, діелдрину, гептахлориду та гептахлорепоксиду їх вміст у питній воді повинен становити не більше ніж 0,03 мкг/дм³ для кожної з цих речовин.

³ Сума пестицидів визначається як сума концентрацій кожного окремого пестициду.

⁴ Сума тригалогенметанів визначається як сума концентрацій хлороформу, бромформу, дибромхлорметану та бромдихлорметану.

* Речовини I класу небезпеки.

** Речовини II класу небезпеки.

*** Не визначається на підприємствах питного водопостачання з об'ємом виробництва питної води менше 10000 м³ на добу.

Примітки:

1. Тригалогенметани та дибромхлорметан визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів – у разі якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.

2. 1,2 - дихлоретан, тетрахлорвуглець, трихлоретилен та тетрахлоретилен(сума) визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів – у разі якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.

3. Загальний органічний вуглець може визначатись замість перманганатної окиснюваності.

При виявленні в питній воді декількох хімічних речовин, що відносяться до 1-го і 2-го класів небезпеки і нормованих за санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості, сума відношень виявлених концентрацій кожного з них у воді до величини його ГДК не має бути більше 1. Розрахунок ведеться за формулою:

$$\frac{C1_{\text{факт.}}}{C1_{\text{доп.}}} + \frac{C2_{\text{факт.}}}{C2_{\text{доп.}}} + \dots + \frac{Cn_{\text{факт.}}}{Cn_{\text{доп.}}} < 1,$$

де: C¹, C², Cⁿ – концентрації індивідуальних хімічних речовин 1-го і 2-го класів небезпеки; факт. – фактична; доп. – допустима.

Показники безпеки води в епідеміологічному відношенні

Безпека питної води в епідеміологічному відношенні визначається її відповідністю нормативам за мікробіологічними і паразитологічними показниками, представленими в таблиці 1.5.

**Мікробіологічні і паразитологічні показники безпеки
води в епідеміологічному відношенні**

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води		
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів
1. Мікробіологічні показники					
1.	Заг. мікробне число при t 37°C – 24 год*	КУО/см ³	≤ 100 ≤ 50)**	не визнач.	≤ 20*****
2.	Заг. мікробне число при t 22°C – 72 год	КУО/см ³	не визнач.	не визнач.	100*****
3.	Загальні коліформи***	КУО/100 см ³	відсутність	≤ 1	відсутність
4.	E.coli***	КУО/100 см ³	відсутність	відсутність	відсутність
5.	Ентерококи***	КУО/100 см ³	відсутність	не визнач.	відсутність
6.	Синьогнійна паличка (Pseudomonas aeruginosa)	КУО/100 см ³	не визнач.	не визнач.	відсутність
7.	Патогенні ентеробактерії	наявність в 1 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність
8.	Коліфаги****	БУО/дм ³	відсутність	відсутність	відсутність
9.	Ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші	наявність в 10 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність
10.	Патогенні кишкові найпростіші: ооцисти криптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші	клітини, цисти в 50 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність
2. Паразитологічні показники					
11.	Кишкові гельмінти	клітини, яйця, личинки в 50 дм ³	відсутність	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.*

Примітка:

Дослідження питної води з поверхневих вододжерел чи ґрунтової води за показниками, передбаченими пунктами 7 та 9, проводяться у разі виявлення в двох послідовно відібраних пробах води загальних коліформ, E.coli, ентерококів чи коліфагів (пп. 3, 4, 5 та 8), а дослідження питної води з підземних артезіанських і міжшарових безнапірних водоносних шарів за показниками, передбаченими пп. 7, 8 та 9, проводяться у разі виявлення в двох послідовно відібраних пробах води загальних коліформ, E.coli чи ентерококів (пп. 3, 4, 5). При цьому дослідження води на вміст збудників інфекційних хвороб вірусної етіології проводяться у разі виявлення в її пробах коліфагів, а на вміст збудників бактеріальної етіології - у разі виявлення в її пробах загальних коліформ, E.coli чи ентерококів.

При дослідженні мікробіологічних показників якості питної води в кожній пробі проводиться визначення термотолерантних коліформних бактерій, загальних коліформних бактерій, загального мікробного числа і коліфагів.

При виявленні в пробі питної води термотолерантних коліформних бактерій і коліфагів проводиться їх визначення в повторно узятих в екстреному порядку пробах води. У таких випадках для виявлення причин забруднення одночасно проводиться визначення хлоридів, азоту амонійного, нітратів і нітриту.

Визначення патогенних бактерій кишкової групи і ентеровірусів проводиться також у разі виявлення в повторно взятих пробах води загальних коліформних бактерій в кількості більше 2 в 100 мл або термотолерантних бактерій і коліфагів. Дане дослідження може проводитися і за епідеміологічними свідченнями.

Вміст E.coli або термотолерантних коліформних організмів не повинно бути в пробах (об'ємом 100 мл) води, призначеної для питних цілей. Цей критерій легко забезпечується при сучасних способах очищення води.

Загальне мікробне число (тобто кількість сапрофітів в 1 мл води) є непрямим показником, оскільки характеризує загальний вміст мікробів у воді без їх якісної характеристики. Загальне мікробне число зазвичай збільшується під час попадання до води поверхневих, зливових стоків, побутових стічних вод, тому воно може побічно свідчити про забруднення води.

Група мікроорганізмів кишкової палички в даний час розглядається як санітарний показник, що вказує на забруднення води фекаліями, що вже само

по собі є небезпечним. Джерелом появи цієї групи мікроорганізмів можуть бути бактеріоносії, хворі з різними інфекційними захворюваннями (черевного тифу, дизентерії та ін.). Потрапляючи у воду, патогенні мікроорганізми важче піддаються виявленню: їх менше, ніж сапрофітних мікробів, вони менш стійкі в навколишньому середовищі, швидше гинуть. Негативний результат, отриманий при лабораторному аналізі води, не дає гарантії, що їх там дійсно немає, оскільки методи прямого виявлення патогенних бактерій кишкової групи недостатньо досконалі. Тому виявлення у воді коліформних бактерій, термотолерантних бактерій, коліфага в 100 мл повинно розглядатися як забруднення води, небезпечне в епідеміологічному відношенні, незалежно від того, чи сталося воно унаслідок недостатності обробки води джерела на головних спорудах водопроводу або забруднення обробленої води в розподільній мережі.

Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води представлені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6

Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води
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

Концентрація хімічних речовин не повинна перевищувати ГДК для води господарсько-питного і культурно-побутового водокористування, а також норм радіаційної безпеки, затверджених МОЗ України.

У сучасних лабораторіях можуть визначати майже всі інгредієнти природного складу вод та антропогенних забруднень. Однак ці методи через складність апаратури використовуються поки обмежено. Більш доступні методи аналізу - фотометричні (у видимій, ультрафіолетовій, інфрачервоній областях спектра), полярографічні, хроматографічні, титриметричні, гравіметричні та ін.

Тому, враховуючи методичні можливості для цілей санітарного контролю у кожному конкретному випадку визначають пріоритетні показники якості води вододжерел, які вибирає санітарна служба залежно від конкретної санітарної ситуації на досліджуваній ділянці водойми з урахуванням фактичного надходження забруднюючих речовин (питома вага

їх у стічних водах, гігієнічна значимість, можлива ступінь очищення на біологічних та інших очисних спорудах, кількісна характеристика скидання, розбавлення стічних вод у водоймі, стабільність сполук в водному середовищі тощо).

При цьому в першу чергу звертають увагу на речовини з санітарно-токсикологічною ознакою шкідливості 1-го класу небезпеки.

Важливість і складність санітарно-хімічного контролю за вмістом у воді водойм окремих сполук і неможливість його здійснення для ряду речовин дають підставу використовувати групові методи і сумарні показники якості води.

При групових методах у дослідженні води певні складнощі виникають при гігієнічній оцінці результатів аналізу. Якщо груповим способом виявляється декілька з'єднань, що потрапляють у водойму і мають однаковий норматив (наприклад, неіоногенні СПАР), то контроль ведуть за будь-яким з них. Якщо ж груповим методом визначаються сполуки з різними нормативами (органічні фосфати, летючі аміни, аніонні СПАР та ін.) і всі вони можуть скидатися у водойми на одній ділянці, то санітарно - гігієнічну якість води оцінюють за речовиною з найменшим нормативом.

Сумарні показники якості, що мають нормативи для водойм I і II категорії (розчинений кисень, перманганатна окиснюваність, біохімічне споживання кисню (БСК), хімічне споживання кисню (ХСК), плаваючі домішки, запах, забарвлення, мінеральний склад, зважені речовини), відображають наявність у воді інгредієнтів, лімітованих за органолептичним показником шкідливості або за впливом на санітарний режим водойм.

Отже, постачання достатньої кількості доброякісної води є важливим оздоровчим заходом і одним з основних елементів благоустрою населених місць, виробничих, переробних і сільськогосподарських підприємств тощо.

Питання для самоконтролю

1. Основна мета контролю в галузі водопостачання.
2. Які питання включає поточний та попереджувальний санітарний нагляд водо джерел?
3. Назвіть основні документи, що визначають програму і необхідний обсяг досліджень води.
4. Які питання входять в програму досліджень води?
5. Значення води для людини.
6. Як впливає на організм людини мінеральний склад води?
7. Нормативи органолептичних властивостей питної води.
8. Фізико-хімічні показники безпеки і якості питної води.
9. Санітарно-хімічні показники безпеки та якості питної води.
10. Мікробіологічні і паразитологічні показники безпеки води в епідеміологічному відношенні.
11. Назвіть доступні методи аналізу води.
12. Сумарні показники якості, що мають нормативи для водойм I і II категорії.

1.2. Паспортизація джерел водопостачання. Відбір, зберігання і транспортування проб води

Мета:

1. Ознайомитись із методами санітарного нагляду та обстеження джерел господарсько-питного водопостачання.
2. Засвоїти правила відбору, зберігання і транспортування проб води.

Розробку міжнародних стандартів на методи контролю якості води веде Технічний комітет ISO/ТК 147 "Якість води". Найбільш інтенсивно вони розвиваються в рамках ISO 9000, які направлені на використання оптимальних міжнародно признаних методик і досягнення стабільних результатів аналізу води.

Оцінка доброякісності води повинна ґрунтуватися на даних комплексного дослідження: санітарно-топографічного обстеження вододжерела та прилягаючої території, визначення фізичних властивостей, хімічного складу, біологічних показників та радіаційної безпеки води.

При цьому важливо скласти чітку програму досліджень води, яка обґрунтовує періодичність, частоту, місце відбору проб і перелік необхідних показників, які визначаються, виходячи із завдань контролю з врахуванням місцевих природних і санітарних умов, а також одержання достатньо повної інформації.

Санітарно-топографічне обстеження джерел водопостачання (паспортизація вододжерел)

Санітарно - гігієнічний нагляд за джерелами водопостачання передбачає:

- 1) обстеження санітарно-топографічного стану вододжерела і навколишньої території;
- 2) спостереження за станом і організація охорони вододжерела з метою запобігання забрудненню води;
- 3) визначення вмісту води у вододжерелі та його дебіту;
- 4) організацію (періодичність, кількість проб) проведення лабораторного дослідження води з урахуванням місцевих природних і санітарних умов;
- 5) встановлення залежності між якістю води та спалахами хвороб у людей.

Санітарно-топографічне обстеження вододжерела і навколишньої території проводиться комісією за планом (додаток Б), який залежить від ряду обставин, у тому числі зональних особливостей, господарських можливостей та санітарного благополуччя.

Основне завдання санітарно-топографічного обстеження джерела води полягає: в з'ясуванні можливих джерел забруднення води (звалища, помийні ями, туалети, тваринницькі ферми, кладовища тощо), встановленні відстані від них до джерела води; у визначенні рельєфу місцевості (напрямок стоку дощових, талих вод до джерела води або в інший бік), напрям перебігу

грунтових вод, паводків. На підставі санітарно-топографічного обстеження складається карта - схема взаєморозташування джерела води і перерахованих об'єктів, з відміткою відстаней і напрямку ухилу місцевості.

У сумнівних випадках зв'язок джерела води з джерелом забруднення може бути встановлений дослідним шляхом. У джерело забруднення вливають насичений розчин хлориду натрію з розрахунку не менше одного відра на кожних 10 м відстані до джерела води, або розчин флуоресцину і кожні 3-4 години впродовж одного-двох днів визначають в джерелі води вміст хлоридів (або флуоресценцію).

Санітарно-технічним обстеженням вододжерела з'ясовують стан технічного устаткування джерела води, наприклад, наявність в шахтному колодязі – зрубу, “глиняного замку”, відмостки, навісу, засобу підйому води; насосів біля артезіанських свердловин, їх стан, необхідність ремонту та ін.

При обстеженні поверхневих вододжерел з'ясовують наявність під'їздів і засобів водозабору (водозабірний ковш, берегового водоприймального колодязя). При централізованому водопостачанні оцінюється санітарно-технічний стан головних споруд водопроводу, водопровідної мережі та споруд на ній (зокрема, водорозбірних колонок).

Під час санітарного обстеження проводять відбір проб води з вододжерела для подальшого лабораторного дослідження.

При санітарно-епідеміологічному обстеженні виявляють і враховують: наявність кишкових інфекційних захворювань серед населення (холери, черевного тифу, паратифу А, В, дизентерії, вірусного гепатиту тощо); наявність епізоотій серед гризунів, домашніх тварин (туляремії, бруцельозу, сибірської виразки, ящура, коров'ячого сказу тощо); санітарний стан населеного пункту (забруднення території, способи збору і знешкодження рідких і твердих побутових і промислових відходів та інше).

Важливе практичне значення має визначення кількості води в джерелі води і його дебіт (продуктивність). Наприклад, в колодязі зі зрубом із бетонних кілець кількість води визначають за формулою:

$$V = \pi R^2 \times h,$$

де: V – кількість води в колодязі, m^3 ; R – радіус кільця зрубу, m ; h – висота шару води, m .

Висоту шару води визначають шпагатовим шнуром з вантажем, який опускають до відчуття дна і виміру мокрої частини шнура.

Для визначення дебіта колодязя з нього викачують (або вичерпують) 30-40 відер води, відзначають, на скільки знизився рівень води і визначають час, впродовж якого відновиться попередній рівень води. Дебіт розраховують за формулою:

$$D = V \times 60 / t,$$

де: D – дебіт колодязя, $л/годину$; V – об'єм викачаної води, $л$; t – час, за який відновиться рівень води і тривалість відкачування води, хвилини.

Дебіт струмка або невеликої річки визначають за формулою:

$$Q = 0,5 \times b \times h \times v,$$

де: Q – дебіт, $\text{м}^3/\text{с}$; b – ширина потоку, м ; h – найбільша глибина, м ; v – швидкість перебігу потоку, $\text{м}/\text{с}$ (за допомогою поплавця і секундоміра).

Відбір, зберігання і транспортування проб води

Для одержання достовірних результатів при дослідженні необхідно дотримуватись установлених правил відбору, зберігання і транспортування проб води.

Відбір проб може бути *одноразовим (нерегулярним)* або *серійним (регулярним)*. Проба чи серія проб має бути характерною для місця відбору, а об'єм залежить від кількості визначуваних інгредієнтів та обраної методики аналізу.

Прості проби одержують при одноразовому відборі об'єму води, необхідного для досліджень; *змішані* – це суміш простих проб, відібраних одночасно з різних місць вододжерела чи в одному місці через різні проміжки часу (вони характеризують склад води в просторі й часі); *середня пропорційна проба* – це суміш простих проб, об'єм яких пропорційний кількості скинутих стічних вод.

Від характеру вододжерела та мети досліджень залежить порядок і місце відбору проб води, якщо при відборі протічної води ставиться за мету виявлення джерела її забруднення, проби беруть навпроти цього джерела, вище і нижче за течією. Проба має відображати всю масу досліджуваної води. З вододжерел треба брати проби з місць постійного забору води або безпосередньо з водопровідної мережі (кран, резервуар тощо), попередньо спустивши застоюну у трубах воду протягом 10-15 хвилин.

З відкритих джерел проби води відбирають на глибині 0,5-1 м і на відстані не менше 1-2 м від берега.

Обладнання для відбору проб води повинно відповідати таким вимогам: не допускати зміни складу зразка в результаті адсорбції, випаровування тощо; виключати можливість попадання в контейнер сторонніх сполук. Для відбору проб зазвичай застосовують відра, черпаки, бутлі з широким горлом (вставляють у важку оправу або прив'язують до нього вантаж), а також автоматичне устаткування різноманітних конструкцій (рис.1). Згідно з міжнародним стандартом, вибір типу пробовідбірника залишається за виконавцем робіт.

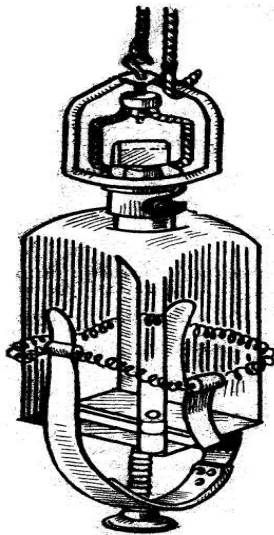


Рис.1. Батометр

Проби води відбирають у чистий скляний або поліетиленовий посуд з притертими корками. Можна використовувати гумові та коркові пробки, які прокип'ячені у дистильованій воді. Бутлі мийуть синтетичними мийними засобами, розчином хлоридної кислоти, хромовою сумішшю, після чого споліскують спочатку, водопровідною, а потім дистильованою водою.

Перед відбором проб для фізико-хімічного аналізу посуд кілька разів ополіскують досліджуваною водою. Для повного аналізу беруть 5 л води, для скороченого – не менше 2 л.

Для бактеріологічного дослідження набирають 0,3-0,5 л води у стерильний скляний посуд (після миття стерилізують в автоклаві протягом 20 хвилин при тиску 1,5 атм або у сушильній шафі при температурі 160 °С упродовж 1 години) з притертими або ватно-марлевими корками, дотримуючись правил бактеріологічної техніки. При взятті проб з крана, останній попередньо обпалюють і спускають застоюну воду. При наповненні посудини водою її тримають похило, не торкаючись горловиною крана. З поверхневих джерел відбір води проводиться стерильною посудиною з глибини 15-25 см від поверхні.

Бутель з водою, яка налита не до самого верху, щільно закривають корком і наклеюють етикетку з указанням номера та дати взяття проби.

Якщо доставка проб триває більш ніж 5 годин, передбачають заходи щодо нагрівання чи замерзання води. Для цього використовують спеціальну тару або упаковку. Взяті проби води, особливо в теплу пору року, досліджують упродовж 2-3 годин після відбору. При більш тривалому витримуванні змінюються органолептичні властивості, хімічний склад і зростає кількість мікроорганізмів. Тому деякі аналізи необхідно виконувати на місці відбору проби або фіксувати присутні у воді сполуки. При неможливості дослідити воду у встановлені терміни її охолоджують до 4°C. За цих умов уповільнюються різноманітні процеси.

Для проведення фізико-хімічного дослідження води установлені допустимі терміни її зберігання: чистої води – 72 години; незначно забрудненої – 48 і забрудненої – не більше 12 годин з моменту відбору проби. Якщо пересилка проб триває більше доби, особливо у теплу пору року, допускається консервація води (додаток В).

На кожну пробу, яка направляється в лабораторію, складають супровідний документ, де вказують: номер проби води, дату її взяття; назву вододжерела та місце його розташування; місце і точку відбору проби (для водойм – глибину та відстань від берега; для водопроводу – з якої його частини); об'єм і спосіб взяття проби (батометр, бутель з вантажем тощо); стан погоди під час взяття проб і за кілька днів до цього (суха, дощова, мінлива); дані органолептичної оцінки води при взятті проби (температура, запах, смак, колір, прозорість, каламутність, осад); спосіб можливого консервування води; мета дослідження і бажаний об'єм аналізу (повний, скорочений); дані про особу, яка відбирала і направляла пробу (прізвище, ім'я і по батькові, посада і місце роботи, підпис).

Розрізняють повний (докладний) і короткий (звичайний) санітарний аналіз води, які відрізняються один від одного кількістю лабораторних досліджень, що входять у схему аналізу. Вибір того чи іншого способу аналізу залежить від характеру вододжерела, його призначення і мети дослідження.

Основні принципи при складанні програм відбору проб води встановлює ISO5661-1, а ISO5867-2 містить методи, які використовуються з метою контролю якості та ідентифікації джерел забруднення води, включаючи донні відклади і намул.

1.3. Визначення органолептичних властивостей води

Мета:

1. Зробити аналіз органолептичних властивостей води в умовах лабораторії, засвоїти нормативи.
2. За даними санітарно-топографічного обстеження вододжерела і результатів аналізу зробити попередній висновок про санітарну якість води.

Органолептичні властивості води поділяються на 2 підгрупи:

- 1) фізико-органолептичні – сукупність органолептичних ознак, що сприймаються органами чуття і оцінюються за інтенсивністю сприйняття;
- 2) хіміко-органолептичні – вміст певних хімічних речовин, здатних подразнювати рецептори відповідних аналізаторів і викликати ті чи інші відчуття.

Погіршення органолептичних властивостей надає рефлекторна дія на водно-питний режим і деякі фізіологічні функції, зокрема посилює секреторну діяльність шлунку. До води з поганими органолептичними властивостями у людини формується захисна реакція – відчуття відрази, яка змушує відмовлятися від вживання такої води, навіть не дивлячись на спрагу.

Визначення температури води

Температура води водойм визначає характер фізичних, хімічних, біохімічних і біологічних процесів, від яких залежить кисневий режим та інтенсивність процесів самоочищення.

Підвищення температури інтенсифікує гідроліз багатозарядних катіонів, спричиняє дегазацію води, збільшує токсичність окремих сполук, прискорює біохімічні процеси у воді водойм та впливає на її смакові якості.

Температура води може бути побічним показником її санітарної якості. Коливання температури підземної води залежно від сезонів року свідчить про неглибоке залягання водоносного горизонту, а відтак про можливість його забруднення. Вода з глибоких пластів має постійну температуру протягом року.

Температуру води визначають ртутним термометром упродовж 5-10 хвилин безпосередньо у вододжерелі (у місці відбору проби) або в бутелі відразу після відбору проби. У цьому випадку температура бутля (місткістю не менше 1 л) перед відбором проби повинна бути доведена до температури досліджуваної води, а його стінки повинні бути захищені від нагрівання або охолодження.

Для визначення температури води на різних глибинах використовують спеціальний черпальний термометр (рис. 2). За його відсутності – звичайний ртутний термометр, резервуар якого обмотують

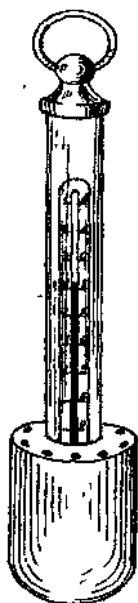


Рис. 2. Черпальний термометр

кількома шарами марлі, бавовняними або сировими нитками для збереження правильності показів. Одночасно з вимірюванням температури води визначають температуру повітря.

Нормативи. Температура питної води не повинна перевищувати 25°C, найкращою визнається вода прохолодної (12–15°C) температури.

Визначення запаху води

Запах — це здатність наявних у воді хімічних речовин випаровуватись і, створюючи відчутний тиск пари над поверхнею води, подразнювати рецептори слизових оболонок носа і синусних пазух, чим спричиняє відповідне відчуття.

Доброякісна вода не повинна мати стороннього запаху. Він зумовлюється як біологічними факторами, так і наявністю у воді летких пахучих речовин, які потрапляють у неї природним шляхом або зі стічними водами.

За характером запаху поділяють на 2 групи:

1. Запахи природного походження (зумовлені організмами, які живуть у воді, впливом берегів, дна, ґрунту, зрубів колодязів тощо) характеризують за шкалою (табл. 2).

Таблиця 2

Шкала оцінки природних запахів води

Символ	Характер запаху	Приблизний рід запаху
А	Ароматичний	Огірковий, квітковий
Б	Болотний	Мулистий, тванистий
Г	Гнильний	Фекальний запах, стічної води
Д	Деревний	Запах мокрої кори та деревини
З	Землистий	Прілий, свіжо виораної землі
П	Плісневий	Затхлий, застійний
Р	Рибний	Риби, риб'ячого жиру
С	Сірководневий	Тухлих яєць
Т	Трав'янистий	Скошеної трави, сіна
Н	Невизначений	Запах невідомого походження, який не підходить під попередні визначення

2. Запахи штучного походження (від промислових викидів, для питної води – від обробки води на водопровідних станціях тощо) називають за відповідними речовинами: хлорфенольний, камфорний, бензиновий, хлорний тощо.

Визначення ґрунтується на органолептичному дослідженні характеру та інтенсивності запаху води при 20 і 60°C.

Хід визначення. У широкогорловинну колбу місткістю 150-200 мл наливають 100 мл води і закривають корком (при нагріванні - годинниковим склом). Пробу інтенсивно збовтують, привідкривають горловину і швидко нюхають. Потім воду нагрівають до 60 °С на водяній бані, знову струшують і,

зсунувши скло, визначають характер та інтенсивність запаху за 5 бальною шкалою (табл. 3).

Бажано, щоб характер та інтенсивність запаху визначали кілька дослідників у приміщенні, в якому повітря не має стороннього запаху.

Нормативи. Інтенсивність запаху води господарсько-питного призначення не повинна перевищувати 2 бали.

Визначення смаку і присмаку води

Смак і присмак — здатність наявних у воді хімічних речовин після взаємодії зі слиною подразнювати смакові сосочки, розташовані на поверхні язика, і зумовлювати відповідне відчуття.

Смакові якості води залежать від наявності в ній речовин природного походження або від забруднення її стічними водами. Підземні води, в яких містяться у великій кількості неорганічні розчинені речовини, мають специфічний смак. Іони магнію і барію надають їй гіркового смаку, водневі іони – кислого, закис феруму – терпкого присмаку. Неприємного присмаку надають воді продукти розпаду органічних речовин, дезінфікуючі речовини, флора та фауна в період їх інтенсивного розвитку.

Таблиця 3

Шкала інтенсивності запаху, смаку або присмаку води

Бали	Інтенсивність запаху, смаку або присмаку	Характер вияву запаху або присмаку
0	Немає	Не відчувається
1	Дуже слабкий	Не відчувається споживачем, але виявляється спеціалістом
2	Слабкий	Зауважується споживачем, якщо звернути на це його увагу
3	Помітний	Зауважується споживачем і викликає несхвальний відгук про воду
4	Сильний, виразний	Змушує утримуватися від пиття
5	Дуже сильний (різкий)	Настільки сильний, що робить воду непридатною до вживання

Розрізняють чотири види смаку: солоний, гіркий, солодкий і кислий. Інші смакові відчуття називають присмаками: хлорний, рибний, бензиновий, лужний, металевий тощо. Інтенсивність смаку, присмаку, як і запаху води, визначають органолептично у сирій воді при температурі 20 і 60°C за 5-бальною шкалою (табл. 3).

У воді відкритих водойм і джерел, сумнівних у санітарному відношенні, смак і присмак встановлюють після її кип'ятіння і охолодження до потрібних температур, а в записі аналізу роблять помітку, що визначення проводилось після її кип'ятіння.

Смак і присмак води, що піддавалася хлоруванню до подачі її споживачу, визначають через 30 хвилин після внесення хлору.

Хід визначення. У рот набирають 10-15 мл досліджуваної води, тримають декілька секунд і визначають смак (присмак) якісно (хлорний, рибний тощо) і кількісно за п'ятибальною шкалою. Якщо вода була некип'яченою, то рот після цього споліскують слабким розчином калій перманганату.

Нормативи. Інтенсивність смаку і присмаку води господарсько-питного призначення не повинна перевищувати 2 бали.

Визначення кольоровості води

Кольоровість природних вод зумовлена, головним чином, гуміновими речовинами, комплексними сполуками заліза, залишками глини. Деякі види водоростей у період їх інтенсивного розмноження можуть забарвлювати воду від ясно-зеленого або червоного до бурого кольору. Жовте забарвлення може спостерігатися при забрудненні води гноєм, стічними водами з угноєних полів тощо. В такому випадку кольоровість може служити показником її недоброякісності в санітарному відношенні. Таким чином, за кольоровістю води встановлюють її забруднення мінеральними або органічними речовинами. Кольоровість є показниками ефективності освітлення і знебарвлення води на водоочисних спорудах. Завислі і гумінові речовини погіршують знезараження води (перешкоджають механічному проникненню активного хлору в бактеріальну клітину).

За наявності у воді великої кількості завислих речовин кольоровість її визначають після відстоювання або фільтрування.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, компаратор з еталонною лінійкою, мірні циліндри на 100 мл, пробірки, розчин №1 (окремо розчиняють у дистильованій воді 0,0875 г калій дихромату $K_2Cr_2O_7$ і 2 г кобальт (II) сульфату $CbSO_4 \cdot 7H_2O$, змішують, додають 1 мл сульфатної кислоти (густ. $1,84 \text{ г/см}^3$) і доводять дистильованою водою до 1 л. Цей розчин відповідає кольоровості 500°); розчин №2 (1 мл вказаної вище сульфатної кислоти доводять дистильованою водою до 1 л).

Якісне визначення

На білому фоні порівнюють забарвлення досліджуваної води (якщо прозорість за Снеленном нижча 20 см, воду фільтрують) та дистильованої, які наливають шаром однакової висоти у два безколірні циліндри (пробірки) з плоским дном. Кольоровість води характеризують термінами: безколірна, світло-жовта, інтенсивно-жовта, зеленувата, бурувата тощо.

Кількісне визначення

Кольоровість води у польових умовах визначають шляхом порівняння на білому фоні стовпчика (10-12 мл) досліджуваної та дистильованої води, які налиті в однотипні пробірки діаметром 1,5 см (табл. 4).

Методи порівняння із штучними стандартами:

а) *за допомогою компаратора та еталонної лінійки.* Для цього у циліндри компаратора наливають до мітки дистильовану та досліджувану воду. В нижній паз компаратора під циліндр з дистильованою водою поміщають еталонну лінійку і пересовують доти, доки візуально при розгляді

води у циліндрах інтенсивність забарвлення еталона буде така, як і досліджуваної води. Лінійка градуйована до 80° кольоровості.

Таблиця 4

Наближене визначення кольоровості води

Забарвлення при розгляді		Кольоровість у градусах
збоку	зверху	
Відсутнє	Відсутнє	До 10
Відсутнє	Ледь жовтувате	10
Відсутнє	Дуже слабо-жовтувате	20
Ледь уловиме порівняно з дистильованою водою	Слабо-жовтувате	30
Ледь уловиме блідо-жовтувате	Жовтувате	40
Ледь уловиме блідо-жовте	Світло-жовте	80
Дуже блідо-жовтувате	Світло-жовте	150
Блідо-жовтувате	Інтенсивно жовте	300
Жовте	Інтенсивно жовте	500

Якщо кольоровість досліджуваної води перевищує 80°, її розводять дистильованою водою, а результати множать на кратність розведення;

б) *за стандартними розчинами*. Визначають кольоровість води шляхом візуального порівняння її з хромово-кобальтовою шкалою кольоровості, яку отримують, змішуючи в різних співвідношеннях розчини № 1 і № 2 (табл. 5). За міжнародною методикою використовують кольорову шкалу Хайзена (Pt/Co).

Таблиця 5

Шкала кольоровості за стандартними розчинами

Розчин	Градуси кольоровості													
	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
№1, мл	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
№2, мл	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84	82	80

Циліндри з еталонами кольоровості зберігають щільно закритими у темному місці протягом 3-х місяців.

Хід визначення. При візуальному визначенні у циліндр, однотипний з циліндрами шкали, наливають 100 мл досліджуваної води (при необхідності фільтрують) і, розглядаючи зверху на білому фоні, підбирають розчин шкали з тотожною кольоровістю води.

При фотометричному визначенні досліджувану воду при потребі фільтрують, наливають у кювету з товщиною шару 5 см і фотометрують з використанням синього світлофільтра ($\lambda=413$ нм) по відношенню до дистильованої води. Величину кольоровості вираховують за калібрувальним графіком, який будують за результатами фотометрії розчинів шкали кольоровості за тих же умов, як при визначенні досліджуваної води. Якщо

кольоровість досліджуваної води більша за 80°, її розбавляють дистильованою водою, а одержану величину множать на кратність розведення.

Міжнародним стандартом ISO 7887 встановлено три методи визначення кольоровості води, які незначно відрізняються від вище наведених.

Нормативи. Кольоровість питної води повинна бути нижче 20°. Допустимою для використання вважають воду з кольоровістю до 35°.

Визначення прозорості води

Прозорість (світлопропускання) води обумовлена вмістом у ній різних забарвлених і завислих органічних та мінеральних речовин. Мутна вода є підозрілою в епізоотичному відношенні, тому що в забрудненій воді створюються сприятливі умови для життєдіяльності мікроорганізмів. Прозорість води краще визначати при відборі проби, оскільки при відстоюванні вона може стати каламутною. Наприклад:

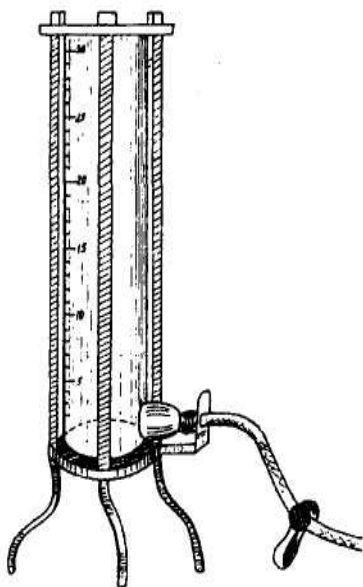
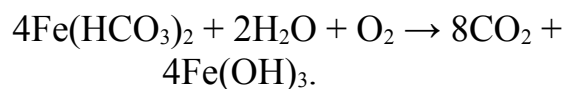


Рис.3. Прилад Снеллена



Обладнання і матеріали: прилад Снеллена - скляний, розмічений в сантиметрах (не менше 30 см) циліндр (діаметр 2,5 см) з плоским дном, що закріплений у штативі на висоті 4 см; у його нижній частині є зливний патрубок з гумовою трубкою та затискачем (рис. 3), стандартний шрифт висотою букв 3,5 мм, диск Секкі (металевий диск діаметром 20 см, поділений на чотири сектори, два з яких білого, а два чорного кольорів, і з'єднаний з тросиком, що має позначки).

Хід визначення. Досліджувану воду добре збовтують, наливають доверху циліндра, під дно якого поміщають стандартний шрифт. Дивлячись на нього зверху через стовп води та зливаючи воду з циліндра, знаходять висоту стовпа води (у см), через який можна читати цей шрифт. Це вказуватиме на ступінь її прозорості.

Визначення проводять 2-3 рази в добре освітленому приміщенні на відстані 1 м від вікна.

Прозорість води у вододжерелі можна визначити за допомогою диска (описаних вище). При цьому заміряють глибину в сантиметрах, за якої диск перестане бути помітним при зануренні і знову стане помітним при витягуванні його. Середня величина 2-х визначень вказує на прозорість води у водоймі.

Міжнародний стандарт ISO7027 передбачає визначення прозорості води за стандартною шкалою або за диском.

Нормативи. Доброякісна питна вода повинна мати прозорість не менше 30 см за шрифтом Снеллена.

Визначення каламутності води

Каламутність води – це величина, обернена прозорості, яка залежить від дрібнодисперсних домішок мінерального та органічного походження. Знаючи ступінь прозорості води, можна зробити перерахунок на каламутність, і навпаки.

Кольорова, забарвлена, каламутна вода викликає у людини відчуття відрази, що обмежує її споживання і змушує шукати нові джерела водопостачання. Підвищення забарвлення, каламутності та зниження прозорості може свідчити про забруднення води промисловими стічними водами, котрі містять органічні і неорганічні речовини, які можуть бути шкідливими для здоров'я людини або утворювати шкідливі речовини під час реагентної обробки води (наприклад, хлорування).

Несприятливою в санітарному відношенні є вода із завислими органічними речовинами, що може вказувати на високу бактеріальну її забрудненість. Каламутність води характеризують якісно і кількісно.

Якісне визначення проводять описово: слабка опалесценція, опалесценція, сильна опалесценція, слабка, помітна і сильна каламуть.

Кількісне визначення проводять фотометрично шляхом порівняння проб досліджуваної води із стандартними суспензіями (каоліну, трепелу або формазину) або гравіметричним методом.

Фотометричні методи використовують лише при концентрації зависей менш ніж 100 мг/дм^3 , за більшого вмісту їх визначають гравіметрично, фільтруючи воду крізь беззольні фільтри „синя стрічка” або мембранні фільтри.

Фотометричний метод. Каламутність води визначають фотометрично (турбідиметричним методом - вимірюючи послаблення інтенсивності світла, яке проходить крізь воду або нефелометричним методом - вимірюючи інтенсивність розсіяного світла, яке пропускають через воду).

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр із зеленим світлофільтром ($\lambda=530 \text{ нм}$), нефелометр, кювети з товщиною поглинаючого шару 5-10 см; мірні циліндри місткістю 500 і 1000 мл, мірні піпетки; фарфорова ступка, мембранні фільтри; основна стандартна суспензія каоліну (каолін $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ просіюють через шовкове сито з отворами діаметром 0,1 мм, 25-30 г каоліну добре збовтують з 3-4 л дистильованої води і залишають на 24 години, після цього відбирають сифоном середню неосвітлену частину рідини. До частини, яка залишилась, знову приливають 3 л води, збовтують і повторюють, як описано вище. Так повторюють доти, поки не накопичиться достатня кількість суспензії з каламутністю, яка не осідає протягом 3 діб. Потім видаляють освітлену частину рідини, яка містить дуже дрібні частинки каоліну. З осаду готують стандартну суспензію таким чином, щоб в 1 л містилось 100 мг зависі каоліну. Для перевірки її концентрації відбирають 250 мл суспензії, фільтрують через промитий беззольний фільтр, осад промивають, висушують і прожарюють до постійної маси. Одержану суспензію консервують сулемою (1 мг/дм^3) або формаліном (10 мг/дм^3) і зберігають до 6 місяців), робоча стандартна суспензія (збовтують основну суспензію і точно відміряну її кількість розбавляють дистильованою водою. Всі робочі стандартні суспензії (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 5,0 мг/ дм^3) консервують сулемою з розрахунку 1 мл насиченого розчину сулеми на 1 л суспензії).

Хід визначення. Воду з каламутністю понад 20 мг/дм³ попередньо перемішують і розводять дистильованою водою. При турбідиметричному вимірюванні в кювету з товщиною оптичного шару 5-10 см вносять добре збовтану пробу води і фотометрують в зеленій частині спектра ($\lambda=530$ нм) по відношенню до попередньо профільтрованої досліджуваної води.

При нефелометричному вимірюванні знаходять величину каламутності (у відбитому світлі) згідно з інструкцією експлуатації нефелометра.

Каламутність води визначають за калібрувальним графіком, який будують за результатами фотометрії стандартних робочих суспензій (в координатах оптична густина – величина каламутності).

Одержують шкалу величини каламутності (0; 0,5; 1; 5; 10; 15; 20 мг/дм³ або НОК- нефелометричні одиниці каламутності) шляхом внесення у мірну колбу об'ємом 100 мл 0; 0,5; 1; 5; 10; 15; 20 мл вимішаної стандартної суспензії каоліну і дистильованої води до мітки, які перемішують.

Величину каламутності (мг/дм³) при розбавленні проби розраховують за формулою:

$$X = \frac{A \times 100}{V}$$

де: А – каламутність, визначена за графіком, мг/дм³; V – об'єм аналізованої проби води, мл; 100 – об'єм, до якого була розбавлена проба, мл.

Міжнародний стандарт ISO 7024 встановлює визначення каламутності води нефелометром за стандартними розчинами суспензії формазиу.

Нормативи. Каламутність доброякісної води за стандартною шкалою не повинна перевищувати 0,5-3,5 мг/дм³, для води децентралізованих джерел – 20 мг/дм³.

Визначення осаду у воді

Осад характеризують за параметрами: немає, незначний, помітний, великий (можна вказати товщину шару в міліметрах). Залежно від хімічного складу осад може бути кристалічний, аморфний, піщаний тощо, а за кольором – сірий, бурий, чорний та інший.

Осад у пробах води з водоєм відмічають через 1 годину, а у воді з підземних джерел – через 24 години після збовтування проби у скляному циліндрі, яка налита висотою 30 см. В період випадання осаду якісно описують освітлення проби води – непомітне, слабке, сильне, вода прозора.

Визначення грубодисперсних зависей

Груба дисперсна завись – це колоїдні та суспендовані частинки органічного та неорганічного походження, помітні неозброєним оком, які виділяються з води при її відстоюванні протягом 5-6 годин.

Завислі у воді речовини визначаються шляхом фільтрування з наступним їх зважуванням. Визначення проводять у тому випадку, коли прозорість води менша 10 см.

Обладнання і реактиви: сушильна шафа, муфельна піч, фарфорові тиглі, бюкси з кришками, аналітичні терези, конічні колби, мірні циліндри, ексікатор, пінцет; беззольні фільтри „синя стрічка” (висушують у бюксах з відкритими кришками при 105°C упродовж

2 годин, охолоджують закриті бюкси з фільтром в ексикаторі і зважують на аналітичних терезах).

Хід визначення. Крізь підготовлений фільтр пропускають 100-1000 мл досліджуваної води (залежно від вмісту грубодисперсних часточок), осад зі стінок колби змивають невеликою порцією фільтрату в лійку з фільтром.

Фільтр з осадом підсушують спочатку на повітрі, а потім у бюксі в сушильній шафі, поступово піднімаючи температуру до 105°C, витримують 1 годину. Потім охолоджують в ексикаторі та зважують, закривши кришкою. Висушування, охолодження і зважування повторюють до досягнення постійної маси фільтра.

Вміст грубодисперсних домішок (мг/дм³) вираховують за формулою:

$$X = \frac{(a - b) \times 1000}{V}$$

де: а – маса бюкса з осадом на фільтрі, мг; в – маса бюкса з чистим фільтром, мг; V – об'єм води, мл.

Визначення залишку після прожарювання (вміст мінеральних речовин). Зважений фільтр з осадом переносять у заздалегідь підготовлений (прожарений і зважений) фарфоровий тигель, поміщають у муфельну піч, доводять температуру до 600°C і прожарюють осад протягом 1 години. Тигель з осадом охолоджують в ексикаторі і зважують, довівши до постійної маси.

Вміст прожарених грубодисперсних часточок (мг/дм³) вираховують за формулою:

$$X = \frac{(c - d) \times 1000}{V}$$

де: с – маса тигля із залишком після прожарювання, мг; d – маса прожареного тигля, мг; V – об'єм досліджуваної води, мл.

Вміст органічних зависей визначають за різницею висушених і прожарених грубодисперсних часточок.

Визначення вмісту сухого залишку

Сухий залишок характеризує загальний вміст розчинених у воді мінеральних і частково органічних речовин (температура кипіння яких перевищує 110°C, які нелеткі з водяною парою і не руйнуються при цій же температурі).

Концентрацію розчинених у воді речовин можна визначити за допомогою приладу (кондуктивіті-тестер), принцип дії якого ґрунтується на залежності електропровідності води від вмісту в ній розчинених речовин-електролітів. При зануренні датчика приладу у воду на дисплеї з'являється значення концентрації розчинених речовин (мг/л).

У лабораторіях використовують гравіметричний метод, який включає фільтрування проби, випаровування і висушування залишку при 110°C до постійної маси.

Обладнання і реактиви: сушильна шафа, муфельна піч, ексикатор, аналітичні терези, водяна баня, фарфорові чашки, хімічні стакани чи колби, піпетка на 100 мл,

беззольний фільтр „синя стрічка”, 1% розчин натрій карбонату (10 г Na_2CO_3 х. ч., висушеного при 200°C упродовж 3 годин, розчиняють у дистильованій воді і доводять об’єм до 1 л; 1 мл розчину містить 10 мг Na_2CO_3).

Хід визначення. На водяну баню з дистильованою водою поміщають фарфорову чашку, яка попередньо доведена до постійної маси і випаровують в ній досуха 250-500 мл профільтрованої досліджуваної води. Чашку з сухим залишком поміщають у сушильну шафу, нагрівають до 110°C і висушують до постійної маси.

Вміст сухого залишку (мг/дм^3) розраховують за формулою:

$$X = \frac{(m - m_1) \times 1000}{V}$$

де: m і m_1 – маса чашки з сухим залишком і порожньої чашки, мг; V – об’єм аналізованої води, мл.

Даний метод дає трохи завищені результати внаслідок гідролізу і гігроскопічності кальцій і магній хлоридів, а також важкого відщеплення води сульфатами цих катіонів. Ці недоліки усувають додаванням натрій карбонату. При цьому кальцій і магній хлориди та сульфати переходять у безводні карбонати.

Після доливання у фарфорову чашку останньої порції води вносять розчин Na_2CO_3 з таким розрахунком, щоб маса доданого натрій карбонату майже вдвічі перевищувала масу очікуваного сухого залишку (для прісних вод достатньо 25 мл цього розчину). Розчин перемішують скляною паличкою, споліскують її над чашкою дистильованою водою, випаровують досуха і висушують до постійної маси при 150°C .

Масову концентрацію сухого залишку (мг/дм^3) розраховують за формулою:

$$X = \frac{(m - m_1 - m_2) \times 1000}{V}$$

де: m і m_1 – маса чашки з сухим залишком і пустої чашки, мг; m_2 – маса доданого Na_2CO_3 (25 мл 1%-го розчину містить 250 мг Na_2CO_3), мг; V – об’єм аналізованої води, мл.

Визначення залишку після прожарювання. Для цього висушену фарфорову чашку прожарюють у муфельній пічці при 600°C до сталої маси. Вміст залишку після прожарювання розраховують аналогічно величині сухого залишку. Різниця значень масової концентрації залишку до і після прожарювання характеризує вміст органічних речовин (переважно летких).

Нормативи. Сухий залишок у воді джерел водопостачання не повинен перевищувати 1000 мг/дм^3 , лише в окремих випадках ця величина допускається до 1500 мг/дм^3 .

1.4. Визначення радіоактивності води

Для визначення сумарної радіоактивності 500 мл досліджуваної води випаровують на водяній бані у фарфоровій чашці, попередньо зваженій з точністю до 0,001 г. Чашку із сухим залишком висушать у сушильній шафі,

після чого знову зважте й вирахуйте кількість сухого залишку в 1 л води.

Сухий залишок у чашці легко розітріть товкачиком, обгорнутим шматком кальки. Радіоактивність води визначають на установці типу Б у тонкому або товстому шарі сухого залишку. Якщо сухого залишку небагато, на підкладку наносять його не більше 5–8 мг/см². Якщо кількість сухого залишку значна, можна наносити його до 3 г і визначати радіоактивність у товстому шарі. При вмісті у воді великої кількості радіоактивних речовин (10⁻⁷ Ки/л і більше), активність визначають в 1–2 мл води, яку вносять безпосередньо на алюмінієву підкладку, висушують під інфрачервоною лампою до одержання сухого залишку.

Радіоактивність води (Ки/дм³) вираховують за формулою:

$$A = \frac{N \times 1000 \times 100 \%}{2,2 \times 10^{12} \times K_{ef}}$$

де: N – швидкість підрахунку від 1 мл води в імпульсах за 1 хв з поправкою на фон; K_{ef} – поправка на ефективність підрахунку; 1000 – коефіцієнт для перерахунку активності 1 мл води в активність на 1 л; 2,2 · 10¹² – коефіцієнт переведення активності в розпадах за 1 хв в одиниці Кюрі.

Якщо водойма забруднена кількома радіоактивними ізотопами, здійснюють радіохімічний аналіз, за допомогою якого виділяють окремі радіоактивні елементи. Після цього заміряють їх активність.

Завдання для самостійної роботи

1. За зібраними даними складіть протокол (карту) санітарно-топографічного обстеження вододжерела за наведеним планом (додаток 1а).
2. Визначте фізичні показники відібраних проб води, дані запишіть у таблицю та порівняйте з нормативними вимогами.
3. Зробіть попередній висновок про використання води.

№ проби	Вододжерело, дата відбору проби	Запах, бали	Смак, бали	Кольоровість, градуси	Прозорість, см	Каламутність, мг/дм ³	Характер осаду	Сухий залишок, мг/дм ³

Питання для самоконтролю

1. За якими державними документами здійснюють санітарно-гігієнічну оцінку якості води?
2. Гігієнічні вимоги до води за фізичними, хімічними, бактеріологічними і гельмінтологічними показниками.
3. На основі яких комплексних досліджень дають повну оцінку якості питної води?
4. Що передбачає санітарно-гігієнічний нагляд за джерелами водопостачання?

5. План санітарно-топографічного обстеження вододжерела і навколишньої території.
6. Вимоги до посуду та об'єму води для повного і неповного аналізу.
7. Техніка відбору проб води з різних вододжерел.
8. Техніка та обладнання відбору проб води.
9. Що вказують у супровідному документі до відібраних проб води?
10. Термін зберігання води різної якості при неможливості дослідження її у день відбору проб.
11. Коли і чим консервують проби води?
12. Вимоги до посуду для бактеріологічного дослідження води.
13. Техніка відбору проб води для бактеріологічного дослідження з водопровідного крана і відкритих водойм.
14. За якими фізичними властивостями оцінюють воду?
15. Методика визначення температури води.
16. Запах води, методика визначення і норма.
17. Смак і присмак води, методика визначення і норма.
18. Кольоровість води, методика визначення і норма.
19. Прозорість води, методика визначення і норма.
20. Каламутність води, методика визначення і норма.
21. Сухий залишок води, методика визначення і норма.
22. Як визначають осад і завислі у воді речовини?
23. Як визначають у воді залишок органічних речовин?
24. Принцип визначення радіоактивності води.

ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ

У природних водах завжди містяться різноманітні хімічні сполуки. Одні з них можуть шкідливо впливати на організм людини чи тварин, інші дозволяють побічно судити про забруднення води органічними речовинами, і таким чином визначати міру небезпеки її в розповсюдженні інфекційних та інвазійних захворювань.

Дослідження хімічних показників води проводять різними методами з метою визначення в ній хімічних елементів або сполук. Більшість якісних і деякі кількісні визначення сучасна лабораторна техніка дозволяє проводити на місці дослідження вододжерел. Точніші визначення виконують у лабораторії. Лише за результатами сукупності показників можна судити про якість води.

Об'єднана комісія ФАО і ВООЗ, залежно від аналізу води (повного або скороченого), крім основних показників визначила 8 найбільш токсичних елементів (ртуть, кадмій, свинець, миш'як, мідь, олово, цинк і ферум), які необхідно контролювати у воді. Крім названих, ще 6-7 елементів у визначених концентраціях можуть бути небезпечними для здоров'я (хром, берилій, нікель) тварин і людини.

Концентрація хімічних речовин, які містяться в природних водах або тих, які з'являються в результаті промислового, сільськогосподарського і

побутового забруднення вододжерела чи додаються до води в процесі її обробки, не повинна перевищувати допустимих нормативів.

1.5. Визначення кислотності та лужності вод

Мета:

1. Ознайомитись із значенням кислотності та лужності вод у процесах самоочищення водойм.
2. Оволодіти методами визначення у воді рН, кислотності та лужності.
3. Засвоїти нормативні показники кислотності та лужності вод.

Значення рН середовища має велике значення у формуванні хімічного складу вод, процесів їх очищення, забезпеченні умов існування флори і фауни водойми. Зокрема, значення рН сприяє підвищенню розчинності карбонатів, сульфатів, фосфатів важких металів, збільшенню їх міграції і доступності для засвоєння живими організмами, отруєнню.

Для більшості риб оптимальним є рН 6,7-8,6. Цей показник залежить від багатьох чинників: температури води, вмісту органічних речовин, діяльності живих організмів тощо.

Вода, яка має рН менше 4, вважається сильно кислою, більше 10 – сильно лужною. Кисла реакція вказує на появу у воді гумінових і фульвокислот (розкладання рослинних залишків) або на забруднення промисловими стічними водами. Висока лужна реакція свідчить про забруднення води органічними речовинами. Літом за інтенсивного фотосинтезу рН води може збільшитись до 9.

Визначення активної реакції води (рН)

Реакцію води оцінюють за концентрацією іонів гідрогену.

На величину рН впливає вміст карбонатів, гідроксидів, солей, які піддаються гідролізу, гумінових речовин тощо.

Оскільки рН води може швидко змінюватись у результаті хімічних і біологічних процесів (виділення із води CO_2) її слід визначати після відбору проби.

Обладнання і реактиви: рН-метр; пробірки; набір універсального індикаторного паперу; універсальний індикатор у формі порошку або спиртового розчину, за яким визначають величину рН в межах 2,0-10,0. Його також можна приготувати з 0,1%-х спиртових розчинів: метилового червоного – 5мл, диметиламідоазобензолу – 15 мл, бромтимолового синього – 20мл, фенолфталеїну – 20мл і тимолфталеїну – 20мл.

Існують різноманітні методи визначення величини рН. Міжнародний стандарт ISO 10523 встановив електрометричний метод.

Принцип ґрунтується на властивості індикатора змінювати своє забарвлення залежно від концентрації водневих йонів.

Визначення рН за допомогою універсального індикатора

Хід визначення. Пробірку споліскують кілька разів дистильованою водою, наливають 3-5 мл води і додають 2-3 краплі універсального індикатора. Після перемішування визначають рН (табл. 6).

Визначення рН за допомогою набору індикаторів

Хід визначення. У кілька пробірок наливають 5-10мл аналізованої води, додають по 1-2 краплі індикатора та перемішують. Знаючи інтервал рН, зміни кольору кількох індикаторів, можна з достатньою точністю визначити рН води за таблицею 7.

Таблиця 6

Шкала для визначення рН

Величина рН	Забарвлення води	Величина рН	Забарвлення води
2,0	Червоно-рожеве	7,0	Жовто-зелене
3,0	Червоно-оранжеве	8,0	Зелене
4,0	Оранжеве	9,0	Сильно-зелене
5,0	Жовто-оранжеве	10,0	Фіолетове
6,0	Лимонно-жовте		

Таблиця 7

Визначення рН за допомогою індикаторів

Індикатор	Інтервал рН	Зміна кольору
1	2	3
Пікринова кислота	0,1-1,3	Безбарвний – жовтий
Кристалічний фіолетовий I	0,13-0,5	Жовтий – зелений
II	1,0-1,5	Зелений – синій
III	2,0-3,0	Синій – фіолетовий
Крезолів червоний I	0,2-1,8	Червоний – жовтий
II	7,0-8,8	Жовтий – пурпуровий
Метилловий жовтий	2,9	Червоний – оранжево-жовтий
Бромфеноловий синій	3,0-4,6	Жовтий – фіолетово-синій
Метилловий оранжевий	3,0-4,4	Червоний – оранжево-жовтий
2,5-Динітрофенол	4,0-5,8	Безбарвний – жовтий
Метилловий червоний	4,4-6,2	Червоний – жовтий
Алізариновий червоний	5,0-6,6	Жовтий – фіолетово-червоний
Бромтимоловий синій	6,0-7,5	Жовтий – синій
Фенолфталеїн	8,2-10,0	Безбарвний – рожевий
Тимолфталеїн	9,3-10,5	Безбарвний – синій
Алізариновий жовтий R	10,0-12,0	Жовтий – оранжево-червоний
Алізарин	11,0-13,0	Рожевий – фіолетовий
Фуксинова кислота	12,0-14,0	Яскраво-червоний – безбарвний

Визначення рН за допомогою індикаторного паперу

Для орієнтовного визначення рН (1,0-10,0) сильно забруднених вод (забарвлених або мутних) можна застосувати універсальний індикаторний папір. Його змочують досліджуваною водою і колір порівнюється з кольоровою шкалою.

Електрометричне визначення рН

Метод ґрунтується на вимірюванні різниці потенціалів, які виникають на границях між зовнішньою поверхнею скляної мембрани електрода і

досліджуваним розчином, з одного боку, і внутрішньою поверхнею мембрани і стандартним розчином – з іншого.

Внутрішній стандартний розчин скляного електрода має постійну концентрацію іонів водню, тому потенціал на внутрішній поверхні мембрани не змінюється.

Після перевірки і корекції приладу (згідно з інструкцією) електроди, термометр і склянку ретельно споліскують дистильованою, а потім досліджуваною водою. У склянці вимірюють рН досліджуваної води (при 20°C) 2-3 рази з інтервалом 2-3 хвилини. Останні два покази приладу повинні бути однаковими.

Нормативи. Згідно зі стандартом величина рН води господарсько-побутового призначення повинна бути в межах 6,5-8,5.

Визначення кислотності води

Кислотність води визначається вмістом у ній речовин, які взаємодіють з сильними основами. До них належать сильні і слабкі кислоти та катіони слабких основ. Кислотність більшості природних вод залежить від вмісту CO₂. Природну частину кислотності створюють гумінові та інші слабкі органічні кислоти (рН не нижче 4,5). Активна реакція води може бути нижчою за 3,5 при наявності у водоймах промислових стічних вод.

Обладнання і реактиви: магнітний помішувач, рН-метр із скляним електродом і каломельним електродом порівняння, конічні колби, піпетки, 0,5%-ний розчин фенолфталеїну (0,5г фенолфталеїну розчиняють в 50 мл 96%-ного етанолу і розбавляють 50 мл дистильованої води, додають краплями натрій гідроксид, C_E(NaOH)=0,01 моль/дм³ до появи рожевого забарвлення); 0,05%-ний розчин метилового оранжевого; розчин NaOH, C_E=0,1 моль/дм³.

Титрометричне визначення

Кислотність води визначають, титруючи її розчином сильної основи. Кількість цього розчину, яка витрачена на титрування до значення рН 4,5, відповідає вільній кислотності, а кількість, яка витрачена на титрування до рН 8,3 – загальній. Кислотність дорівнюватиме нулю, якщо рН води не більше 8,3.

Вільний хлор, який заважає визначенню кислотності (знебарвлює індикатор), усувають додаванням еквівалентної кількості натрій тіосульфату. У випадку, коли кольоровість і каламутність води впливають на візуальне визначення кінця титрування, проводять електрометричне титрування.

Хід визначення. Вільна кислотність визначається, якщо рН проби менша 4,5 (кисла реакція за метиловим оранжевим). Якщо проба містить гідролізовані солі сильних кислот і слабких гідроксидів, вільна кислотність не визначається.

До 100 мл води або меншого об'єму, який розбавлений до 100 мл дистильованою водою, додають 0,1 мл (2 краплі) метилового оранжевого і титрують на білому фоні розчином NaOH до появи жовтого забарвлення розчину в присутності контрольної проби. При електрометричному

визначенні пробу у високій склянці з магнітним помішувачем титрують до рН 4,5.

Для визначення загальної кислотності води беруть 100 мл або менший об'єм, доведений до 100 мл дистильованою водою, і титрують в присутності 0,15 мл (3 краплі) фенолфталеїну, розчином натрій гідроксиду до появи рожевого забарвлення, а при електрометричному титруванні – до рН 8,3.

Розрахунок вільної (В) і загальної (З) кислотності (ммоль екв/л) проводять за формулами:

$$B = \frac{A \times K \times 0,1 \times 1000}{V} = \frac{A \times K \times 100}{V},$$

$$Z = \frac{B \times K \times 0,1 \times 1000}{V} = \frac{B \times K \times 100}{V},$$

де: А – об'єм NaOH, який витрачений на титрування за метиловим оранжевим або потенціометрично до рН 4,5; В – те саме за фенолфталеїном або потенціометрично до рН 8,3; К – поправковий коефіцієнт до розчину $C_E(\text{NaOH})=0,1$ моль/дм³; V – об'єм води, взятої для аналізу, мл.

Визначення лужності води

Під лужністю розуміють здатність деяких речовин, які містяться у воді, зв'язувати еквівалентну кількість сильної кислоти. Лужність створюють всі катіони, які у воді були врівноважені гідроксильними іонами, іонами слабких кислот (наприклад, карбонати, гідрокарбонати). Вона визначається кількістю сильної кислоти, яка необхідна для заміщення цих аніонів.

У звичайних природних водах лужність залежить в основному від наявності гідрокарбонатів лужноземельних металів, в меншій степені лужних. Тому значення рН води не перевищує 8,3. Розчинні карбонати і гідроксиди підвищують величину рН понад 8,3.

Обладнання і реактиви: конічні колби, розчин хлоридної кислоти, $C_E(\text{HCl}) = 0,1$ моль/дм³; 0,5%-ний розчин фенолфталеїну (готують як описано вище); 0,05%-ний розчин метилового оранжевого; змішаний індикатор (0,03г метилового червоного і 0,2г бромкрезолового зеленого розчиняють в 150 мл 96%-ного етанолу та рН розчину встановлюють так, щоб індикатор мав брудно-сірий колір).

Титрометричне визначення

Визначення лужності ґрунтується на титруванні води сильною кислотою. Кількість розчину, яка необхідна для досягнення рН 8,3, еквівалентна вільній лужності, а для досягнення рН 4,5 – загальній лужності. Якщо рН води менше 4,5, її лужність дорівнює нулю.

Кінцеву точку при титруванні знаходять візуально або електрометрично (при аналізі забруднених або забарвлених вод). Кольоровість і каламутність води усувають, додаючи активованого вугілля і фільтруючи пробу через фільтр. Вільний хлор видаляють додаванням до води еквівалентної кількості натрій тіосульфату.

Лужність, особливо вільну, необхідно визначити не пізніше ніж через 24 години після відбору проби. Для більш точного визначення лужності

необхідно попередньо витіснити вільний вуглекислий газ, продуваючи через воду повітря, тому що його високі концентрації заважають чітко побачити перехід забарвлення при титруванні.

Хід визначення. Для визначення вільної лужності відмірюють 100 мл досліджуваної води (при високій лужності беруть менший об'єм і розводять до 100 мл прокип'яченою охолодженою дистильованою водою), додають 0,1 мл (2 краплі) розчину фенолфталеїну і титрують на білому фоні хлоридною кислотою до знебарвлення. Щоб чіткіше вловити кінець титрування, визначення треба вести з контролем (досліджувана вода з такою ж кількістю індикатора).

Для визначення загальної лужності беруть 100 мл води, в яку додають 0,15 мл (3 краплі) змішаного індикатора або 0,1 мл (2 краплі) метилового оранжевого. Потім продувають повітря протягом 2-3 хвилин і титрують хлоридною кислотою на білому фоні в присутності контрольного розчину до моменту, коли зелений колір змішаного індикатора зміниться на брудно-сірий (або до переходу жовтого кольору в оранжевий при додаванні метилового оранжевого). Знову продувають повітря, і якщо попередній колір повертається, розчин дотитровують. Повітря продовжують продувати, і якщо повертається попереднє забарвлення, знову дотитровують.

Вільну (В) і загальну (З) лужність в ммоль екв/дм³ розраховують за формулами:

$$B = \frac{A \times K \times 0,1 \times 1000}{V} = \frac{A \times K \times 100}{V}$$
$$Z = \frac{H \times K \times 0,1 \times 1000}{V} = \frac{H \times K \times 100}{V}$$

де: А – об'єм розчину хлоридної кислоти, витрачений на титрування за фенолфталеїном, мл; Н – те саме за змішаного індикатора або метилоранжу, мл; К – поправковий коефіцієнт до розчину С_Е (HCl) = 0,1 моль/дм³; V – об'єм аналізованої води, мл.

Нормативи. Загальна лужність питної води не повинна перевищувати 6,5 ммоль екв/л.

Питання для самоконтролю

1. Санітарно-гігієнічне значення реакції (рН) води.
2. Чи впливає рН води на гідробіонтів?
3. Чому при підкисленні води може наступити отруєння водних організмів?
4. Від яких чинників залежить рН води?
5. Методи визначення рН води.
6. Принцип визначення рН води за допомогою універсального індикатора.
7. Принцип електрометричного визначення рН води.
8. Що таке кислотність води, від чого вона залежить?
9. Методи визначення кислотності води.
10. Що таке лужність води, від чого вона залежить?

11. Методи визначення лужності вод.

12. Норми кислотності та лужності питних вод.

1.6. Визначення окиснюваності води

Мета:

1. Ознайомитись з різними методами визначення у воді органічних речовин і недоокислених солей.

2. Засвоїти санітарно-гігієнічні норми окиснюваності води різного походження.

Окиснюваність води є важливим санітарно-гігієнічним показником забрудненості її органічними речовинами та недоокисленими солями (нітри, сульфідні тощо). Висока окиснюваність, бактеріальна забрудненість та змінний вміст хлоридів, сульфатів можуть свідчити про попадання у воду речовин органічного походження та можливе зараження її патогенними мікроорганізмами.

Про окиснюваність судять за кількістю кисню, яка пішла на окиснення органічних речовин і недоокислених солей, що містяться в 1 літрі води. Залежно від природи окисника розрізняють окиснюваність перманганатну і дихроматну (ХСК – хімічне споживання кисню). Окиснення здійснюють калій перманганатом в кислому середовищі (якщо вміст хлоридів не перевищує 300 мг/дм³) і в лужному середовищі (при вмісті хлоридів, більшому ніж 300 мг/дм³) або калій дихроматом в концентрованій сульфатній кислоті при кип'ятінні (окиснюються практично всі органічні сполуки).

Окиснюваність вод може коливатись у помітних межах залежно від їх походження: глибоких підземних – 1-2; ґрунтових – 2-4; відкритих водойм – 5-6 і більше мг/дм³.

Визначення перманганатної окиснюваності у кислому середовищі (за Кубелем)

Метод ґрунтується на здатності калій перманганату (KMnO₄) у кислому середовищі при кип'ятінні окиснювати присутні у воді органічні та деякі неорганічні речовини. В розрахунках приймають, що 1 мл розчину KMnO₄ з C_E=0,01 моль/дм³ виділяє 0,08 мг кисню:



Без розведення води можна визначати окиснюваність до 10 мг кисню на літр.

Обладнання і реактиви: електрична плитка, колба на 250-300 мл, мірний циліндр, бюретка, піпетки, скляні кульки, сульфатна кислота в розведенні 1:3, розчин оксалатної (щавлевої) кислоти, C_E=0,01 моль/дм³ (готують з фіксаналу або 0,6303г H₂C₂O₄ · 2H₂O розчиняють в 1л дистильованої води; 1 мл розчину потребує для свого окиснення 0,08 мг кисню); 50%-вий розчин натрій гідроксиду; розчин KMnO₄ з C_E=0,01 моль/дм³ (готують із фіксаналу або в 1 л дистильованої води розчиняють 0,316 г препарату). Зберігають розчин у посуді з темного скла, зрідка перемішуючи. Концентрацію розчину

калій перманганату перевіряють таким чином: у колбу об'ємом 250 мл наливають 100 мл дистильованої води, додають 5 мл сульфатної кислоти (1:3) і 10 мл оксалатної кислоти з $C_E=0,01$ моль/дм³. Суміш нагрівають, титрують розчином калій перманганату до появи слабого рожевого забарвлення.

Поправковий коефіцієнт (К) розраховують за формулою:

$$K = \frac{10}{a}$$

де: а – об'єм розчину КМnO₄, який витрачений на окиснення 10 мл розчину оксалатної кислоти, мл.

Хід визначення. У конічну колбу поміщають декілька скляних кульок, наливають 100 мл досліджуваної води, 5 мл розчину сульфатної кислоти (1:3), 10 мл розчину КМnO₄. Суміш нагрівають до кипіння (до 5 хв.), закривши колбу годинниковим склом або малою лійкою, після чого кип'ятять рівно 10 хвилин. До гарячого розчину, який зняли з плитки, вливають 10 мл розчину оксалатної кислоти (для руйнування КМnO₄, який не вступив у реакцію з органічними і неорганічними речовинами) і перемішують до знебарвлення. Потім гарячий розчин титрують розчином калій перманганату до слабо-рожевого кольору.

Якщо в процесі кип'ятіння суміш знебарвиться або побуріє, аналіз треба повторити, розбавивши досліджувану воду.

Одночасно проводять холостий дослід з дистильованою водою. Розхід калій перманганату не повинен перевищувати 0,3 мл.

Величину перманганатної окиснюваності (мгО/дм³) розраховують за формулою:

$$X = \frac{[(V_1 + V_2) \times K - 10] \times 0,08 \times 1000}{V}$$

де: V₁ – об'єм розчину калій перманганату, внесеного у воду до кип'ятіння, мл; V₂ – об'єм розчину КМnO₄, витрачений на титрування надлишку оксалатної кислоти, мл; К – поправковий коефіцієнт для розчину КМnO₄; 10 – об'єм розчину оксалатної кислоти взятої для реакції; 0,08 – кількість кисню, відновленого 1 мл розчину КМnO₄ з $C_E=0,01$ моль/дм³, мг; 1000 – множник для перерахунку результатів на 1 л води; V – об'єм води, взятої для аналізу, мл.

Примітка: C_E = моль/дм³ – молярна концентрація еквівалентів хімічної речовини, раніше – нормальність розчину, Н.

Визначення окиснюваності води в лужному середовищі (за Шульцом)

Метод використовується для визначення окиснюваності води з високим вмістом у ній хлоридів, а також стічних вод.

Хід визначення. У конічну колбу наливають 100 мл досліджуваної води, додають 0,5 мл 50%-го водного розчину натрій гідроксиду та 10 мл розчину калій перманганату. Рідину нагрівають і кип'ятять 10 хвилин, охолоджують до 50-60 °С, додають 5 мл розчину сульфатної кислоти (1:3), 10 мл розчину оксалатної кислоти. Рідина повинна знебарвитись, якщо не

знебарвилась, то додають ще кілька мілілітрів кислоти і титрують розчином KMnO_4 з $C_E=0,01$ моль/дм³ до стійкого блідо-рожевого кольору. Розрахунок проводять за вищенаведеною формулою

Визначення окиснюваності води у польових умовах

У пробірку наливають 10 мл досліджуваної води, додають 0,5 мл (10 крапель) сульфатної кислоти (1:3) і 1 мл (20 крапель) розчину KMnO_4 ($C_E=0,01$ моль/дм³). Суміш добре перемішують і залишають на 20 хвилин при температурі 20°C або на 40 хвилин при 10-20°C. За інтенсивністю забарвлення суміші визначають окиснюваність води (табл. 8).

Таблиця 8

Визначення окиснюваності у польових умовах

Забарвлення при спостереженні збоку	Окиснюваність, мгО/дм ³	Забарвлення при спостереженні збоку	Окиснюваність, мгО/дм ³
Яскраве бузково-рожеве	1	Блідо-рожеве	8
Бузково-рожеве	2	Рожево-жовте	10
Слабе бузково-рожеве	4	Жовте	16 і вище
Блідо-бузково-рожеве	6		

Експрес-метод загальної оцінки забрудненості води органічними речовинами. За результатами прискореного аналізу води (якісна проба) можна зробити висновок про її якість. У пробірку наливають 10 мл досліджуваної рідини, додають 1 краплю розчину метиленової синьки (для контрасту). Пробірку закривають корком і вміст збовтують протягом 30с. Кількість органічних речовин у воді прямо пропорційна кількості утвореної піни. Дослідження проводять в присутності контрольної проби з дистильованою водою.

Нормативи. Окиснюваність води не повинна перевищувати 4-5 мгО/дм³.

Визначення хімічного споживання кисню (ХСК)

Дихроматна окиснюваність (ХСК) – це величина, що характеризує загальний вміст у воді відновників (неорганічних і органічних), які реагують з калій дихроматом у середовищі сульфатної кислоти (1:1) в перерахунку на кисень (мгО/л).

У сульфатно кислому середовищі (50%-ний розчин сульфатної кислоти) калій дихромат при кип'ятінні є сильним окисником, особливо в присутності Ag_2SO_4 як каталізатора. Після окиснених відновників, які містяться у воді, надлишок $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ відтитрують розчином солі Мора.

За відсутності у воді хлоридів як каталізатор використовують Ag_2SO_4 . Якщо аналізована вода містить хлориди і лише легкоокиснювані органічні речовини, то визначення проводять без Ag_2SO_4 ; хлорид-іони окиснюються до вільного хлору. З одержаного результату вираховують поправку: на 1 мг Cl^- витрачається 0,23 мг кисню.

Якщо стічна вода містить органічні речовини, що окиснюються лише за наявності Ag_2SO_4 , то для зв'язування хлоридів додають меркурій (II) сульфат HgSO_4 в такій кількості, щоб на кожен мг Cl^- припадало 15 мг Hg (22,5 мг HgSO_4); при цьому утворюється розчинний, але малодисоційований HgCl_2 , який при надлишку Hg^{2+} стійкий навіть за наявності концентрованої сульфатної кислоти і калій дихромату.

Хлорид-іони за концентрації, меншій 1 г/дм^3 , усуваються додаванням $0,4 \text{ г } \text{HgSO}_4$. Якщо їх концентрація вища, то HgSO_4 додавати у 15-кратній до Cl^- іонів кількості. Одночасно слід додавати 5 мг концентрованої сульфатної кислоти для кращого розчинення HgSO_4 .

Обладнання і реактиви: круглодонна колба із зворотним холодильником на шліфах, конічна колба, піпетки Мора, бюретка і штатив, паперовий фільтр, скляна лійка, сульфатна кислота (густ. $1,84 \text{ г/см}^3$); аргентум сульфат Ag_2SO_4 ; ч.д.а.; меркурій (II) сульфат (II) HgSO_4 , ч.д.а.; калій дихромат з $C_E=0,01 \text{ моль/дм}^3$ ($4,902 \text{ г } \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, висушеного за температури 180°C , розчиняють у дистильованій воді та доводять об'єм до 1 л); розчин солі Мора з $C_E(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2=0,1 \text{ моль/дм}^3$ ($36 \text{ г } (\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ розчиняють у 60 мл розчину сульфатної кислоти (1:3) і розбавляють дистильованою водою до 1 л . Поправковий коефіцієнт цього розчину встановлюють за титруванням розчином калій дихромату. Для цього 25 мл калій дихромату розбавляють дистильованою водою до 250 мл , додають 20 мл концентрованої сульфатної кислоти, перемішують і після охолодження, додавши 3-4 краплі фероїну або 5-10 крапель фенілантранілової кислоти, титрують розчином солі Мора); індикатор фероїн (у дистильованій воді розчиняють $1,485 \text{ г}$ моногідрату $1,10$ – фенантроліну і $0,695 \text{ г } \text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, розводять до 100 мл); фенілантранілова кислота (у 12 мл $0,1 \text{ М}$ розчину NaOH розчиняють $0,25 \text{ г}$ реактиву і розбавляють дистильованою водою до 250 мл).

Забруднену воду перед аналізом відстоюють 2 години. Якщо вона не прозора, фільтрують через паперовий фільтр. Мінімальний об'єм проби – 5 мл . При необхідності розведення досліджуваної води слід брати не менше ніж 10 мл . Правильно підібраний об'єм проби такий, на окиснення якого витрачається 50 мл калій дихромату.

Хід визначення. У колбу об'ємом 300 мл наливають 20 мл (або $5, 10, 15$ і відповідно $15, 10, 5 \text{ мл}$ дистильованої води) досліджуваної води додають 10 мл розчину калій дихромату і приливають 30 мл (малими порціями і перемішуючи) концентрованої сульфатної кислоти. До колби приєднують зворотний холодильник, який закріплюється у штативі, доводять розчин до кипіння і кип'ятять упродовж 2 годин. Потім пробу охолоджують, розчин переносять у конічну колбу. Холодильник і круглодонну колбу кілька разів споліскують дистильованою водою, а промивні води додають у конічну колбу, щоб об'єм проби розчину був близько 350 мл . До нього додають 4-5 крапель фероїну або 10-15 крапель фенілантранілової кислоти і титрують надлишок біхромату калію розчином солі Мора до зміни забарвлення розчину.

Паралельно виконують дослід з 20 мл дистильованої води.

Величину ХСК (мгО/дм^3) розраховують за формулою:

$$\text{ХСК} = \frac{(A - B) \times C_E \times K \times 8 \times 1000}{V}$$

де: A і B – об'єм розчинів солі Мора, які витрачені на титрування контрольної проби та проби досліджуваної води, мл; C_E – молярна концентрація еквівалентів розчину солі Мора ($0,1$ моль/дм³); K – поправковий коефіцієнт для розчину солі Мора; 8 – молярна маса еквівалент кисню; V – об'єм проби досліджуваної води, мл.

Визначення окиснюваності слабозабруднених стічних вод проводять, застосовуючи розчин калій дихромату з концентрацією $0,05$ або $0,025$ моль/л і титрують розчином солі Мора відповідної концентрації. Розрахунки проводять за тією ж формулою.

Для визначення ХСК води застосовують міжнародний стандарт ISO 6060. Суть методу тотожна вище описаному.

Нормативи. ХСК води водойм господарсько-питного водопостачання – 15 мгО/дм³, культурно-побутового – 30 мгО/дм³.

Питання для самоконтролю

1. Що називають окиснюваністю води?
2. Про що свідчить висока окиснюваність води?
3. Як впливає висока окиснюваність води на вміст кисню у водоймі?
4. Методи визначення окиснюваності води.
5. Суть перманганатної окиснюваності води.
6. Що характеризує величина ХСК?
7. Принцип визначення дихроматної окиснюваності води.
8. Експрес-методи визначення органічних речовин у воді.
9. Санітарні норми перманганатної та біохроматної окиснюваності води.

1.7. Визначення розчиненого у воді кисню (за Вінклером)

Мета:

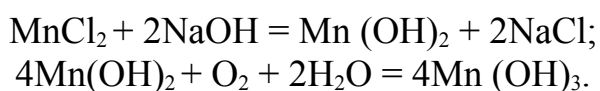
1. Ознайомитись з методами визначення у воді розчиненого кисню та біохімічної потреби кисню (БПК) .
2. Засвоїти санітарно-гігієнічні норми концентрації розчиненого у воді кисню і ступінь забруднення її за БПК₅.

У природні водойми кисень надходить з атмосферним повітрям, виділяється в процесі фотосинтезу водною флорою, а використовується для дихання живих організмів, окиснення та розкладання органічних решток. Вміст розчиненого у воді кисню є одним із критеріїв її чистоти. Кисневий режим служить для розрахунку можливостей кількісного надходження стічних вод у водойми. У разі нестачі кисню органічні речовини гниють, виділяючи у воду отруйні для гідробіонтів речовини.

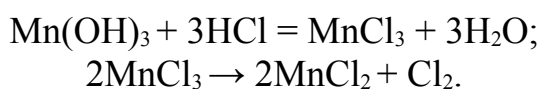
Розчинність кисню у воді залежить від її температури, атмосферного тиску, парціального тиску кисню, сольового складу води та її забрудненості органічними речовинами. З підвищенням температури води концентрація

кисню у ній зменшується (у кип'яченій воді його немає), а з підвищенням атмосферного або парціального тиску кисню – збільшується. Чим більше забруднена вода, тим більша кількість кисню витрачається на окиснення органічних домішок і тим менша кількість розчиненого кисню міститься у ній.

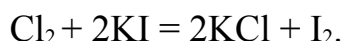
Метод ґрунтується на тому, що при взаємодії манган (II) хлориду з натрій гідроксидом утворюється осад манган (II) гідроксиду, який окиснюється киснем, розчиненим у воді, до гідроокису марганцю:



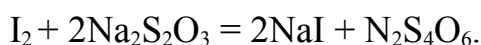
При додаванні до води концентрованої хлоридної кислоти утворюється манган (III) хлорид, який швидко розпадається на манган (II) хлорид і вільний хлор. Кількість останнього еквівалентна кількості манган (III) хлориду, вміст якого в свою чергу буде еквівалентний вмісту кисню у воді:



Утворений хлор витісняє йод з калій йодиду:



Йод, який виділився, визначають титрометрично за допомогою натрій тіосульфату:



Кількість натрій тіосульфату еквівалентна кількості виділеного I_2 , а отже кількості Cl_2 . Оскільки кількість Cl_2 еквівалентна вмісту кисню у воді, то і кількість $\text{N}_2\text{S}_4\text{O}_6$ еквівалентна вмісту розчиненого кисню.

Визначенню кисню перешкоджають зависі, які видаляють адсорбцією на $\text{Al}(\text{OH})_3$; окисники, що реагують з KI (хлор, нітрити, ферум (III) тощо); відновники, які взаємодіють з виділеним йодом (сульфіти, тіосульфати, деякі органічні сполуки). Натрій азид усуває вплив нітритів; ферум (III) зв'язує у флуоридний комплекс.

Обладнання і реактиви: флакони об'ємом 250-350 мл із шліфованими корками для досліджуваної води, конічні і мірні колби об'ємом 500 і 1000 мл, бюретка для титрування, піпетки на 1 мл; дозатор на 3 мл для кислоти, водяна баня, розчин марган (II) хлориду або сульфату (розчиняють 42,5 г $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ або 48 г $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в дистильованій воді і доводять об'єм до 100 мл); лужний розчин калій йодиду: а) розчиняють 75 г KI в 50 мл дистильованої води. При підкисленні розбавлений розчин не повинен виділяти йод; б) розчиняють 250 г NaOH або 350 г KOH в 250 мл дистильованої прокип'яченої (для видалення CO_2) води. Обидва розчини змішують і доводять об'єм дистильованою водою до 500 мл); розчин хлоридної кислоти (2:1); розчин натрій тіосульфату з $C_E(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)=0,01$ моль/дм³ (розчиняють 2,48 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ у дистильованій воді і доводять об'єм до 1 л); 1%-ний розчин крохмалю.

Хід визначення. У флакон з відомим об'ємом набирають з водою (з глибини 0,5 м) води до самого верху так, щоб після закривання його корком не залишилося бульбашок повітря. Одночасно вимірюють температуру води. На місці відбору проби негайно фіксують кисень. Для

цього у флакон додають 1 мл розчину марган (II) хлориду або сульфату (на дно) і 1 мл лужного розчину калій йодиду (під верх) на 100-150 мл води. Флакон закривають так, щоб під корком не було повітря, а вміст добре перемішують, перевертаючи його догори дном, і залишають для відстоювання. У такому стані пробу можна залишити для транспортування, але не більше ніж на 1 добу.

Перед титруванням (осад повинен добре осісти) у нижню частину флакона доливають 5 мл розчину хлоридної кислоти, розбавленого 2:1 (при цьому частина рідини виливається через край), закривають, дотримуючись вищевказаних правил, і знову перемішують до повного розчинення осаду. Потім суміш з флакону переливають у колбу, швидко титрують розчином натрій тіосульфату до слабо жовтого кольору, додають 1 мл розчину крохмалю і продовжують титрувати до зникнення синього забарвлення.

Кількість розчиненого у воді кисню (мг/дм³) розраховують за

$$X = \frac{A \times C_E \times 8 \times 1000}{V_1 - V_2}$$

формулою:

де: А – об'єм натрій тіосульфату, витраченого на титрування проби води, мл; С_Е – молярна концентрація розчину натрій тіосульфату (0,01 моль/дм³); 8 – маса кисню (мг), яка еквівалентна на 1 мл розчину натрій тіосульфату з С_Е(Na₂S₂O₃)=0,01 моль/дм³; V₁ – об'єм проби води у флаконі, мл; V₂ – об'єм реактивів, які внесли для фіксації кисню, мл; 1000 – множник для перерахунку об'єму води в 1 л.

ISO 5813 встановлює йодометричний метод визначення розчиненого у воді кисню (метод Вінклера). В присутності речовин, які легко окислюються (таніни, лігніни, гумінові кислоти, сульфіді, тіосечовина), краще використовувати метод електрохімічного датчика (ISO 5814).

Крім абсолютного значення кількості розчиненого кисню, вираховують ступінь насичення води за відношенням до нормального вмісту кисню за даної температури і тиску. Для цього використовують таблицю 9, в якій подано вміст кисню за різної температури, тиску 760 мм. рт. ст. і загальної мінералізації води до 1000 мг/дм³.

Таблиця 9

Розчинність кисню у воді за різних значень температури й тиску 760 мм. рт. ст.

Тем- ра, °С	Кількість О ₂ в 1 л		Тем- ра, °С	Кількість О ₂ в 1 л		Тем- ра, °С	Кількість О ₂ в 1 л	
	мл	мг		мл	мг		мл	мг
0	10,21	14,62	10	7,91	11,33	20	6,40	9,17
1	9,93	14,23	11	7,73	11,08	21	6,28	8,89
2	9,66	13,84	12	7,56	10,83	22	6,16	8,83
3	9,41	13,48	13	7,40	10,60	23	6,06	8,68
4	9,17	13,13	14	7,24	10,37	24	5,95	8,53
5	8,94	12,80	15	7,09	10,15	25	5,89	8,38
6	8,71	12,48	16	6,95	9,95	26	5,74	8,22

7	8,50	12,17	17	6,80	9,74	27	5,63	8,07
8	8,29	11,87	18	6,66	9,54	28	5,53	7,92
9	8,09	11,59	19	6,53	9,35	29	5,42	7,77

Ступінь насичення води киснем (%) розраховують за формулою:

$$C_{\text{кис}} = \frac{A \times 100 \times P_1}{HP_2}$$

де: А – кількість кисню в мг/дм³ за аналізом; Н – нормальна кількість кисню за даної температури і тиску (P₁) 760 мм. рт. ст. або 1013 гПа; P₂ – фактичний тиск, мм. рт. ст. або гПа.

Кисень у воді зариблених водойм необхідний для існування риб. Критичні, порогові і оптимальні межі насичення киснем води рибних ставів наведені у таблиці 10.

Таблиця 10

Насичення киснем води рибних ставів

Межі забезпечення риб киснем	При температурі від 0,5 до 2 °С		При температурі від 5 до 10 °С	
	Вміст О ₂ у воді, мг/л	Насичення киснем, %	Вміст О ₂ у воді, мг/л	Насичення киснем, %
Критична нижня	0,5-4,5	3-32	0,5-3,5	3-32
Порогова нижня	5-6,5	34-47	4-5	35-40
Оптимальна (зона комфорту)	8-14	55-101	7-11	57-97
Порогова верхня	15-16	103-115	13-14	103-115
Критична верхня	17 і більше	116 і більше	15 і більше	116 і більше

Нормативи. Концентрація розчиненого кисню у воді водойм (І і ІІ категорії) у пробі, яка відібрана до 12 години дня, повинна бути не менше 4мг/дм³ в будь-який період року.

1.8. Визначення біохімічного споживання кисню (БСК)

Біохімічне споживання кисню – важливий екологічний показник стану природних водойм, який вказує на ступінь забруднення води. БСК – кількість кисню (мг), яка необхідна для окиснення органічних речовин, які містяться в 1 л води, за аеробних умов без доступу повітря, світла і температури 20°С в результаті проходження біохімічних процесів за певний період часу (БСК за 3, 5, 10, 20 діб тощо). Найчастіше за критерій оцінки води прийнято вважати БСК₅ – величину зниження кількості кисню, розчиненого у воді при 5 добовому зберіганні за стандартних умов.

Визначають БСК за різницею вмісту розчиненого кисню до і після інкубації при стандартних умовах.

Біохімічне окиснення речовин проходить з різною швидкістю, яка залежить від їх природи та кількості, а також від вмісту мікроорганізмів. Воно буває коротким (2-3 дні), може тривати до 15-20 днів, а для деяких

сполук ще більше. Тому за процесом БСК треба спостерігати доти, поки вміст у пробі розчиненого кисню не перестане знижуватись - це і буде повне БСК.

Обладнання і реактиви: кілька флаконів із шліфованими корками, термостат водяний, реактиви, як для визначення розчиненого у воді кисню, вода для розведення (дехлорована водопровідна вода, яка не містить нітритів, спеціально підготовлена дистильована вода або річкова вода).

Для сильнозабруднених річкових і стічних вод, як правило, необхідно попередньо розбавляти проби.

Хід визначення. Досліджувану воду наливають у бутель до 2/3 об'єму, нагрівають на водяній бані до температури 20°C і збовтують протягом 1 хвилини (для насичення води киснем). Після цього за допомогою лійки наливають воду у кілька флаконів з відомим об'ємом, які закривають корками. У двох флаконах відразу визначають вміст розчиненого кисню, а інші ставлять у термостат при температурі 20°C. Через 3, 5, 10, 15, 20 діб тощо у цих пробах також визначають кількість розчиненого кисню.

Величину БСК (мгО/дм³) розраховують за формулою:

$$X = A_1 - A_2,$$

де: A_1 і A_2 – концентрація кисню в пробі води до і після інкубації, мг/дм³.

Характеристику воді за цими результатами можна дати за табл. 11.

Таблиця 11

Характер забруднення води за даними БСК₅

Ступінь забруднення	Втрата кисню, мг/дм ³
Дуже чиста	1
Чиста	2
Достатньо чиста	3
Сумнівна	5
Дуже забруднена	10

Міжнародний стандарт ISO 5815 уточнює загальноприйнятий емпіричний метод визначення біохімічного споживання кисню для води шляхом розведення і посіву.

Питання для самоконтролю

1. Джерела надходження кисню у воду.
2. Назвіть хімічні та біологічні процеси, інтенсивність яких залежить від вмісту кисню у воді.
3. Які фактори впливають на вміст розчиненого у воді кисню?
4. Принцип визначення кількості розчиненого у воді кисню.
5. Хід визначення кількості розчиненого у воді кисню.
6. Нормативи кількості розчиненого у воді кисню.
7. Як визначити ступінь насичення води киснем?
8. Що таке біохімічне споживання кисню?
9. Принцип і хід визначення БСК.
10. Характер забруднення води водойм за БСК₅.

1.9. Визначення твердості води

Мета:

1. Ознайомитись із значенням твердості води, призначеної для питних і господарських цілей.
2. Оволодіти методами визначення твердості води.
3. Засвоїти санітарно-гігієнічні норми твердості води.

Твердість (жорсткість) води зумовлена головним чином розчиненими в ній сполуками кальцію і магнію, а також натрію, калію, мангану, феруму, бору тощо у вигляді гідрокарбонатів, карбонатів, сульфатів, хлоридів та інших сполук. Залежно від типу порід і ґрунтів, які формують басейн водозбору, а також сезонів року твердість води може коливатись в широких межах.

Твердість може підвищуватись при її забрудненні органічними речовинами, які з часом розкладаються на мінеральні. Тобто висока твердість за наявності у воді аміаку, нітритів, хлоридів, підвищеної окиснюваності може свідчити про неблагополучність її в санітарному відношенні.

Вода з твердістю понад 10 ммоль екв/дм³ може мати неприємний присмак, сприяє появі дерматитів, погіршує перебіг нирковокам'яної хвороби.

Доведено, що довготривале споживання високомінералізованої води може негативно вплинути на серцево-судинну, травну, сечовидільну системи, а також опорно-руховий апарат.

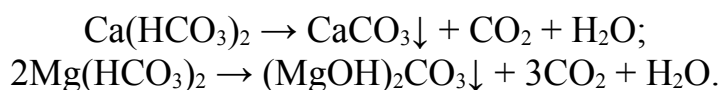
Тверда вода не бажана в побуті та промисловості, оскільки в ній утруднюються процеси миття, прання, приготування їжі, а також з'являється накип на посуді, теплообмінному обладнанні, що знижує ефективність їх використання.

У водоймах з м'якою водою дія отруйних неорганічних сполук проявляється при нижчих концентраціях, ніж у водоймах з твердою водою.

Розрізняють загальну, усувну (карбонатну) і постійну твердість.

Загальна твердість зумовлена сумою всіх розчинених у воді солей. Її усувають додаванням натрій карбонату чи фосфату, які осаджують катіони кальцію і магнію у вигляді нерозчинних солей.

Усувна (тимчасова) і карбонатна твердість зумовлені наявністю кальцій і магній гідрокарбонатів. При кип'ятінні гідрокарбонати випадають в осад у вигляді малорозчинних карбонатів і гідроксокарбонатів, що призводить до утворення накипу:



Усувна твердість визначається експериментально за зменшенням загальної твердості води при кип'ятінні упродовж однієї години.

Постійна твердість води – це частина загальної твердості, яка залишається після кип'ятіння води. Вона залежить від наявності в ній сульфатних, хлоридних та інших солей кальцію і магнію.

Кількісно твердість води виражають у ммоль екв іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} в 1 л води. 1 ммоль екв твердості відповідає 20,04 мг Ca^{2+} , 12,16 мг і Mg^{2+} або 50 мг CaCO_3 . Раніше твердість води виражали в мг-екв/дм³ або в градусах. 1° твердості відповідає 10 мг кальцій оксиду (CaO), а 1 мг екв 28мг CaO в 1 л води, що відповідає 2,8° твердості.

Характеристику води за ступенем твердості наведено в таблиці 12.

Твердість води визначають хімічним (комплексометричним, спиртовомильним, гліцеринно-пальмітатним, олеатним) та фізико-хімічним (іонообмінним) методами. Міжнародний стандарт ISO 6059 визначає титриметричний метод (описаний нижче).

Таблиця 12

Типи природних вод за твердістю

Типи вод	Твердість ммоль екв/л	Твердість		
		Ca^{2+} мг/л	Mg^{2+} мг/л	CaCO_3 , мг/л
Дуже м'яка	0-1,5	0-30,06	0-18,24	0-75,00
М'яка	1,5-3,0	30,06-60,12	18,24-36,48	75,00-150,00
Середньо-тверда	3,0-4,5	60,12-90,18	36,48-52,72	150,00-225,00
Досить тверда	4,5-6,5	90,18-130,26	52,72-79,04	225,00-325,00
Тверда	6,5-11,0	130,26-200,44	79,04-131,76	325,00-550,00
Дуже тверда	> 11,0	> 220,44	> 131,76	> 550,00

Визначення загальної твердості комплексометричним методом

Метод ґрунтується на здатності розчину трилону Б (двонатрієва сіль етилендіамінтетраоцтової кислоти) утворювати з іонами кальцію і магнію стійку комплексну сполуку. Визначення проводять шляхом титрування проби води трилоном Б при рН 7-9 в присутності індикатора, який утворює з іонами кальцію і магнію забарвлені сполуки.

Обладнання і реактиви: колби конічні місткістю 250 мл, бюретки, піпетки, мірний циліндр на 100 мл, розчин трилону Б з $C_E(\text{Тр. Б})=0,01$ моль/дм³ готують з фіксаналу або розчиняють у дистильованій воді 16,8 г безводного трилону Б і доводять об'єм до 1 л, розвівши цей розчин у 2 рази, одержують $C_E(\text{Тр. Б})=0,05$ моль/дм³, концентрацію якого встановлюють за стандартним розчином магній сульфату або цинк хлориду ($C_E=0,05$ моль/дм³). Для цього в колбу вносять 5 мл одного із вказаних розчинів, розбавляють дистильованою водою до 100 мл, додають 10 мл буферного розчину, 5-7 крапель індикатора і титрують при сильному збовтуванні розчином трилону Б з $C_E=0,05$ моль/дм³ до зміни забарвлення в точці еквівалентності. При застосуванні індикатора хром темно-синього забарвлення повинно бути синім з фіолетовим, а при додаванні хромогену чорного – синім із зеленкуватим відтінком. Титрування проводять на фоні контрольної проби; амоніачний буферний розчин (10г амоній хлориду розчиняють в дистильованій воді, додають 50 мл 25%-го розчину амоніаку і доводять до 500 мл дистильованою

водою); 0,5%-ний розчин індикаторів (0,5 г індикатора розчиняють в 20 мл амоніачного буферного розчину і доводять об'єм до 100 мл етанолом). Розчин кислотного хрому темно-синього зберігається довго, хромогену чорного – упродовж 10 днів. Також можна користуватись сухим індикатором. Для цього 0,25 г індикатора змішують з 50 г добре розтертого в ступці натрій хлориду; 5% розчин натрій сульфід (5 г $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ або 3,7 г $\text{Na}_2\text{S} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ розчиняють в 100 мл дистильованої води); 1%-ний розчин гідроксиламін гідрохлориду (1 г $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$ розчиняють в дистильованій воді і доводять об'єм до 100 мл); розчин цинк хлориду (в 30 мл хлоридної кислоти (1:1) розчиняють 3,269 г гранульованого цинку і доводять об'єм дистильованою водою до 1 л. Одержують розчин ZnCl_2 з концентрацією $C_E=0,1$ моль/м³. Якщо його розвести у 2 рази, одержують розчин з $C_E=0,05$ моль/дм³); розчин магній сульфату, $C_E(\text{MgSO}_4)= 0,05$ моль/дм³ (готують з фіксаналу); розчин хлоридної кислоти, $C_E(\text{HCl})= 0,01$ моль/дм³; 0,1%-ний розчин метилоранжу.

Хід визначення. В конічну колбу вносять 100 мл досліджуваної води або менший об'єм, який розведений до 100 мл дистильованою водою (твердість проби не повинна перевищувати 0,5 ммоль екв/дм³), додають 5 мл амоніачного буферного розчину, 5-7 крапель індикатора (або 0,1 г сухого індикатора) і відразу титрують розчином трилону Б з $C_E=0,05$ моль/дм³, інтенсивно збовтуючи, до переходу забарвлення розчину в точці еквівалентності.

Нечітка зміна забарвлення після титрування вказує на присутність у воді міді і цинку. Щоб усунути їх вплив, у воду до внесення амоніачного буферного розчину додають 1-2 мл 5%-ного розчину натрій сульфід, після чого аналіз проводять як описано вище.

Вплив марганцю (Mn^{2+}) (після внесення у пробу буферного розчину та індикатора, розчин знебарвлюється і набуває сірого кольору) усувають, додаючи до проби води, перед внесенням всіх реактивів, 5 крапель 1%-ного розчину гідроксиламін гідрохлориду. Якщо титрування триває понад 5хв., а в точці еквівалентності забарвлення нестійке і нечітке, що буває при високій лужності води, тоді пробу попередньо нейтралізують 0,1М розчином хлоридної кислоти, яку додають перед аналізом. Потім визначення проводять за вищеописаним методом.

Загальну твердість води (ммоль-екв/дм³) вираховують за формулою:

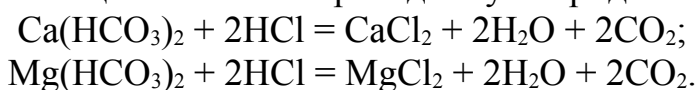
$$X = \frac{A \times C_E(\text{Тр. Б}) \times 1000}{V}$$

де: А – об'єм розчину трилону Б, витраченого на титрування проби, мл; $C_E(\text{Тр. Б})$ – молярна концентрація еквівалентів трилону Б, моль/дм³; V – об'єм води, взятої для аналізу, мл.

Цією методикою визначають твердість води в межах 0,5 до 20,0 ммоль екв/дм³.

Визначення усунної (карбонатної) твердості

Оскільки карбонатна твердість води зумовлена іонами HCO_3^- , її визначають титруванням проби води розчином хлоридної кислоти, внаслідок чого гідрокарбонати кальцію і магнію переходять у хлориди:



Хід визначення. У колбу наливають 100 мл досліджуваної води, додають 2 краплі розчину індикатора метилоранжу і титрують розчином хлоридної кислоти з $C_E(\text{HCl})=0,01$ моль/дм³ до появи блідо-рожевого забарвлення.

Карбонатну твердість (ммоль екв/дм³) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{A \times C_E \times 1000}{V}$$

де: A – об'єм розчину хлоридної кислоти, витраченої на титрування, мл; C_E – молярна концентрація розчину хлоридної кислоти; V – об'єм води, взятої для аналізу, мл.

Постійну твердість води визначають за різницею між загальною і карбонатною.

Нормативи. Санітарними нормами передбачено, що загальна твердість питної води не має перевищувати 7 ммоль екв/дм³.

Питання для самоконтролю

1. Санітарно-гігієнічне, фізіологічне та побутове значення твердості води.
2. За яких умов може підвищуватись твердість води?
3. Які сполуки зумовлюють твердість води?
4. Характеристика видів твердості води.
5. Одиниці твердості води та гігієнічні норми.
6. Типи природних вод за твердістю.
7. Якими методами визначають твердість води?
8. Методика визначення загальної твердості води.
9. Які сполуки перешкоджають визначенню твердості води?
10. Методика визначення карбонатної і постійної твердості води.

1.10. Визначення хімічних показників процесу мінералізації води

Мета:

1. Ознайомити студентів з процесами самоочищення води та його санітарно-гігієнічним значенням.

2. Оволодіти методами визначення окремих показників, що характеризують процеси мінералізації у воді.

3. Засвоїти гранично допустимі концентрації окремих сполук у воді, які утворюються під час самоочищення.

У природні вододжерела, особливо відкриті, можуть потрапляти різноманітні забруднення. За впливу численних процесів, які відбуваються у воді, складні органічні сполуки розкладаються на прості мінеральні речовини. При значному надходженні нечистот у воду, виникає небезпека їх забруднення, тому що вода не в змозі їх знешкодити. Органічні забруднення

є добрим живильним середовищем для патогенних мікроорганізмів, які тривалий час можуть існувати у воді та бути причиною інфікування живих організмів.

У самоочищенні води, в першу чергу, беруть участь водні організми (найпростіші, коловоротки, черви тощо), але основна роль належить водним бактеріям. Цей процес швидше проходить за наявності достатньої кількості кисню розчиненого у воді.

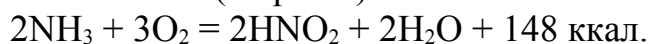
При надходженні забруднень у відкриті водойми, спочатку вони розбавляються водою і тверда їх частина поступово осідає на дно. Потім, за впливу багатьох видів бактерій, органічні сполуки розпадаються до мінеральних речовин, газів і води. Внаслідок певних умов (рН, кількість поживних речовин, антагонізм мікроорганізмів, дія ультрафіолетових променів тощо) патогенна мікрофлора поступово відмирає.

Швидкість процесу мінералізації прямо залежить від кількості забруднення, глибини водойм і швидкості течії води, її температури, рН та кількості кисню, розчиненого у воді.

Біохімічний розпад органічних нітрогенвмісних (азотовмісних) речовин у воді відбувається у дві стадії:

а) стадія амоніфікації – під впливом ферментів бактерій складні молекули білків розкладаються до альбумоз, пептонів, поліпептидів, амінокислот і амоніаку;

б) стадія нітрифікації – проходить у два незалежних етапи. На першому етапі, за наявності кисню у воді, під впливом нітробактерій амоніак окиснюється до азотистої кислоти (нітритів):



На другому етапі під впливом нітробактерій азотиста кислота окиснюється до азотної кислоти – кінець процесу мінералізації:



За відсутності розчиненого у воді кисню нітрати можуть відновлюватись до нітритів і далі - до амоніаку.

Аналогічно відбувається окиснення сірки до сульфатної кислоти (сульфатів), а фосфору – до фосфатів.

Визначення нітрогенвмісних речовин

Азотовмісні речовини (амоніак, нітрити, нітрати) є побічними показниками забруднення води органічними сполуками тваринного походження. Амоніак утворюється при розпаді органічних речовин і вказує на свіже забруднення води стічними побутовими або фекальними водами.

Наявність нітритів у воді обумовлена бактеріальним окисненням амонійного азоту. Їх присутність у воді свідчить про недавнє забруднення. Інколи амоніак і нітрити можуть відновлюватись з нітратного азоту, особливо за нестачі кисню у воді природних шарів водойм.

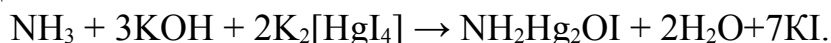
Солі азотної кислоти (нітрати) є кінцевим продуктом мінералізації органічних речовин і свідчать про давнє забруднення води за відсутності амоніаку та нітритів.

Одночасна присутність у воді амоніаку, нітритів і нітратів вказує на постійне забруднення води і продовження процесів мінералізації органічних речовин.

Вододжерела можуть забруднюватись азотовмісними сполуками мінерального походження (поверхневі води з полів та стічні води хімічних виробництв). Це слід враховувати при санітарній оцінці води. На забруднення води органічного походження вказуватимуть інші показники, особливо висока окиснюваність і коливання вмісту хлоридів та сульфатів. Надлишкове надходження азотовмісних і фосфорних сполук у водойми спричиняє бурхливий розвиток синьо-зелених водоростей (евтрофікація) і порушення функціонування водних екосистем.

Визначення амонійного азоту

Принцип визначення ґрунтується на здатності реактиву Неслера утворювати з амонійними сполуками комплексну сіль (йодистий меркурамоній), яка забарвлює розчин у жовтий колір. При високих концентраціях (декілька десятків мг/дм³) амонійних солей утворюється оранжевий осад:



Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, мірні колби місткістю 50, 100 і 1000 мл, пробірки, піпетки, фарфорова ступка, реактив Неслера (розчиняють 50 г KI у 650 мл дистильованої води; 30 г HgCl₂ розчиняють у 150 мл безаміачної води, нагрітої до кипіння. Гарячий розчин HgCl₂ приливають малими порціями до розчину KI до появи нерозчинного червоного осаду і залишають до наступного дня. До фільтрованого розчину додають 150 г КОН (або 107 г NaOH), який попередньо розчиняють у 300 мл безаміачної води і доводять об'єм до 1 л. До цього об'єму додають декілька (4-6) мл розчину HgCl₂ до появи червоного осаду, який не зникає. Суміш залишають у темноті до повного освітлення, переливають без осаду у посуд з темного скла, закривають гумовим корком і зберігають у темноті); 50%-ний розчин сегнетової солі (500 г сегнетової солі KNaC₄H₄O₆ · 4H₂O, розтертої в ступці, розчиняють при нагріванні у воді і доводять дистильованою водою до 1л. Додають в цей розчин 50 мл реактиву Неслера для видалення амоніаку. Розчину дають відстоятись протягом доби і роблять пробу на повноту осадження амоніаку реактивом Неслера. Якщо розчин не дає забарвлення, його відділяють від осаду у чисту склянку); стандартні розчини амоній хлориду (а основний – 3,818 г чистої солі розчиняють в безаміачній воді і доводять об'єм розчину до 1л: 1 мл цього розчину дорівнює 1 мг N; робочий стандартний розчин – 50 мл основного розчину розводять безаміачною водою до 1л: 1 мл цього розчину відповідає 0,05 мг амонійного азоту).

Якісний метод з наближеною кількісною оцінкою

Хід визначення. У пробірку наливають 10 мл досліджуваної води, додають 0,2-0,3 мл (4-6 крапель) розчину сегнетової солі (запобігає появі білого осаду магnezії гідроксиду) і 0,2 мл (4 краплі) реактиву Неслера, збовтують. Через 10-15 хв проводять наближене визначення (табл. 13). За

вмісту в воді понад 4 мг/дм³ амонійного азоту необхідно додавати 0,3-0,4 мл реактиву Неслера.

Кількісний фотоколориметричний метод

Чутливість методу визначення амоніаку дорівнює 0,05 мг/дм³, що значно нижче від ГДК. Якщо за вказаним вище методом встановлено, що вміст амоніаку у воді більший ніж 4 мг/дм³, то досліджувану воду розбавляють.

Таблиця 13

Наближений вміст амонійного азоту у воді

Забарвлення при спостереженні		Вміст амонійного азоту, мг/дм ³
збоку	зверху вниз	
Немає	Немає	<0,04
Немає	Надзвичайно слабо-жовтувате	0,08
Надзвичайно слабо-жовтувате	Слабо-жовтувате	0,2
Дуже слабо-жовтувате	Жовтувате	0,4
Слабо-жовтувате	Світло-жовтувате	0,8
Світло-жовтувате	Жовте	2,0
Жовте	Інтенсивно жовто-бурувате	4,0
Каламутне, різко - жовте	Буре, розчин каламутний	8,0
Інтенсивно-буре, каламутне	Буре, розчин каламутний	20,0

За наявності у воді амінів, хлорамінів, ацетону, альдегідів, спиртів та інших органічних речовин, які реагують з реактивом Неслера, потрібно зробити попередньо відгонку шляхом кип'ятіння води з додаванням фосфатного буферного розчину з рН 7,4.

Кількісний фотоколориметричний метод

Чутливість методу визначення амоніаку дорівнює 0,05 мг/дм³, що значно нижче від ГДК. Якщо за вказаним вище методом встановлено, що вміст амоніаку у воді більший ніж 4 мг/л, то досліджувану воду розбавляють.

За наявності у воді амінів, хлорамінів, ацетону, альдегідів, спиртів та інших органічних речовин, які реагують з реактивом Неслера, потрібно зробити попередньо відгонку шляхом кип'ятіння води з додаванням фосфатного буферного розчину з рН 7,4.

Твердість води усувають, додаючи розчин сегнетової солі; іони заліза (II, III), сульфіді і каламутність – за допомогою солі цинку (до 100 мл проби добавляють 1 мл розчину сульфату цинку (100 г ZnSO₄ · 7H₂O в 1 л бідистильованої води), суміш перемішують і доводять рН до 10,5 25%-м розчином натрій чи калій гідроксиду; після утворення осаду його відділяють фільтруванням крізь скляний фільтр або центрифугуванням; збільшення об'єму розчину враховують при розрахунках). Забарвлені та каламутні води

можна коагулювати алюміній гідроксидом (0,5 г сухого реактиву або 2 мл суспензії додають до 300 мл води і після двохгодинного відстоювання зливають сифоном прозорий шар).

Вплив хлору усувають додаванням до розчину натрій тіосульфату або натрій арсеніту (розчиняють 3,5 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ або 1,0 г Na_3AsO_3 в 1 л безамоніачної води). Для видалення 0,5 мг хлору потрібно 1 мл одного з реактивів.

Фотометричне визначення амоніаку в дистилаті з реактивом Неслера проводять при концентрації, меншій ніж 0,01 мг/дм³; при більш високих концентраціях використовують титриметричний метод. Перед відгонкою амоніаку вільний хлор відновлюють натрій тіосульфатом або арсенітом. Леткі органічні сполуки видаляють кип'ятінням підкисленої проби води.

Хід визначення. Об'єм досліджуваної води визначають, виходячи із розрахунку якісної оцінки.

До 50 мл досліджуваної води (або до меншого об'єму, розведеного дистильованою водою до 50 мл) додають 1 мл розчину сегнетової солі, перемішують. Додають 1 мл реактиву Неслера і знову перемішують. Через 10 хв вимірюють оптичну густину розчину на ФЕК при довжині хвилі 400-425 нм по відношенню до розчину порівняння (безамоніачна вода, в яку додали ті самі реактиви).

Масову концентрацію амоніаку і іонів амонію в пробі визначають за калібрувальним графіком, який будують наступним способом. У мірні колби місткістю 50 мл вносять 0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 мл робочого стандартного розчину і доводять об'єм розчину до мітки безамоніачною водою, одержуючи розчини з вмістом 0; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0 мг NH_4^+ /дм³. Далі проводять аналіз і фотометрують всі розчини, як при дослідженні проби води. За результатами дослідження будують калібрувальний графік, відкладаючи на осі абсцис масові концентрації іонів амонію в мг/дм³, а на осі ординат – відповідні значення оптичної густини. Графік повинен мати пряmolінійний характер.

Масову концентрацію амоніаку та іонів амонію (мг/дм³) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{C \times 50}{V}$$

де: С – масова концентрація в пробі, яка знайдена за графіком, мг/л NH_4^+ ; V – об'єм проби води, мл; 50 – об'єм стандартного розчину, мл.

Органічний і амонійний азот у пробі після її мінералізації визначають за методом Кильдаля, який стандартизований ISO 5363. Суть методу полягає у мінералізації проби води до амоній сульфату, з якого виділяють амоніак для наступного аналізу.

Низькі концентрації азоту в пробах визначають спектрометричними методами (ISO 7150-1 ручний та ISO 7150-2 автоматичний), суть яких полягає у вимірюванні поглинання за довжини хвилі 655 нм голубої сполуки,

яка утворилась при взаємодії іонів амонію з аніонами саліцилату і гіпохлориту в присутності натрій нітропрусиду.

Нормативи. Гранично допустима концентрація амоніаку та іонів амонію в воді водойм 2 мг/дм³ за азотом (або 2,6 мг/дм³ за іоном NH₄⁺), лімітуючий показник шкідливості – санітарно-токсикологічний.

Визначення азоту нітритів

Метод ґрунтується на утворенні азобарвників при взаємодії нітрит-іонів і ароматичних амінів в кислому середовищі. Для визначення використовують реактив Грісса (суміш альфа-нафтиламіну і сульфанілової кислоти в розчині оцтової кислоти). Залежно від концентрації нітритів реактив дає забарвлення від рожевого до яскраво-червоного. Пробу води треба розбавляти, якщо вміст нітритів більший ніж 0,3 мг/дм³.

Якщо визначенню нітритів перешкоджають завислі речовини, то воду перед аналізом фільтрують, а при потребі освітлюють, додаючи алюміній гідроксид.

Обладнання та реактиви: фотоелектроколориметр, водяна баня, мірні колби місткістю 100 мл, піпетки, основний стандартний розчин натрій нітриту (розчиняють 1,497 г NaNO₂ у дистильованій воді і доводять об'єм до 1 л; в 1 мл розчину міститься 1 мг нітрит-іонів. До розчину додають 1 мл хлороформу і зберігають протягом кількох місяців у склянці з темного скла); робочий стандартний розчин NaNO₂ (1 мл основного стандартного розчину вливають у мірну колбу місткістю 1 л і доводять до мітки дистильованою водою; 1 мл одержаного розчину містить 0,001 мг нітритів. Використовують свіжо виготовлений розчин); реактив Грісса (10 г сухого реактиву Грісса розчиняють в 100 мл 12%-ного розчину оцтової кислоти або отримують його при змішуванні двох розчинів: 1) 0,5 г сульфанілової кислоти розчиняють в 150 мл 12%-ної оцтової кислоти; 2) 0,2 г альфа-нафтиламіну кип'ятять декілька хвилин в 20 мл води, а фільтрат розчиняють в 150 мл 12%-ної оцтової кислоти (25 мл льодяної оцтової кислоти розбавляють дистильованою водою до 200 мл); 50 мл розчину сульфанілової кислоти змішують з таким же об'ємом розчину альфа-нафтиламіну і зберігають в банці із шліфованим корком в темному місці).

Якісний метод з наближеною кількісною оцінкою.

Хід визначення. У пробірку з 10 мл досліджуваної води додають 0,5 мл (10 крапель) реактиву Грісса. Суміш нагрівають на водяній бані до температури 70-80°C. Наближений вміст нітритів визначають через 10 хвилин за шкалою при появі рожевого забарвлення (табл. 14).

Таблиця 14

Наближений вміст нітритів у воді

Забарвлення збоку	Забарвлення зверху	Вміст азоту нітритів, мг/дм ³
Відсутнє	Відсутнє	<0,001
Ледь помітне рожеве	Незначно слабо-рожеве	0,002
Дуже слабо-рожеве	Слабо-рожеве	0,004
Слабо-рожеве	Світло-рожеве	0,02
Світло-рожеве	Рожеве	0,04
Рожеве	Сильно-рожеве	0,07
Сильно-рожеве	Червоне	0,2

Червоне	Яскраво-червоне	0,4
---------	-----------------	-----

Фотоколориметричний метод

Хід визначення. До 50 мл досліджуваної або освітленої (або до меншого об'єму, який містить не більше 0,3 мг нітритів, і розбавлений дистильованою водою до 50 мл) додають 2 мл розчину реактиву Грісса, перемішують. Забарвлення з'являється через 40 хв (або через 10 хв, коли колби тримають на водяній бані за температури 50-60 °С). Після охолодження розчини фотометрують при довжині хвилі 520 нм (у кюветах з товщиною оптичного шару 2-5 см) по відношенню до дистильованої води, в яку додали реактив Грісса.

Масову концентрацію нітритів встановлюють за калібрувальним графіком, який будують таким чином. У мірні колби місткістю 50 мл вносять 0; 0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 15,0 мл робочого стандартного розчину NaNO_2 додають 2 мл розчину реактиву Грісса і доводять об'єм до мітки дистильованою водою, одержуючи розчини із вмістом 0; 0,002; 0,004; 0,01; 0,02; 0,04; 0,10; 0,20; 0,30 мг/дм^3 нітритів. Розчин в колбах перемішують і через 40 хвилин фотометрують, як при аналізі води.

За одержаними даними будують калібрувальний графік, відкладаючи на осі абсцис масові концентрації нітритів в мг/дм^3 , а на осі ординат відповідні їм значення оптичної густини. Графік має бути прямолінійним.

Масову концентрацію нітритів в мг/дм^3 розраховують за формулою:

$$X = \frac{C \times 50}{V}$$

де: C – концентрація нітритів за калібрувальним графіком, $\text{мг/дм}^3 \text{NO}_2^-$, 50 – об'єм стандартного розчину, мл; V - об'єм проби води, який взятий для аналізу, мл.

Міжнародний стандарт ISO 6777 встановлено спектрометричний метод визначення вмісту нітритів у питній, природній і стічних водах. Суть методу полягає у взаємодії нітритів у досліджуваній пробі з 4-амінобанзенсульфонамідом в присутності ортофосфорної кислоти при рН 1,9 з утворенням зафарбованого комплексу, який аналізують спектрофотометрично.

Нормативи. Гранично допустима концентрація нітритів (NO_2^-) у воді водойм 3,3 мг/дм^3 (або 1 мг/л азоту нітритів), лімітуючий показник шкідливості – санітарно-токсикологічний.

Визначення азоту нітратів

Є кілька способів визначення азоту нітратів у воді:

Якісне визначення азоту нітратів полягає у взаємодії дифеніламіну з нітрат-іонами. У присутності сульфатної кислоти утворюється дифенілнітрозамін, який забарвлює воду в синій колір.

Обладнання і реактиви: фарфорові чашки; крапельниця; піпетки; концентрована сульфатна кислота; дифеніламін.

Хід визначення. У фарфорову чашку наливають 1 мл досліджуваної води, додають декілька кристалів дифеніламіну і 2 мл концентрованої сульфатної кислоти. За наявності у воді нітратів з'являється темно-синє забарвлення.

Визначення нітратів за допомогою сульфофенолової кислоти

Метод ґрунтується на реакції NO_3 -іонів та сульфофенолової кислоти з утворенням нітропохідних фенолу, які з лугами дають сполуки жовтого кольору.

Якщо концентрація хлоридів у воді більша ніж 10 мг/мг^3 , їх усувають аргентум сульфатом. Якщо вміст нітратів більший ніж $0,7 \text{ мг/л}$, одержують завищені дані. На результати аналізу може вплинути кольоровість води, якщо вона більша ніж $20-25^\circ$; в цьому випадку до 150 мл досліджуваної води додають 3 мл алюміній гідрооксиду, перемішують і відфільтровують.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, водяна баня, фарфорові чашки, мірні колби на 100 мл, скляні палички, мірні циліндри, сульфофенолова кислота (розчиняють 25 г кристалічного безколірного фенолу в 150 мл сульфатної кислоти (густ. $1,84 \text{ г/см}^3$) і нагрівають протягом 6 годин на водяній бані в колбі із зворотним холодильником. Розчин зберігають у посуді з темного скла і шліфованим корком); розчин аргентум сульфату (у дистильованій воді розчиняють 4,4 г Ag_2SO_4 і доводять об'єм розчину до 1 л в мірній колбі; 1 мл розчину еквівалентний приблизно 1 мг хлорид-іонів); калій нітрату; 25%-ний розчин амоніаку; основний стандартний розчин азотнокислого калію $0,7218 \text{ г KNO}_3$, який висушений при 105°C , розчиняють в мірній колбі у дистильованій воді додають 1 мл хлороформу і доводять об'єм розчину до 1 л. 1 мл цього розчину містить $0,1 \text{ мг}$ нітратного азоту; робочий стандартний розчин калій нітрату (50 мл основного розчину випаровують досуха на водяній бані, охолоджують, додають 2 мл сульфофенолової кислоти, добре розтирають скляною паличкою до повного змішування із сухим залишком. Потім доливають декілька мілілітрів дистильованої води, кількісно переносять в мірну колбу місткістю 500 мл і доводять об'єм розчину до мітки дистильованою водою. 1 мл розчину містить $0,01 \text{ мг}$ нітратного азоту.

Якісний метод з наближеною кількісною оцінкою

Хід визначення. У пробірку наливають 1 мл досліджуваної води, додають 1 мл сульфофенолової кислоти, не змочуючи її стінок. Паралельно проводять аналіз із дистильованою водою. Суміш у пробірках перемішують, залишають на 20 хв. Визначають вміст азоту нітратів за інтенсивністю забарвлення розчину (табл. 15).

Таблиця 15

Наближений вміст нітратів у воді

Забарвлення збоку	Вміст азоту нітратів, мг/дм^3
Спостерігається лише при порівнянні з контролем	0,5
Ледь помітне рожеве	1,0
Надзвичайно слабо-рожеве	2,0
Дуже слабо-рожеве	3,0
Слабо-рожевувате	5,0

Слабо-рожеве	10,0
Світло-рожеве	25,0
Рожеве	50,0
Сильно-рожеве	100,0

Кількісний фотометричний метод

Хід визначення. До 100 мл (або меншого об'єму) прозорої води або фільтрату (вміст нітратного азоту в цьому об'ємі не повинен перевищувати 0,6 мг) додають розчин аргентум сульфату в кількості, еквівалентній вмісту хлорид-іонів в досліджуваній пробі. Рідину випаровують у фарфоровій чашці на водяній бані. До сухого залишку, після охолодження, додають 2 мл сульфогенолової кислоти і розтирають скляною паличкою до повного його розчинення.

Потім додають 20 мл дистильованої води, а через 10 хв 5 мл розчину амоніаку для максимального розвитку забарвлення. Розчин переносять у колориметричний циліндр місткістю 100 мл, споліскують чашку і палички дистильованою водою, яку зливають у циліндр і доводять об'єм розчину до мітки. Оптичну густину забарвленого розчину визначають на фотоколориметрі з синім світлофільтром ($\lambda=480$ нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 2-5 см по відношенню до дистильованої води, в яку додані всі реактиви.

Вміст нітратів (мг) визначають за калібрувальним графіком або візуально, порівнюючи інтенсивність забарвлення досліджуваної проби і шкали стандартних розчинів.

Для побудови калібрувального графіка в колориметричні циліндри місткістю 50 мл вносять 0,0; 0,5; 0,7; 1,0; 1,5; 2,0; 3,5; 6,0; 10; 15; 20 і 30 мл робочого розчину калій нітрату (1 мл – 0,01 мг N). Потім в кожний циліндр додають по 2 мл сульфогенолової кислоти і 5 мл лугу. Об'єм розчину в циліндрах доводять дистильованою водою до риски, визначають оптичну густину. Від цих величин віднімають оптичну густину контрольної проби і за отриманими результатами будують графік.

Вміст нітратного азоту (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X = \frac{C \times V_1}{V}$$

де: С – вміст нітратів, який знайдений за графіком, мг/дм³; V₁ – об'єм забарвленої проби (100 або 50 мл); V – об'єм води, взятий для аналізу, мл.

Визначення нітратів за допомогою натрій саліцилату

Метод ґрунтується на реакції нітрат-іонів з натрій саліцилатом в присутності сульфатної кислоти. При цьому утворюються солі нітросаліцилових кислот, які мають жовтий колір.

Чутливість фотометричного визначення становить 0,1 мг/л NO₃⁻.

Аналізу перешкоджають кольоровість води, яку усувають так як в попередньому методі; хлориди в кількості понад 200 мг/дм³, які видаляють

додаванням до 100 мл води такої кількості розчину аргентум сульфату, яка еквівалентна вмісту хлорид-іонів. Осад аргентум хлориду відфільтровують або центрифугують; іони феруму при концентрації понад 0,5 мг/л усувають розчином сегнетової солі (8-10 крапель), який додають у фарфорову чашку перед випаровуванням; нітрити при концентрації понад 2 мг/дм³ видаляють випаровуванням проби досуха за наявності 0,05 г амоній сульфату.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, фарфорова чашка, водяна баня; мірні колби на 50 мл, скляні палички, сульфатна кислота; розчин сегнетової солі (30 г солі розчиняють у 70 мл дистильованої води); розчин натрій гідроксиду (Сe(NaOH)=10моль/дм³); розчин аргентум сульфату (див. вище); 0,5 %-ний розчин натрій саліцилату (0,5 г препарату розчиняють в 100 мл дистильованої води та застосовують свіжим); стандартні розчини калій нітрату: а) основний розчин готують так, як вказано вище; б) робочий – 10 мл основного розчину розводять у мірній колбі дистильованою водою до 100 мл: 1 мл цього розчину містить 0,01 г нітратного азоту).

Хід визначення. У фарфорову чашку вливають 10 мл досліджуваної води, додають 1 мл розчину натрій саліцилату і випарюють досуха на водяній бані. Охолоджений сухий залишок зволожують 1 мл концентрованої сульфатної кислоти, добре розтирають скляною паличкою і залишають на 10 хвилин. Потім додають 5-10 мл дистильованої води, переносять вміст у мірну колбу на 50 мл, додають 7 мл розчину натрій гідроксиду з Сe(NaOH)=10моль/дм³), доводять об'єм розчину до мітки та перемішують. Оптичну густину розчину вимірюють в кюветах товщиною 1-5 см при довжині хвилі 410 нм (бузковий світофільтр). Від вимірної оптичної густини віднімають оптичну густину контрольної проби, яка приготовлена таким самим способом з дистильованою водою і за калібрувальним графіком визначають вміст нітратів.

Для побудови калібрувального графіка готують стандартні розчини, які містять 0; 0,5; 1,0; 3,0; 4,0; 6,0; 10,0 мг/дм³ нітратного азоту. Для цього у пробірки на 10 мл вносять 0; 0,5; 1,0; 3,0; 4,0; 6,0 і 10,0 мл робочого стандартного розчину (1 мл – 0,01 мг N) і доводять дистильованою водою до риски. Потім розчини переносять у фарфорові чашки і аналізують, як описано вище. За одержаними даними будують градувальний графік у координатах „оптична густина – кількість азоту нітратів, мг/дм³”.

Концентрацію азоту нітратів (мг/дм³) визначають за формулою:

$$X = \frac{C \times V_1}{V}$$

де: С – вміст нітратів, який знайдений за графіком, мг/дм³; V₁ – об'єм забарвленої проби (100 або 50 мл); V – об'єм проби води, взятий для аналізу, мл.

Для санітарного контролю за якістю води потрібно обов'язково вказувати форму вираження результатів (мг N/л або NO₃⁻/дм³).

Метод прямого аналізу питної і природної води на вміст нітратів встановлений в першій частині міжнародного стандарту ISO 7890. Його суть полягає у взаємодії іона нітрату з 2,6-диметилфенолом в присутності сульфатної або фосфатної кислот утворювати комплекс, який визначають спектрометрично. Крім цього залежно від діапазону визначення нітратів,

застосовують спектрофотометричні методи, які базуються на взаємодії нітрат-іону з 4-фторфенолом або сульфосаліциловою кислотою з утворенням комплексних сполук.

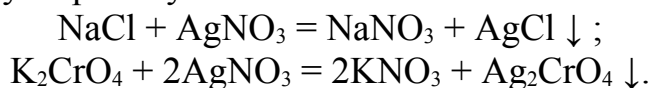
Нормативи. У питній воді допускається до 50 мг NO₃⁻/ дм³ або до 10 мг азоту нітратів.

Визначення хлоридів у воді

Хлориди є складовою частиною природних вод. Чиста питна вода містить не більше 30 мг/дм³ хлоридів. Великі концентрації хлоридів у воді можуть виявляти в місцях із солончаковим ґрунтом. Хлориди мінерального походження санітарного значення не мають. При їх вмісті понад 350 мг/дм³ вода має солоний смак. Хлориди, які попадають у воду із побутовими стічними водами, будуть свідчити про забрудненість води.

Високий вміст хлоридів, амоніаку, окиснюваності у поєднанні з несприятливими бактеріологічними показниками вказує на санітарне неблагополуччя даного вододжерела.

Метод ґрунтується на осаджувальному титруванні хлорид-іонів розчином аргентум нітрату за наявності індикатора калій хромату. Після осадження аргентум хлориду в точці еквівалентності утворюється цегляно-червоний осад аргентум хромату:



Цим методом визначають хлориди при їх вмісті у воді понад 10 мг/дм³.

Принцип визначення вмісту хлоридів у воді за міжнародним стандартом ISO 9297 тотожний вітчизняному.

Визначенню хлоридів перешкоджають: кольоровість і каламутність води (освітлюють коагуляцією алюміній гідроксидом (6 мл на 200 мл води) або збовтують з активованим вугіллям з наступним фільтруванням); сульфіти, ортофосфати (понад 25 мг/дм³) та іони феруму (понад 10 мг/дм³).

Одночасно з хлоридами можна визначати броміди і йодиди, однак їх вміст у природній воді незначний, що не впливає на кінцевий результат.

Обладнання і реактиви: муфельна піч, фарфорова чашка, мірні колби на 250 і 1000 мл, бюретка, пробірки з відміткою на 5 мл, мірний циліндр, 5% розчин калій хромату (50 г K₂CrO₄ розчиняють в невеликій кількості дистильованої води і доводять об'єм розчину до 1 л); стандартний розчин натрій хлориду (0,8245 г хімічно чистого NaCl, який висушений при 105°C, розчиняють в дистильованій воді і доводять об'єм розчину дистильованою водою до 1 л. 1 мл розчину містить 0,5 мг Cl⁻); 10%-ний розчин аргентум нітрату (в 90 мл дистильованої води розчиняють 10 г AgNO₃ і додають 1-2 краплі нітратної кислоти); алюміній гідроксид (приготування дивись вище); титрований розчин аргентум нітрату (2,40 г AgNO₃, попередньо висушеного при 105 °C до сталої маси, розчиняють у дистильованій воді і об'єм розчину доводять до 1 л. 1 мл розчину еквівалентний 0,5 мг Cl⁻). Точну концентрацію розчину встановлюють за стандартним розчином NaCl: в колбу вносять 10 мл натрій хлориду (із вмістом 0,5 мг Cl⁻ в 1 мл) і 90 мл дистильованої води, додають 1 мл 5%-ного розчину калій хромату і титрують розчином аргентум нітрату до переходу лимонно-жовтого кольору каламутного розчину в оранжево-жовтий, який не зникає протягом 16-20 секунд. До цієї проби додають 1-2 краплі розчину натрій хлориду до появи жовтого кольору. Ця проба є контрольною для

повторного точного визначення. Для цього відбирають нову порцію розчину натрій хлориду і титрують аргентум нітратом до одержання незначної різниці відтінків слабо-оранжевого в розчині, який титрується, і жовтого в контрольній пробі.

Поправковий коефіцієнт вираховують за формулою:

$$K = \frac{10}{V}$$

де: V – об'єм аргентум нітрату, який витрачений на титрування, мл.

Якісне визначення з наближеною кількісною оцінкою

Хід визначення. У пробірку наливають 5 мл досліджуваної води і додають три краплі 10%-ного розчину аргентум нітрату. Кількість хлоридів оцінюють за наявністю каламутності або осаду (табл.16).

Таблиця 16

Наближений вміст хлоридів у воді

Характер рідини	Вміст хлоридів, мг/дм ³
Опалесценція або слабка каламутність	1-10
Сильна каламутність	10-50
Пластівці, які осідають на дно не зразу	50-100
Білий об'ємний осад	більше 100

Кількісне визначення хлоридів у воді

Хід визначення. В залежності від вмісту хлоридів відбирають у 2 конічні колби по 100 мл досліджуваної води (або менший об'єм, який розбавляють до 100 мл). Якщо вміст хлоридів менший ніж 10 мг/дм³, воду титрують розчином AgNO₃, 1 мл якого еквівалентний 0,5 мг хлоридів. До обидвох колб додають по 1 мл 5%-ного розчину калій хромату. Потім одну пробу титрують розчином аргентум нітрату до появи слабо-оранжевого відтінку, друга – контрольна.

За наявності великої кількості хлоридів утворюється осад AgCl, який утруднює визначення. Тому, до відтитрованої проби додають 2-3 краплі титрованого розчину натрій хлориду до зникнення оранжевого відтінку. Потім титрують другу пробу, а перша служить контролем.

Концентрацію хлоридів (мг/дм³) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{A \times K \times N \times 1000}{V}$$

де: A – об'єм розчину аргентум нітрату, який витрачений на титрування, мл; K – поправковий коефіцієнт до концентрації розчину аргентум нітрату; N – концентрація хлоридів, яка відповідає 1 мл аргентум нітрату, мг; V – об'єм води, взятий для аналізу, мл.

Нормативи. У питній воді допускається: наявність хлоридів органічного походження до 20-30 мг/дм³, мінерального – до 350 мг/дм³.

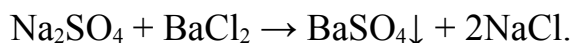
Визначення сульфатів у воді

У природній воді сульфат-іони зустрічаються у формі солей лужних і лужноземельних металів, які потрапляють з ґрунту. Вони можуть утворюватися в результаті розкладання білкових і сірковмісних речовин тваринного походження, які надходять у водойми зі стічними водами. Тому значні коливання вмісту сульфатів у воді в поєднанні з іншими показниками забруднення можуть вказувати на походження забруднень, які треба враховувати при санітарній оцінці води. Високі концентрації сульфатів у воді можуть змінити її смак і викликати послаблюючу дію у кишковому тракті організму.

Сульфати у воді визначають гравіметричним, турбідиметричним, комплексометричним методами.

Для визначення сульфатів у всіх типах вод за ISO 9280 застосовують гравіметричний метод.

Гравіметричне визначення ґрунтується на осадженні сульфатів в кислому середовищі барій хлоридом у вигляді барій сульфату:



Обладнання і реактиви: водяна баня, муфельна піч, тиглі, лабораторні щипці, ексикатор, колби мірні на 250, 500 і 1000 мл, лійки, мірні циліндри на 10 мл, пробірки колориметричні з відміткою 10 мл, палички скляні, годинникове скло, фільтри, 5%-ний розчин барій хлориду (в дистильованій воді розчиняють 5 г $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ і доводять об'єм до 100 мл. Розчин фільтрують через беззольний фільтр „синя стрічка”); хлоридна кислота густ. 1,14 г/см³ і розбавлений (1:5) розчин; 1,7%-ний розчин аргентум нітрату (8,5 г AgNO_3 розчиняють в 500 мл дистильованої води і підкислюють 0,5 мл концентрованої нітратної кислоти); стандартні розчини калій сульфату: а) основний – у мірній колбі місткістю 1 л розчиняють 0,9071 г безводного K_2SO_4 у дистильованій воді і доводять об'єм до риски. 1 мл розчину містить 0,5 мг сульфат-іонів; б) робочий розчин одержують при розведенні основного в 10 разів. 1 мл містить 0,05 мг SO_4^{2-}).

Якісна проба з наближеною кількісною оцінкою

Хід визначення. У колориметричну пробірку вносять 10 мл досліджуваної води, додають 0,5 мл хлоридної кислоти (1:5). Одночасно готують шкалу стандартних розчинів: у такі ж перші пробірки наливають 2; 4; 8 мл робочого стандартного розчину і в наступні 1,6; 3,2; 6,4 мл основного розчину K_2SO_4 . Об'єм у всіх пробірках доводять дистильованою водою до 10 мл, одержуючи стандартну шкалу з вмістом 10, 20, 40, 80, 160, 320 мг/дм³ сульфат-іонів. До всіх пробірок додають по 0,5 мл хлоридної кислоти (1:5). Потім до пробірок із водою і стандартними розчинами додають по 2 мл 5%-ного розчину барій хлориду, закривають корками і перемішують. Досліджувану воду порівнюють із шкалою стандартних розчинів.

Наближений вміст SO_4^{2-} у воді можна визначити візуально за характером каламуті чи осаду (табл. 17).

Таблиця 17

Наближений вміст сульфатів у воді

Характер осаду	Кількість сульфатів, мг/дм ³
----------------	---

Відсутність каламуті	менше 5
Незначна каламуть через кілька хвилин	5-10
Слабка каламуть відразу ж	10-100
Значна каламуть	100-150
Значний осад, швидко осідає на дно	більше 150

Кількісне визначення

Хід визначення. Залежно від вмісту сульфат-іонів (якісна проба) беруть 100-500 мл води з таким розрахунком, щоб концентрація сульфатів не перевищувала 25-30 мг в 100 мл проби. При необхідності воду розбавляють. До об'єму досліджуваної профільтрованої води в склянку додають 2-3 краплі розчину метилового оранжевого і хлоридну кислоту (1:1) до рожевого забарвлення розчину.

Суміш випаровують до 50 мл, дають відстоятися і при наявності каламуті або пластівців фільтрують через беззольний фільтр „синя стрічка”. Потім фільтр промивають дистильованою водою підкисленою HCl, фільтрат разом з промивними водами випаровують в стакані до 50 мл.

До киплячого розчину, при перемішуванні, вносять 10 мл гарячого розчину барій хлориду, розчин з осадом нагрівають на водяній бані при 80-90 °С. Коли розчин освітлиться, перевіряють повноту осадження, додаючи 1-2 краплі 5%-ного розчину барій хлориду. Відсутність каламуті свідчить про повне осадження сульфатів. Стакан накривають годинниковим склом і нагрівають 1-2 год. на гарячій водяній бані, після чого залишають при кімнатній температурі до наступного дня. Розчин фільтрують через попередньо промитий гарячою дистильованою водою фільтр. Осад BaSO₄ кілька разів декантують дистильованою водою і переносять на фільтр. Залишки осаду у стакані переносять на цей же фільтр скляною паличкою з гумовим наконечником. Осад на фільтрі промивають гарячою дистильованою водою до від'ємної реакції на хлориди (до проби фільтрату в пробірці додають декілька крапель аргентум нітрату).

Фільтр з осадом переносять у попередньо прожарений і зважений тигель, висушують, обвуглюють на електричній плитці або газовому пальнику, не допускаючи займання. Тигель з осадом прожарюють у муфельній пічці при температурі не більше 800°С, охолоджують в ексікаторі, зважують і знову прожарюють до постійної маси.

Концентрацію сульфатів (мг/дм³) обчислюють за формулою:

$$X = \frac{(a - b) \times 0,4115 \times 1000}{V}$$

де: *a* – маса тигля з осадом, мг; *b* – маса тигля, мг; 0,4115 – коефіцієнт для перерахунку барій сульфату в сульфат-іони; *V* – об'єм води, взятий для визначення, мл.

Нормативи. Відповідно до ДСанПіНу у воді допускається вміст сульфатів мінерального походження – до 500 мг/дм³, органічного - 80 мг/дм³.

Визначення сірководню і його солей у воді

У водах всіх природних водойм міститься сірководень, сульфіді, гідросульфіді, які беруть участь у колообігу сірки в біосфері та утворюються під час гниття органічних решток, у процесах окиснення – відновлення неорганічних сполук.

Більшість сульфідів нерозчинні у воді, що зменшує їх доступність для живих організмів. Сірководень має неприємний запах і належить до токсичних сполук.

Обладнання і реактиви: флакон місткістю 1 л, колби з притертими корками місткістю 250-300 мл, піпетки, пробірки, фільтри, свинцевий папір (фільтрувальний папір змочують 5%-ний розчином плюмбум (II) ацетату, слабо підкисленою оцтовою кислотою, висушують і розрізають на смужки, які зберігають в банці з притертим корком); реактив Каро (1 г парамідометиланіліну розчиняють в 300 мл хлоридної кислоти (оптимальна густина 1,19). До 100 мл цього розчину додають 100 мл 1%-го розчину FeSO₄ і зберігають у темній банці з притертим корком); 5%-ний розчин ацетату (у дистильованій воді розчиняють 5 г калій ацетату і 30 мл льодяної оцтової кислоти і доводять об'єм до 100 мл); 25%-ний розчин фосфатної кислоти; розчин йоду C_E(I₂)=0,1 моль/дм³; розчин натрій тіосульфату (готують з фіксаналу); 0,5%-ний розчин крохмалю.

Якісне визначення ґрунтується на утворенні темного плюмбум (II) сульфіді при взаємодії сірководню і сульфідів з іонами свинцю. Визначають на місці відбору проби.

Хід визначення. Флакон місткістю 1 л, швидко наповнюють на ³/₄ об'єму досліджуваною водою і залишають між корком і горловиною стрічку свинцевого паперу, яка змочена дистильованою водою. Через деякий час, за наявності вільного сірководню, папір потемніє. За негативної реакції воду підкислюють. Якщо папір потемнів, це вказує на наявність сульфідів.

Якісне визначення з наближеною кількісною оцінкою

Хід визначення. В одну пробірку наливають 10 мл дистильованої, а в другу – 10 мл досліджуваної води, додають по 3 мл реактиву Каро. Суміш в пробірках перемішують і визначають вміст сірководню за інтенсивністю забарвлення розчину (табл. 18).

Таблиця 18

Наближений вміст сірководню у воді

Забарвлення збоку	Забарвлення зверху	Вміст сірководню, мг/дм ³
Відсутнє	Відсутнє	0,03
Відсутнє	Слабко-зеленувате	0,06
Через 2 хв. різниця порівняно з контролем відсутня	Ясно-зеленувате	0,1
Через 1 хв. дуже слабко світло-зелене	Світло-зеленувате	0,2
Через 30 с світло-зелене	Світло-зелене	1,0
Через 30 с яскраво-зелено-синє	Зелене	2,0

Через 30 с інтенсивно-синє	Зелено-синє	5,0
----------------------------	-------------	-----

Кількісне визначення сірководню і його солей

Метод ґрунтується на осадженні сірководню і його солей з утворенням у воді осаду кадмій сульфід, який розчиняють у титрованому розчині йоду. Надлишок йоду відтитровують натрій тіосульфатом. Таким чином вираховують сумарну концентрацію сірководню, сульфідів і гідросульфідів, а вміст окремих форм визначають за таблицею 19.

Таблиця 19

Співвідношення форм сірководню за різних рН води, %

Форма	Величина рН											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12,5	13	
H ₂ S	99,8	98,8	78,3	43,9	7,3	0,8	0,09	-	-	-	-	
HS	0,2	1,2	21,7	56,1	92,7	99,2	99,01	99	91	76	50	
S ²⁻	-	-	-	-	-	-	-	1	9	24	50	

Хід визначення. У флакон місткістю на 250-300 мл з притертим корком відбирають воду так, як при відборі проби на розчинений кисень. Відразу ж, майже на дно флакона вносять 3 мл 5%-ного розчину кадмій ацетату, закривають його корком, щоб не залишилось повітря і перемішують. Після осадження кадмій сульфід (не пізніше ніж через 5 годин), осад відфільтровують, ополіскують флакон декілька разів дистильованою водою, прошивні води фільтрують через цей же фільтр. Осад добре промивають гарячою дистильованою водою. Потім фільтр з осадом кладуть в колбу для титрування, доливають 50 мл розчину йоду і підкислюють 20 мл 25%-ного розчину фосфатної кислоти. Далі фільтр здрібнюють скляною паличкою та відтитровують надлишок йоду розчином натрій тіосульфату, додаючи 1 мл 0,5%-ного розчину крохмалю.

Сумарну концентрацію сульфідів, гідросульфідів і сірководню (мг/дм³ H₂S) вираховують за формулою:

$$X = \frac{(AK_1 - BK_2) \times 0,17 \times 1000}{V_1 - V_2}$$

де: А – об'єм доданого розчину йоду, мл; К₁ – поправковий коефіцієнт розчину йоду, С_Е=0,01 моль/дм³; В – об'єм розчину натрій тіосульфату з С_Е=0,1 моль/дм³, який пішов на титрування, мл; К₂ – поправковий коефіцієнт розчину натрій тіосульфату; 0,17 - кількість сірководню (мг), яка еквівалентна 1 мл розчину йоду з С_Е=0,01 моль/дм³; V₁ – об'єм флакона, мл; V₂ – об'єм внесеного розчину кадмій ацетату, мл.

Сірководень і сульфіді визначають за міжнародним стандартом ISO 10530.

Нормативи. У питній воді допускаються лише сліди сірководню (менше 0,03 мг/дм³).

Визначення вмісту феруму у воді

Залізо – один з найпоширеніших металів, тому вміст його у природних водах коливається в широких межах завдяки вимиванню з материнської породи і ґрунту або при попаданні в них промислових стічних вод.

У воді водойм залізо може міститись у розчиненому стані ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$), у вигляді колоїдного розчину (комплексні залізо-органічні сполуки) та у формі суспензії або осаду ($\text{Fe}(\text{OH})_3$). У підземних водах залізо майже завжди перебуває у формі ферум (II) гідрогенкарбонату $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$.

Підвищений вміст заліза надає воді неприємного в'язучого присмаку, жовтувато-бурого забарвлення, каламутності, що робить її малопридатною для пиття та господарсько-побутових потреб. Вважається, що навіть значні концентрації заліза не впливають на здоров'я людей і тварин. Проте деякі дослідники вказують на зниження резистентності та продуктивності свиней якщо загального феруму більше ніж 3 мг/дм³.

Існує кілька методів визначення заліза у воді: з о-фенантроліном, роданідом і натрій сульфосаліцилатом.

Визначення загального вмісту феруму з роданідом

Метод ґрунтується на здатності амоній або калій роданіду утворювати в сильно кислому середовищі з Fe (III) забарвлену комплексну сполуку. Інтенсивність забарвлення пропорційна концентрації феруму.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички, стандартні розчини заліза (а) основний – 0,8836 г перекристалізованих залізоамонійних галунів $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}]$ розчиняють у невеликій кількості дистильованої води в мірній колбі об'ємом 1 л, додають 2 мл концентрованої сульфатної кислоти і доводять об'єм до мітки. 1 мл розчину містить 0,1 мг заліза; б) робочий – розбавляють основний розчин в 10 разів дистильованою водою. 1 мл розчину містить 0,01 мг заліза); розчин амонію роданіду NH_4CNS і калій роданіду KCNS (50 г калій чи амоній роданіду розчиняють у 50 мл дистильованої води); розчин хлоридної кислоти з густиною 1,12 г/см³ (до 65 мл дистильованої води приливають 100 мл хлоридної кислоти з густиною 1,19 г/см³); 33%-ний розчин гідроген пероксиду H_2O_2 ; амоній персульфат $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ (кристалічний).

Якісне визначення з наближеною кількісною оцінкою

Хід визначення. В пробірку наливають 10 мл аналізованої води, вносять 2 краплі концентрованої хлоридної кислоти, кілька кристалів амоній персульфату або 4-5 крапель гідроген перексиду (для окислення феруму (II) у ферум (III)). Після перемішування додають 4 краплі (0,2 мл) розчину амоній або калій роданіду. Масову концентрацію феруму визначають за таблицею 20. Ферум (III) визначають аналогічно, але без окисника. За різницею сумарного вмісту і вмісту феруму (III) визначають вміст феруму (II).

Таблиця 20

Наближений вміст феруму у воді

Забарвлення при розгляданні		Вміст заліза мг/дм ³
Збоку	Зверху	
Відсутнє	Відсутнє	< 0,05
Ледь помітне жовтувато-	Дуже слабе жовтувато-	0,1

рожеве	рожеве	
Дуже слабке жовтувато-рожеве	Слабке жовтувато-рожеве	0,25
Слабке жовтувато-рожеве	Світле жовтувато-рожеве	0,5
Світле жовтувато-рожеве	Жовтувато-рожеве	1,0
Сильне жовтувато-рожеве	Жовтувато-червоне	2,0
Світло жовтувато-червоне	Яскраво-червоне	5,0

Кількісне визначення феруму

Хід визначення. У мірну колбу місткістю 50 мл відбирають 50 мл добре перемішаної досліджуваної води або менший об'єм, який за якісною оцінкою містить не більше 1,0 мг/дм³ феруму і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. Потім додають 1 мл хлоридної кислоти (1,12 г/см³), декілька кристалів амоній персульфату, перемішують і вливають 1 мл калій роданіду. Після перемішування зразу фотометрують в кюветах (2-5 см) при довжині хвилі 490-500 нм відносно дистильованої води, в яку додавали ті самі реактиви.

Загальний вміст феруму визначають за калібрувальним графіком або візуально за інтенсивністю забарвлення проби і шкали стандартних розчинів.

Калібрувальний графік будують наступним чином: у мірні колби місткістю 50 мл вносять 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 робочого стандартного розчину залізоамонійних галунів (в 1 мл 0,01 мг заліза), доливають дистильовану воду до мітки, одержуючи розчин з масовою концентрацією заліза 0,0; 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0 мг/дм³. Далі визначають оптичну густину контрольної проби і стандартних розчинів, додаючи всі реактиви як при аналізі досліджуваної води.

За одержаними даними будують калібрувальний графік в координатах оптична густина – вміст феруму.

Масову концентрацію загального феруму (мг/дм³) вираховують за формулою:

$$X = \frac{C \times 50}{V}$$

де: С – концентрація заліза, яка знайдена за графіком, мг/дм³; V – об'єм проби води, мл.

Міжнародним стандартом ISO 6332 встановлено фотометричний метод визначення феруму в природних і стічних водах із застосуванням 1,10-фенантроліну. Оранжево-червоний комплекс фотометрують за довжини хвилі 510 нм.

Нормативи. У питній воді допускається 0,3 мг/дм³, а у воді рибних ставів - до 1-2 мг/дм³ загального феруму.

Питання для самоконтролю

1. Значення процесу самоочищення води.
2. Які фактори впливають на процес мінералізації органічних речовин у воді?

3. Суть біохімічного розпаду органічних азотовмісних речовин (стадія амоніфікації та нітрифікації).
4. Про що свідчить наявність у воді сполук нітрогену?
5. Як встановити походження забруднень води сполуками нітрогену.
6. Методи визначення амонійного азоту у воді.
7. Методи визначення нітритного азоту у воді.
8. Методи визначення нітратного азоту у воді.
9. Санітарне значення та методи визначення хлоридів у воді.
10. Санітарне значення та методи визначення сульфатів у воді.
11. Як диференціювати походження у воді хлоридів і сульфатів?
12. Санітарне значення та методи визначення сірководню і його солей у воді.
13. Санітарне значення та методи визначення загального феруму у воді.

1.11. Визначення вмісту ртуті у воді

Метод заснований на утворенні жовто-оранжевого з'єднання ртуті з дитизоном і добуванні ртуть дитизонату при рН 1,5-2 вуглець тетрахлоридом.

Межа виявлення 0,0005 мг/дм³ при аналізі 1 л води. Діапазон вимірюваних кількостей ртуті в пробі 0,5-5 мкг. Для визначення ртуті на рівні ГДК необхідно сконцентрувати пробу упарюванням, при цьому для попередження втрат ртуті воду підлужнюють і додають натрій сульфат, в результаті утворюються стійкі іони (HgS₂)²⁻.

Проведенню аналізу ртуті дитизоновим методом заважають іони багатьох металів, що утворюють дитизонати в умовах визначення ртуті. Для усунення їх впливу мідь, цинк, свинець, нікель зв'язують в комплекс з трилоном Б, срібло з калій роданідом. При великому вмісті вісмуту та інших металів вибірково визначення ртуті з дитизонатів проводять калій бромідом.

При наявності у воді міцних комплексів і нерозчинних сполук ртуті (з ціанід-, роданід-, хлорид-, йодид-, сульфат-, тіосульфат-іонами) їх руйнують окисненням калій перманганатом в сульфатнокислому середовищі, в результаті всі іони ртуті переходять в двухвалентну форму. Окислювачі, які присутні у воді та окислюють дитизон, відновлюють гідроксиламіном. Ртуть у воді слід визначати якомога швидше після відбору проби води, так як навіть в підкислених розчинах при її малому вмісті вона може адсорбуватися склом посуду.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. 1. Бідистильована вода, яку застосовують для приготування всіх реактивів. 2. Сульфатна кислота, розведений 1:1 розчин. Готують розведенням в 2 рази сульфатної кислоти густ. 1,84 г/см³. Менш концентрована кислота не годиться для визначення ртуті дитизоновим методом, так як часто в ній містяться речовини, що відновлюють ртуть (II) до ртуті (I). 3. Кислота оцтова, розчин з C_т=6 моль/дм³. У колбу місткістю 1 л поміщають 340 мл крижаної оцтової кислоти і доводять бідистильованою водою до мітки. 4. Калій перманганат, 3% розчин. 5. Натрій гідроксид, 30% розчин. 6. Натрій сульфід Na₂S · 9H₂O, насичений розчин. 7. Калій

роданід, 10% розчин. У 90 мл бідистильованої води розчиняють 10 г калій роданіду. У разі забруднення калій роданіду слідами ртуті його очищають наступним чином. Поміщають 200 мл 10% калій роданіду в ділильну лійку, приливають 4 мл 0,0007% дитизону в вуглець тетрахлориді і струшують 1-2 хв. Екстракт зливають і операцію повторюють з новими порціями дитизону до тих пір, поки забарвлення дитизону не перестане змінюватися. Після цього залишки дитизону видаляють, струшуючи вміст лійки з 5-7 мл вуглець тетрахлориду. Очищений розчин калій роданіду зливають в склянку з темного скла, в якій реактив і зберігається. 8. Хлорид гідроксиламіну, 20% розчин. 9. Дитизон, 0,0007% розчин. Спочатку готують розчин дитизону 0,01%. Для цього 0,01 г очищеного дитизону поміщають в мірну колбу місткістю 100 мл, розчиняють у невеликій кількості очищеного вуглець тетрахлориду і після розчинення доводять об'єм до мітки тим же вуглець тетрахлоридом. Робочий 0,0007% розчин дитизону готують безпосередньо перед вживанням, розбавляючи 7 мл 0,01% очищеного вуглець тетрахлориду в мірній колбі місткістю 100 мл. 10. Натрій етилендіамінтетраацетат (трилон Б, комплексен III, Na_2EDTA), розчин з $C_E=0,2$ моль/дм³. В 1 л бідистильованої води розчиняють 36 г трилону Б. 11. Калій бромід, 40% розчин. 12. Хлористоводнева кислота, розчин з $C_E=0,25$ моль/дм³. Готують з фіксаналу або очищеної кислоти. 13. Буферна суміш. Поміщають 150 г натрій гідроортофосфату $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ і 38 г калій карбонату K_2CO_3 в мірну колбу місткістю 1 л, розчиняють в очищеній бідистильованій воді і доводять об'єм до мітки цією ж водою. 14. Стандартні розчини ртуті: а) основний розчин, який містить 100 мкг/мл ртуті(II), отримують розчиненням 0,166 г ртуті(II) нітрату $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ в невеликій кількості дистильованої води в мірній колбі місткістю 1000 мл, підкислюють 2-3 краплями концентрованої азотної кислоти і доводять об'єм водою до мітки; б) робочий розчин, що містить 1 мкг/мл ртуті(II), готують, розбавляючи основний в 100 разів бідистильованою водою, підкисленою азотною кислотою (5-10 крапель концентрованої азотної кислоти на 1 л бідистильованої води). Готують перед аналізом.

Хід визначення. До 1 л досліджуваної води (або меншого об'єму при вмісті ртуті більше 2 мкг) додають 30% натрій гідроксид по краплях до рН 13, контролюючи за універсальним індикаторним папером, і 1-2 краплі насиченого натрій сульфіді. Упарюють пробу до об'єму 100-200 мл, охолоджують і наливають сульфатну кислоту (1:1) до рН 4-5, контролюючи за універсальним індикаторним папером. Кількісно переносять розчин в колбу з пришліфованим зворотним холодильником і вносять 10 мл сульфатної кислоти (1:1) і 2 мл 3% калій перманганату. Кип'ятять 20 хв., стежачи, щоб кипіння не було бурхливим (при бурхливому кипінні може випаруватися ртуть). Припиняють нагрів і через 2-3 хв. видаляють надлишок окислювача, додаючи в гарячий розчин 10 крапель 20% гідроксиламін хлориду. При цьому розчин в колбі повинен знебарвитися. Після охолодження до кімнатної температури окислену пробу поміщають у ділильну лійку місткістю 250-300 мл, доливають 20 мл розчин оцтової кислоти з $C_E=6$ моль/дм³, 10 мл розчину трилону Б з $C_E=0,2$ моль/дм³ і 1 мл 10% калій роданіду.

Потім екстрагують двічі по 1 мл 0,0007% дитизону, енергійно струшуючи розчин протягом 2 хв. Забарвлення дитизону в присутності ртуті змінюється від зеленого до оранжево-жовтого. Після відстоювання нижній забарвлений шар, що містить ртуть дитизонат, зливають в колориметричну пробірку з притертою пробкою. Фотометрують при зелено-синьому світлофільтрі (λ 490 нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 0,3 см по

відношенню до розчину дитизону, отриманого при проведенні через весь аналіз очищеної дистильованої води.

Вміст ртуті (мкг) знаходять за відповідним калібрувальним графіком або візуально за інтенсивністю забарвлення проби і шкали стандартних розчинів, приготовленої в тих же умовах.

Визначення при великій кількості речовин, які заважають. Отриманий екстракт ртуть дитизонату переносять в ділильну лійку, додають 50 мл розчину хлористоводневої кислоти з $C_E=0,25$ моль/дм³ і 5 мл 40% калій броміду. Енергійно струшують протягом 1 хв., ртуть переходить у водну фазу. Екстракцію повторюють ще раз. Збирають екстракти в іншу ділильну лійку (дитизоновий екстракт відкидають). До кислого розчину додають 20 мл буферної суміші, щоб довести рН до 6, а потім двічі екстрагують ртуть по 1 мл 0,0007% дитизону, як при звичайному аналізі.

Кількісне визначення проводять, як і в попередньому варіанті. Слід мати на увазі, що забарвлення виходить дещо іншого відтінку і менш інтенсивне, ніж у першому варіанті, тому шкала стандартних розчинів повинна готуватися в строго аналогічних умовах.

Калібрувальний графік. В ряд конічних колб доливають відповідно 0-0,5-1-2-3-5 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту ртуті 0-0,5-2-3-5 мкг, додають до 1 л бідистильованої води і здійснюють всі операції, як при аналізі проби. Фотометрують і будують калібрувальні графіки для кожного варіанту окремо в координатах оптична щільність — вміст ртуті (мкг).

Концентрацію ртуті (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X = A / V,$$

де: А - вміст ртуті, знайдений за відповідним калібрувальним графіком або візуально за шкалою стандартних розчинів, мкг; V – об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

Гранично допустима концентрація ртуті у воді водойм 0,0005 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості - санітарно-токсикологічний.

1.12. Визначення вмісту кадмію з дитизоном

Метод заснований на утворенні в лужному середовищі зафарбованого кадмій дитизонату, розчинного в органічних розчинниках. При цьому кадмій відокремлюють від свинцю, вісмуту і основної маси цинку, що залишаються у водному шарі. Потім кадмій дитизонат руйнують кислотою з $C_E=0,01$ моль/дм³ і таким чином переводять його у водний шар, відокремлюючи від міді, нікелю, кобальту, срібла, ртуті та інших металів, дитизонати яких стійкі до кислот і тому залишаються в шарі органічного розчинника. Нарешті, другий раз екстрагують кадмій у вигляді дитизонату з лужного розчину (при цьому він відділяється від останніх слідів цинку) і визначають колориметрично.

Межа виявлення 0,001 мг/дм³ кадмію. Діапазон вимірюваних кількостей кадмію 0,5—5 мкг в пробі.

При великому вмісті органічних речовин і для руйнування органічних комплексів кадмію пробу мінералізують.

Якщо досліджувана вода забарвлена і це забарвлення викликають органічні речовини, які переходять в шар вуглецю тетрахлориду в процесі екстрагування, то це заважає проведенню аналізу. У такому випадку після концентрування упарюванням рекомендується проводити попередню екстракцію вуглець тетрахлоридом (без додавання дитизону) до тих пір, поки органічний розчинник після екстракції не стане зовсім безбарвним. Крім того, таким чином усувається емульсія води з вуглець тетрахлориду. Утворення емульсії можна також запобігти упарюванням підкисленої проби насухо або кип'ятінням протягом 5 хв.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. 1. Бідистильована вода, яку перевіряють на чистоту і, якщо буде потрібно, додатково очищають дитизоном наступним чином. У ділильну лійку місткістю 500 мл наливають 300 мл перегнаної води, 10-20 мл 0,001% дитизону у вуглець тетрахлориді та струшують протягом 2 хв. Екстракцію повторюють до тих пір, поки зелений колір дитизонового розчину не перестане змінюватися. Потім в очищену воду додають 10 мл вуглець тетрахлориду і струшують його для очищення від слідів дитизону. Дистильовану воду перевіряють на чистоту проведенням холостого досліду на той інгредієнт, для визначення якого ця вода використовується. 2. Аміак водний. Очищають дистиляцією: очищену дистильовану воду насичують концентрованим аміаком в щільно закритому ексикаторі. Наливають 1 л 25% аміаку на дно ексикатора і на вкладиш ексикатора ставлять випарну чашку з 500 мл очищеної води. Ексикатор закривають на 2 добу, отриманий в чашці очищений аміак буде розбавлений приблизно 1:1. Аміак перевіряють на чистоту дитизоном. Для цього беруть 100 мл очищеної води, до неї додають 1 мл очищеного аміаку, 0,5 мл 0,001% дитизону у вуглець тетрахлориді та екстрагують. Дитизон повинен мати блідо-зелений або жовтий, але не рожевий колір. 3. Аміак, розведений (1:100) розчин. Готують з очищеного аміаку 1:1. 4. Хлористоводнева кислота, очищений розведений (1:1) розчин. Чистоту продажної кислоти перевіряють наступним чином. До 100 мл бідистильованої води додають 1 мл хлористоводневої кислоти (1:1), нейтралізують очищеним аміаком за фенолфталеїном, приливають 0,5 мл 0,001% дитизона у вуглець тетрахлориді і струшують протягом 1 хв. Забарвлення дитизону не повинно змінюватися. При зміні кольору кислоту переганяють і знову перевіряють на чистоту. Для очищення хлористоводневу кислоту густ. 1,19 г/см³ розбавляють бідистильованою водою 1:1 і переганяють в скляному перегінному апараті. Перші 100-200 мл відкидають. Дистилят хлористоводневої кислоти має концентрацію, приблизно рівну вихідній 1:1. 5. Хлористоводнева кислота, розчини з $C_E=0,1$ моль/дм³ і $C_E=0,01$ моль/дм³. Готують з фіксаналу чи перегнаної кислоти. 6. Лимонна кислота, 20% розчин. 7. Хлорид гідроксиламіну, 1 % розчин. До 1% розчину додають 2-3 краплі метилового червоного, нейтралізують аміаком до жовтого фарбування і очищають в ділильній лійці 0,05% дитизоном у вуглець тетрахлориді порціями по 5 мл до припинення зміни забарвлення дитизону, після чого промивають вуглець тетрахлоридом порціями по 5 мл до видалення слідів дитизону. Після цього до розчину додають очищену хлористоводневу кислоту (1:1) до появи рожевого забарвлення. 8. Вуглець тетрахлорид очищений. Очищають продажний препарат звичайною перегонкою з дефлегматором при 76 °С на водяній бані. 9. Натрій гідроксид, 25% розчин. Натрій гідроксид випробовують на чистоту, розбавляючи його рівним об'ємом бідистильованої води і збовтуючи з дитизоном у вуглець тетрахлориді. Шар вуглець тетрахлориду повинен знебарвитися або стати слабо-жовтим. 10. Аскорбінова кислота, 1 і 3% розчини. Застосовують свіжоприготованими. 11. Дитизон очищений. Очищення дитизону: 1 г препарату розчиняють в 100 мл хлороформу,

поміщають в ділильну лійку місткістю 500 мл, додають 10 мл 3% аскорбінової кислоти і 100 мл розведеного аміаку (1:100). Струшують суміш у лійці протягом 2 хв., потім залишають лійку для поділу шарів. Нижній хлороформний шар зливають в іншу ділильну лійку, стежачи за тим, щоб в помаранчевому водному аміачному розчині не залишилося крапель хлороформу. Витяжку дитизону свіжими порціями аміачного розчину з аскорбіновою кислотою повторюють до тих пір, поки нові порції водно-аміачного розчину не забарвляться в жовтий колір (зазвичай для цього потрібно 5-6 витяжок). Аміачні екстракти, що містять дитизон, збирають разом у ділильну лійку місткістю 1 л і, обережно помішуючи, нейтралізують хлористоводневою кислотою (1:1), поки дитизон не випаде у вигляді темних пластівців, а колір розчину з помаранчевого не перейде в блідо-зеленуватий. Отриманий дитизон фільтрують через паперовий фільтр, 2-3 рази промивають 1% аскорбіновою кислотою, збираючи осад струменем з промивалки в нижню частину фільтра і залишають на повітрі для висушування. Сухий очищений дитизон зберігають в бюксі або пробірці з притертою пробкою в темному місці. Всі роботи з дитизоном проводять у витяжній шафі. 12. Дитизон, 0,05 і 0,005% розчини. В 100 мл чистого вуглець тетрахлориду розчиняють 0,05 г очищеного дитизону, фільтрують через паперовий фільтр і зберігають у склянці з темного скла на холоді. Дитизон 0,005% готують, розбавляючи 0,05% розчин в 10 разів. 13. Стандартні розчини кадмію: а) основний розчин. У 20 мл перегнаної хлористоводневої кислоти (1:1) розчиняють 0,2282 г кадмію сульфату $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ і доводять до 1 л бідистильованою водою. В 1 мл міститься 100 мкг кадмію; б) робочий розчин. В мірну колбу на 200 мл поміщають 2 мл основного розчину, підкислюють 1 мл перегнаної хлористоводневою кислотою і доводять до мітки бідистильованою водою. В 1 мл міститься 1 мкг кадмію.

Посуд повинен бути очищений. Для цього в посуд, який чисто вимитий хромовою сумішшю, содою, хлористоводневою кислотою і промитий дистильованою водою, вносять 5-10 мл 0,001% дитизону у вуглець тетрахлориді, струшують протягом 1 хв., дають постояти і рожевий розчин виливають. Операцію продовжують до тих пір, поки не перестане змінюватися колір дитизону. Після цього посуд промивають вуглець тетрахлоридом і бідистильованою водою.

Хід визначення. У склянку поміщають 500 мл досліджуваної води, додають 5 мл перегнаної хлористоводневої кислоти (1:1), упарюють до 200 мл на піщаній бані, охолоджують і переносять у ділильну лійку місткістю 0,5 л. До концентрату доливають 2 мл 1 % хлорид гідроксиламіну, 0,5-1 мл 20% лимонної кислоти, розчин нейтралізують очищеним аміаком за лакмусовим папером, додають його надлишок в об'ємі 3 мл, потім 5 мл 0,05% дитизону в вуглець тетрахлориді та струшують протягом 2 хв.

Після відстоювання шар вуглець тетрахлориду зливають в другу ділильну лійку, а до водного шару знову додають 5 мл дитизону і екстрагують. Цю операцію повторюють до тих пір, поки колір порції дитизону, що додається не перестає змінюватися. Сполучені екстракти промивають 2 рази невеликими порціями бідистильованої води і потім витягують з них кадмій, обробляючи 2 рази порціями по 4 мл розчину хлористоводневої кислоти з $C_E=0,01\text{моль/дм}^3$, сильно струшуючи суміш протягом 3 хв. при кожній обробці. Шар вуглець тетрахлориду після цього відкидають.

Кислий водний розчин переносять в ділильну лійку і промивають невеликою порцією очищеного вуглець тетрахлориду. Відокремивши останній, приливають до водного шару 5 мл 25% натрій гідроксиду і екстрагують кадмій 0,005% дитизоном, вносячи його порціями по 2 мл і

зливаючи екстракт в іншу ділильну лійку. Екстрагування продовжують до тих пір, поки шар органічного розчинника після збовтування з аналізованим розчином не перестане забарвлюватися в рожевий колір.

Поєднавши всі екстракти, промивають їх 1 раз невеликою порцією бідистильованої води, переносять органічний шар в градуйовану пробірку з притертою пробкою, доводять до 25 мл очищеним вуглець тетрахлоридом і перемішують. Оптичну щільність вимірюють на фотоколориметрі в кюветах з товщиною оптичного шару 3 см з зеленим світлофільтрами (λ 508 нм) по відношенню до 0,005% дитизону в вуглець тетрахлориді, отриманого при обробці дистильованої води з додаванням всіх реактивів по ходу аналізу.

Вміст кадмію (мкг) знаходять за калібрувальним графіком або візуально за інтенсивністю забарвлення проби і шкали стандартних розчинів.

Калібрувальний графік. Відбирають 0-0,5-1-2-3-4-5 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту кадмію 0-0,5-1-2-3-4-5 мкг. Розбавляють кожну порцію 10 мл дистильованою водою, переносять у ділильну лійку, додають 5 мл 5% натрій гідроксиду, екстрагують 0,005 % дитизоном і продовжують, як при аналізі проби. Фотометрують і будують калібрувальний графік в координатах оптична щільність - вміст кадмію (мкг).

Концентрацію кадмію (мг/дм^3) розраховують за формулою:

$$X = A / V,$$

де: А - кількість кадмію, знайдена за калібрувальним графіком або за шкалою стандартних розчинів, мкг; V – об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

Гранично допустима концентрація миш'яку у воді водойм 0,001 мг/дм^3 , лімітуючий показник шкідливості - санітарно-токсикологічний.

1.13. Визначення свинцю з сульфарсазеном

Метод заснований на утворенні жовто-оранжевої сполуки свинцю з сульфарсазеном (плюмбон) при рН 7-7,3. Свинець попередньо екстрагують дитизоном у вуглець тетрахлориді при рН 9,2—9,6. Свинець дитизонат, який утворився, руйнують хлористоводневою кислотою, при цьому іони свинцю переходять у водний розчин, в якому визначають свинець.

Межа виявлення 0,005 мг/дм^3 . Діапазон вимірюваних кількостей свинцю в пробі 0,5—5 мкг.

Проведення аналізу свинцю заважають марганець, цинк, нікель, залізо, кадмій, мідь, кобальт і молібден. Для усунення цього впливу введена попередня екстракція свинцю дитизоном в присутності хлорид гідроксиламіну. Реекстракція свинцю з хлористоводневою кислотою ($C_E=0,05\text{моль/дм}^3$) усуває вплив міді, кадмію, кобальту і нікелю, а комплексоутворення цинку з калій (II) гексаціаноферратом — вплив цинку. Для попередження випадання гідроксидів металів додають калій-натрій тартрат.

Вплив сильних окислювачів, що окислюють дитизон, усувають відновленням їх гідроксиламіном.

При великому вмісті органічних речовин і для руйнування комплексних сполук свинцю пробу мінералізують.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. 1. Бідистильована вода. 2. Аміак очищений. Очищають і перевіряють на чистоту. 3. Дитизон очищений. 4. Дитизон, 0,01% розчин у вуглець тетрахлориді. В очищеному вуглець тетрахлориді в мірній колбі місткістю 500 мл розчиняють 0,05 г очищеного дитизону і доводять об'єм вуглець тетрахлоридом до мітки. 5. Вуглець тетрахлорид. 6. Аскорбінова кислота, 3% розчин. Застосовують свіжоприготовленим. 7. Гідроксиаміну хлорид, 20% розчин. В 50 мл дистильованої води розчиняють 20 г гідроксиаміну хлориду. Додають 3-4 краплі 0,1% фенолового червоного і очищеного аміаку до появи рожевого забарвлення. Очищають від свинцю збовтуванням в ділильній лійці з порціями по 10 мл 0,01% дитизону в вуглець тетрахлориді до тих пір, поки зелене забарвлення не перестане змінюватися. Надлишок дитизону видаляють струшуванням з чистим вуглець тетрахлоридом порціями по 10 мл до тих пір, поки вуглець тетрахлорид не стане безбарвним. Після цього у розчин гідроксиаміну наливають очищену хлористоводневу кислоту (1:1) до появи жовтого забарвлення і доводять об'єм дистильованою водою до 100 мл. 8. Калію (II) гексаціаноферрат 10 і 1% розчини. 9. Кальцій хлорид, розчин з $C_E=1$ моль/дм³. 10. Натрій карбонат, розчин з $C_E=1$ моль/дм³. 11. Натрій гідроксид, 25% розчин. 12. Натрій тетраборат (бура), 0,05 М розчин. У мірній колбі місткістю 1 л в невеликій кількості бідистильованої води розчиняють 19,07 г перекристалізованого натрій тетраборату $Na_2B_4 \cdot 10H_2O$ і доводять до мітки цією ж водою. 13. Калій-натрій тартрат (сегнетова сіль), 33% розчин. В 100 мл дистильованої води розчиняють 50 г $KNaC_4H_4O_6 \cdot 6H_2O$. Для видалення свинцю розчин збовтують в ділильній лійці з порціями по 10 мл 0,01% дитизону в вуглець тетрахлориді до тих пір, поки зелене забарвлення дитизону не перестане змінюватися. Надлишок дитизону видаляють струшуванням з чистим вуглець тетрахлоридом порціями по 10 мл до тих пір, поки розчинник не стане безбарвним. 14. Хлористоводнева кислота, очищений розведений 1:1 розчин. Готують і перевіряють на чистоту. 15. Хлористоводнева кислота, розчин з $C_E=2$ моль/дм³. Готують з фіксаналу або очищеної хлористоводневої кислоти (1:1). 16. Хлористоводнева кислота, розчин з $C_E=0,05$ моль/дм³. Готують з фіксаналу або очищеної 1:1 хлористоводневої кислоти. 17. Сульфарсазен (плюмбон), 0,05% розчин. У 20 мл 0,05 М бури розчиняють 0,05 г сульфарсазену в колбі місткістю 100 мл і доводять тим же розчином до мітки. 18. Натрій цитрат, 33% розчин. В 100 мл дистильованої води розчиняють 50 г натрій цитрату, додають 3-4 краплі 0,1% фенолового червоного і по краплях очищений аміак до появи рожевого забарвлення. Отриманий розчин очищають від свинцю 0,01% дитизоном в вуглець тетрахлориді порціями по 10 мл, поки колір дитизону не перестане змінюватися. Надлишок дитизону видаляють струшуванням розчину з чистим вуглець тетрахлоридом до тих пір, поки вуглець тетрахлорид не стане безбарвним. 19. Феноловий червоний, 0,1 % розчин, індикатор. В 100 мл 20% етанолу розчиняють 0,1 г реактиву. 20. Стандартні розчини свинцю: а) основний розчин. Відважують 0,160 г свинець нітрату, попередньо висушеного до постійної маси при 100-105 °С, розчиняють у мірній колбі місткістю 1 л у невеликій кількості бідистильованої води, підкисленої 0,5 мл азотної кислоти (1 :5), та об'єм доводять до мітки бідистильованою водою. В 1 мл міститься 100 мкг свинцю; б) робочий розчин готують розбавленням 1 мл основного в мірній колбі місткістю 100 мл і доводять до мітки хлористоводневою кислотою з $C_E=0,05$ моль/дм³; 1 мл містить 1 мкг свинцю. Застосовують свіжоприготовленим. Посуда повинна бути очищена.

Хід визначення. Визначення свинцю при вмісті у воді цинку менше 0,5 мг/дм³. Поміщають 100 мл досліджуваної води у ділильну лійку місткістю 150-200 мл, додають 1 мл 20% гідроксил - амін хлориду, 1 мл 33% калій-натрій тартрату (при великих концентраціях кальцію і магнію кількість калій - натрій тартрату збільшують до 5 мл) і 5 мл 33% натрій цитрату. Вміст лійки перемішують, доливають 2-3 краплі 0,1% фенолового червоного і по краплях

очищений аміак до переходу забарвлення з жовтого в рожеве, потім ще 2 краплі аміаку.

З бюретки наливають 1-2 мл 0,01% дитизону в вуглець тетрахлориді. Енергійно струшують 2 хв. При цьому забарвлення змінюється від зеленого до червоного. Після поділу рідин нижній зафарбований шар, що містить свинець дитизонати та інших металів (міді, марганцю, нікелю, залишки цинку тощо), зливають в пробірку з притертою пробкою. До водного розчину, що залишився в ділильної лійці, додають ще 1-2 мл 0,01% дитизону, знову струшують 2 хв. і після поділу шарів екстракт зливають в ту ж пробірку. Цю операцію повторюють до тих пір, поки забарвлення дитизону не перестане змінюватися.

Необхідно стежити, щоб разом з екстрактом свинець дитизонату не був спущений водний розчин. Якщо трохи водного розчину потрапить в пробірку, то його треба обережно видалити фільтрувальним папером, не зачіпаючи шару органічного розчинника.

Екстракт свинець дитизонату переносять з пробірки в ділильну лійку місткістю 50 мл. Вносять 3 мл хлористоводневої кислоти з $C_E=0,05$ моль/дм³ і енергійно струшують 2 хв. При цьому свинець переходить у водну фазу. Після поділу рідин нижній шар зливають з ділильної лійки в ту ж пробірку, а кислий розчин свинцю — в іншу пробірку з відтягнутим дном для видалення дрібних крапельок дитизону. Органічну фазу, що містить свинець дитизонат, знову поміщають в ділильну лійку і додають 3 мл хлористоводневої кислоти з $C_E=0,01$ моль/дм³. Енергійно струшують 2 хв. Після поділу рідин нижній шар зливають в склянку для відходів, а кислий розчин свинцю приєднують до першої порції. Об'єднаному розчину в пробірці дають постояти 10 хв., струшуючи час від часу для більш швидкого осідання краплин дитизону в вуглець тетрахлориді на дно пробірки.

Потім піпеткою з гумовою грушею відбирають 5 мл розчину поміщають в пробірку місткістю 15 мл для колориметрування, вводять 0,2 мл свіжоприготованого 1 % калій (II) гексаціаноферату, 4,5 мл 0,05 М натрій тетраборату і перемішують. Потім наливають 0,5 мл 0,05% плюмбону, знову ретельно перемішують вміст пробірки і залишають на 30 хв. для розвитку забарвлення. Фотометрують при зеленому світлофільтрі (λ 515 нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 2 см по відношенню до 5 мл хлористоводневої кислоти з $C_E=0,05$ моль/дм³, до якої додано 0,2 мл 1 % калій (II) гексаціаноферату, 4,5 мл 0,05 М натрій тетраборату і 0,5 мл 0,05% плюмбону.

Вміст свинцю (мкг) знаходять за калібрувальним графіком або візуально за інтенсивністю забарвлення проби і шкали стандартних розчинів при прогляданні пробірок зверху вниз на білому тлі.

Визначення свинцю за вмісту у воді цинку більше 0,5 мг/дм³. Свинець попередньо осаджують з кальцій карбонатом, цинк при цьому залишається в розчині.

Для цього 1000 мл підкисленої досліджуваної води поміщають в колбу, вводять 3 мл 10% калій (II) гексаціаноферу та дають постояти 10 хв., нейтралізують 25% натрій гідроксидом на папері конго до переходу

фіолетового кольору в червоний і добре перемішують воду після кожного додавання лугу.

У нейтралізовану воду додають 10 мл натрій карбонату з $C_E=1$ моль/дм³ і перемішують, потім 10 мл кальцій хлориду з $C_E=1$ моль/дм³, ще раз перемішують і залишають стояти 12-18 год. Іноді осад кальцій карбонату випадає не відразу. Якщо осад не випаде протягом 30 хв., то слід внести ще 10 мл натрій карбонату, перемішати і залишити на 12-18 год.

Після відстоювання осад кальцій карбонату зазвичай щільно пристає до дна і стінок посудини. На наступний день після осадження надосадову рідину зливають за допомогою сифона, стежачи за тим, щоб не скаламутити осаду. Якщо осад нещільно пристав до стінок і розчин не можна видалити цілком, то його залишок фільтрують через фільтр «біла стрічка». Фільтри готують заздалегідь. Для цього обробляють пачку фільтрів діаметром 5-7 см хлористоводневою кислотою з $C_E=2$ моль/дм³, потім ретельно промивають дистильованою водою і сушать.

Осад карбонатів розчиняють на фільтрі в 10 мл хлористоводневої кислоти з $C_E=2$ моль/дм³. На цьому етапі вода частково звільняється від цинку.

Кислий розчин з колби переносять у ділильну лійку, ретельно змиваючи очищеною дистильованою водою вміст колби і фільтр, додають 1 мл 20% гідроксиамін хлориду, 1 мл 33% калій-натрій тартрату і 5 мл 33% натрій цитрату і доводять до 100 мл дистильованою водою. Вміст лійки перемішують, додають 2—3 краплі 0,1% фенолового червоного і по краплях очищений аміак. Далі аналіз продовжують, як описано вище.

Калібрувальний графік. У ділильні лійки наливають по 50 мл бідистильованої води, додають 0-0,5-1-2-3-4-5 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту свинцю 0-0,5-1-2-3-4-5 мкг. Підкислюють кожен розчин однією краплею хлористоводневої кислоти (1:1) і далі ведуть визначення, як при дослідженні проби, починаючи з додавання реактивів перед екстракцією дитизоном. Шкала стандартних розчинів стійка протягом 1 доби. Фотометрують і будують калібрувальний графік в координатах оптична щільність — вміст свинцю (мкг).

Концентрацію свинцю (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X = A / V,$$

де: А - кількість свинцю, знайдена за калібрувальним графіком або за шкалою стандартних розчинів, мкг; V- об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

Гранично допустима концентрація свинцю у воді водойм 0,03 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості - санітарно-токсикологічний.

1.14. Визначення вмісту миш'яку з діетилдитіокарбаматом срібла

Метод заснований на відновленні всіх форм миш'яку до летючого водню миш'яковистого AsH₃ (арсин) металевим цинком в кислому середовищі в присутності калій йодиду, а в якості каталізатора — олова (II)

хлориду. Арсин взаємодіє з діетилдитіокарбаматом срібла, розчиненим у хлороформі з L-ефедрином, з утворенням сполуки червоно-фіолетового кольору, інтенсивність якої пропорційна вмісту миш'яку у воді.

Межа виявлення $0,01 \text{ мг/дм}^3$ при об'ємі проби 100 мл. Діапазон вимірюваних кількостей миш'яку 1-10 мкг в пробі. Сурма при концентрації до $0,1 \text{ мг/дм}^3$ визначенню не заважає. Заважає вплив сульфідів і сірководню, що утворюється і виділяється одночасно з арсином, усувається поглинанням його ватую, просоченою свинцю ацетатом.

Апаратура. 1. Прилад для визначення миш'яку (рис.4.) складається з реакційної посудини (1) місткістю 150 мл, у яку за допомогою гумової пробки (2) вставляють трубку (3) діаметром широкої частини 17 мм і висотою 110 мм для поглинання сірководню і сульфідів. Трубку (3) з'єднують за допомогою гумової пробки (4), скляної трубки (7) і поліетиленового шланга (5) з поглинальною трубкою (6). Діаметр частин тонких трубок, які з'єднуються, повинен бути однаковим — 5 мм. Широка частина трубки (6) має діаметр 10 мм, висоту 110 мм і піднята на 30 мм над нижнім коліном тонкої трубки. Довжина нижнього коліна 30 мм, лівого вертикального 80 мм. Зібраний прилад перевіряють на герметичність, змочуючи мильною піною місця з'єднання частин приладу. 2. Скляні кульки діаметром 7 мм.

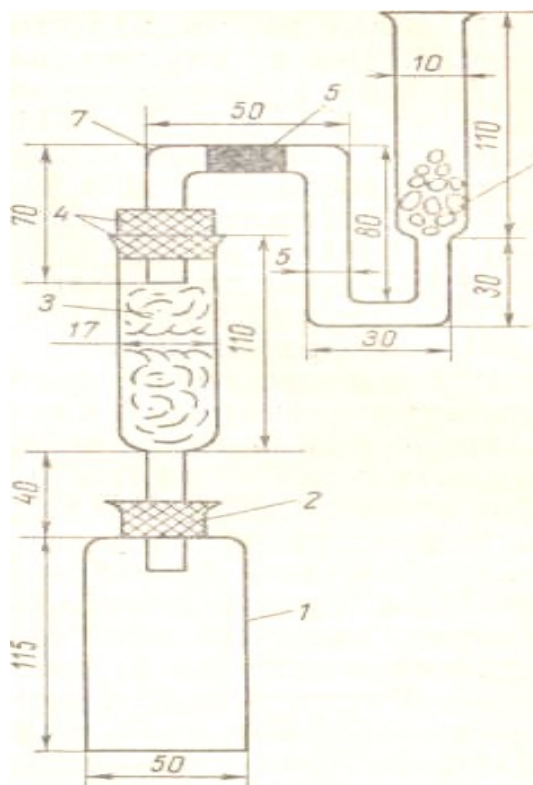


Рис. 4. Прилад для визначення миш'яку (розміри дані в міліметрах).

1 - реакційний посуд; 2, 4 - гумова пробка; 3 - трубка для поглинання сірководню; 5 - поліетиленовий шланг; 6 - поглинальна трубка; 7 - скляна трубка.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. Всі реактиви повинні бути перевірені на відсутність миш'яку. 1. Калію йодид, 15 % розчин. Застосовують свіжоприготовленим. 2. Олова (II) хлорид, 40% розчин у хлористоводневій кислоті. Розчиняють при нагріванні в 100 мл хлористоводневої кислоти густ. $1,19 \text{ г/см}^3$ 40 г

$\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Термін зберігання до 1 року. 3. Хлористоводнева кислота густ. 1,19 г/см³. 4. Цинк гранульований (без миш'яку). 5. Вата, просочена 10 % свинцю ацетатом. Розчиняють 10 г $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ в 100 мл дистильованої води. Цим розчином просочують вату, яку потім віджимають і висушують на повітрі між листами фільтрувального паперу. Зберігають в щільно закритій банці. Термін зберігання 6 міс. 6. Срібла діетилдітіокарбамат (ДДК): а) розчиняють 1,7 г срібла нітрату в 100 мл дистильованої води; б) розчиняють 2,25 г натрій діетилдітіокарбамат (ДДК) в 100 мл дистильованої води. Якщо розчин мутний, його фільтрують через фільтр «синя стрічка»; в) до розчину натрій ДДК доливають повільно протягом 10-15 хв. при енергійному помішуванні розчин срібла нітрат. Осад срібла ДДК, який при цьому виділився, фільтрують через паперовий фільтр «біла стрічка», промивають 2-3 рази дистильованою водою (для фільтрування можна використовувати лійку Бюхнера з колби Бунзена і водоструйний насос) і висушують на повітрі в темному місці до постійної маси. Зберігають в щільно закритій посудині в темряві. 7. Розчин для поглинання арсину. Готують, застосовуючи ефедрин – основу або ефедрин – гідро хлорид: а) розчиняють 0,165 г ефедрину - основи в 100 мл хлороформу, а потім 0,225 г срібла ДДК. Якщо розчин каламутний, його фільтрують через паперовий фільтр, промитий хлороформом. Термін зберігання 3 міс.; б) розчиняють 0,5 г ефедрин - гідрохлорид в 10 мл дистильованої води. Можна використовувати готовий медичний 2-5% ефедрин - гідрохлорид (10 мл 5% або 17 мл 3%, або 25 мл 2 % розчину). У розчин додають натрій гідроксид з $C_E=1$ моль/дм³ до рН 11, контролюючи за універсальним індикаторним папірцем. Розчин переносять в ділильну воронку і екстрагують 100 мл хлороформу протягом 10 хв. Після відстоювання відокремлюють хлороформний шар і розчиняють у ньому 0,225 г срібла ДДК. Якщо розчин каламутний, його фільтрують через паперовий фільтр, промитий хлороформом. Термін зберігання 3 міс. 8. Стандартні розчини миш'яку: а) основний розчин. У мірній колбі в 25 мл розчину натрій гідроксиду з $C_E=1$ моль/дм³ розчиняють 0,132 г миш'яку (III) оксиду As_2O_3 (Отрута! Робота вимагає обережності) і доводять дистильованою водою до 1 л. В 1 мл міститься 0,1 мг миш'яку; б) робочий розчин готують розведенням 1 мл основного дистильованою водою до 100 мл в мірній колбі. Один мл містить 1 мкг миш'яку. Застосовують свіжоприготовленим.

Хід визначення. В реакційну посудину (1) поміщають 100 мл досліджуваної води, доливають 15 мл хлористоводневої кислоти густ. 1,19 г/см³, 6 мл 15 % калій йодиду, 0,5 мл 40 % олова хлориду, перемішують і залишають на 15 хв. для відновлення всього миш'яку до тривалентного стану. У трубку (3) поміщають вату, просочену свинцю ацетатом (вата повинна бути пухкою і заповнювати всю трубку). У поглинальну трубку (6) вносять 6-7 скляних кульок і наливають 1 мл поглинального розчину. З'єднують всі частини приладу. В реакційну посудину додають приблизно 5 г гранульованого цинку, перемішують і відразу ж герметично закривають усі частини приладу. Потім додають в поглинальну трубку ще по 1 мл поглинального розчину. Реакція виділення і поглинання арсину відбувається 90-120 хв. Потім поглинальну трубку від'єднують і переносять розчин через маленьку скляну лійку, яка затримує кульки, в градуйовану пробірку місткістю 3-5 мл з міткою 2 мл. Трубку (6), скляні кульки і лійку обмивають кількома порціями хлороформу (приблизно по 0,1 мл), доводять об'єм у пробірці до 2 мл. Потім фотометрують при зеленому світлофільтрі (λ 540 нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 0,3-0,5 см по відношенню до поглинального розчину — дистильованої води, проведеної через весь хід визначення. У фотоколориметр слід ставити 2 контрольні проби, щоб її

об'єму вистачило на 2 кювети. Вміст миш'яку (мкг) знаходять за калібрувальним графіком.

Калібрувальний графік. В реакційні посудини вносять 1-3-5-7-10 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту миш'яку 0-1-3-5-7-10 мкг, приливають дистильовану воду до об'єму 100 мл і далі обробляють, як проби. Фотометрують і будують калібрувальний графік в координатах оптична щільність — вміст миш'яку (мкг). Калібрувальний графік слід перевіряти за 2-3 концентраціями з кожною порцією досліджуваної води.

Концентрацію миш'яку (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X = A / V,$$

де: А - кількість миш'яку, знайдена за калібрувальним графіком або візуально за шкалою стандартних розчинів, мкг; V - об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

Гранично допустима концентрація миш'яку у воді водойм 0,05 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості - санітарно-токсикологічний.

1.15. Визначення алюмінію з алюмініном

Метод заснований на здатності іонів алюмінію утворювати з алюмініном оранжево-червону комплексну колоїдну сполуку при рН 4,5 в присутності амоній сульфату.

Межа виявлення 0,05 мг/дм³, він може бути збільшений при концентруванні проби випаровуванням. Діапазон вимірюваних кількостей алюмінію в пробі 1-14 мкг.

Метод дозволяє знаходити сумарний вміст у воді всіх форм алюмінію (іонів, гідроксиду і комплексних сполук алюмінію). Пробу відразу після відбору обов'язково консервують.

Проведенню аналізу заважають залізо (III), фториди (більше 0,3 мг/дм³), фосфати (більше 0,2 мг/дм³), активний хлор. Вплив заліза (III) усувається відновленням його до заліза (II) аскорбіновою кислотою. При вмісті активного хлору до 0,5 мг/дм³ додають 25-30 мг аскорбінової кислоти на 50 мл води, а при його вмісті понад 0,5 мг/дм³ — еквівалентну кількість натрій тіосульфату з $C_E=0,01$ моль/дм³. Заважає вплив фторидів в концентраціях більше 0,3 мг/дм³, поліфосфатів більше 0,2 мг/дм³, а також органічних речовин, що комплексують алюміній (фульвокислоти, амінополікарбонові кислоти), усувається кип'ятінням і випаровуванням проби майже насухо з амоній персульфатом.

Оскільки інтенсивність і відтінки забарвлення лаку, що утворюється, залежать від дисперсності колоїдних частинок, а остання — від різних факторів (присутність різних солей, температура, швидкість вливання реактиву, час експозиції тощо), аналіз проб і приготування шкали стандартних розчинів (особливо холостих проб при фотометруванні) повинні бути максимально аналогічними.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. 1. Ацетатний буферний розчин рН 4,5±0,1. У мірній колбі місткістю 1 л розчиняють 19 г натрій ацетату $NaCH_3COO \cdot 3H_2O$ в

200-300 мл дистильованої води, приливають 8,5 мл крижаної оцтової кислоти і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. Величину рН перевіряють потенціометрично і при необхідності доводять рН до 4,5 5% розчином натрій гідроксиду. 2. Натрій гідроксид, 5 % розчин. 3. Амоній сульфат, 30 % розчин. 4. Амоній персульфат, 30 % розчин. Застосовують свіжоприготованим. 5. Алюмініон, 0,2 % розчин. Використовують через 1 тиждень після приготування. Якщо з'явиться легкий білий осад, розчин фільтрують через фільтр «синя стрічка». Зберігають в склянці з темного скла. Термін зберігання 3 міс. 6. Аскорбінова кислота. 7. Сульфатна кислота густ. 1,84 г/см³. 8. Аміак, 25 % розчин. 9. Стандартні розчини алюмінію: а) основний розчин. В мірну колбу місткістю 1 л поміщають 1,758 г алюміній-калій сульфату (алюмо - калієвий галун) $\text{AlK}(\text{SO}_4) \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ або 1,680 г алюміній-амоній сульфату (алюмо - амонійний галун) $\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, доливають 300-500 мл дистильованої води, розчиняють препарат, обережно при перемішуванні додають 5 мл сульфатної кислоти густ. 1,84 г/см³ і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. В 1 мл міститься 0,1 мг алюмінію; б) робочий розчин. Вносять в мірну колбу місткістю 100 мл 2 мл основного розчину і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. В 1 мл міститься 2 мкг алюмінію.

Хід визначення. У присутності речовин, які заважають. Відбирають 25 мл законсервованої досліджуваної води, поміщають в термостійкий стакан, доливають 1 мл свіжоприготованого розчину амоній персульфату і кип'ятять (помірно), поки розчин не випарується і не з'являться білі пари сульфатної кислоти (при кип'ятінні амоній персульфатів руйнується до амоній сульфату і сульфатної кислоти).

Після охолодження в склянку приливають 10-15 мл дистильованої води, обмиваючи стінки склянки, додають 50 мг аскорбінової кислоти, перемішують до повного розчинення цієї кислоти і нейтралізують до рН 4,5 25 % аміаком, контролюючи величину рН за індикаторною універсальною стрічкою. Потім розчин переносять кількісно в мірну колбу місткістю 50 мл, обмиваючи склянку невеликими порціями дистильованої води і зливаючи їх в ту ж мірну колбу. Загальний обсяг не повинен перевищувати 30 мл.

Доливають 2 мл 0,2 % алюмініону, перемішують, через 2-5 хв. додають 10 мл ацетатного буферного розчину і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. Через 20 хв. суміш фотометрують з зеленим світлофільтром (λ 525 - 540 нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 2-5 см по відношенню до дистильованої води, обробленої, як і досліджувана проба. Вміст алюмінію (мкг) знаходять за калібрувальним графіком або візуально за шкалою стандартних розчинів.

За відсутності речовин, які заважають. В мірну колбу місткістю 50 мл поміщають 25 мл законсервованої проби (або менший об'єм, якщо концентрація алюмінію більше 0,5 мг/дм³), додають 25-30 мг аскорбінової кислоти і нейтралізують до рН 4,5 25 % аміаком, контролюючи величину рН за універсальним індикаторним папером. Доливають 1 мл 30 % амоній сульфату, 2 мл 0,2 % алюмініону і через 3-5 хв. 10 мл ацетатного буферного розчину. Після додавання кожного реактиву перемішують. Доводять об'єм до мітки, перемішують і через 20 хв. фотометрують і знаходять вміст алюмінію (мкг), як зазначено вище.

Калібрувальний графік. У мірні колби місткістю 50 мл вносять 0-0,5-1-3-5-7 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту алюмінію 0-1-

2-6-10-14 мкг. Додають дистильовану воду до обсягу 25-30 мл, вносять 25-30 мг аскорбінової кислоти і доводять рН до 4,5 25% аміаком, контролюючи за універсальним індикаторним папером. Далі проводять визначення, як зазначено для аналізу води за відсутності речовин, які заважають. Будують калібрувальний графік в координатах оптична щільність — вміст алюмінію (мкг). Цей графік може бути використаний і для виявлення алюмінію в присутності речовин, які заважають.

Концентрацію алюмінію (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X = A / V,$$

де: А - вміст алюмінію, знайдений за калібрувальним графіком або візуально за шкалою стандартних розчинів, мкг; V – об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

Гранично допустима концентрація алюмінію у воді водойм 0,5 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості - санітарно-токсикологічний.

1.16. Турбідиметричне визначення барію

Метод заснований на малій розчинності барій хромату в нейтральному середовищі. Кальцій при вмісті до 45 г/дм³ і стронцій до 0,5 г/дм³ визначенню не заважають. Залізо більше 1 мг/дм³ і алюміній попередньо слід відокремити уротропіном (гексаметилентетрамін) в нейтральному середовищі.

Межа виявлення барію 1,5 мг/дм³. Діапазон вимірюваних концентрацій без зміни обсягу проби 1- 6 мг/дм³.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. 1. Кислота оцтова крижана.

2. Амоній ацетат, розчин з С_Е=3моль/дм³. Розчиняють в дистильованій воді 231 г СН₃СООН₄ і доводять до 1 л дистильованою водою.3. Калій або амоній хромат, 10 % розчин. 4. Аміак, 10 % розчин. 5. Кислота хлористоводнева, розведений (1:1) розчин. 6. Пероксид (перекис) водню, 10 % розчин. 7. Гексаметилентетрамін (уротропін), 20% розчин. 8. Стандартні розчини барію: а) основний розчин. У мірній колбі місткістю 1 л в дистильованій воді розчиняють 1,778 г барій хлориду ВаС1₂·2Н₂О. Вміст барію 1 мг/мл; б) робочий розчин готують в день проведення аналізу, розбавляючи основний в 100 разів. Вміст барію 0,01 мг/дм³. застосовують свіжоприготовленим.

Хід визначення. За відсутності заліза і алюмінію. У колориметричну пробірку вносять 10 мл досліджуваної води, 2 краплі крижаної оцтової кислоти, 1 мл амоній ацетату з С_Е=0,01моль/дм³, 5 мл 10% калій хромату (або амоній). Вміст пробірки струшують після додавання кожного реактиву. Через 30 хв. нефелометрують при довжині хвилі λ 360 нм або фотометрують при зеленому світлофільтрі (λ 500-560 нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 5 см по відношенню до дистильованої води, в яку додано ті ж реактиви. Окремо вимірюють оптичну щільність досліджуваної води і віднімають її з оптичної щільності проби, отриманої в ході аналізу.

Концентрацію барію (мг/дм³) знаходять за калібрувальним графіком або візуально по каламуті проби, що утворилася, і шкали стандартних розчинів в прохідному світлі.

У присутності заліза (більше 1 мг/дм³) і алюмінію. В колбу на 50 мл вносять 10 мл досліджуваної води, 10 % аміаку по краплях до початку

випадання гідроксидів, які потім розчиняють декількома краплями хлористоводневої кислоти 1 : 1 [якщо присутнє залізо (II), то додають кілька крапель 10 % пероксиду водню для його окислення], приливають 5-10 мл 20% уротропіну. Вміст випаровують до об'єму менше 10 мл. Потім фільтрують у колориметричну пробірку і промивають фільтр дистильованою водою до мітки 10 мл. Далі надходять, як описано вище.

Калібрувальний графік. У пробірки вносять 0-1-2-3-5-6 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту барію 0-1-2-3-4-5-6 мг/дм³, доводять до 10 мл дистильованою водою, а потім в кожену пробірку додають реактиви і проводять всі етапи як зазначено в ході визначення. Нефелометрують в тих же умовах, що і пробу, та будують калібрувальний графік в координатах оптична щільність — концентрація барію (мг/дм³).

Гранично допустима концентрація іонів барію у воді водоем 4 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості санітарно-токсикологічний.

1.17. Визначення вмісту міді з свинець діетилдитіокарбаматом

Метод заснований на обмінній реакції, що відбувається в кислому середовищі (рН 1-2) між свинець діетилдитіокарбаматом, розчиненим в вуглець тетрахлориді, та іонами міді. Міді карбамат має жовтий колір, а свинець карбамат безбарвний. При заміщенні свинцю міддю шар вуглець тетрахлориду забарвлюється в жовтий колір.

Межа виявлення міді 0,002 мг/дм³. Діапазон вимірюваних кількостей міді в пробі 0,2—10 мкг.

Проведення аналізу заважає вісмут в концентрації більше 0,03 мг/дм³.

При кольоровості води більше 40° до 100 мл досліджуваної води додають 5 мл сульфатної кислоти, розведеної 1:3, 10 мл розчину КМпО₄ з С_Е=0,01 моль/дм³ і кип'ятять 10 хв. Потім наливають 10 мл розчину шавлевої кислоти з С_Е=0,01 моль/дм³. Після охолодження розчину витягують мідь 3 мл свинець діетилдитіокарбамату в вуглець тетрахлориді і далі, як описано в ході визначення.

При великому вмісті важкоокислюваних органічних речовин або наявності комплексних сполук міді пробу мінералізують.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. 1. Аміак, 25 і 2% розчини. 2. Кислота сульфатна, розведений 1:5 розчин. 3. Кислота хлористоводнева з С_Е=0,01 моль/дм³ і розведений 1:1 розчини. 4. Вуглець тетрахлорид. 5. Ацетат свинцю. 6. N,N - натрій діетилдитіокарбамат. 7. Свинець діетилдитіокарбамат. Розчиняють 0,1 г свинець ацетату Pb(CH₃COO)₂ · 3H₂O в 50 мл води і додають 0,1 г розчиненого у воді натрій діетилдитіокарбамату. Утворюється білий осад свинець діетилдитіокарбамату. Розчин з осадом переносять в ділильну лійку, додають 250 мл вуглець тетрахлориду і збовтують, осад при цьому розчиняється. Водний шар відкидають, а шар вуглець тетрахлориду фільтрують через сухий фільтр в колбу місткістю 500 мл і розбавляють вуглець тетрахлоридом до мітки. 8. Стандартні розчини міді: а) основний розчин. Розчиняють 0,393 г міді сульфату CuSO₄ · 5H₂O в мірній колбі на 1 л в невеликій кількості води, яка підкислена 1 мл сульфатної кислоти (1:5), і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. В 1 мл міститься 100 мкг міді; б) робочий розчин готують розбавленням основного

в 100 разів дистильованою водою. В 1 мл міститься 1 мкг міді. Застосовують свіжоприготовленим.

Хід визначення. Відбирають 100 мл або менший об'єм досліджуваної (або підготовленої одним із зазначених вище способів) води (в залежності від вмісту міді), нейтралізують по метиловому оранжевому 2% аміаком, якщо проба води при відборі була підкислена, або хлористоводневою кислотою з $C_E=0,1$ моль/дм³, якщо воду не консервували. Пробу переносять в ділильну лійку на 150-200 мл, додають 5 крапель хлористоводневої кислоти (1:1) і з бюретки точно 1 мл свинець діетилдитіокарбамату в вуглець тетрахлориді. Енергійно струшують протягом 2 хв. Після поділу рідин зливають шар вуглець тетрахлориду в колориметричну пробірку з притертою пробкою і порівнюють забарвлення зі шкалою стандартних розчинів.

При фотометричному визначенні хід аналізу залишається таким же, але додають 2 мл свинець діетилдитіокарбамату в вуглець тетрахлориді та фотометрують з фіолетовим світлофільтром (λ 430 нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 0,5 см по відношенню до розчину свинець діетилдитіокарбамату. Вміст міді (мкг) знаходять за калібрувальним графіком.

Калібрувальний графік. Відбирають 0-0,2-0,5-1-3-5-10 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту міді 0-0,2-0,5-1-3-5-10 мкг, розбавляють кожен порцію до 100 мл дистильованою водою і обробляють так само, як і пробу. Забарвлення стійке протягом 4-6 днів при зберіганні в темному прохолодному місці. При фотометричному визначенні будують калібрувальний графік в координатах оптична щільність — вміст міді (мкг).

Концентрацію міді (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X = A / V,$$

де: А - вміст міді, знайдений за калібрувальним графіком або за шкалою стандартів, мкг; V- об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

Гранично допустима концентрація міді у воді водойм 1 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості - органолептичний.

1.18. Визначення вмісту цинку з дитизоном

Метод заснований на утворенні з'єднання цинку з дитизоном червоного кольору з подальшим витяганням дитизонату цинку в шар вуглець тетрахлориду при рН 4,5—4,8.

Межа виявлення 0,005 мг/дм³ при об'ємі досліджуваної води 100 мл.

В умовах пропису методу оптимальна концентрація цинку 5-50 мкг/дм³. Якщо концентрація цинку у воді знаходиться за вказаними межами, беруть відповідно більший або менший об'єм проби.

Визначення цинку з дитизоном можуть заважати близько 20 різних елементів. При вмісті міді більше 0,001 мг в досліджуваному об'ємі її пов'язують в комплекс натрій тіосульфатом з розрахунку 5 мл 20% розчину на кожні 10 мкг міді.

Вісмут, кадмій, свинець, ртуть, нікель, кобальт, срібло, золото, олово (II) також можна зв'язати в комплекс з натрій тіосульфатом, якщо їх кількість не перевищує 5 мг/дм³. Якщо вміст цих елементів більше 5 мг/дм³, то пробу рекомендується розбавити так, щоб концентрація елемента, яка заважає, була нижче 5 мг/дм³. Якщо відношення концентрацій елемента, який заважає і цинку перевищує 5:0,05, то необхідно в аналізований розчин вводити невелику кількість калій ціаніду.

Слід мати на увазі, що цинк також утворює з тіосульфатом комплексну сполуку, хоча і малостійку, тому побудова калібрувального графіка і саме визначення треба проводити в абсолютно однакових умовах (об'єм проби, кількість тіосульфату і дитизону, тривалість екстракції).

У пробі не повинно бути окислювачів (хлор, бром, перекис), їх видаляють кип'ятінням проби перед дослідженням.

При вмісті заліза (III) більше 0,05 мг і заліза (II) більше 0,03 мг у досліджуваній пробі воду слід попередньо розбавити очищеною дистильованою водою і потім профільтрувати через щільний фільтр, промитий гарячою дистильованою водою.

При великому вмісті органічних речовин і для руйнування стійких органічних комплексів цинку досліджувану воду мінералізують. Невелику кількість забарвлених органічних речовин можна видалити попередньою екстракцією з води вуглець тетрахлоридом до отримання безбарвного екстракту.

Всі реактиви, включаючи воду, і посуд треба очищати від цинку.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. 1. Бідистильована вода, яку застосовують для приготування реактивів і розведення проб води. 2. Хлористоводнева кислота, очищений розведений 1:1 розчин. 3. Вуглець тетрахлорид. 4. Дитизон очищений. 5. Дитизон, 0,002 % розчин у вуглець тетрахлориді. Поміщають 0,05 г очищеного дитизону в мірну колбу місткістю 500 мл, розчиняють у невеликій кількості вуглець тетрахлорид, потім доводять ним же до мітки і отримують 0,01% розчин. Готують 0,002 і 0,001% розчини дитизону (20 або 10 мл відповідно розбавляють в мірній колбі до 100 мл вуглець тетрахлоридом). Реактиви стійкі 10 днів. 6. Натрію ацетат, розчин з $C_E=2$ моль/дм³. У дистильованій воді розчиняють 68 г $NaCH_3COO \cdot 3H_2O$ і розбавляють до 250 мл дистильованою водою. 7. Оцтова кислота, розчин з $C_E=2$ моль/дм³. В дистильованій воді, розбавляють 30 мл крижаної оцтової кислоти і доводять об'єм до 250 мл дистильованою водою. 8. Ацетатний буферний розчин рН 4,5. Змішують рівні об'єми натрій ацетату з $C_E=2$ моль/дм³ і оцтової кислоти з $C_E=2$ моль/дм³. Буферний розчин очищають 0,01 % дитизоном порціями по 5-10 мл до тих пір, поки колір дитизону не перестане змінюватися. Надлишок дитизону видаляють чистим вуглець тетрахлоридом порціями по 10 мл до тих пір, поки вуглець тетрахлорид не стане безбарвним. 9. Натрію тіосульфат, 20% розчин. В 100 мл дистильованої води розчиняють 25 г натрій тіосульфату і очищають, як описано для ацетатного буферного розчину. 10. Стандартні розчини цинку, а) Основний розчин. Розчиняють 0,1 г чистого металевого цинку в пробірці в 2 мл хлористоводневої кислоти (1:1), переносять в мірну колбу місткістю 1 л і доводять до мітки дистильованою водою. В 1 мл міститься 100 мкг цинку, б) робочий розчин готують розведенням основного в 100 разів. В 1 мл міститься 1 мкг цинку. Застосовують свіжоприготовленим. Посуд повинен бути очищений.

Хід визначення. *За вмісту цинку 5- 50 мкг/дм³.* У ділильну лійку місткістю 150-200 мл поміщають 100 мл досліджуваної води, підкисленої при відборі (якщо вода не була підкислена, то додають 2-3 краплі очищеної хлористоводневої кислоти (1:1)). Наливають 5 мл буферного розчину, перемішують, приливають 1 мл 20% натрій тіосульфату, знову перемішують. З бюретки вносять 4 мл 0,002% дитизону в вуглець тетрахлориді та енергійно струшують протягом 2 хв. Забарвлення дитизону залежно від вмісту цинку змінюється від зеленого до червоного. Після розшарування рідин екстракт цинк дитизонату зливають в колориметричну пробірку з притертою пробкою. До водного розчину знову додають 2 мл 0,002% дитизону, струшують 2 хв. і після поділу рідин зливають шар дитизонату в ту ж пробірку.

Перемішують і порівнюють зі шкалою стандартних розчинів, приготованих в тих же умовах. Визначення на ФЕК проводять при зеленому світлофільтрі (λ 535 нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 1 см по відношенню до 0,002% дитизону, отриманого при проведенні 100 мл бідистильованої води через аналіз. Вміст цинку (мкг) визначають за відповідним калібрувальним графіком (для концентрацій вище 0,5 мкг в пробі).

За вмісту цинку понад 50 мкг/л. Якщо концентрація цинку в досліджуваній воді не перевищує 50 мкг/л, то весь цинк з проби зазвичай переходить в дитизонат при першій екстракції. Колір розчину при другій екстракції залишається зеленим. Якщо колір розчину буде мати інше забарвлення, то це означає, що в пробі цинку міститься понад 50 мкг/л. У цьому випадку визначення повторюють, відбираючи для аналізу 25-50 мл досліджуваної води. Кількість прилитого буферного розчину натрій тіосульфату і 0,002% дитизону залишається колишнім. Якщо необхідно брати ще менший об'єм досліджуваної води, то її потрібно розбавляти очищеною дистильованою водою до 25 мл. Вміст цинку (мкг) встановлюють за шкалою розчинів або калібрувальним графіком (для концентрацій вище 0,5 мкг в пробі).

За вмісту цинку менш 5 мкг/дм³. При малих концентраціях цинку (0,5 —1 мкг в пробі) екстракцію з 100 мл води слід наводити 0,001% дитизоном, додаючи при першій екстракції 3 мл, при другій - 1 мл розчину. Отримані екстракти зливають разом в колориметричну пробірку. Вміст цинку (мкг) встановлюють за шкалою розчинів або відповідного калібрувального графіку для концентрацій нижче 1 мкг в пробі.

Калібрувальний графік. За вмісту цинку більше 0,5 мкг в пробі відбирають 0-0,5-1-2-3-4-5 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту цинку 0-0,5-1-2-3-4-5 мкг, розбавляють бідистильованою водою до 100 мл. За вмісту цинку менше 1 мкг в пробі відбирають 0-0,2-0,4-0,6-0,8-1 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту 0-0,2-0,4-0,6-0,8-1 мкг, розбавляють до 100 мл бідистильованою водою. Кожну шкалу розчинів обробляють так само, як і проби води з відповідним вмістом цинку. Будують 2 калібрувальних графіки в координатах оптична щільність — вміст цинку (мкг).

Концентрацію цинку (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X = A / V,$$

де: А - вміст цинку, знайдений за шкалою стандартних розчинів або відповідного калібрувального графіку, мкг; V - об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

Гранично допустима концентрація цинку у воді водойм 1 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості – загально санітарний.

1.19. Визначення вмісту хрому з дифенілкарбазидом

Метод заснований на взаємодії хроматів та біхроматів в кислому середовищі з дифенілкарбазидом з утворенням забарвленої в червоно-фіолетовий колір сполуки, в якій хром міститься у відновленій формі у вигляді хрому (III).

Межа виявлення 0,02 мг/л. Діапазон вимірюваного вмісту хрому в пробі 1-50 мкг.

При аналізі води в одній пробі визначають тільки хром (VI), а в іншій — сумарний вміст хрому (VI) та хрому (III) після його окислення. За різницею результатів знаходять вміст хрому (III).

У нейтральних і лужних водах роздільне визначення хрому (VI) і (III) ускладнене тим, що при підкисленні таких вод, якщо вони містять відновники (солі двовалентного заліза, сульфіти, багато чисельні органічні речовини тощо), відбувається відновлення хрому (VI) до хрому (III).

При визначенні хрому (VI) на результати впливає те, що хромат або біхромат може окислювати деякі речовини, які містяться в пробі в період між взяттям проби та її дослідженням. У подібних випадках хром визначають безпосередньо після відбору проби.

У водах, забарвлених органічними речовинами, колориметрично виявити хром (VI) важко навіть тоді, коли ці води мають кислу реакцію, і тому визначають тільки загальний вміст хрому.

Проведенню аналізу хрому даним методом заважають присутні у високих концентраціях (більше 200 мг/дм³) ртуть (II), ванадій і молібден (VI), залізо (більше 1 мг/дм³). Вплив заліза можна частково усунути, додаючи фосфорну кислоту. У присутності великих кількостей марганцю при окисленні персульфатом осідає марганець діоксид. Його в таких випадках відфільтровують через скляну фільтруючу пластинку або скляну вату. За великого вмісту органічних речовин і для руйнування комплексних сполук хрому пробу попередньо мінералізують, в цьому випадку визначають вміст хрому (VI) і (III).

Для санітарно-гігієнічної оцінки якості води при визначенні сумарного вмісту хрому розрахунок ведуть по найбільш токсичному хрому (VI).

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. 1. Бідистильована вода. Використовують для приготування всіх реактивів. 2. Сульфатна кислота, розведений 1:1 розчин з С_Е=1 моль/дм³. 3. Фосфорна кислота густ. 1,68—1,70 г/см³. 4. Дифенілкарбазид, 0,5% розчин в ацетоні. Застосовують свіжоприготовленим. 5. Амонію персульфат, 0,1%

розчин. Застосовують свіжоприготованим. 6. Натрію гідроксид, 25 і 10% розчини. 7. Калію біхромат, стандартний розчин: а) основний розчин. Розчиняють 2,8285 г $K_2Cr_2O_7$, висушеного при 105 °С, в бідистильованій воді і доводять об'єм при 20 °С до 1 л. В 1 мл міститься 1 мг хрому (VI); б) робочий розчин I готують розбавленням 25 мл основного бідистильованою водою до 500 мл. В 1 мл міститься 0,050 мг хрому (VI); робочий розчин II. Розбавляють 20 мл робочого розчину I бідистильованою водою до 500 мл; 1 мл містить 2 мкг хрому (VI). Застосовують свіжоприготованим.

Хід визначення. Визначення хрому (VI). У мірну колбу місткістю 100 мл поміщають такий об'єм прозорої проби, щоб в ньому містилося від 0,005 до 0,1 мг хрому, доводять рН до 8 розчином кислоти або лугу з $C_E=0,1$ моль/дм³, контролюючи за універсальним індикаторним папером. Доливають 1 мл сульфатної (1:1) і 0,3 мл фосфорної кислоти, доводять об'єм бідистильованою водою до 100 мл і перемішують. Додають 2 мл 0,5% дифенілкарбазиду і знову перемішують. Через 5-10 хв. фотометрують з зеленим світлофільтром (λ 540 нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 5 см по відношенню до бідистильованої води, проведеної через весь аналіз.

Вміст шестивалентного хрому (мкг) знаходять за відповідним калібрувальним графіком або візуально за інтенсивністю забарвлення проби і шкали стандартних розчинів.

Визначення загального вмісту хрому. Відбирають такий об'єм досліджуваної проби (розведеної, сконцентрованої упарюванням, мінералізованої «сухим» або «мокрим» спалюванням), в якому міститься 1-50 мкг хрому, і доводять об'єм до 100 мл в мірній колбі.

Нейтралізують пробу до рН 8 кислотою або лугом, контролюючи за універсальним індикаторним папером, потім додають 0,3 мл розчину сульфатної кислоти з $C_E=1$ моль/дм³ і 5-10 мл 0,1% амоній персульфату, кип'ятять 20-25 хв. Весь персульфат повинен розклатися, так як його сліди заважають подальшому визначенню. Розчин упарюють приблизно до об'єму 50 мл, переносять у мірну колбу місткістю 100 мл і продовжують далі, як при визначенні хрому(VI), починаючи з встановлення рН розчину рівним 8.

Вміст хрому знаходять за калібрувальним графіком або візуально за інтенсивністю забарвлення проби і шкали стандартних розчинів.

Калібрувальний графік. В ряд мірних колб місткістю 100 мл відмірюють 0-1-5-10-15-20-25 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту хрому 0-2-10-20-30-40-50 мкг. Проводять визначення за відповідним варіантом. Будують калібрувальний графік в координатах оптична щільність — концентрація хрому (мкг).

Концентрація хрому (VI) і загальний вміст хрому (мг/дм³) обчислюють за формулою:

$$X = A / V,$$

де: А - вміст хрому, знайдений за калібрувальним графіком або шкалою стандартних розчинів, мкг; V – об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

ГДК у воді водойм хрому (VI) 0,05 мг/дм³, хрому (III) 0,5 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості - санітарно-токсикологічний.

Питання для самоконтролю

1. Джерела забруднення води шкідливими сполуками металів.
2. Методи визначення у воді ртуті, нормативи.
3. Методи визначення у воді кадмію, нормативи.
4. Методи визначення у воді свинцю, нормативи.
5. Методи визначення у воді миш'яку, нормативи.
6. Санітарне значення та методи визначення міді у воді.
7. Санітарне значення та методи визначення олова у воді.
8. Санітарне значення та методи визначення цинку у воді, нормативи.
9. Санітарне значення та методи визначення у воді хрому, нормативи.

ВИЗНАЧЕННЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Аніоноактивні речовини включають 2 основні групи сполук, що відрізняються за хімічним складом: а) алкіл - сульфати (складні ефіри спиртів і сульфатної кислоти) і б) алкіл - і алкіларилсульфонати (солі відповідних сульфокислот). Для санітарно-хімічного контролю при необхідності можна провести роздільне визначення алкіл-сульфатів і алкілсульфонатів. Водночас найчастіше визначають сумарний вміст аніонних ПАР, тим більше що метод їх визначення груповий. Якщо у водойму потрапляє одна відома речовина, то розрахунок ведуть на неї і враховують величину відповідного нормативу. Якщо ж у водойму скидається кілька аніоноактивних сполук або склад їх невідомий, то розрахунок ведуть по речовині, що має найменший норматив - 0,1 мг /дм³.

1.20. Визначення сумарного вмісту аніоноактивних речовин з метиленовим синім

Метод заснований на утворенні розчинної в хлороформі забарвленої сполуки при взаємодії аніоноактивних речовин з основним барвником — метиленовим синім. Це з'єднання екстрагують в лужному середовищі, промивають кислим розчином метиленового синього, чим усувається вплив хлоридів, нітратів, роданідів і білків. Проведенню аналізу заважають катіоноактивні ПАР, сульфідиди, що відновлюють метиленовий синій. Їх вплив усувають, додаючи до проби пероксид (перекис) водню.

Межа виявлення 0,1 мг/дм³ ПАР. Діапазон вимірюваних кількостей 0,02-0,25 мг в пробі.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. 1. Метиленовий синій, нейтральний розчин. Розчиняють 0,35 г препарату в дистильованій воді в мірній колбі на 1 л і доводять водою до мітки. 2. Метиленовий синій, кислий розчин. Розчиняють 0,35 г препарату у дистильованій воді в мірній колбі на 1 л. До розчину додають 6,5 мл сульфатної кислоти густ. 1,84 г/см³ і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. 3. Фосфатний буферний розчин рН 10. Готують 2 водних розчини: а) містить 16,3308 г калій дигідроортофосфату КН₂РО₄ в 1200 мл і б) містить 5,04 г натрій гідроксиду в 630 мл. Обидва розчини змішують. Величину рН перевіряють потенціометрично або за універсальним індикаторним папером. 4. Хлороформ. 5. Стандартні розчини аніоноактивної речовини.

Для приготування застосовують чисті речовини (натрій лаурилсульфонат $C_{12}H_{25}SO_3Na$, натрій лаурилсульфат $C_{12}H_{25}OSO_3Na$, сульфанол, некаль та інші аніоноактивні ПАР або синтетичні миючі засоби — СМЗ). Бажано використовувати сполуки, які можуть потрапляти в контрольовану водойму. При використанні СМЗ враховують фактичний вміст в них аніоноактивної речовини. Для цього 3 г СМЗ обробляють 50 мл етанолу при нагріванні зі зворотним холодильником на водяній бані 30-40 хв. (температура 70 °С). Фільтрують в суху колбу через скляний фільтр. Двічі промивають колбу і холодильник етанолом і фільтрують в ту ж колбу. Розчин випарюють в чашці на водяній бані, залишок промивають петролейним ефіром і 3 рази екстрагують ефіром нессульфоровані речовини. Повноту екстракції перевіряють за відсутністю жирної плями при нанесенні краплі ефірної витяжки на фільтрувальний папір. Після очищення ефіром залишок переносять в чашку і випарюють при 70 °С. Визначають масу залишку і розраховують процентний вміст активної речовини у взятому препараті. З отриманої чистої речовини можна готувати стандартні розчини: а) основний розчин. Розчиняють в 1 л дистильованої води 0,1 г чистої речовини або необхідну кількість СМЗ (з урахуванням процентного вмісту в ньому активної речовини). В 1 мл міститься 0,1 мг аніоноактивної речовини. Розчин стійкий протягом 1 міс. за умови зберігання при 3°С; б) робочий розчин готують розведенням основного в 10 разів. В 1 мл міститься 0,01 мг активної речовини. Застосовують свіжоприготовленим.

Хід визначення. У ділильну лійку на 250 мл поміщають 100 мл води (при необхідності досліджувану воду розбавляють або упарюють для концентрування аніоноактивної речовини), додають 10 мл фосфатного буферного розчину (рН 10) і 5 мл нейтрального метиленового синього. Вміст лійки перемішують і залишають стояти на 15 хв. Потім додають 10 мл хлороформу, суміш енергійно струшують протягом 1 хв. і після розшарування рідини хлороформний екстракт зливають в іншу ділильну лійку, що містить 110 мл дистильованої води та 5 мл кислого розчину метиленового синього. Вміст другої лійки струшують протягом 1 хв. і залишають до розшарування рідини. Хлороформний шар зливають в мірну колбу на 25 мл.

В першу воронку наливають ще 5 мл хлороформу і знову повторюють всі операції. Третю екстракцію проводять аналогічним способом з 5 мл хлороформу. Всі порції хлороформного екстракту об'єднують, об'єм доводять хлороформом до 25 мл і вимірюють оптичну щільність на ФЕК з червоним світлофільтром у кюветі з товщиною оптичного шару 3 см або на спектрофотометрі при довжині хвилі 650 нм по відношенню до хлороформу, отриманого при обробці дистильованою водою так само, як і проби. Вміст ПАР (мг) визначають за калібрувальним графіком.

Калібрувальний графік. В мірні колби на 100 мл наливають 0-2-5-10-15-20-25 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту ПАР 0-0,02-0,05- 0,1-0,15-0,20-0,25 мг і доводять об'єм в кожній колбі до мітки. Кожен розчин переносять в ділильні лійки, обробляють так само, як і проби, і вимірюють оптичні щільності отриманих хлороформних екстрактів. За результатами вимірювань будують калібрувальний графік в координатах оптична щільність — вміст ПАР (мг). Концентрацію аніонного ПАР (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X = A \times 1000 / V,$$

де: А - кількість ПАР в пробі, знайдена за калібрувальним графіком, мг; V- об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

Визначення експрес-методом

Як і попередній, цей метод заснований на реакції ПАР з метиленовим синім. Дана модифікація дозволяє проводити визначення в польових умовах.

Межа виявлення 0,1 мг/дм³. Діапазон вимірюваних кількостей в пробі 0,001—0,01 мг.

Реактиви. 1. Пероксид (перекис) водню, 3% розчин., Застосовують свіжоприготованим. 2. Фосфатний буферний розчин рН 10. Розчиняють 1 г натрій гідроортофосфату (безводного) в дистильованій воді, доводять рН до 10, додаючи натрій гідроксид з $C_E=0,1$ моль/дм³, розбавляють до 100 мл дистильованою водою і перемішують. Величину рН контролюють потенціометрично або за універсальним індикаторним папером. 3. Натрій гідроксид, 0,1 н. розчин. 4. Нейтральний розчин метиленового синього. Розчиняють 175 мг метиленового синього в дистильованій воді і розбавляють водою до 1000 мл. При необхідності очищають хлороформом. 5. Хлороформ. 6. Сульфатна кислота, 0,3% розчин. Розбавляють 3 мл сульфатної кислоти густ. 1,84 г/см³ дистильованою водою до 1000 мл. 7. Стандартні розчини ПАР (див. вище).

Хід визначення. У пробірку приблизно на 20 мл вносять 10 мл досліджуваної води і послідовно додають 1 мл 3% пероксиду водню, 1 мл фосфатного буферного розчину, 1 мл метиленового синього. Після додавання кожного реактиву розчин перемішують. Потім наливають 3 мл хлороформу, обережно перемішують протягом 1 хв., доливають 1 мл 0,3% сульфатної кислоти і знову перемішують 1 хв. Після поділу шарів колориметрують, порівнюючи забарвлення нижнього хлороформного шару з забарвленням відповідного стандартного розчину на білому тлі.

Аналіз можна проводити в ділільних лійках місткістю 25-30 мл. В цьому випадку зафарбований хлороформний шар зливають в суху пробірку і визначають кількість - ПАР, візуально порівнюючи забарвлення проби зі шкалою стандартних розчинів або фотометрують з червоним світлофільтром (λ 650 нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 1 см. В останньому випадку концентрацію аніонного ПАР знаходять за калібрувальним графіком.

Калібрувальний графік. В ряд колориметричних пробірок або ділільних лійок місткістю 25-30 мл вносять 0-0,1-0,2-0,3-0,4-0,5-0,6-0,8-1 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту ПАР 0-0,1- 0,2-0,3-0,4-0,5-0,6-0,8-1 мг/л, розбавляють до 10 мл дистильованою водою. Додають всі реактиви і проводять операції, як при дослідженні проби. Для візуального визначення шкала стійка 2-3 дні при зберіганні в холодильнику. При фотометричному визначенні будують калібрувальний графік в координатах оптична щільність — концентрація ПАР (мг/дм³).

Роздільне визначення алкілсульфатів і алкілсульфонатів

Метод заснований на попередньому гідролізі алкілсульфатів в кислому середовищі під тиском з подальшим визначенням алкілсульфонатів, які залишилися.

Апаратура і реактиви. Скляні ампули місткістю 50 мл — ПК- 50. Приготування реактивів зазначено вище. Додатково хлористоводнева кислота густ. 1,19 г/см³.

Хід визначення. В ампулу вносять 5-40 мл досліджуваної води, доводять, якщо потрібно, об'єм до 40 мл дистильованою водою і приливають 10 мл хлористоводневої кислоти густ. 1,19 г/см³. Запаюють ампулу і поміщають її в киплячу водяну баню на 2 год. В отриманому розчині визначають алкілсульфонати одним із зазначених вище методів. Вміст алкілсульфатів розраховують за різницею між результатами визначення сумарної кількості пар і кількості алкілсульфонатів.

Гранично допустима концентрація у воді водойм для більшості аніонних поверхнево-активних речовин 0,5 мг/дм³ (алкілсульфати, алкілсульфонати, натрій алкіламідометансульфат, хлорний сульфонол, сульфоноли НП-1 та ПП-3, сланцевий сульфонол ЕС-1 та ін.), лімітуючий показник шкідливості - органолептичний.

Для амоній алкілбензолсульфонату (АБС) ГДК 1 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості санітарно-токсикологічний.

Для кальцій алкілбензолсульфонату (таламо) ГДК 0,2 мг/дм³, триетаноламін алкілбензолсульфонату 1 мг/дм³, динатрієвої солі алкілполіоксиетиленгліколевого ефіру сульфоантарної кислоти (сукцинол ДТ-2, ДНС) 0,1 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості - органолептичний.

Визначення катіоноактивних речовин з бромфеноловим синім

Метод заснований на утворенні розчинного в хлороформі зафарбованого в жовтий колір з'єднання катіонних ПАР з кислотним барвником — бромфеноловим синім. Визначення проводять при рН 2.

Межа виявлення 0,1 мг/дм³ (при об'ємі проби 200 мл). Діапазон вимірюваних кількостей в пробі 0,02—0,25 мг.

Реактиви. 1. Натрій гідроксид, розчини з $C_E=1$ моль/дм³ і $C_E=0,01$ моль/дм³. 2. Хлористоводнева кислота, розчин з $C_E=0,1$ моль/дм³. 3. Цитратний буферний розчин. Розчиняють 21 г лимонної кислоти $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ в мірній колбі місткістю 1 л в 200 мл 1 н. натрій гідроксиду і розбавляють дистильованою водою до мітки. Відбирають 309 мл отриманого розчину, поміщають в мірну колбу на 1 л і розбавляють хлористоводневою кислотою з $C_E=0,1$ моль/дм³ до мітки. 4. Бромфеноловий синій, підкислений розчин. У 200 мл натрій гідроксиду з $C_E=0,01$ моль/дм³ розчиняють 0,15 г бромфенолового синього і приливають 42 мл хлористоводневої кислоти з $C_E=0,1$ моль/дм³. 5. Хлороформ. 6. Стандартні розчини катіонного ПАР. Для приготування використовують ту речовину, яка може міститися в досліджуваній воді, або чистий препарат (наприклад, бромід цетилтриметиламонію): а) основний розчин. При нагріванні в дистильованій воді розчиняють 0,1 г речовини. Після охолодження кількісно переносять в мірну колбу на 1 л і розбавляють дистильованою водою до мітки. В 1 мл міститься 0,1 мг катіонного ПАР. Зберігають у холодильнику 1 міс.; б) робочий розчин готують розведенням основного в 10

разів дистильованою водою. В 1 мл міститься 0,01 мг катіонного ПАР. Розчин застосовують свіжоприготовленим.

Хід визначення. Якщо у воді міститься алкамон ДС або невідома катіонна ПАР, 200 мл досліджуваної води упарюють на водяній бані до об'єму менше 50 мл, потім кількісно переносять розчин в мірну колбу місткістю 50 мл і доводять об'єм до мітки дистильованою водою. При визначенні етамону ДС і тетрамону С пробу можна не упарювати.

В ділильну лійку поміщають 50 мл досліджуваної (попередньо сконцентрованої випарюванням) води і приливають 5 мл цитратного буферного розчину, 2,5 мл хлористоводневої кислоти з $C_E=0,1$ моль/дм³, 1 мл бромфенолового синього і 25 мл хлороформу. Збовтують протягом 3 хв. рівномірно, але не дуже сильно (якщо утворюється стійка емульсія, що буває при сильно забруднених водах, то для аналізу беруть менший об'єм проби). Хлороформний екстракт фільтрують через фільтрувальний папір, попередньо промитий хлороформом, перші 3-5 мл фільтрату відкидають. Фотометрують розчин, що залишився при фіолетовому світлофільтрі (λ 416 нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 2-5 см по відношенню до хлороформу, отриманого при проведенні через весь аналіз 50 мл дистильованої води. Вміст катіонного ПАР (мг) знаходять за калібрувальним графіком.

Калібрувальний графік. У мірні колби місткістю 50 мл вносять 0-2-5-10-15-20-25 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту катіонного ПАР 0-0,02-0,05-0,10-0,15-0,20-0,25 мг, розбавляють дистильованою водою до мітки. Обробляють розчини, як пробу, і будують калібрувальний графік в координатах оптична щільність — вміст катіонного ПАР (мг).

Концентрацію катіонного ПАР (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X = A \times 1000 / V,$$

де: А - вміст катіонного ПАР, знайдений за калібрувальним графіком, мг; V – об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

Гранично допустимі концентрації у воді водойм катіонних поверхнево-активних речовин наступні: для алкамону ДС (диетиламінометилловий ефір синтетичних жирних спиртів C₁₀—C₁₈) 0,15 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості - санітарно-токсикологічний; для етамону ДС (диетиламінометилловий ефір етилтиосечовини) 4 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості - органолептичний; для тетрамону С [суміш четвертинних амонійних солей — тетра- (2-оксипропіл) - етилендіаміностеарату і тетра- (20-оксипропіл) - етилендіаміну] 1 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості - загально - санітарний.

Всі катіоноактивні сполуки визначають груповим методом, тому при санітарно-хімічному контролі розрахунок ведуть на ту речовину, яка скидається у водойму. Якщо у водойму потрапляє кілька катіоноактивних речовин або склад їх невідомий, то розрахунок слід вести по речовині, що має найменший норматив - 0,15 мг/дм³.

1.21. Визначення поліакриламідів за аміаком

Метод ґрунтується на гідролізі поліакриламідy при кип'ятінні з сульфатною кислотою до утворення амоній сульфату і визначенні іонів амонію з реактивом Несслера.

Межа виявлення 0,5 мг/дм³ поліакриламідy. Діапазон вимірюваних кількостей 0,15—0,75 мг в пробі.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. 1. Сірчана кислота, розведений 1:3 розчин. Всі реактиви для визначення аміаку та іонів амонію.

Хід визначення. Відбирають такий об'єм досліджуваної води, щоб у ньому знаходилося 0,15—0,75 мг поліакриламідy, і розбавляють без аміачною водою до 50 мл. Якщо в 50 мл води міститься менше 0,15 мг речовини, то беруть більший об'єм, щоб вміст поліакриламідy був в зазначених межах, і упарюють до об'єму 50 мл.

Розчин поміщають в конічну колбу, приливають 5 мл сульфатної кислоти (1:3), нагрівають до кипіння і підтримують слабке кипіння протягом 2 год., по мірі необхідності підливаючи до розчину безаміачну воду, щоб об'єм не став менше 25-30 мл.

Потім розчин охолоджують і фільтрують випавший осад, збираючи фільтрат у мірну колбу місткістю 200-250 мл. Доводять об'єм розчину до мітки безаміачною дистильованою водою, перемішують і відбирають аліквотну частину для визначення іонів амонію з реактивом Несслера. Якщо отриманий фільтрат зафарбований, то проводять відгін, як при аналізі аміаку. Одночасно визначають вміст іонів амонію у вихідній досліджуваній воді також з реактивом Несслера, але без попереднього гідролізу з сульфатною кислотою. Концентрацію поліакриламідy (мг/дм³) розраховують за формулою:

$$X = [(A \times V_3 \times 1000) / (V_1 \times V_2) - B] \times 5,06 \times 1,1,$$

де: А, В - вміст іонів амонію, знайдений в аліквотній порції гідролізованої проби і в досліджуваній воді без гідролізу, мг азоту; V₁ – об'єм проби води, взятої для гідролізу, мл; V₂ – об'єм аліквотної порції проби, взятої для визначення іонів амонію, мл; V₃ - об'єм мірної колби, в яку був перенесений гідролізат, мл; 5,06 - коефіцієнт перерахунку з азоту аміаку на поліакриламід; 1,1 - емпірична поправка на вміст у складі поліакриламідy приблизно 10% ланок, в яких замість груп NH₂ знаходиться гидроксильная група.

Гранично допустима концентрація поліакриламідy у воді водоєм 2 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості - санітарно-токсикологічний.

1.22. Визначення піридину з барбітуровою кислотою

Принцип методу. Реагуючи з хлорціаном, піридин утворює глутаконовий альдегід, який з барбітуровою кислотою дає сполуки синьо-фіолетового кольору. Хлорціан виходить в процесі аналізу з ціаніду і хлораміну Т. Проведення аналізу заважають α-нафтиламін і фурфурол .

Межа виявлення 0,02 мг/дм³ піридину.

Обладнання і реактиви: фотоелектроколориметр, колби мірні місткістю 50, 100 і 1000 мл, піпетки, бюретка, пробірки, скляні палички. 1. Натрій гідроксид, 10% розчин. 2.

Хлористоводнева кислота, розчин з $C_E=0,1$ моль/дм³. 3. Калій ціанід або роданід, 1 % розчин. 4. Хлорамін Т, 1 % розчин. 5. Барбітурова кислота, 0,1% розчин. 6. Стандартні розчини піридину. Основний розчин. Піридин висушують прожареним калій карбонатом, додаючи його по частинах до тих пір, поки він не перестане розтікатися. Потім піридин витримують протягом 3-4 днів в ексикаторі над попередньо прожареним барій оксидом і переганяють. Збирають фракцію з температурою кипіння 114-116°C. Зважують близько 0,5 мл обробленого піридину, розчиняють у воді і доводять дистильованою водою до 1л. Розраховують точний зміст піридину в міліграмах на 1 мл. б) Робочий розчин. Відмірюють такий обсяг основного розчину, щоб у ньому містилося 3 мг піридину, і розбавляють дистильованою водою до 1л. Застосовують завжди свіжоприготованим. В 1 мл міститься 0,003 мг піридину. Робочий стандартний розчин готують з вмістом піридину 0,001 мг/мл.

Хід визначення. У колбу для перегонки поміщають 100 мл досліджуваної води або розбавляють її так, щоб у ній містилося 0,002-0,08 мг піридину. Потім проводять відгонку, як в попередньому методі, і відгін доводять в мірній колбі до 100 мл.

У конічну колбу на 50 мл з притертою пробкою, послідовно вносять 2 мл хлористоводневої кислоти з $C_E=0,1$ моль/дм³, 1 мл 1% калій ціаніду або роданіду, 5 мл 1% хлораміну Т і 5 мл отриманого відгону. Суміш перемішують, закривають колбу пробкою, дають постояти 5 хв., додають 10 мл 0,1% барбітурової кислоти і через 2 год. вимірюють оптичну щільність при жовтому світлофільтрі (λ 584 нм) в кюветах з товщиною оптичного шару 5 см по відношенню до дистильованої води, в яку додано всі реактиви.

Вміст піридину (мкг) знаходять за калібрувальним графіком або візуально за інтенсивністю забарвлення проби і шкали стандартних розчинів.

Калібрувальний графік. Відбирають 0-0,1-0,5-1-3-5 мл робочого стандартного розчину, що відповідає вмісту піридину 0-0,1-0,5-1-3-5 мкг. Розбавляють дистильованою водою до 5 мл і аналізують як пробу. Фотометрують і будують калібрувальний графік в координатах оптична щільність - вміст піридину (мкг).

Концентрацію піридину (мг/ дм³) розраховують за формулою:

$$X = A / V,$$

де: А - кількість піридину, знайдена за калібрувальним графіком, мкг; V- об'єм проби, взятої для аналізу, мл.

Гранично допустима концентрація піридину в воді водойм 0,2 мг/дм³, лімітуючий показник шкідливості санітарно-токсикологічний.

Приготування найбільш уживаних реактивів наведено в додатку Г.

Питання для самоконтролю

1. Джерела забруднення води водойм ПАР.
2. Назвіть 2 основні групи сполук аніоноактивних речовин, що відрізняються за хімічним складом.
3. Методика визначення у воді сумарного вмісту аніоноактивних речовин, нормативи.
4. Методика роздільного визначення алкілсульфатів і алкілсульфонатів.
5. Методика визначення у воді водойм катіоноактивних речовин, нормативи.

6. Методика визначення поліакриламід у аміаком, норматив.

7. Визначення піридину з барбітуровою кислотою, норматив.

1.23. Визначення загальної токсичності водного середовища

Мета:

Ознайомитись із значенням і методом біологічного тестування водного середовища.

З метою спостереження за зміною якості вод поверхневих водойм у природних умовах чи після надходження в них стічних вод використовують біотестування. Найчастіше як тест-організм використовують дафнію, за виживанням та поведінкою якої оцінюють загальну токсичність водного середовища.

Залежно від мети експерименту проби води відбираються через різні інтервали часу: щодоби, через 3 доби, щотижня, щомісяця. Температура води 17-22⁰ С.

Токсичність води оцінюють за п'ятибальною шкалою:

- 1 бал – вода надгостротоксична (впродовж доби чи швидше гине 100% дафній);
- 2 бали – вода гостро токсична (100% дафній гине впродовж 5 діб);
- 3 бали – вода токсична (впродовж 5 діб гине 70% дафній);
- 4 бали – вода малотоксична (гине не більше 30% дафній впродовж 5 діб);
- 5 балів – вода умовно токсична (виживає 100% дафній, які за зовнішнім станом і поведінкою не відрізняються від контрольних).

Обладнання і матеріали: хімічні склянки, беззольні фільтри „синя стрічка”, дафнії віком 6-24 год, проби води з чистої і забрудненої ділянки дослідної водойми, проби стічної води, водна витяжка ґрунту (невелику пробу ґрунту змішують з дощовою водою у співвідношенні 1:10, збовтують 1 год або настоюють 1 добу і фільтрують крізь беззольний фільтр „синя стрічка”).

Хід визначення У 10 склянок наливають по 100 мл досліджуваної води (з водойми чи стічної) і в кожену поміщають по двадцять дафній ртт. Контролем слугує вода з чистої ділянки водойми. Бажано відбирати проби води на різній відстані від місця скидання стічних вод, щоб встановити розбавлення стічних вод природними з метою досягнення найменшого рівня токсичності.

Проводиться кілька серій експериментів, в кожній з яких проби стічної води розбавляють у склянках природною водою з умовно чистих ділянок у 5, 10, 100, 500 разів. Як і в попередньому експерименті в склянки поміщають дафнії і спостерігають за ними впродовж 5 діб при кімнатній температурі.

Співвідношення об'єму стічної і природної води, що забезпечить рівень токсичності води у 5 балів, вважається за оптимальне.

Щоб оцінити токсичність розчинених речовин, що потрапляють у водойму з ґрунту при руйнуванні берегів чи з поверхневим стоком, біотестують водну витяжку ґрунту, взятого з різних місць.

Роблять висновки щодо загальної токсичності водного середовища, зумовленого скиданням у водойму промислових, сільськогосподарських чи побутових стічних вод або надходження забрудників з поверхні внаслідок випадання атмосферних опадів.

Відносну оцінку біологічної активності різних речовин проводять щодо риб за ISO 7346, дафній - за ISO 6341, водоростей – за ISO 8692 і активованого намулу – за ISO 8192.

Експрес-показники якості води

Як допоміжний інтегральний (експресний) показник якості води - при підозрі забруднення вододжерел (у місті водозабору, вище по течії річки, у регіоні) або водопостачальній мережі, водопровідної води невідомими токсичними сполуками, хімічними речовинами, для визначення яких немає доступних та чутливих методів, рекомендується індекс токсичності води, розрахований за результатами біологічних тестів (біотестування):

$$T = \frac{I_k - I_o}{I_k} \times 100$$

де: T – індекс токсичності проби досліджуваної води; I_k – величина тест-реакції у контрольній пробі; I_o - величина тест-реакції у досліджуваній пробі.

Індекс токсичності води, яка не містить не ідентифікованих компонентів, не має перевищувати 50% незалежно від використовуваних тест-об'єктів, якими можуть бути дафнії, інфузорії тощо.

Порядок розробки гранично допустимих рівнів токсичності (ГДРТ) більш детально наведено у додатку Д.

Питання для самоконтролю

1. З якою метою проводять біотестування водного середовища?
2. Чим зумовлений вибір дафнії як тест-об'єкту для встановлення загальної токсичності водного середовища?
3. Які токсичні речовини входять до складу побутових стічних вод?
4. Які фізичні, хімічні та біологічні процеси сприяють самоочищенню вод природних поверхневих водойм?
5. Шкала оцінки токсичності води.
6. За якою формулою визначають індекс токсичності вод?

Завдання для самостійної роботи

1. Визначте хімічний склад проб води, взятої з декількох вододжерел, дані запишіть у таблицю.

Хімічні показники досліджуваних проб води

№	Na	pH	Ок	Р _о зч	Б	Вміст, мг/л	Твердість, ммоль екв/л
---	----	----	----	----------------------	---	-------------	---------------------------

проби води з вододжер		иснова- ність, мгО/л инений кисень, мгО/л	ПК, мг/л	Амоніак	Нітри	Нітрати	Хлориди	Сульфати	Сірково- лень	Загальна	Карбо- натна	постійна

2. Враховуючи результати визначення фізичних показників (див. попереднє завдання) і хімічного аналізу досліджуваних проб води або даних варіантів завдань, зробіть порівняльний підсумок у такій послідовності:

- порівняйте дані аналізів з нормативами ДСанПіНу та визначте величину їх відхилень;
- встановіть наявність домішок у воді та їх походження;
- при забрудненні води органічними речовинами встановіть перебіг (стадію) їх мінералізації;
- з'ясуйте потребу додаткових заходів санітарної охорони вододжерела в разі забруднення води органічними речовинами тваринного походження;
- зробіть висновок щодо використання вододжерела для потреб населення і необхідності проведення заходів поліпшення якості води, враховуючи також інші дані.

Показники води	Варіанти завдань													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Залах, бал	3	0	4	2	1	5	3	2	0	0	3	5	4	5
Смак, бал	2	1	3	1	0	4	2	1	0	0	2	4	4	5
Кольоровість, град	80	<10	100	40	20	150	80	30	<10	<10	30	40	30	40
Прозорість, см	30	10	40	25	30	40	30	25	10	15	35	42	40	45
Каламутність, мг/л	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,6	0,4	0,1	0,1	0	0,9	1,0	1,2	0,8
pH	5,2	6,8	7,2	7	6,6	8,2	4,2	6,4	6,5	6,5	7,8	8,8	9,6	9,8
Окиснюваність, мгО/л	6	2	5	8	4	12	18	6	5	4	12	16	14	16>
Розчин. кисень, мг/л	8	10	6	8	14	1	2	4	6	8	2	0	0	0
Амоніак, мг/л	0,4	-	0,1	0,1	0,05	2	4	0,1	0,05	0,05	8	18	15	20
Нітри, мг/л	0,004	0,001	0,02	0,02	0,001	0,04	0,002	0,001	-	-	0,2	0,2	0,07	0,4
Нітрати, мг/л	15	45	10	50	25	20	30	40	-	-	50	100	80	100
Хлориди, мг/л	10	50	100	100	10	50	60	80	380	10	45	10	50	100
Сульфати, мг/л	50	10	10	60	20	80	40	-	600	-	150	100	200	50
Загальна твердість, ммоль екв/л	4	10	6	7	7	6	8	10	6	5	7	8	5	4
Сірководень, мг/л	<0,03	-	0,2	0,1	-	0,06	0,1	0,06	-	1	1	2	2	5
Заг. ферум, мг/л	0,4	0,15	0,4	0,3	0,1	0,8	0,4	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3

1.24. Визначення мікробного і гельмінтологічного забруднення води

Мета:

1. Ознайомитись з основними джерелами забруднення води мікроорганізмами, яйцями і зародками гелмінтів.
2. Освоїти методи визначення і санітарні норми мікробного і гелмінтологічного забруднення води.

У поверхневих і ґрунтових водах виявляють переважно сапрофітну мікрофлору, яка пристосована до якості води конкретного джерела. При недотриманні правил санітарної охорони вододжерел можливе їх забруднення патогенними мікроорганізмами, яйцями і зародками гелмінтів, які можуть надходити із небезпечними стоками від населених пунктів, тваринницьких ферм, підприємств з переробки тваринницької продукції, біофабрик, убиралень, сміттєзвалищ тощо.

Оскільки методика виділення з води різних представників патогенної та умовно патогенної мікрофлори складна, у повсякденному контролі за санітарним станом вододжерел обмежуються визначенням показників, які характеризують фекальне забруднення води. До них належать:

- 1) мікробне число – загальна кількість мікробних клітин в 1 мл нерозведеної води, які проростають у вигляді колоній на м'ясо-пептонному агарі при температурі 37 °С упродовж 24 год.;
- 2) колі-титр – найменша кількість води (у мл), в якій знайдена одна кишкова паличка;
- 3) колі-індекс – кількість кишкових паличок в 1 л води.

Мікроорганізми, які здатні виживати у воді, краще ростуть у лабораторних умовах за температури 22 °С. Навпаки, мікроорганізми, які добре ростуть за температури 37 °С, зазвичай важко виживають у воді. Тому міжнародний стандарт ISO 6222 встановлює окремі підрахунки кількості мікроорганізмів, які вирощені за кожної, з вказаних вище, температур. Загальні вимоги до проведення мікробіологічного аналізу детальніше викладені в ISO 8199. Комплекс міжнародних стандартів встановлює методи виявлення і підрахунку мікроорганізмів, які можуть потрапити у воду з фекальних стоків. Так, ISO 7899 описує метод виявлення стрептококів, які вміщують антиген групи Д, ISO 6461 описує метод виявлення спор сульфит-відновлюючих анаеробів (*Clostridia*), які широко розповсюджені в навколишньому середовищі. На відміну від кишкової палички, спори живуть у воді упродовж тривалого часу, є більш стійкими порівняно з вегетативними формами до дії фізичних і хімічних агентів.

Мікроорганізми *Pseudomonas aeruginosa*, які описуються ISO 8360, не завжди потрапляють у воду із фекалій, але вони також є небезпечними для здоров'я тварин і людини.

Обладнання і реактиви: термостат, прилад або лупа з пластинкою для підрахунку колоній, автоклав, водяна баня, стерильні колби, пробірки, піпетки, мембранні фільтри, чашки Петрі, м'ясо-пептонний агар (до 1 л м'ясо-пептонного бульйону додають 15 г агару, розчиняють при нагріванні, перевіряють рН (7,2-7,4), освітлюють, фільтрують гарячим через ватно-марлевий фільтр і розливають у флакони або пробірки по 15 мл, які стерилізують в автоклаві при 120 °С протягом 20 хвилин); середовище Буліра (до 1 л слабо лужного м'ясо-пептонного бульйону додають 12,5 г маніту, 6 мл 1%-го розчину

нейтральноту, встановлюють рН в межах 6,8-7,0. Середовище розливають у пробірки по 5 мл і колби по 50 мл, поміщають в них маленькі пробірки (газоловки) дном вверх і стерилізують в автоклаві при 120 °С протягом 15 хвилин); середовище Ендо.

Визначення загальної кількості бактерій (мікробного числа) у воді

Метод ґрунтується на визначенні в 1 мл води загального вмісту мезофільних, мезотрофних аеробів і факультативних анаеробів, які здатні рости на поживному агарі за температури 37±0,5 °С протягом 24 годин, утворюючи колонії.

Хід визначення. На кришках стерильних чашок Петрі пишуть номер проби, дату посіву і об'єм посіяної води. З кожної проби необхідно зробити посів не менше двох різних об'ємів, вибраних з таким розрахунком, щоб на чашках виросло від 30 до 300 колоній.

1 мл досліджуваної води або розведеної стерильною дистильованою водою (1:10, 1:100, 1:1000 тощо), залежно від передбачуваного її забруднення, вносять у стерильну бактеріальну чашку і додають 10-12 мл розтопленого на водяній бані і охолодженого до температури 45 °С м'ясо-пептонного агару. Круговими рухами змішують воду з агаром і залишають для застигання.

Чашки, кришками вниз, поміщають в термостат за температури 37 °С на 24 години.

Колонії підраховують за допомогою лупи по всій площі чашки. Якщо кількість колоній перевищує 300 і нема посівів для розведення, підрахунок можна провести за допомогою лічильної пластинки. При цьому рахують колонії не менш ніж у 20-ти квадратах (площа одного – 1 см²) чашки (в центрі та різних сторонах на периферії).

Середню кількість колоній, які виросли на 1 см² середовища вираховують шляхом ділення всіх колоній у підрахованих квадратах. За цими даними визначають кількість колоній на всій площі чашки ($S=\pi r^2$) і розраховують на 1 мл досліджуваної води, якщо проводилось її розведення.

Приклад: на бактеріологічну чашку висіяно 1 мл нерозведеної води. Площа чашки дорівнює 75,4 см². У 20 квадратах (20 см²) виявлено 360 колоній. Тому на 1 см² їх буде 18 (360:20). Таким чином, на всій площі чашки буде 1357,2 (75,4·18). Отже, мікробне число води становить 1357.

Остаточне число колоній визначають за середньоарифметичним значенням при підрахунку на двох паралельних чашках або різних розведеннях. Результати записують, користуючись таблицею 21.

Санітарний висновок про бактеріальне забруднення води необхідно робити на основі декількох досліджень і різних розведеннях досліджуваної води.

Таблиця 21

Кількість колоній в 1 мл	Запис результатів аналізу
---------------------------------	----------------------------------

Від 1 до 100	Результат при підрахунку заокруглюють до 10
Від 101 до 1000	
Від 1001 до 10000	– // – до 100
Від 10001 до 100000	– // – до 1000

Визначення колі-титру і колі-індексу води

Виявлення кишкової палички у воді, крім побічного свідчення її фекального забруднення, вказує також на можливе зараження вододжерела іншими мікроорганізмами, які проживають у кишечнику людини і тварин.

Кількісне визначення кишкової палички проводять методом Буліра, мембранних фільтрів або бродильним способом.

Найбільш доступний і розповсюджений метод Буліра.

Хід визначення. Після стерилізації в автоклаві середовища Буліра у пробірки висівають по 1 мл, а в колби – по 10 мл води різних розведень, (добре перемішують) та інкубують в термостаті при 43-45 °С протягом 24 годин. При цій температурі пригнічується ріст сапрофітної мікрофлори, крім кишкової палички. За колі-титр води приймають найменше розведення води, в якому виявлено ріст кишкової палички (газоутворення, зміна кольору середовища з червоного на жовтий).

Таким чином, чим менша кількість води, в якій виявлена кишкова паличка, тим більш забрудненою вона буде.

Колі-індекс визначають за титром кишкової палички:

$$\frac{1000}{\text{колi-титр}}$$

Приклад: Колі-титр досліджуваної води складає 200 мл. Звідси випливає, якщо в 200 мл води знаходиться одна кишкова паличка, то в 1000

мл їх повинно бути (мінімально): $\frac{1000}{200} = 5$. Таким чином, колі-індекс води дорівнюватиме 5.

При виявленні бактеріального забруднення води вище допустимих норм необхідно провести повторний відбір проб з додатковим їх дослідженням на наявність бактерій – показників свіжого фекального забруднення. Воно встановлюється за наявністю кишкових паличок, які здатні ферментувати лактозу до кислоти і газу при 43 °С в присутності інгібіторів для іншої мікрофлори. За наявності колоній іншої мікрофлори необхідно їх виділити і встановити видову належність.

Визначення кишкової палички за допомогою мембранних фільтрів ґрунтується на концентрації бактерій із визначеного об'єму аналізованої води на мембранний фільтр (№3), вирощуванні їх при 37 °С протягом 24 годин на середовищі Ендо, диференціації колоній, які вирости і підрахунку кількості бактерій групи кишкових паличок в 1 л води.

Нормативи. У воді джерел централізованого водопостачання загальна кількість бактерій в 1 мл нерозведеної води не повинна перевищувати 100

мікробних клітин, децентралізованого – 500; колі-титр – відповідно не менше ніж 333 і 100 мг води і колі-індекс – 3 і 10 мікробних клітин в 1 л води.

Визначення наявності яєць гельмінтів у воді

Присутність у воді яєць гельмінтів вказує на фекальне її забруднення.

При дослідженні ступеня забрудненості води відкритих водойм яйцями і личинками гельмінтів проби треба брати в місцях їх забруднення, а також вище і нижче течії річки. Воду в кількості 10-15 л відбирають порціями по 0,1-1 л протягом 30-60 хвилин з поверхні, на глибині 20-50 см і не менше 50 см від дна вододжерела. З колодязів і водопровідної системи об'єм проб має становити 20 л. Проби відбирають протягом дня (ранок, обід, вечір) і в різні сезони року.

Існує кілька методів визначення у воді яєць гельмінтів (Красовської, Фюлеборна, Василькової тощо).

Обладнання і реактиви: лійка Гольдмана, ручний насос Косовського, мікроскоп, паперові беззольні або мембранні фільтри, 20-30% розчин хлоридної кислоти.

1. 100 мл води відстоюють упродовж доби, за допомогою піпетки відбирають пробу води з осадом і переносять у центрифужну пробірку, яку центрифугують або відстоюють протягом доби. Надосадову рідину зливають, а осадок за допомогою піпетки наносять на предметне скло і досліджують під мікроскопом на наявність та видову належність яєць гельмінтів.

2. Методика З. Г. Василькової.

Хід визначення. Фільтрування досліджуваної проби води проводять у лійці Гольдмана за допомогою ручного насоса, яким створюють вакуум у колбі для прискорення фільтрації. На дно лійки поміщають беззольний або мембранний фільтр (№ 6 з діаметром пор 3-5 мкм), які змінюють після фільтрування 0,5-1 л води. Потім фільтри (беззольні фільтри попередньо просвітлюють протягом 3-5 хвилин 20-30%-ним розчином хлоридної кислоти) кладуть на предметне скло і в мокрому стані розглядають під мікроскопом. Після висушування осад просвітлюють гвоздичною, кедровою або касторовою олією і повторно досліджують під мікроскопом при малому збільшенні. Якщо на фільтрі є масивний осад, його зіскоблюють, розводять на предметному склі в краплі гліцерину і у вигляді мазка розглядають під мікроскопом, встановлюючи наявність і видову належність яєць гельмінтів.

Нормативи. У питній воді наявність яєць гельмінтів не допускається.

Завдання для самостійної роботи

1. Проведіть посіви досліджуваної води на поживні середовища за вищевикладеними методиками, визначте величини мікробного числа, колі-титру, колі-індексу і порівняйте їх з нормативами.

2. Визначте наявність у воді яєць гельмінтів.

Питання для самоконтролю

1. Джерела мікробного і гельмінтозного забруднення води.

2. Які показники характеризують фекальне забруднення води?
3. Методика визначення мікробного числа води та санітарні норми.
4. Як визначити колі-титр і колі-індекс води? Санітарні норми.
5. Методика дослідження води на наявність яєць гельмінтів, нормативи.

1.25. Способи очищення і знезаражування води

Мета:

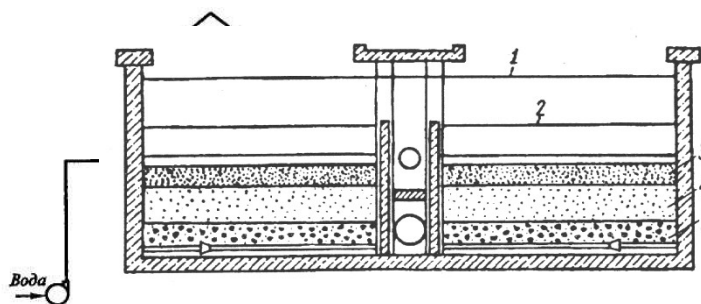
1. Ознайомитися з існуючими способами очищення і знезаражування води .
2. Освоїти методи коагулювання, хлорування та озонування води у практичних умовах.
3. Засвоїти санітарно-гігієнічні норми при способах очищення і знезаражування води.

Воду, якість якої не відповідає вимогам ДСанПіНу щодо питної води, необхідно очищати і знезаражувати.

Завданням очищення води є вилучення з неї завислих речовин, щоб вона стала прозорою і безколірною. Знезаражування звільняє воду від мікроорганізмів, у тому числі патогенних.

У результаті очищення поліпшуються фізичні (прозорість, кольоровість, запах, смак) і хімічні показники води (зменшується вміст сполук феруму, марганцю, кальцію, магнію тощо), окремі її показники наближаються до таких, що нормуються.

Існує кілька способів очищення води: *освітлення* – усунення каламутності і *знебарвлення* – усунення кольоровості води. Кожний з цих способів складається з кількох етапів: підготовки завислих часток до осаду шляхом збільшення (коагулювання, рис.5); осаджування зависі у повільно протікаючій воді (відстоювання); затримка завислих часток на фільтрі (фільтрування, рис.6).



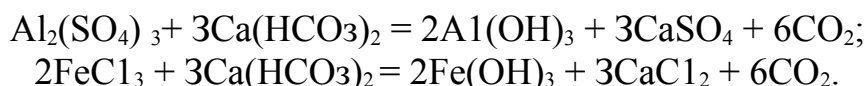
6-резервуар чистої води.

Рис.5. Схема водоочисної станції:
Рис.6. Швидкий фільтр із подвійним
1-реагентний цех; 2-змішувач; 3-камера
завантаженням:
утворення пластівців; 4-відстійник; 5-
фільтр; 1-рівень води; 2-край ринви;
3-вугілля;
4-пісок; 5-щебінь.

Коагулювання. Суть процесу коагулювання полягає у збільшенні розмірів завислих часток, що знаходяться у воді в колоїдному стані (гідрозолі), за допомогою коагулянтів. Гідроксиди, що при цьому утворюються, випадають з утворенням швидко осідаючих пластівців (гідрогелі, гелі).

Як коагулянти застосовують хімічні речовини, що мають багатозарядні

іони, заряд яких, протилежний заряду колоїдних часток, які містяться у воді і здатні коагулювати. Цим вимогам відповідають солі алюмінію ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$) і заліза ($\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, FeCl_3). Якщо внести ці речовини у воду, заряд колоїдних часток води нейтралізується, вони об'єднуються (агломерують) і випадають в осад. При цьому іони коагулянту (Al^{3+} , Fe^{2+} , Fe^{3+}) перетворюються у гідроксиди, що утворюють пластівці. Пластівці адсорбують колоїдні та дрібні завислі частки і, опускаючись на дно, механічно захоплюють за собою велику завись. Реакції, що проходять під час коагуляції, можна виразити таким чином:



У процесі коагуляції відбувається швидке освітлення води, підвищується її прозорість і одночасно знижується колірність. Пластівці коагулянту також адсорбують на своїй поверхні гумінові речовини.

Ефективність коагуляції залежить від багатьох чинників: хімічного складу, температури, рН води, кількості і характеру зависі тощо. Так, вплив хімічного складу води зумовлений вмістом у ній гідрогенкарбонатів. Коагуляція може пройти успішно тоді, коли концентрація гідрогенкарбонату еквівалентна концентрації реагенту (наприклад, алюміній сульфату), який додається у воду. У іншому випадку процес коагуляції буде неефективним. Тому, визначення дози коагулянту має велике практичне значення. За низької температури процес коагуляції також ускладнюється.

Хід визначення. На першому етапі роботи визначають усуну твердість води. Якщо вона більша за $1,5 \text{ ммоль/дм}^3$, роблять пробну коагуляцію води.

У три колби наливають по 200 мл води. У першу колбу додають 2 мл 1%-ного розчину $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, у другу – 3 мл і в третю – 4 мл. Суміш у колбах почергово перемішують 1-1,5 хвилини скляною паличкою, після чого спостерігають протягом 10 хвилин за ходом коагуляції. Для очищення води вибирають найменшу дозу коагулянту, яка забезпечує швидке утворення і осадження пластівців на дно.

Приклад. Допустимо, що коагуляція добре пройшла у другій колбі, в яку додано 3 мл 1%-ного розчину глинозему. 1 мл цього розчину містить 0,01 г сухої речовини. Отже, на 200 мл води необхідно 0,03 г коагулянту, а на 1 л – 0,15 г (0,03 · 5). Далі проводять розрахунок на всю кількість води.

Якщо пробна коагуляція із внесеними дозами коагулянту настає дуже швидко (до 5 хвилин) і добре виходить навіть у першій колбі, тоді проводять повторний дослід з меншими дозами коагулянту. Якщо ж коагуляція не проходить ні в одній колбі, тоді дослід повторюють із більшими дозами (5-6-7 мл 1%-ного розчину глинозему).

За низької карбонатної твердості води необхідно її попередньо підлужнити шляхом додавання у кожен колбу 1%-ного розчину або сухої соди в кількостях, які наполовину менші за взятую дозу коагулянту. Замість соди застосовують вапно із розрахунку 0,4 г гашеного або 0,3 г негашеного

вапна на кожен грам глинозему.

Визначену кількість розчину коагулянту або коагулянту в сухому вигляді вносять у воду, що знаходиться у спеціальних баках (камерах змішування), де відбувається швидко і повне змішування його з усією масою водою. Потім воду спрямовують у камеру реакції, де протягом 20 хв проходить процес утворення пластівців разом із завислими частками і випадання їх у осад. Пластівці коагулянту, випадаючи в осад, захоплюють із собою і значну кількість мікроорганізмів (бактерій та вірусів).

Нормативи. Концентрація залишкового алюмінію у питній воді не повинна перевищувати 0,2-0,5 мг/л.

Щоб прискорити процес коагуляції, вводять флокулянти. Найбільш поширеним є поліакриламід – штучна синтетична високомолекулярна речовина, яку додають у воду у кількості від 0,1 до 2 мг/дм³. Коагуляція змінює фізико-хімічні властивості води лише на краще.

Відстоювання води проводять після коагулювання для того, щоб осіли значні завислі частки, які утворилися. Суть відстоювання полягає в уповільненні швидкості руху води, коли швидше і більше опускається на дно важка і велика завись. Такі умови створюються у спеціальних спорудах – відстійниках (упродовж 3-5 год.), у які вода надходить з камери реакції. Швидкість осідання завислих часток залежить від температури води, а також розмірів і форм часток.

Фільтрування води необхідне для звільнення її від завислих часток, які не затрималися на перших етапах освітлення води – коагуляції і відстоювання. Під час фільтрування вода частково очищається і від мікроорганізмів. Фільтрують воду шляхом пропускання її через пористий матеріал (пісок), який затримує завислі частки.

Фільтрування води здійснюється на спеціальних спорудах – фільтрах. Очищення на фільтрах значно ускладнюється, якщо попередньо не проводиться обробка води, під час якої з неї вилучають планктон (дрібні тваринні і рослинні організми – зоо- і фітопланктон). Попередня обробка здійснюється на мікрофільтрах.

Для очищення води використовують контактний освітлювач, у якому відбуваються усі три його етапи – коагулювання, відстоювання, фільтрування. Контактна коагуляція сприяє швидшому утворенню завислих часток під час зіткнення з зернистим завантаженням і за умови менших доз коагулянту, який утворює пластівці і адсорбує на них завислі частинки. Використання контактних освітлювачів дозволяє відмовитися від обладнання спеціальних камер змішування і реакції та відстійників, що економічно вигідніше. Але у разі значної каламутності води, яка складає більше ніж 150 мг/дм³, застосовувати контактний освітлювач не рекомендується.

Вищеназвані способи очищення води повністю не звільняють воду від мікроорганізмів. Щоб вода відповідала вимогам ДСанПіНу, необхідно крім очищення проводити її знезаражування.

Існують такі методи знезаражування води: термічні, безреагентні та реагентні. До перших належать кип'ятіння і стерилізація, до безреагентних –

обробка води ультрафіолетовим промінням і ультразвуком.

До реагентних методів відносять хлорування, озонування і обробку води іонами срібла.

Кип'ятіння і стерилізація. Ці способи знезараження води радикальні, але неперспективні. Вони не можуть бути застосовані у великих масштабах. Крім того, вода після кип'ятіння втрачає смакові якості.

Знезаражування ультрафіолетовим промінням (рис.7). Цей метод знезаражування води триває лише кілька секунд і не впливає на смакові якості води. УФ-промені з довжиною хвилі до 290 нм мають властивість руйнувати мікробні клітини.

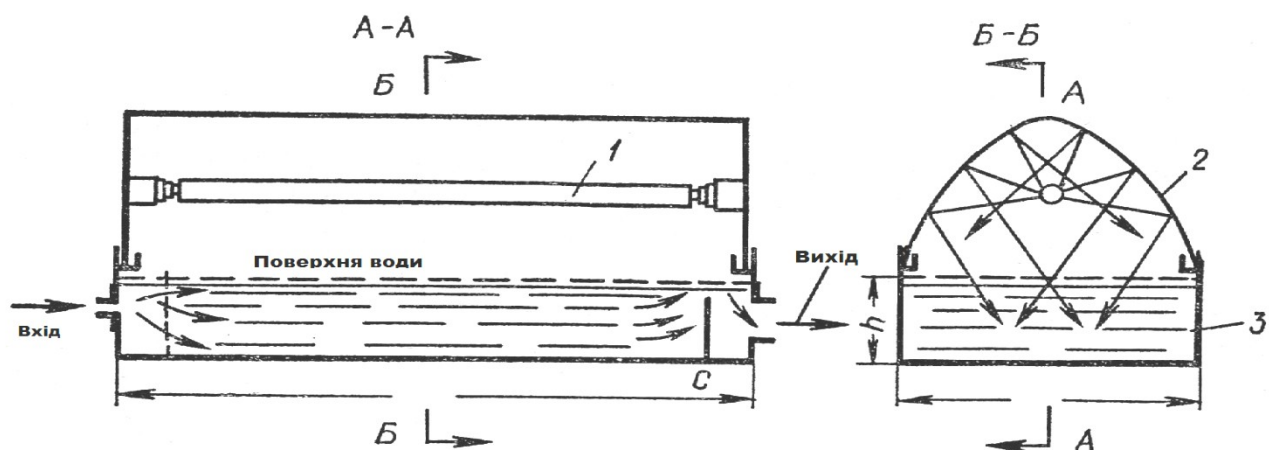


Рис.7. Схема установки для знезараження води УФ-променями:

1- бактеріцидна лампа; 2- алюмінієвий відображувач;

3 – лоток з листової сталі

Недоліком методу є те, що важко перевірити належний хід знезаражування і тому потрібний щоденний бактеріологічний контроль. Крім того, ультрафіолетове випромінювання, що діє на воду, частково поглинається і вже потім чинить вплив на мікроорганізми. Враховуючи це, можна розраховувати на повне знезаражування тільки дуже прозорої, вільної від колоїдних речовин води. Тому знезаражування води ультрафіолетовим випромінюванням можливе тільки у разі використання на водопроводах підземних вод.

Для знезаражування застосовується герметична камера опромінення, у якій розташовується бактеріцидна лампа у кварцовому чохлі. У камері є спрямовуючі спіралі для перемішування води, а для очищення кварцових чохлів від випадання на їх поверхні солей і каламуті є спеціальні очисні пристрої.

Озонування води. Цей метод знезаражування води має ряд переваг порівняно з хлоруванням. Так, повне знезаражування води за допомогою озонування відбувається протягом 3-5 хв., озон не надає воді присмаку і запаху, навіть якщо сполучається з різними речовинами, які містяться у воді. Крім того, озон одночасно із знезараженням знебарвлює воду і усуває запахи. На процес озонування мало впливають зміни температури, рН, каламутність

та інші властивості води. Важливою перевагою методу є також можливість виробляти озон на місці (в озонаторах), що вирішує питання про його постачання.

Сильну бактерицидну дію озону пояснюють його високим окиснювальним потенціалом, завдяки якому він руйнує не тільки цитоплазму мікроорганізмів, але й усі органічні речовини у воді.

Озоно-повітряна суміш надходить через фільтроносні пластинки у воду і змішується з нею у контактному резервуарі. Доза озону, необхідна для знезаражування будь-якої води, коливається від 1 до 4 мг/дм³, причому великі дози застосовують, коли необхідно крім знезаражування ще знебарвити та дезодорувати воду. Надлишок озону з води виділяється у повітря, швидко розкладаючись з утворенням атомарного кисню, тому вміст залишкового озону має бути 0,1–0,3 мг/дм³.

Визначення вмісту залишкового озону

Метод ґрунтується на окисненні озоном йодид-іонів до йоду, який титрують розчином натрій тіосульфату.

Визначення слід проводити після відбору проб води (не менше 1 л), які не консервують. Стійкість розчинів щодо залишкового озону знижується із підвищенням температури і рН.

Обладнання і реактиви: мірні циліндри на 250 і 1000 мл, колби конічні місткістю 250 і 500 мл з притертими корками, мікробюретка, піпетки на 2-5 і 10 мл, розчин калій йодиду (20 г KI розчиняють в невеликій кількості дистильованої води і доводять об'єм до 1 л; використовують свіжоприготований розчин); розчин сульфатної кислоти, $C_E=1$ моль/дм³ (28 мл концентрованої H₂SO₄ додають до 750 мл дистильованої води, охолоджують і доводять об'єм до 1 л); сульфатна кислота 1:4 (по об'єму); розчин калій дихромату, $C_E=0,1$ моль/дм³ (4,937 г K₂Cr₂O₇ перекристалізованого і висушеного при 180°C вносять у літрову мірну колбу, розчиняють у невеликій кількості дистильованої води і доводять об'єм); розчин калій дихромату, $C_E=0,05$ моль/дм³ (50 мл K₂Cr₂O₇ з $C_E=0,1$ моль/дм³ вносять у літрову мірну колбу і доливають до мітки дистильованої води до 1 л); 0,5%-ний розчин крохмалю (0,5 г розчиненого крохмалю змішують з 5 мл холодної дистильованої води і приливають до 95 мл кип'яченої дистильованої води; розчин консервують, додаючи 1-2 мл хлороформу); буферний розчин рН 4,5 (готують 1 М розчин оцтової кислоти (60 мл льодяної оцтової кислоти розводять у 1 л води), 1 М розчин натрій ацетату CH₃COONa · 3H₂O (136,1 г натрій ацетату розчиняють у 1 л води, колбу місткістю 1 л вносять 102 мл 1 М оцтової кислоти і 98 мл 1 М натрій ацетату і доводять до позначки перевареною і охолодженою дистильованою водою); основний стандартний розчин натрій тіосульфату, $C_E=0,1$ моль/дм³ (25 г Na₂S₂O₃ · 5H₂O розчиняють у свіжоприготованій і охолодженій дистильованій воді, додають 0,2 г натрій карбону і доводять об'єм до 1 л); робочий стандартний розчин натрій тіосульфату, $C_E=0,005$ моль/дм³ (50 мл основного розчину вносять в літрову мірну колбу, розбавляють дистильованою водою, додають 0,2 г натрій карбону і доводять об'єм до 1 л. 1 мл розчину еквівалентний 0,120 мг озону. Титр розчину перевіряють щоденно за розчином калій дихромату, $C_E=0,005$ моль/дм³. В конічну колбу з притертим корком насипають 0,5 г сухого калій йодиду, розчиняють у невеликій кількості дистильованої води, додають 5 мл розбавленого розчину сульфатної кислоти (1:4), 10 мл основного або робочого стандартного розчину калій дихромату і 50 мл дистильованої води. Відставляють у темне місце на 6 хвилин. Потім титрують йод, який виділився розчином натрій тіосульфату відповідної нормальності в присутності крохмалю, який добавляють під кінець титрування.

Поправковий коефіцієнт (К) визначають за формулою:

$$K = \frac{10}{a},$$

де: а – кількість натрій тіосульфату, витраченого на титрування.

Хід визначення. У конічну колбу з притертим корком вносять 10 мл 2%-ного розчину калій йодиду, 20 мл розчину сульфатної кислоти і 200-250 мл досліджуваної води. Суміш титрують розчином натрій тіосульфату ($C_E=0,005$ моль/дм³) до слабо-жовтого забарвлення, додають 1 мл розчину крохмалю і продовжують титрування до зникнення синього кольору.

За вмісту нітритів, феруму або інших сполук, які здатні виділяти йод із калій йодиду, вносять деякі зміни у методику.

Вміст озону (мг/дм³) визначають за формулою:

$$X = \frac{(a-b) \times K \times H \times 24 \times 1000}{V},$$

де: а – об'єм розчину натрій тіосульфату, який пішов на титрування проби води, мл; б – об'єм розчину натрій тіосульфату, який витрачається на титрування холостої проби; К – поправковий коефіцієнт до розчину натрій тіосульфату; Н ($C_E=0,005$ моль/дм³) – концентрація розчину натрій тіосульфату; V – об'єм проби води, взятий для аналізу, мл.

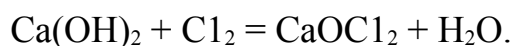
Найпоширенішим методом знезараження води серед вищеназаних є *хлорування* води. Для хлорування води застосовують як газоподібний хлор, так і його сполуки (хлорне вапно, гіпохлорити, хлорамін, хлор (IV) оксид).

Хлор відноситься до отруйних речовин і тому газоподібний хлор використовують тільки на великих водопровідних станціях, де його зберігають у сталевих балонах під тиском 607,8–709,1 кПа (6–7 атм). На невеликих водопроводах і в разі місцевого водопостачання часто використовують хлорне вапно.

Знезаражувальний ефект хлору полягає у безпосередній його дії на цитоплазму та обмінні процеси мікроорганізмів, що гальмує їх. Але відома й окислювальна дія хлорноватистої кислоти, яка утворюється у разі додавання хлору до води: $Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl$.

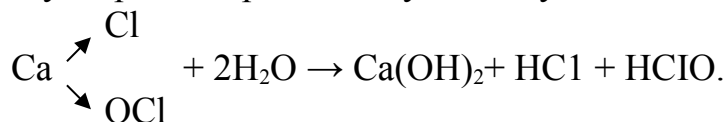
HOCl – хлорноватиста кислота при pH>6 дисоціює на іони H⁻ і OCl⁺ (гіпохлорит-іон) за рівнянням: $HOCl \rightarrow H^+ + OCl^+$.

Хлорне вапно є продуктом взаємодії хлору і гашеного вапна:



Це білий порошок, що легко розчиняється у воді з утворенням хлорноватистої кислоти, яка забезпечує знезаражувальний ефект.

Бактерицидну дію хлорного вапна виявляє група OCl, яка у водному середовищі утворює хлорноватисту кислоту:



Свіже хлорне вапно містить близько 36 % активного хлору. Під час зберігання хлорне вапно розкладається і переходить у кальцій хлорид. Під

впливом вуглекислоти і вологи, які містяться у повітрі, а також тепла у разі неправильного зберігання хлорного вапна у відкритому вигляді воно поступово розкладається з виділенням хлору, що вивітряється у повітря. Тому перед хлоруванням води хлорне вапно необхідно перевірити на кількісний вміст у ньому активного хлору. Якщо цей вміст не нижчий ніж 28 %, то хлорування води можливе. Щоб запобігти розкладанню хлорного вапна, його слід зберігати у закритій тарі у прохолодному, сухому і темному приміщенні.

Кальцій гіпохлорит – це білий порошок, який містить близько 64% активного хлору. Ця речовина стійкіша за хлорне вапно у зовнішньому середовищі. У разі з'єднання з водою кальцій гіпохлорит утворює хлорноватисту кислоту.

Хлораміни органічні (хлорамін Т, дихлорамін Т, хлорамін В) є похідними NH_3 , у якого один атом водню заміщений на органічний радикал, а один або обидва інші – на хлор. У них міститься близько 20% активного хлору, застосовуються вони для хлорування індивідуальних запасів води.

Хлораміни неорганічні утворюються безпосередньо у воді, яка має бути незараженою, після додавання до неї амоніаку або солей амонію і хлору.

У разі хлорування води будь-яким з вищеназваних засобів розраховують дозу хлору (хлорпоглинання), яка повинна забезпечити повне знезараження води. Для цього необхідне дотримання таких умов:

- а) відсутність у воді завислих частинок;
- б) достатня кількість препарату хлору та його ефективність;
- в) швидке і ретельне перемішування води з хлором;
- г) достатній за часом контакт води і хлору (не менше 45–60хв).

Спостереженнями встановлено, що для знезараження води у більшості випадків достатньо дози хлору від 1 до 3 мг/л. Бактеріознешкожувальна дія хлору зростає з підвищенням температури і кислотності води.

Залежно від величини дози хлору, яку застосовують, відрізняють:

1. *Звичайне хлорування*: воду хлорують після її фільтрування.
2. *Подвійне хлорування*: воду хлорують двічі – у змішувачах перед відстійниками і після фільтрації. Таке хлорування застосовують при високій бактеріальній забрудненості води вододжерела, з якого живиться водопровід.
3. *Перехлорування (гіперхлорування)*: у воду вносять надмірну кількість хлору (10-20 мг/л). Такі дози забезпечують швидке і надійне знезараження води. Гіперхлорування застосовують при несприятливій епідеміологічній та епізоотичній ситуації або коли доводиться використовувати воду з підозрілих у санітарному відношенні джерел. Великі дози хлору дають швидкий і надійний ефект навіть за умови 15-хвилинної експозиції. Надлишок залишкового хлору вилучають шляхом аерації, а також хімічними методами: зв'язуванням хлору натрій тіосульфатом, сульфур (IV) оксидом, фільтруванням через шар активованого вугілля.

4. *Хлорування з преамонізацією* – це комбінований метод, суть якого полягає в тому, що до води, яка підлягає знезараженню, додають спочатку

розчин амоніаку, а через кілька секунд – хлор. У такому разі у воді утворюється водний розчин амоніаку (NH_4OH) і хлорноватиста кислота, які при взаємодії утворюють нові сполуки, які мають бактерицидні властивості. Порівняно з хлором хлораміни триваліше зберігають свій знезаражуючий вплив і попереджають появу неприємних запахів, що інколи виникають у разі хлорування води, яка містить феноли. Хлорфеноли, які містяться у воді, за умови хлорування надають їй неприємного “аптечного” запаху і присмаку. Хлораміни не утворюють хлорфенолів, але мають слабкий окиснювальний потенціал. Тому тривалість знезаражування води таким методом повинна становити не менше ніж 24 год.

Знезаражування питної води. Знезаражування води проводять з метою знищення в ній мікроорганізмів. Найпоширенішим методом знезаражування є хлорування, яке може проводитися газоподібним хлором чи розчином хлорного вапна. Першим методом хлорують воду на великих водопровідних станціях, що потребує спеціального обладнання і кваліфікованого персоналу. На малих станціях знезаражують хлорним вапном, іншими хлорвмісними засобами, незначні об’єми – таблетки пантоцид, аквасепт тощо.

Для знезаражування води не рекомендується використовувати хлорне вапно, що містить менше ніж 25% активного хлору. Тому контроль за хлоруванням води починають з визначення активного хлору у хлорному вапні.

Обладнання і реактиви: розчин натрій тіосульфату, $C_E=0,01$ моль/дм³ (2,5г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ вносять у мірну колбу місткістю 1 л, розчиняють у невеликій кількості свіжоперевареної і охолодженої дистильованої води і доводять цією ж водою до позначки); розчин калій дихромату, $C_E=0,01$ моль/дм³ (перекристалізований калій дихромат ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) висушують за температури 180°C до постійної маси і 0,4904 г розчиняють у дистильованій воді та доводять об’єм до позначки 1л); хлоридна кислота (1:3). До 10 мл HCl густиною 1,19 г/моль додають 50 мл дистильованої води; 0,5%-ний розчин крохмалю (0,5 г розчинного крохмалю, змішують з невеликою кількістю дистильованої води, додають до 100 мл перевареної дистильованої води і кип’ятять декілька хвилин. Потім охолоджують і консервують кількома краплями хлороформу або 0,1 г саліцилової кислоти).

Визначення поправкового коефіцієнта розчину натрій тіосульфату, $C_E=0,01$ моль/дм³. У конічну колбу з притертою пробкою об’ємом 250 мл вносять 0,5 г калій йодиду, який розчиняють у 2 мл дистильованої води, додають 5 мл сульфатної кислоти (1:4), приливають 10 мл розчину калій дихромату з $C_E=0,01$ моль/дм³, 80 мл дистильованої води, закривають колбу пробкою і ставлять у темне місце на 5 хв. Потім у колбу додають 1 мл розчину крохмалю і титрують одержану суміш до знебарвлення розчином натрій тіосульфату з $C_E=0,01$ моль/дм³. Можна додати крохмаль пізніше, а спочатку титрувати суміш розчином натрій тіосульфату до солом’яно-жовтого кольору. Поправковий коефіцієнт натрій тіосульфату розраховують за такою формулою:

$$K=10 / V,$$

де: V – кількість розчину натрій тіосульфату з $C_E = 0,01$ моль/дм³, витраченого на титрування. Поправковий коефіцієнт визначають шляхом 2–3 паралельних досліджень.

Визначення активного хлору у хлорному вапні

Метод ґрунтується на тому, що під час дії хлоридної кислоти на кальцій гіпохлорид за наявності калій хлориду виділяється хлор, який

витісняє з калій хлориду еквівалентну кількість йоду. Витіснений йод відтитровують у присутності крохмалю розчином натрій тіосульфату з $C_E = 0,01$ моль/дм³, після чого визначають вміст активного хлору у хлорному вапні.

Хід визначення. З наявного у лабораторії хлорного вапна готують 1%-ний розчин: 1 г хлорного вапна розчиняють в ступці з невеликою кількістю дистильованої води, переливають у темну колбу місткістю 100 мл і доводять об'єм дистильованою водою до позначки. Дають розчину відстоятися. У другу колбу наливають 50 мл дистильованої води, 1 мл відстояного розчину хлорного вапна, 2 мл 5%-ного розчину калій йодиду, 1 мл хлоридної кислоти (1:3). Витіснений йод відтитровують розчином натрій тіосульфату до блідо-жовтого забарвлення, додають 1 мл розчину крохмалю і титрують тим же розчином до зникнення синього кольору.

Кількість активного хлору у хлорному вапні розраховують, беручи до уваги, що 1 мл розчину натрій тіосульфату ($C_E=0,01$ моль/дм³) зв'язує 1,269 мг йоду, а це відповідає 0,355 мг хлору.

Вміст активного хлору в хлорному вапні (%) вираховують за формулою:

$$X = \frac{H \times 0,355 \times 100 \times 100}{1000}$$

де: H – кількість розчину натрій тіосульфату з $C_E=0,01$ моль/дм³, витраченого на титрування, мл; 0,355 – кількість хлору, еквівалентна 1мл розчину натрій тіосульфату з $C_E=0,01$ моль/дм³, мг; 100 – множник для переведення 1% хлору в хлорне вапно; 100 – множник для переведення вмісту хлору в 100 г хлорного вапна; 1000 – для переведення міліграмів активного хлору в грами.

Визначення робочої дози хлорування (за хлорпотребою)

Хлорування води проводять нормальними дозами, а в разі епідемічної небезпеки – перевищеними дозами хлору (перехлорування). У разі хлорування нормальними дозами треба визначити робочу дозу хлорування, тобто ту кількість хлору (хлорпоглинання), яка необхідна для окиснення органічних, мінеральних речовин і мікроорганізмів, що містяться у певному об'ємі води.

На практиці про кількість хлору, яку необхідно витратити на знезараження води, судять за вмістом так званого залишкового хлору, тобто хлору, який залишився у воді не витраченим, оскільки не вступив у реакцію після тривалого контакту з водою.

Хід визначення. Досліджувану воду, яка потім буде підлягати хлоруванню нормальними дозами, наливають у 3 склянки місткістю 200 мл. У кожний стакан вмішують по скляній паличці. У першу склянку обережно по скляній паличці додають 0,2 мл (2 краплі) 1%-ного розчину хлорного вапна і перемішують склянкою паличкою. У другу склянку додають 0,4 мл (4 краплі), а в третю – 0,6 мл (6 крапель) 1%-ного розчину хлорного вапна. Залишають склянки відстоюватися 30 хв. Після цього в кожну склянку наливають по 1 мл хлоридної кислоти (1:3), 1 мл 5%-ного розчину калій йодиду і по 1 мл розчину крохмалю. Якщо у воді залишився активний хлор, то після

додавання розчину крохмалю з'явиться синє забарвлення. Вміст кожної склянки титрують розчином натрій тіосульфату з $C_E=0,01$ моль/л до знебарвлення і вираховують кількість залишкового хлору в міліграмах на 1 л в кожній склянці. Робочою дозою хлорування буде вважатися та кількість 1%-ного розчину хлорного вапна, що додана у склянку, у якій виявлено залишкового хлору у кількості 0,3–0,5 мг/л (вода забарвлена в слабо-синій колір). Така кількість залишкового активного хлору обов'язково повинна бути наявна у воді після 30 хв контакту її з хлором, що свідчить про ефективність хлорування.

Дозу 1%-го розчину хлорного вапна (мл), потрібну для хлорування 1 л води, розраховують за формулою:

$$X = \frac{H \times 5}{b}$$

де: H – кількість крапель розчину хлорного вапна, внесених у склянку; b – кількість крапель хлорного вапна в 1 мл; 5 – множник для переведення проби води в 1 л.

Знаючи дозу 1 %-го розчину хлорного вапна, необхідну для знезараження 1 л води, вираховують загальну кількість розчину для хлорування усієї кількості води.

Визначення залишкового хлору у питній воді

Суть методу визначення така ж, як і в разі визначення активного хлору в хлорному вапні, тільки з тією різницею, що перед титруванням розчином натрій тіосульфату витиснутого йоду додають буферний розчин з рН 4,5 у зв'язку з тим, що озон, нітрити, оксиди феруму та інші сполуки у кислому розчині виділяють йод з калій йодиду.

Хід визначення. У конічну колбу місткістю 500 мл вміщують 0,5 г калій йодиду і розчиняють його в 1–2 мл дистильованої води. Потім у ту ж колбу додають буферний розчин у кількості, що у 1,5 раза перевищує величину лужності даної води, і додають 250–500 мл досліджуваної води. Витіснений йод відтитровують розчином натрій тіосульфату до блідо-жовтого кольору, додають 1 мл 0,5%-ного розчину крохмалю і титрують тим же розчином натрій тіосульфату до зникнення синього забарвлення. При визначенні лужності воду попередньо дехлорують натрій тіосульфатом в окремій пробі.

Кількість залишкового хлору (мг/дм³) знаходять за формулою:

$$x = \frac{A \times K \times 0,355 \times 1000}{V}$$

де: A – об'єм розчину натрій тіосульфату з $C_E=0,01$ моль/дм³, витрачений на титрування, мл; K – поправковий коефіцієнт до розчину натрій тіосульфату; 0,355 – вміст активного хлору, що відповідає 1 мл розчину натрій тіосульфату з $C_E=0,01$ моль/дм³, мг; V – об'єм води, який беруть для аналізу, мл.

Прискорений спосіб хлорування води. У разі хлорування води

підвищеними дозами хлору, тобто у разі перехлорування, спочатку визначають величину залишкового хлору (мг/дм³), і якщо вона виходить за рамки дозволеної, проводять дехлорування води.

Під час перехлорування у воду додають таку кількість розчину хлорного вапна, щоб на кожний його 1 л припадало 10 мг хлору. Через 15 хв контакту води з хлором визначають залишковий хлор у перехлорованій воді. Визначення залишкового хлору проводять так само, як і в питній воді, але для аналізу беруть 200 мл перехлорованої води.

Знезаражування води підвищеними дозами хлору (10-20 мг на 1 л води), як правило проводять 1% або 5% розчином хлорного вапна, потрібну кількість якого вираховують виходячи із наміченої дози хлору і процентного вмісту хлору в приготованому розчині.

Дозу хлору для даної води встановлюють на основі таких даних: характеру вододжерела, фізичних властивостей води і обліку епідеміологічної небезпеки водойми. Відсоток активного хлору в хлорному вапні визначають методом, який описаний вище.

Приклад. Припустимо, що для обробки води вибрана доза 10 мг активного хлору на 1л; хлорне вапно містить 25% активного хлору; потрібно провести знезаражування 1т води.

Кількість хлорного вапна, в якому буде міститись вибрана доза (10мг хлору на 1л), визначається наступним чином:

$$\begin{array}{l} \text{в } 100\text{г хлорного вапна міститься } 25\text{г активного хлору} \\ \text{X} \quad \text{-//-} \quad \quad \quad \text{-} \quad \quad \quad 0,01\text{г активного хлору} \\ X = \frac{100 \times 0,01}{25} = 0,04\text{г} \end{array}$$

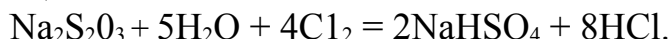
Якщо на 1л води потрібно 0,04г хлорного вапна, то на 1т води – $0,04 \times 1000 = 40\text{г}$ сухого хлорного вапна. Перед знезаражуванням води хлорне вапно потрібно розтерти у ступці чи іншому посуді з невеликою кількістю води до однорідної рідкої маси.

При знезаражуванні води 1% розчином даного хлорного вапна треба взяти його на 1л води 4,0 мл, а на 1т – 4л цього розчину.

Дехлорування води

Дехлорування води після знезаражування її підвищеними дозами хлору проводять натрій тіосульфатом так, щоб після дехлорування залишковий хлор був у межах 0,3 – 0,5 мг/дм³.

У разі додавання у воду натрій тіосульфату з метою дехлорування відбувається така реакція:



З цього рівняння виходить, що 1 мг хлору еквівалентний 0,875 мг натрій тіосульфату.

Кількість (у мг) чистого натрій тіосульфату, необхідну для дехлорування надлишку залишкового хлору в 1л хлорованої води, вираховують за формулою:

$$X = \frac{(H \times 5 \times 0,355) - 0,5}{0,355} \times 2,48$$

де: Н – об'єм розчину натрій тіосульфату з $C_E=0,01$ моль/дм³, витраченого на титрування залишкового хлору в 200 мл хлорованої води, мл; 0,5 – допустима кількість залишкового хлору в 1 л хлорованої води, мг/л; 2,48 – маса тіосульфату в 1 мл натрій тіосульфату з $C_E=0,01$ моль/дм³, мг; 5 – множник для доведення об'єму води до 1л; 0,355 – маса хлору, еквівалентна 1 мл розчину натрій тіосульфату з $C_E=0,01$ моль/дм³, мг.

Знаючи масу натрій тіосульфату, необхідну для дехлорування надлишку залишкового хлору в 1л води, вираховують загальну його масу для дехлорування всієї кількості хлорованої води, що підлягає дехлоруванню.

Методи очищення і знезаражування води у польових умовах

У польових умовах очищення питної води – це така обробка, яка відновлює або надає воді потрібних гігієнічних властивостей. Залежно від поставленого завдання розрізняють такі види очищення: знебарвлення, знезаражування, дезактивацію та опріснення.

Знебарвлення – це відновлення прозорості і безколірності води шляхом видалення завислих речовин і колоїдних домішок.

Знезаражування – це така обробка води, після якої вона стає безпечною в епідемічному відношенні.

Знешкодження – це вилучення з води отруйних речовин як штучного (пестициди, компоненти ракетного палива тощо), так і природного (наприклад, ботулічний токсин) походження.

Дезактивація – це очищення води від радіоактивних речовин.

Опріснення – це вилучення з води надлишку мінеральних сполук, що псують її смак.

Для знезараження води у польових умовах використовують кип'ятіння, хлорування нормальними дозами і перехлорування. Останньому методу віддають перевагу.

Процес перехлорування складається з таких етапів: визначення вмісту активного хлору у хлорному вапні, розрахунку кількості хлорного вапна, потрібного для знезараження усього об'єму взятої води, і внесення хлорного вапна у резервуар з водою, визначення залишкового хлору. Спосіб профілактичної дезінфекції води у колодязі та спрощене хлорування води описані у додатку І.

Питання для самоконтролю

1. З якою метою проводять очищення води?
2. Назвіть способи очищення води і їх етапи.
3. Суть процесу коагулювання води.
4. Назвіть сполуки, які використовують у процесі коагулювання води.
5. Від яких чинників залежить ефективність коагуляції?
6. Методика визначення дози коагулянту.
7. Суть процесу відстоювання води.

8. Процес очищення води способом фільтрування.
9. Обґрунтувати необхідність знезараження води.
10. Способи знезараження води.
11. Принцип визначення залишкового озону.
12. Види хлорування води.
13. Механізм знезараження води хлорним вапном.
14. Необхідні умови для повного знезараження води.
15. Обґрунтувати необхідність визначення вмісту активного хлору в хлорному вапні.
16. Назвіть препарати для хлорування води.
17. Методика визначення кількості активного хлору в хлорному вапні.
18. Що розуміють під хлорпотребою води?
19. Методика визначення хлорпотреби води.
20. Що називають залишковим хлором у хлорованій воді? Норма.
21. Методика визначення залишкового хлору в хлорованій воді.
22. З якою метою і як дехлорують воду?
23. Методи очищення і знезараження води у польових умовах.
24. Методика профілактичної дезінфекції води у колодязі.

Завдання для самостійної роботи

1. Проведіть дослідне нормальне хлорування 1л води у такій послідовності:
 - приготуйте 1% розчин хлорного вапна;
 - визначте вміст активного хлору у хлорному вапні;
 - визначте хлорпотребу води, яка підлягатиме знезаражуванню;
 - встановіть вміст залишкового хлору у воді після її знезаражування;
 - проведіть розрахунок (у разі потреби) необхідної кількості натрій тіосульфату для дехлорування надмірно прохлорованої води.
2. За результатами дослідного хлорування зробіть розрахунки для знезаражування води в колодязі цим методом, якщо:

Варіанти задач	Проміри колодязя		Варіанти задач	Проміри колодязя	
	Розміри зрубу, м	Товщина (глибина) шару води, м		Радіус зрубу, м	Товщина (глибина) шару води, м
1	1,5×2,0	2,8	8	0,5	5,8
2	1,2×1,8	3,0	9	0,65	4,2
3	1,4×2,0	5,5	10	0,8	5,4
4	1,5×1,5	3,8	11	0,9	3,7
5	1,6×1,6	4,2	12	1,0	3,0
6	2,0×2,2	4,6	13	0,6	6,2
7	2,0×2,0	4,0	14	0,7	5,0

- визначте об'єм води у колодязі, м³;
- розрахуйте потрібний об'єм 1% розчину хлорного вапна для знезаражування води у колодязі, м³;
- розрахуйте кількість хлорного вапна (сухої речовини) для приготування потрібного об'єму 1% розчину хлорного вапна, кг;
- розрахуйте кількість натрій тіосульфату (сухої речовини) для дехлорування (у разі потреби) води у колодязі, кг.

РОЗДІЛ 2. САНІТАРНО - ГІГІЄНІЧНА І ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Мета:

1. Ознайомитись з вимогами до джерел господарсько-питного водопостачання.
2. Вивчити методику розрахунку зони санітарної охорони джерел водопостачання.

Водні об'єкти, якість води в яких відповідає комплексу зазначених нижче гігієнічних, епідеміологічних, екологічних та технологічних вимог, використовують чи можуть бути використані для централізованого питного водопостачання.

Вибір джерела централізованого господарсько-питного водопостачання є принципово важливим завданням гігієни води та водопостачання населених місць. Це одне з відповідальних завдань, від вирішення якого залежить здоров'я споживачів, санітарно-побутові умови проживання і благоустрій населеного пункту.

Гігієнічні принципи, покладені в основу вибору джерела водопостачання, вимоги до якості води в підземних і поверхневих джерелах, порядок здійснення вибору відображені в ГОСТі 2761-84 "Джерела централізованого господарсько-питного водопостачання. Гігієнічні, технічні вимоги і правила вибору".

Методика вибору джерел централізованого господарсько-питного водопостачання. Вибір джерела водопостачання проводиться з розрахунку його санітарної надійності і можливості одержання води, яка за своєю якістю відповідає стандарту. ГОСТ передбачає вибір джерел із урахуванням зниження їх санітарної надійності: а) безнапірні міжпластові води; б) ґрунтові води; в) поверхневі водоймища (річки, водосховища, озера, канали).

Відповідність водного об'єкта вимогам, встановленим до джерел питного водопостачання, визначають на основі:

- гігієнічного та екологічного оцінювання умов формування і ступеня захищеності підземного джерела водопостачання у межах поясів зон санітарної охорони;
- гігієнічного та екологічного оцінювання поверхневого джерела водопостачання, а також прилеглої території вище і нижче водозабору за течією води у межах поясів зон санітарної охорони;
- якісного оцінювання на підставі аналізів проб води, які відбиралися

щомісячно протягом останніх 3-х років, та кількісного оцінювання запасів води у джерелах водопостачання;

- санітарного оцінювання місця розміщення водозабору;

- прогнозування гігієнічного та екологічного стану джерел водопостачання.

Збираючи відомості про поверхневі водойми, необхідно звернути увагу на:

1) санітарний стан водозбірних площ, їх заселеність, розвиток промисловості та сільського господарства;

2) наявність випусків стічних вод;

3) характер використання річки вище передбачуваного місця забору;

4) середню витрату води в річці, її коливання протягом року і особливо мінімальну витрату в самому маловодному місяці.

Інформація про підземні води включає:

1) глибину залягання водоносних горизонтів;

2) надійність їх захисту водотривкими шарами;

3) характер водоносної породи (тріщинувата або піщана);

4) розміщення зон живлення та їх санітарну характеристику;

5) потужність водоносного горизонту;

6) санітарну характеристику місцевості в районі водозабору;

7) наявність джерел забруднення ґрунту і водоносних шарів та ін.

На підставі зазначених відомостей і даних особистого санітарного обстеження лікар дає гігієнічну оцінку умов формування та поповнення джерел і робить прогноз їх санітарного стану.

Потім необхідно з'ясувати, чи відповідає якість води в джерелах гігієнічним вимогам, в якому джерелі вода краще і взагалі не вимагає обробки або ж необхідно значно менше зусиль для отримання доброякісної питної води. Для цього відбирають проби води і проводять їх лабораторний аналіз. Місце взяття проб води з водойми для фізико-хімічних і мікробіологічних досліджень вибирають виключно установи Держпродспоживслужби. Результати лабораторних досліджень повинні відображати особливості режиму джерела, а не випадкові зміни, що виникли під впливом змінних факторів. Особливо це стосується поверхневих водойм, склад води яких змінюється відповідно з часом року. Тому в такому випадку необхідний щомісячний аналіз проб води протягом останніх 3 років. На підставі даних санітарного обстеження та результатів лабораторного дослідження лікар визначає, чи відповідає вода в джерелі гігієнічним вимогам, викладеним в СанПіНі, встановлює клас підземних або поверхневих водойм і визначає методи обробки води для доведення її до доброякісної питної.

Далі слід визначити, містить одне чи або кілька джерел необхідну кількість води, що відповідає гігієнічним нормам водопотреби населеного пункту в цілому. При цьому слід враховувати перспективи зростання міста або села і його інфраструктури. Питання про кількість води вже само по собі може радикально вплинути на вибір. У той же час санітарна надійність і якість води в джерелі є першорядними критеріями. Тому можливість

використання підземних міжпластових вод розглядається навіть при нестачі їх запасів. Той дефіцит води, який утворюється при виборі більш надійного, але недостатньо потужного підземного джерела, може компенсуватися за рахунок менш надійних в гігієнічному відношенні щодо поверхневих джерел.

В процесі вибору джерела водопостачання та визначення місць водозабору обов'язково враховують можливість створення зон санітарної охорони і дотримання відповідного режиму в межах їх поясів. Джерело водопостачання при наявності декількох водойм і однакової можливості забезпечення якості та кількості води обирають шляхом техніко-економічного порівняння варіантів схем обробки води з урахуванням санітарної надійності джерел.

На заключному етапі на підставі гігієнічної оцінки умов формування та залягання підземних вод, санітарної оцінки поверхневого джерела та прилеглої до нього території, оцінки якості та кількості води джерела, санітарної оцінки місця водозабору, можливості створення зон санітарної охорони (ЗСО) та прогнозу санітарного стану джерела лікар-профілактик робить гігієнічний висновок про придатність конкретної підземної або поверхневої водойми в якості джерела централізованого господарсько-питного водопостачання. Висновок повинен містити інформацію про: 1) об'єкт водопостачання; 2) гігієнічну характеристику джерела водопостачання; 3) якості води в ньому; 4) прогноз санітарного стану джерела; 5) заходи з організації ЗСО; 6) належної обробки води з метою доведення її якості до вимог стандарту на питну вода.

Висновок щодо відповідності наявного або запроєктованого певного поверхневого або підземного джерела водопостачання вимогам цього стандарту видають органи державного санітарно-епідеміологічного нагляду на підставі попереднього висновку екологічних та геологічних організацій та органів водного господарства.

Якість води поверхневого і підземного джерел питного водопостачання повинна забезпечувати відповідність одержуваної питної води вимогам санітарного законодавства та цього стандарту з використанням необхідних сучасних технологій водопідготовки.

Класифікація якості поверхневих вод України — джерел централізованого питного водопостачання — за гігієнічними та екологічними критеріями (додаток Е, табл. 1, 2) охоплює 80 показників, які застосовують для оцінювання якості питної води згідно з санітарним законодавством, і має сім окремих груп (блоків): I група — 4 органолептичних показники; II група — 17 загальносанітарних показників хімічного складу води; III група — 6 гідробіологічних показників; IV група — 6 мікробіологічних показників; V група — 2 паразитологічних показники; VI група — 9 показників радіаційної безпеки, VII група — 36 пріоритетних токсикологічних показників хімічного складу води (з них: 25 — неорганічних та 11 — органічних компонентів).

Вода з підземних джерел водопостачання 1-го класу за всіма показниками відповідає ДСанПіНу, тому використовується без обмежень. Що стосується води з інших джерел, то незалежно від класу, для доведення її до нормативних показників застосовують аерацію, фільтрування, знезараження, мікрофільтрування та освітлення.

Джерела водопостачання і водозабірні споруди станцій централізованого питного водопостачання повинні бути захищені від забруднювання організуванням зон санітарної охорони відповідно до чинного законодавства. Для цього розроблено «Положення про порядок проектування і експлуатації зон санітарної охорони (ЗСО) джерел водопостачання та водопроводів господарсько-питного призначення». Такі зони організують на всіх водопроводах, які подають воду як з поверхневих, так і з підземних джерел водопостачання. ЗСО передбачає організацію трьох поясів: перший - пояс суворого режиму, другий - режиму обмежень, третій - спостережень. У кожному з цих поясів, а також в межах санітарно-захисної смуги відповідно до їх призначення встановлюється спеціальний режим і визначається комплекс заходів, що запобігають погіршенню якості води.

Перший пояс ЗСО

При використанні захищених підземних вод межа першого поясу ЗСО встановлюється на відстані не менш ніж 30м від водозабору, при недостатньо захищених - не менш ніж 50м. Якщо експлуатується група підземних водозаборів, то межа першого поясу повинна знаходитись на відстані не менш ніж 30-50 м відповідно від крайніх свердловин або шахтних колодязів. Для водозаборів із штучним поповненням запасів підземних вод межа першого поясу встановлюється на відстані не менш ніж 50м від водозабору і не менш ніж 100м від інфільтраційних споруд.

Другий пояс ЗСО

Для ефективного захисту підземного джерела водопостачання від бактеріального забруднення межа другого поясу повинна бути віддалена від водозабору на відстань, при проходженні якої підземним потоком витрачається час T_m , який забезпечує відмирання патогенних мікроорганізмів (табл. 22).

Третій пояс ЗСО

Межу третього поясу визначають на основі гідродинамічних розрахунків, беручи до уваги ту умову, що час, протягом якого стабільні хімічні забруднення досягнуть місця водозабору, становитиме не менше ніж 25 років (час технічної експлуатації водозабору).

Розрахунок меж другого поясу ЗСО

Незалежно від виду забруднення для розрахунку другого поясу ЗСО використовують гідрологічні характеристики водоносного горизонту. При цьому розрахунок ведеться для найбільш небезпечних в експлуатаційному

відношенні варіантів, що дає змогу запобігти забрудненню водоносного горизонту.

Таблиця 22

Залежність розрахункового часу Т від природних умов

Гідрологічні умови	Т _м , діб	
	I і II кліматичні райони	III і IV кліматичні райони
Грунтові води: при наявності гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	400	400
при відсутності гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	400	400
Напірні і безнапірні міжпластові води: при наявності прямого гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	200	200
при відсутності прямого гідравлічного зв'язку з відкритою водоймою	200	100

Графічно межі другого поясу ЗСО зображають у вигляді еліпса з півосями $((R+r)/2) \cdot id$ або прямокутника із сторонами $R+ri2d$.

Можливість та швидкість забруднення водозабору залежить від таких гідрологічних параметрів:

Q - дебіту водозабору, м³/добу;

h - потужності водоносного горизонту, м;

k - коефіцієнта фільтрації, м/добу;

μ - активної пористості породи (відношення об'єму пор до загального об'єму водоносної породи при найбільш несприятливих умовах для крихких порід становить 0,15 і для скелястих - 0,015);

I - ухилу природного потоку;

q=khI - добової витрати природного потоку, м²/добу;

T_m - часу відмирання мікроорганізмів в умовах підземного потоку;

R - верхньої відстані підземного потоку до межі другого поясу ЗСО, м;

r - відстані від водозабору до нижньої межі другого поясу ЗСО, м;

d - відстані від водозабору до бокових меж другого поясу ЗСО, м.

У природних умовах гідрологічні показники комбінуються по-різному, їх числові значення коливаються у широких межах. Найчастіше вживані з них узагальнені і переведені в умовні показники, які комплексно характеризують:

$$A = \frac{Q}{h}$$

– інтенсивність відбору води з одиниці потужності водоносного горизонту (A= 15,30,56,60,75,90);

$$B = \frac{q}{Q} = -\frac{Kh^\phi}{Q}$$

- відношення добової витрати природного потоку до дебіту водозабору ($B=0,0000; 0,0004; 0,0008; 0,0012; 0,0016; 0,002; 0,0032$).

Приклад розрахунку. Для водопостачання звіроферми проектується свердловина потужністю 1000 м³/добу. У даній місцевості поверхневі водойми, які б були зв'язані з підземним горизонтом відсутні. Передбачений для експлуатації безнапірний водоносний горизонт складається з пісків, щебеню, гальки і характеризується значним поширенням та витримані в розрізі. Коефіцієнт фільтрації становить у середньому 50 м/добу, середня потужність водонасиченої товщі – 22 м, активна пористість - 0,15, ухил природного потоку в районі свердловини – в середньому 0,0004. Необхідно розрахувати і графічно виділити навколо свердловини межі другого поясу ЗСО. Час бактеріального самоочищення - 100дб.

Згідно з умовою задачі маємо:

$Q = 1000$ м³/добу; $K = 50$ м/добу; $h = 22$ м; $I = 0,0004$; $\mu = 0,15$. Звідси $q = KhI = 50 \cdot 20 \cdot 0,0004 = 0,5$ м²/добу.

Використовуючи гідрологічні дані, вираховуємо умовні величини:

$$A = \frac{Q}{h} = \frac{1000}{22} = 45 \quad ; \quad B = \frac{50 \times 22 \times 0,0004}{1000} = 0,0004$$

Після цього за даними таблиці 23 знаходимо відстань від свердловини до межі другого поясу ЗСО: $R = 110$ м; $r = 90$ м; $d = 100$ м. За результатами

будуємо еліпс з півосями $\frac{R+r}{2} = \frac{110+90}{2} = 100$ м і $d = 100$ м або прямокутник. Одержані зображення умовно відображають межі другого поясу ЗСО (рис.8).

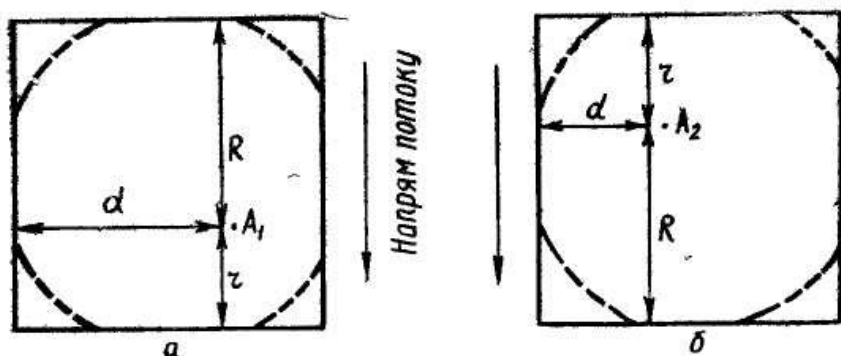


Рис. 8. Схеми для розрахунку меж зони санітарної охорони:

а, б - водозабори; A_1 - водозабір, розміщений на віддалі від поверхневих вододжерел; A_2 - водозабір, розміщений поблизу поверхневого вододжерела.

Питання для самоконтролю

1. На основі яких даних встановлюють придатність джерела для водопостачання?

2. Які показники враховують при оцінці якості води у джерелах водопостачання?
3. Назвіть зони санітарної охорони джерел водопостачання і охарактеризуйте їх.

Вставити табл. 23 із с.123 (альбомну)

Визначення меж другого поясу зони санітарної охорони для підземних джерел водопостачання

$A = \frac{Q}{h}$	Породи водоносного горизонту	μ	$B = \frac{KhI}{Q}$														Величина R для всіх значень B
			0,00		0,0004		0,0008		0,0012		0,0016		0,002		0,0032		
			R_0	r_0	R	r	R	r	R	r	R	r	R	r	R	r	
15	Крихкі	0,15	60	60	60	60	70	60	70	55	70	50	75	50	80	40	60
	Скелясті	0,03	130	130	150	120	160	110	175	100	190	80	210	70	250	50	130
		0,015	180	180	210	160	240	140	280	120	300	100	350	80	430	50	180
30	Крихкі	0,15	80	80	90	75	90	70	100	70	105	60	120	60	130	50	80
	Скелясті	0,03	180	180	210	160	240	140	280	120	300	100	350	80	430	50	180
		0,015	250	250	310	200	370	160	420	140	500	100	600	80	750	50	250
45	Крихкі	0,15	100	100	110	90	120	90	130	80	140	70	150	60	170	50	100
	Скелясті	0,03	220	220	270	180	310	150	330	130	400	100	480	80	600	50	220
		0,015	310	310	400	240	500	180	600	150	700	100	860	80	1100	50	310
60	Крихкі	0,15	120	120	130	110	140	100	150	90	160	80	180	70	210	50	120
	Скелясті	0,03	250	250	310	200	370	160	420	140	500	100	600	80	750	50	250
75	Крихкі	0,15	130	130	150	120	160	110	175	110	190	90	210	70	250	50	130
	Скелясті	0,03	290	290	350	230	410	170	500	150	600	100	720	80	900	50	290
90	Крихкі	0,15	140	140	160	130	180	110	190	100	210	90	240	80	290	50	140
	Скелясті	0,03	310	310	400	240	500	180	600	150	700	100	860	80	1100	50	310

РОЗДІЛ 3. САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Мета:

1. Ознайомитись з можливими джерелами забруднення ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод.
2. Ознайомити із санітарно-гігієнічним та профілактичним значенням очищення стічних вод.
3. Вивчити прийоми очищення стічних вод.
4. Засвоїти критерії оцінки якості очищення стічних вод.

Джерела забруднення ґрунту, поверхневих і ґрунтових вод дуже різноманітні і тісно пов'язані з господарською діяльністю людини (міські каналізаційні стічні води, стічні води тваринницьких ферм і комплексів, підприємств з переробки тваринницької продукції, промислових підприємств, електростанцій, нераціональне використання мінеральних добрив і пестицидів тощо).

У результаті у воду надходять речовини, які змінюють її фізичні властивості (прозорість, колір, запах, смак) і хімічний склад, збагачуються на органічні та мінеральні речовини, мікроорганізми і збудники інвазійних хвороб. Багатьом сполукам, що надходять у воду, властива токсична дія на організм людини і тварин:

отруйні сполуки надходять із стічними водами хімічних заводів;

канцерогенні - із стоками хімічних заводів, заводів з переробки твердого та рідкого палива;

мутагенні речовини - із стоками хімічних заводів, з реактивним паливом;

радіоактивні - із стоками атомних електростанцій, деяких лабораторій і медичних закладів, які застосовують радіоізотопи.

Широке використання води у народному господарстві для охолодження промислового обладнання є причиною „термічного” забруднення поверхневих вод. А це в свою чергу призводить до зменшення концентрації розчиненого у воді кисню, а отже, до зниження самоочисної здатності води, що неминує порушує життєвий цикл флори і фауни, стимулює розвиток синьо-зелених водоростей, інтенсифікує процеси „цвітіння” відкритих водоймищ, збільшує токсичність багатьох сполук, що забруднюють воду.

При аналізі стану водного середовища важливо знати, до якого типу водних об'єктів віднесені конкретні річка, озеро, водосховище або інший водний об'єкт і використовувати для оцінки ситуації відповідні методи оцінки.

Метод інтегральної оцінки якості води. Комбінаторний індекс забрудненості

В гідрохімічній практиці використовується метод інтегральної оцінки якості води за сукупністю забруднюючих речовин в ній та частотою їх

виявлення. В цьому методі лімітуючими показниками забрудненості (ЛПЗ) для кожного інгредієнту є: – бали кратності перевищення ГДК_{ЗР}, повторюваність випадків, індивідуальний оціночний бал;

Комбінаторний індекс забрудненості розраховується як сума індивідуальних оціночних балів. Інгредієнти, для яких величина загального оціночного балу більша або дорівнює одиниці, виокремлюються як лімітуючі показники забрудненості (ЛПЗ). За величиною комбінаторного індексу забрудненості встановлюється клас забрудненості води.

Метод сумарного ефекту оцінки якості води. Точно оцінити комплексну дію шкідливих речовин у воді водойми неможливо, тому застосовують метод оцінки сумарного ефекту впливу на санітарний стан водойми кількох шкідливих речовин. Оцінка якості води та порівняння сучасного стану водного об'єкту із встановленими в минулі роки характеристиками виконується на підставі індексу забрудненості води (Ізв) за гідрохімічними показниками. Цей індекс є формальною характеристикою і розраховується усередненням як мінімум п'яти індивідуальних показників якості води водного об'єкту. Може розраховуватися також за методом середньоарифметичного індексу, що визначається на базі індивідуальних індексів гідрохімічних показників. При цьому обов'язковими для врахування є такі показники: концентрація розчиненого у воді кисню; показник кислотності рН; величина біологічного споживання кисню (БСК).

Крім державного контролю стан води контролюється підприємствами, котрі використовують воду та скидають стоки у водоймища. Для цього на підприємствах при заводських або спеціальних лабораторіях створюються пости, обладнані необхідною апаратурою для проведення аналізів. При здійсненні контролю за станом вод та стоків використовуються фізичні, хімічні, біологічні та органолептичні методи. Фізичні методи використовуються для визначання прозорості, каламутності, кількості завислих часток та електропровідності води. Хімічні методи використовуються для визначання кислотності, лужності, вмісту у воді металів, солей, органічних та синтетичних речовин. Бактеріологічний аналіз здійснюється за допомогою біотестування.

Комплексна оцінка рівня забрудненості води за заданою лімітуючою ознакою шкідливості. Для визначання ступеня забрудненості води використовується чотири критерії шкідливості, по кожному з яких сформована певна група речовин і специфічних показників якості води: критерій санітарного режиму, де враховується розчинений кисень, БПК₅, ХПК і специфічні забруднення, які нормуються за впливом на санітарний режим; критерій органолептичних властивостей, де враховується запах, скаламучені речовини, ХПК і специфічні забруднення, які нормуються за органолептичною ознакою шкідливості; критерій, який враховує небезпеку санітарно – токсикологічного забруднення, де враховується ХПК і специфічні забруднення, які нормуються за санітарно – токсикологічною ознакою; епідеміологічний критерій, який враховує небезпеку мікробного забруднення.

Екотоксикологічний критерій оцінки ступеня забруднення води.

Ступінь забруднення води токсичними речовинами оцінюється сумою перевищень концентрацій відповідних забруднювачів до їх граничнодопустимих концентрацій.

Особливим чином проводиться оцінка групи наступних показників: сульфат– іонів, вмісту завислих речовин і загальної мінералізації, за якими кратність перевищення концентрацій відноситься не до ГДКі, а до максимальних фонових значень. Для оцінки евтрофності вводиться спеціальний показник евтрофікації.

Стандарти з методів досліджування якості води

Система стандартів з методів і методик визначання забруднюючих речовин у воді розглядає методи визначання фізичних властивостей води: смаку, запаху, забарвлення і мутності води загальної жорсткості, води; методи визначання біологічних властивостей води: санітарно–бактеріологічних, санітарно–мікробіологічних; методи визначання вмісту хімічних речовин: рН, азотовмісних речовин, нітратів, хлоридів, залишкового активного хлору, залишкового озону, загального заліза, масової концентрації міді, алюмінію, свинцю, цинку, срібла; миш'яку, берилію, метод визначання вмісту молібдену, радію–226, поліакриламід, селену, стронцію та ін.

Методи очищення стічних вод

Забруднення стічних вод за їх фазово-дисперсним станом, згідно із шкалою Л.А.Кульського, поділяють на чотири групи:

- 1 – суспензії (розмір частинок 10^{-5} - 10^{-4});
- 2 - колоїдні розчини (розмір частинок 10^{-6} - 10^{-5});
- 3 - молекулярні речовини (дисперсність 10^{-7} - 10^{-6});
- 4 - повні розчини з дисперсністю 10^{-8} - 10^{-7} см.

За походженням завислі у воді речовини поділяють на мінеральні, органічні і бактеріальні.

Забруднення органічного і мінерального походження відносять до першої групи дисперсності, дуже швидко адсорбуються активним мулом і виділяються при освітленні мулової суміші відстоюванням або фільтрацією. Частина органічних завислих у воді речовин гідролізується ферментами бактерій і переходить у мул.

Забруднення, віднесені до другої групи дисперсності (колоїдні розчини), легко адсорбуються та асимілюються активним мулом і в присутності ферментів (каталізаторів) дуже швидко виділяються із стоків будь-яким способом з використанням активного мулу.

Забруднення, віднесені до третьої групи дисперсності (молекулярні речовини), переносяться лише в клітини мікроорганізмів у вигляді ферментно-субстратних активних комплексів і дуже мало піддаються біосорбції частинками активного мулу.

Речовини, дисоційовані на іони (четверта група дисперсності), які входять у комплекс поживних речовин для клітин активного мулу (іони

амонію, мікроелементи), мулом не виділяються. Тому для їх вилучення із стоків необхідно застосувати інші фізико-хімічні методи.

Найбільш поширеними методами очищення стічних вод є:

- відстоювання;
- відстоювання з фільтрацією на біологічних фільтрах;
- відстоювання з аерацією з активним мулом;
- доочищення очищених вод в окиснювальних (біологічних) ставах.

Контроль якості очищення стічних вод

Контроль якості очищення стічних вод необхідний для здійснення санітарного нагляду за ефективністю роботи очисних споруд, а також для вирішення питання про можливість використання очищеної стічної води для технічних водопроводів та спуску її у відкриті водоймища. Це вимагає проведення досліджень стічних вод на окремих етапах очищення, тобто ще до їх надходження на очисні споруди та після очищення.

Вибір тестів, за якими судять про ефективність очищення стічних вод, залежить від їх походження. Так, аналіз господарсько-побутових стічних вод передбачає вивчення тих самих показників, які прийняті для санітарної оцінки питної води. При аналізі промислових стічних вод, крім цих показників, досліджують наявність солей важких металів та специфічних хімічних речовин, які мають токсичну і канцерогенну дію.

Відбір проб стічної води для фізико-хімічного і бактеріологічного дослідження

Проби стічної води для фізико-хімічного і бактеріологічного дослідження відбирають у місцях їх надійного змішування.

При складанні програми відбору проб враховують тенденції змін якісного і кількісного складу стоків протягом дня, тижня, місяця і року.

Є кілька способів відбору проб води. Наприклад, якщо стоки надходять на очищення рівномірно і приблизно з однаковим хімічним складом, контроль за роботою очисних споруд можна проводити лише двічі на рік. Якщо кількість і хімічний склад стоків, які надходять на очищення, неоднакові, проби відбирають один раз на добу, один раз за зміну або навіть через кожні 120, 60 чи 30 хвилин.

Проби води повинні досліджуватися не пізніше ніж через дві години після їх відбору. При умові зберігання на холоді дозволено зберігати їх до 6 год. До 48 год. можна зберігати проби води, які досліджують на наявність стійких сполук (солі, кислоти, луги у значних концентраціях).

Допускається консервування проб розведеною сірчаною кислотою (1:3) з розрахунку 2 мл на 1л води та хлороформом – 6 мл на 1л води.

Для проведення повного фізико-хімічного аналізу господарсько-побутових стічних вод об'єм проби повинен становити 1л. За умов здійснення неповного аналізу об'єм проби води може бути зменшений:

- для води, що надходить на очисні споруди - до 5-10 мл;
- для води на різних етапах її очищення - до 20-50 мл;
- для очищеної, але не хлорованої води - до 200 мл;

- для очищеної і хлорованої води у склянку з 200 мл води вносять дехлоратор (2 мл 1,5 %-го розчину натрій тіосульфат).

Для бактеріологічного дослідження проби як очищеної, так і не очищеної стічної води відбирають у стерильні пробірки із ватно-марлевими корками.

Визначення фізичних властивостей стічних вод

Фізичні властивості стічних вод (запах, колір, прозорість, сухий залишок, кількість завислих речовин) визначаються за методиками, як і фізичні властивості питної води.

Визначення сухого залишку: досліджувану профільтровану стічну воду в кількості від 10 до 500 мл (залежно від забруднення) випаровують на водяній бані у попередньо висушеній і зваженій фарфоровій чашці. Осад висушують при температурі 105°C. Після цього чашку з осадом зважують і вираховують масу (у мг) сухого залишку в 1л води.

Визначений таким чином сухий залишок характеризує загальний вміст розчинених у воді мінеральних і частково органічних речовин, температура закипання яких перевищує 110°C, нелетких з водяною парою і таких, що не розкладаються при вказаній температурі.

Після цього сухий залишок у чашці спалюють у муфельній печі при температурі 600°C. Різниця між величиною сухого залишку і залишку після спалювання показує втрати летких сполук.

Таким чином, величина спаленого залишку характеризує вміст мінеральних сполук у воді, а втрати при спалюванні - кількість органічних сполук.

Визначення завислих у воді речовин: досліджувану воду в кількості 100-1000 мл (залежно від забруднення) фільтрують крізь попередньо висушений і зважений паперовий фільтр. Після фільтрації води його висушують при температурі 105°C, зважують і вираховують масу завислих речовин в 1л води.

Кількість завислих у воді речовин - наочний показник роботи відстійників. Для цього досліджують воду, яка надходить на відстійники, і яка пройшла етап відстоювання. Ефективність роботи відстійників вираховують за формулою:

$$X_{ef} = \frac{(K - K_1) \times 100}{K}$$

де: K - концентрація завислих у воді речовин, яка надійшла на відстійники; K₁ - концентрація завислих у воді речовин, яка виходить з відстійників.

Визначення кінетики випадання грубодисперсних завислих у воді речовин. Цей аналіз проводять у циліндрі Лисенка (об'ємом 100, 500 або 1000 мл), що в нижній частині має поділки на 0,1 мл.

Хід визначення. Досліджувану воду наливають у циліндр до мітки (100, 500 або 1000 мл), вимішують і залишають для відстоювання на 1-2 год.,

після чого відмічають об'єм осаду. Результати вираховують у процентах до об'єму стічної води, взятої для дослідження, або в мл на 1 л води.

Визначення хімічного складу стічних вод

Аналіз хімічного складу стічних вод проводять за такими методиками, як і дослідження питної води, однак з певними корективами: для аналізів (залежно від конкретного показника) беруть меншу кількість стічної води, розводять дистильованою водою, а результати визначень виражають, враховуючи кратність розведення.

pH стічної води визначають рН-метром.

Визначення кислотності води. У мірну колбу наливають невеликий об'єм (10-50 мл) досліджуваної води і доводять до 100 мл дистильованою водою, додають кілька крапель розчину метилового оранжевого і титрують розчином лугу з $C_E(\text{NaOH})=0,1$ моль/дм³ до зникнення червоного кольору. Об'єм витраченого лугу (у мл) в перерахунку на 100 мл досліджуваної води становить її кислотність (у моль-екв/дм³).

Визначення лужності води. У мірну колбу вносять невелику кількість (10-50 мл) досліджуваної води і доводять до 100 мл дистильованою водою, додають декілька крапель розчину фенолфталеїну і титрують розчином хлоридної кислоти з $C_E(\text{HCl})=0,1$ моль/дм³ до знебарвлення. Після цього в колбу вливають 5 крапель змішаного індикатора (2,5 г індигокарміну і 0,1 г метилоранжу в 1л дистильованої води) і продовжують титрувати кислотою до переходу зеленого кольору у фіолетовий. Загальна кількість витраченої на титрування хлоридної кислоти, перерахована на 100 мл стічної води, покаже її лужність (у моль-екв/дм³).

Визначення перманганатної окиснюваності води. У колбу наливають 3-5 мл неочищеної або 10-20 мл очищеної стічної води і доводять дистильованою водою до 100 мл. Далі окиснюваність визначають так, як і питної води.

Визначення БПК. Досліджувану воду після відстоювання розводять водопровідною водою або сумішшю такого складу: в 1л дистильованої води розчинити 2,5 мг амоній сульфату, 0,1 мг - кальцій фосфату, 0,01 мг - магній фосфату, 0,01 мг - калій фосфату однозаміщеного, 300 мг - натрій бікарбонату і 1-2 мл профільтрованої фекальної або 10 мл річкової води.

Хід визначення. У мірну колбу наливають 10-50 мл досліджуваної води (якщо вона очищена, то 100-250 мл) і доводять до 1л водопровідною водою або сумішшю, склад якої наведений вище. Після надійного перемішування за допомогою сифона наповнюють склянки об'ємом 150-200 мл, які закривають корками.

У такі самі склянки наливають водопровідну воду або розріджувач. В одній із склянок як з досліджуваною водою, так і з розріджувачем відразу ж визначають кількість розчиненого у воді кисню за такою ж методикою, які у воді відкритих водойм. Решту склянок поміщають у термостат при температурі 20°C на 2, 5, 10, 15, і 20 діб. Після кожного строку в одній із склянок з розріджувачем визначають кількість розчиненого у воді кисню.

Зменшення кількості розчиненого у воді кисню в пробах із стічною водою в перерахунку на 1л є показником біохімічної потреби кисню водою за даний період (наприклад БПК₂, БПК₅, БПК₁₅, БПК₂₀). Розрахунок БПК проводять за формулою:

$$\text{БПК} = [(A - B) - (a - б)] \cdot P,$$

де: (A - B) - різниця між початковим і кінцевим вмістом кисню після певного строку інкубації; (a - б) - різниця між початковим і кінцевим вмістом кисню у розріджувачі; P - ступінь розведення стічної води.

Проба на загнивання. У літрову склянку наливають доверху нефільтровану стічну воду. Закривають її пробкою та залишають на 7 днів у темноті при температурі 20°C. Після цього строку органолептично визначають наявність запаху сірководню.

Для одержання більш переконливих результатів таку реакцію проводять ще із стічною водою, яка у 2-5 разів розведена водопровідною.

Проба на стійкість стічної води. Ця реакція є різновидом проби на загнивання. Вона ґрунтується на властивості метиленової синьки під впливом гнильних процесів відновлюватися і знебарвлюватися.

Хід визначення. У склянку об'ємом 150 мл наливають доверху досліджувану воду, доливають 0,4 мл розчину метиленової синьки (0,5 г метиленової синьки розчиняють в 1 л дистильованої води). Склянку закривають шліфованим корком і ставлять у термостат при температурі 20°C. Після цього щодня перевіряють проби і записують кількість днів, потрібних для повного знебарвлення рідини. Стійкість стічної води визначають за таблицю 24.

Якщо через 7 днів зберігання у термостаті при температурі 20°C вода зберігає синій колір, то це означає, що загнивання її незначне, а стійкість становить понад 80%. Така вода може бути спущена у водойми.

Інші хімічні показники стічних вод визначають за методикою, прийнятою для дослідження питної води.

Таблиця 24

Стійкість стічної води

Час, потрібний для знебарвлення синьки, дні	Відносна стійкість води, %	Час, потрібний для знебарвлення синьки, дні	Відносна стійкість води, %
0,5	11	8	84
1	21	9	87
1,5	30	10	90
2	37	11	92
2,5	44	12	94
3	50	13	95
4	60	14	96
5	68	16	97
6	75	18	98
7	80	20	99

У стічних водах, які надходять з промислових підприємств, доцільно визначати вміст важких металів. За даними цього аналізу роблять висновок про придатність мулу, що залишається після очищення стічної води як органічного добрива. Якщо у стічних водах містяться солі важких металів, тоді використання мулу як органічного добрива є недоцільне.

Для масового контролю за якістю питних і стічних вод промисловість виготовляє автоматичну установку „Біотестер”. На такому приладі за 1 год. проводять 10 - 15 аналізів води, у тому числі на вміст пестицидів та інших домішок.

Бактеріологічний і гельмінтологічний аналіз стічних вод

Для визначення мікробного числа у бактеріологічні чашки з МПА вносять по 1 мл розведеної неочищеної стічної води, починаючи з розведення $1 \cdot 10^{-3}$ і до $1 \cdot 10^{-6}$, а для очищеної води - починаючи з $1 \cdot 10^{-2}$ мл.

Титр кишкової палички можна визначити на середовищі Ендо, але з додаванням 0,1% фенолу або кристалічного фіолетового в концентрації 1:8000000 для пригнічення росту гнильної мікрофлори. Цей показник можна визначити також бродильним методом. Але слід враховувати, що у стічних водах кишкова паличка може змінювати свої характерні ознаки, а це впливає на точність обліку результатів дослідження. Тому в таких випадках більш показовим, порівняно з кишковою паличкою, є ентерокок, який виявляють на елективних середовищах із стічних вод, дуже забруднених іншою мікрофлорою. У міру очищення стічної води концентрація ентерокока поступово знижується, і на виході із очисних споруд ентерококів може не бути в 10 і навіть у 100 мл води.

Гельмінтологічний аналіз стічних вод проводять за такою ж методикою, як і питної.

Одиниці, в яких виражають вміст хімічних речовин у воді

Вміст хімічних речовин у воді можна виразити наступним чином:

1) вміст металів виражають масою їх оксидів у 1 л води, а металоїдів – масою ангідридів відповідних кислот у 1 л води. Наприклад:

метали		ангідриди	
Na ₂ O	FeO	SO ₃	– ангідрид H ₂ SO ₄
K ₂ O	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	– H ₃ PO ₄
CaO	і т.д.	N ₂ O ₅	– HNO ₂
MgO		H ₂ O ₃	– HNO ₂

2) у міліграм-еквівалентній формі:

Зважаючи на те, що багато солей у водних розчинах дисоціюють на іони, вміст солей можна виражати числом міліграм-еквівалентів певного іону в 1 л води. У водних розчинах можуть існувати як катіони, так і аніони:

Ca ²⁺ , Fe ²⁺ , NH ₄ ⁺	Cl ⁻ , PO ₄ ³⁻
Mg ²⁺ , Fe ³⁺ , Cu ²⁺	SO ₄ ²⁻ , SO ₃ ²⁻
Na ⁺ , Mn ²⁺ , Zn ²⁺	NCO ₃ ⁻ , S ²⁻

K^+ , Al^{3+} і т.д.

NO_2^- , NO_3^- і т.д.

Наприклад, вміст кальцію у воді можна виразити як масою CaO , так і числом мг-екв Ca^{2+} в 1 л води. Щоб виразити вміст іонів в мг-екв формі, необхідно масу даного іону поділити на його еквівалентну масу. Еквівалентна маса іону рівна відношенню молярної маси до його валентності (або заряду):

$$E_m(M^{n+}) = \frac{M(M^{n+})}{n}$$

Наприклад, еквівалентна маса Ca^{2+} рівна:

$$E_m(Ca^{2+}) = \frac{M(Ca^{2+})}{2} = \frac{40}{2} = 20 \text{ г/моль}$$

а еквівалентна маса PO_4^{3-} рівна:

$$E_m(PO_4^{3-}) = \frac{M(PO_4^{3-})}{3} = \frac{95}{3} = 31,7 \text{ г/моль}$$

Тому, знаючи масу окремого іону в 1 л води, можна виразити його вміст у мг-екв. Так, наприклад, якщо вміст іонів Ca^{2+} у воді рівний 120 мг, то це дорівнює $120/20 = 6$ мг-екв Ca^{2+} .

У мг-екв формі можна виражати як вміст окремого інгредієнта, так і суму різних інгредієнтів. Наприклад, твердість води часто виражають сумарним вмістом іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} в 1 л води.

Для порівняння результатів аналізу, які виражені в різних формах, чинять так. Нехай, наприклад, встановлено, що в 1 л води міститься 160 мг кальцію. Тоді вміст Ca у воді виражають так:

а) у формі CaO

в 56 мг CaO міститься 40 мг Ca

в x мг CaO міститься 160 мг Ca

$$x = \frac{160 \times 56}{40} = 216 \text{ мг}$$

Отже, вміст кальцію у воді дорівнює: 160 мг CaO в 1 л води.

б) у мг-екв формі:

$$\frac{160}{20} = 8 \text{ мг-екв}$$

Вміст кальцію рівний 8 мг-екв Ca^{2+} в 1 л води.

Подібним чином можна виражати вміст інших інгредієнтів.

Питання для самоконтролю

1. Чому стічні води являють собою загрозу для екологічного стану навколишнього середовища?
2. Від чого залежить ефективність очищення стічної води?
3. Найбільш поширені способи очищення стічної води.
4. Правила відбору проб стічної води для фізико-хімічного і бактеріологічного аналізів.
5. Як визначити ефективність роботи відстійників?

6. Методика визначення кінетики грубодисперсних завислих у воді речовин.
7. Суть проби на загнивання і стійкість стічної води.
8. Методика бактеріологічного і гельмінтологічного аналізів стічної води.
9. Одиниці, в яких виражають вміст у воді хімічних речовин, різниця між ними.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ВОДОЙМ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ СТІЧНИМИ ВОДАМИ

Мета:

1. Ознайомитись з основними санітарними правилами і нормами охорони відкритих водойм від забруднення.
2. Навчити методів оцінки відкритих водойм та якості води у них.
3. Засвоїти методи розрахунку гранично допустимої кількості стічних вод, які надходять у водойми.

Придатність поверхневих вод, які використовуються для господарсько-питного водопостачання, культурно-побутових потреб, а також рибогосподарських підприємств, визначають за СанПіН № 4630-88 „Охрана поверхностных вод от загрязнения”. Гігієнічні вимоги до складу і якості води наведені у таблиці 25

При спуску стічних вод у водні об'єкти враховують:

- ступінь можливого змішування та розведення стоків водою на шляху від місця їх випуску до контрольного створу найближчих пунктів господарсько-питного, культурно-побутового і рибогосподарського водоспоживання;

- якість води з водойм і водотоків вище місця запроектованого спуску стічних вод.

У створі, розміщеному на водотоках на відстані 1 км вище найближчих за течією пунктів водозабору, а на непроточних водоймах і водосховищах - на відстані 1 км по обидва боки від пункту споживання, склад і властивості води повинні відповідати нормативним вимогам.

При відсутності нормативів водоспоживачі повинні здійснити необхідні дослідження з обґрунтування ГДК або ОДК у воді водних об'єктів, а також методів їх визначення на рівні ГДК.

ГДК (гранична допустима концентрація) - це максимальні концентрації хімічних речовин, що містяться у воді і які прямо або опосередковано не впливають на стан здоров'я (при дії на організм протягом всього життя) та не погіршують гігієнічних умов водоспоживання.

ОДК - орієнтовно допустимі концентрації хімічних речовин у воді. Встановлюють на основі розрахункових та експрес-експериментальних методів прогнозування токсичності. Застосовуються тільки на стадії запобіжного санітарного нагляду за підприємствами, що проектуються або будуються, очисними спорудами.

При обґрунтуванні ГДК і ОДК враховують лімітуючі ознаки шкідливості, а також клас небезпечності хімічних речовин. До лімітуючих ознак належать:

Гігієнічні вимоги до складу і якості вод

Показник	Централізоване або децентралізоване господарсько-питне водопостачання	Господарсько-побутове призначення	Водні об'єкти для збереження і відтворення цінних видів риб	Водні об'єкти для інших рибогосподарських цілей				
1	2	3	4	5				
Завислі речовини	<p>Вміст їх не повинен зростати більш ніж на, мг/дм³:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center;">0,25</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">0,75</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">0,25</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">0,75</td> </tr> </table> <p>Для водойм, які під час повені містять понад 30 мг/дм³ мінеральних речовин, допускається збільшення вмісту завислих речовин у воді на 5%.</p> <p>Завислі, швидкість випадання яких в осад становить більш ніж 0,4 мм/с для проточних водойм і 0,2 мм/с для водосховищ, спускати забороняється</p>				0,25	0,75	0,25	0,75
0,25	0,75	0,25	0,75					
Плаваючі домішки	На поверхні водойм не повинно бути плівок, плям, мінеральних мастил та інших домішок							
Запах	<p>Вода не повинна мати не властиві їй запахи інтенсивністю більш ніж 2 бали, які визначаються:</p> <p>безпосередньо або при наступному хлоруванні чи інших методах обробки</p>		<p>Вода не повинна мати сторонніх запахів, присмаків, які б погіршували смакові якості риби</p>					
Забарвлення	<p>Не повинне проявлятися у стовпі води заввишки, см:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">20</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">..... 10</td> </tr> </table>		20 10				
20 10							
Температура	<p>Влітку в результаті спуску стічних вод не повинна підвищуватися більш ніж на 3°С порівняно із середньомісячною температурою найтеплішого місяця року за останніх 10 років</p>		<p>Не повинна підвищуватися порівняно з природною більш ніж на 5 °С із загальним підвищенням температури не більш ніж до 20° С влітку і 5° С взимку для водойм, у яких вирощуються холодноводні риби</p>					

Продовження таблиці 25				
1	2	3	4	5
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/дм ³ , у т.ч. хлоридів - 350, сульфатів - 500 мг/дм ³		–	–
Розчинений кисень	У пробі, відібраній до 12 год. дня, вміст розчиненого кисню повинен становити, мг/дм ³ : незалежно від пори року			
	4	4	влітку 6 взимку (не нижче) 6	6 4
Біохімічна потреба кисню	При температурі 20° С не повинно перевищувати, мг О ₂ /дм ³ :			
	3,0	6,0	3,0	3,0
Хімічне споживання кисню	Не повинно перевищувати, мг О ₂ /дм ³ :			
	15,0	30,0	–	–
Збудники хвороб	Вода не повинна містити збудників хвороб. Стічні води, які містять їх, повинні знезаражуватися після відповідного очищення. Колі-індекс такої води не повинен перевищувати 1000 в 1л при залишковому хлорі не менш як 1,5 мг/дм ³			
Життєздатні яйця гельмінтів та цисти патогенних кишкових найпростіших	Не повинні міститися в 1 дм ³ води			
Хімічні речовини	Не повинні міститися у концентраціях, які можуть безпосередньо шкідливо вплинути на організм людини або тварин			

С.-Т.- санітарно-токсикологічні;

Заг. - загально-санітарні;

Орг. - органолептичні з розшифруванням характеру змін властивостей води (зап. - змінює запах води, барв. - впливає на забарвлення, пін.- викликає піноутворення, пл.- утворює на поверхні води плівку, прис. - надає воді присмаку).

Залежно від токсичності, кумулятивності, здатності викликати віддалені ефекти шкідливі речовини поділяють на чотири класи:

I - надзвичайно небезпечні;

II - високонебезпечні;

III - небезпечні;

IV - помірно-небезпечні.

Гранично допустимі концентрації окремих шкідливих речовин у воді об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового водоспоживання наведені в таблиці 26.

Таблиця 26

ГДК і ОДК шкідливих речовин у воді об'єктів господарсько-питного водоспоживання

Речовина	ГДК або ОДК	Лімітуючий показник	ГДК, мг/дм ³	Клас небезпечності
Амоніак	ГДК	С.-Т.	2,0	3
Білково-вітамінний концентрат	ГДК	С.-Т.	0,02	3
Бензин	ГДК	Орг. зап.	0,1	3
Гексаметилентетрамін	ГДК	С.-Т.	0,5	2
Карбофос	ГДК	Орг. зап.	0,05	4
Фосфамід	ГДК	Орг. зап.	0,03	4
Хлорофос	ГДК	Орг. зап.	0,05	4
ДДТ	ГДК	С.-Т.	0,1	2
Кислота масляна	ГДК	Заг.	0,7	4
Кислота оцтова	ГДК	Заг.	1,0	4
Нітрати (за NO ₃ ⁻)	ГДК	С.-Т.	45,0	3
Нітрити (за NO ₂ ⁻)	ГДК	С.-Т.	10,0	2

Водні об'єкти за ступенем забрудненості класифікуються на основі органолептичних (запах, присмак у балах), токсикологічних і бактеріологічних показників води, гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин з урахуванням лімітуючих ознак та ступеня їх перевищення, санітарного режиму водоймища. Класифікація водних об'єктів наведена в таблиці 27.

За гранично допустимий скид речовин у водний об'єкт приймається маса речовин у стічних водах, яка максимально допустима до спуску в даному пункті водного об'єкта з визначеним режимом при збереженні норм якості води у пунктах водоспоживання. Гранично допустима кількість стоків встановлюється з врахуванням ГДК речовин у місцях

Гігієнічна класифікація водних об'єктів за ступенем забруднення

Ступінь забруднення	Органолептичні показники				Токсикологічні показники (ГДКтокс)		Санітарний режим водойм				Бактеріологічні показники (кількість бактерій групи кишкової палички)		Індекс
	запах, присмак, бали		ГДКорг (ступінь перевищення)				БПКлов, мг/дм ³		Розчинений О ₂ , мг/дм ³				
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II			
Допустимий	2		1		1		3	6	4		Не більше $1 \cdot 10^4$	0	
Помірний	3		4		3		6	8	3		$1 \cdot 10^4 - 1 \cdot 10^5$	1	
Високий	4		8		10		8	10	2		$1 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$	2	
Надзвичайно високий	4		8		100		8	10	1		$> 1 \cdot 10^6$	3	

водоспоживання, асимілюючої здатності водного об'єкту та оптимального розподілу маси речовин між водоспоживачами, які скидають стічні води.

Величину гранично допустимої кількості стоків (ГДС) розраховують як добуток найбільшої середньогодинної витрати стічних вод ($q_{ст}$, м³/год.) за фактичний період спуску і концентрації речовин у стічних водах ($C_{ст}$, г/м³) за формулою:

$$ГДС = q_{ст} \times C_{ст}$$

Розрахунок умов спуску стічних вод

Розрахунку умов спуску стічних вод у водойми передуює визначення кратності розведення стічних вод водойм у пункті водоспоживання. Кратність розведення (n) показує, у скільки разів стічні води розводяться водою водойми за час руху від місця спуску до створу, розміщеного на 1 км вище пункту водоспоживання. Знаючи кратність розведення та вихідну концентрацію забруднюючої речовини у стічних водах, можна орієнтовно визначити ступінь забруднення водойми. Кратність розведення визначають за формулою:

$$n = \frac{a \times Q + q}{q}$$

де: n - кратність розведення, Q - найменша середньогодинна витрата води водоймищем у найбільш маловодний місяць року з 95 відсотковістю забезпечення стоку (визначає гідрометеослужба), q - середньогодинна витрата стічних вод (за технологічними розрахунками і спеціальними замірами), a - коефіцієнт змішування, який показує, яка частина водойми (Q) бере участь у розведенні середньогодинної витрати стічних вод (q).

Коефіцієнт a розраховують за формулою:

$$a = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \beta},$$

Проміжний коефіцієнт β визначають так:

$$\beta = 1 - \alpha^3 \sqrt{L} = \frac{1}{2.72} \alpha^3 \sqrt{L},$$

де: L - відстань по течії від місця випуску вод до створу найближчого пункту водоспоживання, α - коефіцієнт, який враховує гідравлічні умови змішування; визначають за формулою:

$$\alpha = \xi \phi^3 \sqrt{\frac{E}{q}},$$

де: ξ - коефіцієнт, який залежить від місця випуску стічних вод (якщо спуск води біля берега, то ξ дорівнює 1, якщо в русло води, то 1,5); ϕ - коефіцієнт звивистості ріки; визначають як відношення відстані по руслу від місця спуску до створу пункту водоспоживання до відстані між цими точками по прямій; E - коефіцієнт турбулентної дифузії, який для рівнинних рік визначають за формулою:

$$E = \frac{V_{сер} \times H_{сер}}{200},$$

де: $V_{сер}$ - середня швидкість течії на відстані між випуском стічних вод і створом пункту водоспоживання; $H_{сер}$ - середня глибина водойми на цій же ділянці.

При розрахунках насамперед визначають коефіцієнти E , α , β і тільки потім розраховують величину a .

Приклад розрахунку умов спуску стічних вод

В околиці міста K проектується господарство з відгодівлі свиней. Утримання свиней без підстилки, видалення гною з приміщень - гідрозмивом. Стічні води цього господарства планується спускати у річку H . При санітарному обстеженні водойми встановлено, що нижче передбаченого місця спуску стічних вод розташовані населені пункти B і A , які використовують води річки H для культурно-побутових цілей; питне водопостачання здійснюється з артезіанської свердловини. Далі по течії планується використовувати річку H як джерело централізованого водопостачання для міста (рис.9).

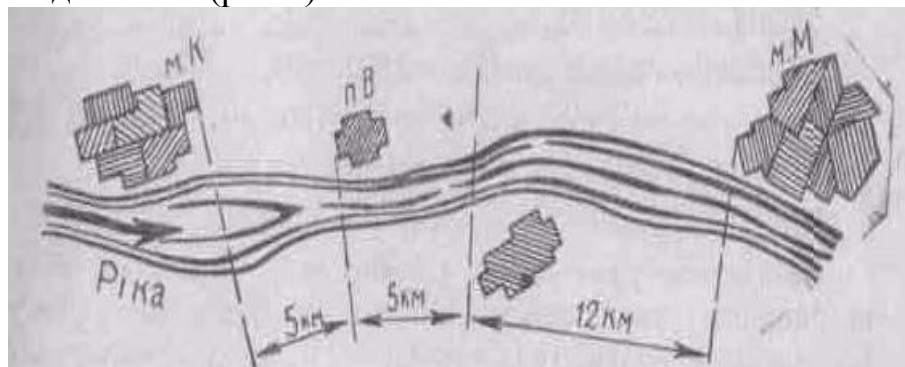


Рис.9. Джерело централізованого водопостачання для міста M

Дані дослідження стічних вод аналогічного господарства

Середньопропорційна проба відібрана із загального стоку. Середня витрата стічної рідини $q=0,4 \text{ м}^3/\text{с}$.

1. Забарвлення стічної рідини (буре) зникає при розведенні 1:15 у стовпі заввишки 20 см; при розведенні 1:8 - у стовпі заввишки 10 см.
2. Запах стоків - специфічний, зникає при розведенні 1:15.
3. Прозорість наближається до 0; після 2 годинного відстоювання - 15 см.
4. Хлоридів - $120 \text{ мг}/\text{дм}^3$.
5. Сульфатів - $80 \text{ мг}/\text{дм}^3$.
6. Завислих речовин при температурі 105°C - $50 \text{ мг}/\text{дм}^3$.
7. Сухий залишок при температурі 110°C - $148 \text{ мг}/\text{дм}^3$.
8. Реакція (рН) - 5,6.
9. Окиснюваність - $160 \text{ мг}/\text{дм}^3$.
10. Біохімічне споживання кисню (повне) – $190 \text{ мг}/\text{дм}^3$ (при розведенні 1:100). Бактеріологічний аналіз не проводився.

Дані дослідження річки Н

1. Середня витрата води у річці на проміжку від міста К до пункту В $Q=60 \text{ м}^3/\text{с}$; на проміжку К:М - $Q_2=80 \text{ м}^3/\text{с}$.
2. Середня швидкість течії на цих проміжках: $V_1=0,3 \text{ м}/\text{с}$, $V_2=0,5 \text{ м}/\text{с}$.
3. Середня глибина на цих проміжках: $H_1=1,2 \text{ м}$; $H_2=1,5 \text{ м}$.

Санітарний аналіз води річки Н на підступах до міста показав, що вона відповідає вимогам ДСанПіНу:

- 1) лужність - $2,9-3,0 \text{ моль}/\text{дм}^3$;
- 2) рН - $7,2-7,3$;
- 3) розчинений кисень O_2 - $8,0 \text{ мг}/\text{дм}^3$;
- 4) біохімічна потреба кисню - $1,6 \text{ мг}/\text{дм}^3$;
- 5) завислі речовини - $1,5 \text{ мг}/\text{дм}^3$.

Випуск стічних вод можливий у течію ріки.

Визначення умов спуску стічних вод

Для визначення необхідного ступеня очищення стоків перед спуском у річку розраховуємо кратність їх розведення у найближчому пункті водоспоживання, тобто в пункті В. Спочатку визначаємо коефіцієнт турбулентної дифузії:

$$E = \frac{V_{\text{сер.}} \times H_{\text{сер.}}}{200} = \frac{0,3 \times 1,2}{200} = 0,0018$$

Потім знаходимо α - коефіцієнт, який враховує гідравлічні умови змішування:

$$\alpha = \xi \varphi^3 \sqrt{E/q} = 1,5 \cdot 1^3 = 0,248,$$

оскільки $\xi=1,5$ при спуску стічної води в течію річки, а $\varphi=1$, бо проміжок від К до В прямий.

Визначаємо коефіцієнт $\beta=1-\alpha^3\sqrt{L}$, перед тим розрахувавши значення

$$\alpha^3\sqrt{L} = 0,248^3 \sqrt{4000} = 3,94; \quad \beta = 0,0197,$$

де: L-відстань від місця спуску стічних вод до створу, розміщеного на 1 км вище за течією межі пункту В.

$$\beta = 1 - 3,943 \sqrt[3]{4000} = 0,0197.$$

Розрахуємо а - коефіцієнт забезпечення розведення за формулою:

$$a = (1 - \beta) / (1 + Q\beta/q) = (1 - 0,0197) / (1 + 60 \cdot 0,0197 / 0,4) = 0,14.$$

Звідси можливість розведення стічних вод у воді річки в пункті В визначаємо за формулою:

$$n = (Q \cdot a + q) / q = (0,14 \cdot 60 + 0,4) / 0,4 = 22.$$

Розрахунок за загально санітарними показниками шкідливості

1. БСК повне:

згідно з правилами, для населеного пункту В $K_{гр.д.} = 6$ мг/л; фактично - $K_p = 1,6$; 10^{-kt} - визначають за таблицею 28:

Таблиця 28

Значення величини $10^{-k_1 t}$ і $10^{-k_2 t}$ при змінних k_1, k_2 і t

K ₁	t, діб									
	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0
0,04	0,977	0,955	0,912	0,871	0,832	0,794	0,759	0,692	0,631	0,575
0,06	0,966	0,933	0,871	0,813	0,759	0,708	0,661	0,575	0,501	0,437
0,08	0,955	0,912	0,832	0,759	0,692	0,631	0,575	0,479	0,398	0,331
0,10	0,944	0,891	0,794	0,708	0,631	0,572	0,501	0,398	0,316	0,251
0,12	0,933	0,891	0,759	0,661	0,575	0,501	0,436	0,331	0,251	0,191
0,14	0,922	0,851	0,724	0,617	0,525	0,447	0,332	0,275	0,200	0,145
0,16	0,912	0,832	0,692	0,575	0,479	0,398	0,331	0,229	0,159	0,110
0,18	0,903	0,813	0,661	0,537	0,437	0,355	0,288	0,191	0,126	0,083
0,20	0,891	0,794	0,631	0,501	0,393	0,316	0,251	0,158	0,100	0,063
0,22	0,881	0,776	0,603	0,768	0,363	0,282	0,219	0,132	0,079	0,049
0,24	0,871	0,759	0,575	0,437	0,331	0,251	0,191	0,110	0,063	0,036
0,26	0,861	0,741	0,550	0,407	0,302	0,224	0,166	0,091	0,050	0,025
0,28	0,851	0,724	0,525	0,380	0,275	0,199	0,145	0,076	0,050	0,021
0,30	0,841	0,708	0,501	0,355	0,251	0,178	0,126	0,063	0,032	0,016
0,40	0,794	0,631	0,398	0,251	0,158	0,100	0,063	0,025	0,010	0,004
0,50	0,750	0,565	0,316	0,178	0,100	0,056	0,032	0,010	0,003	0,001

k - константа швидкості окиснення органічних речовин (у нашому випадку $K_1 = 0,1$, як і для K_p);

t - час руху води від місця спуску стічних вод до розрахункового пункту водоспоживання В, який визначається формулою:

$$t = L / V,$$

де: L - відстань від місця спуску стічних вод до створу перед пунктом водоспоживання (в нашому випадку $L = 4,0$ км); V - середня швидкість течії річки ($V = 0,3$ м/с):

$$t = 4000 / 0,3 \cdot 3600 = 4 \text{ год, тобто менше } 0,25 \text{ доби.}$$

Значення $10^{-kt} = 0,944$ підставляємо у формулу:

$$K_{ст} = aQ \cdot (K_{гр.д.} - K_p \cdot 10^{-k_1 t}) / (q \cdot 10^{-k_1 t}) + K_{гр.д.} / (10^{-k_1 t}) =$$

$$0,14 \cdot 60 \cdot (6 - 1,6 \cdot 0,944) / 0,4 \cdot 0,944 + 6,0 / 0,944 = 106,7 \text{ мг/дм}^3.$$

2. Розчинений кисень:

$$K_{ct} = 2,5aQ \cdot (O_p - 0,4 \cdot K_p - 4) / q - 10,$$

де: O_p - вміст розчиненого кисню у воді водойми ($O_p = 8 \text{ мг/дм}^3$); 0,4 - частка БПК за 2-добовий період:

$$K_{ct} = 2,5 \cdot 0,14 \cdot 60 \cdot (8 - 0,4 \cdot 1,6 - 4) / 0,4 - 10 = 116,3 \text{ мг/дм}^3.$$

3. Реакція рН:

розрахунок проводять графічним методом (рис.10) і за формулою:

$$K_{ct} = a \cdot Q \cdot X_k / q.$$

Враховуючи, що B - лужність води у річці становить $1,0 \text{ моль/дм}^3$, а рН 7,25, за номограмою знаходимо, що $X_k = 0,9$, тоді:

$$K_{ct} = 0,14 \cdot 60 \cdot 0,9 / 0,4 = 18,9 \text{ см}^3.$$

4. Вміст завислих речовин:

$$K_{ct} = (aQ / q + 1) \cdot K_{доб} + K_p,$$

де: $K_{доб}$ - допустима кількість завислих речовин, яку можна додати в 1 дм^3 води згідно з нормативами для другого виду водоспоживання, дорівнює $0,75 \text{ мг/дм}^3$; K_p - вміст завислих речовин у воді річки - $K_p = 1,5 \text{ мг/дм}^3$:

$$K_{ct} = (0,14 \cdot 60 / 0,4 + 1) \cdot 0,75 + 1,5 = 18 \text{ мг/дм}^3.$$

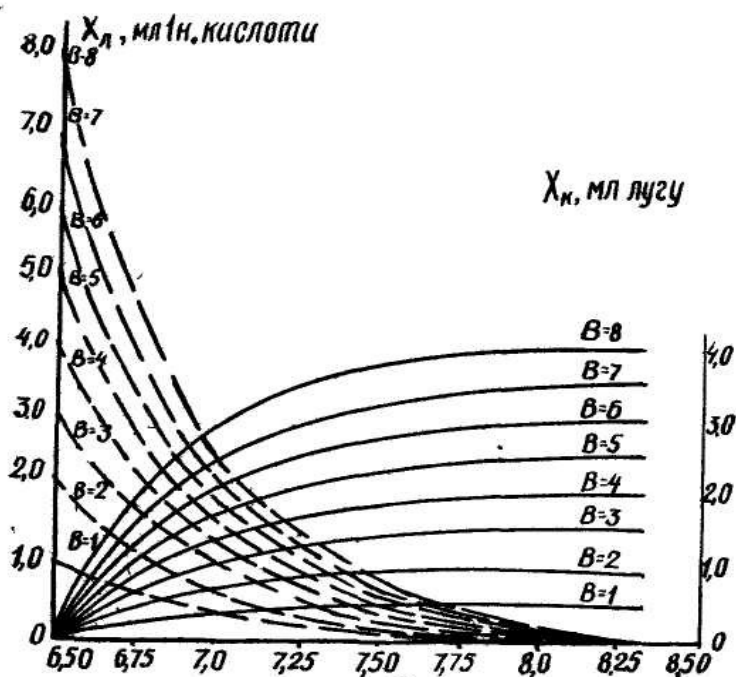


Рис. 10. Графік розрахунку спуску лужних і кислих стічних вод у водоймище

Результати розрахунків наведені в таблиці 29:

Таблиця 29

Результати обчислень, мг/дм³

Показники забруднення	Склад і властивості стічних вод запроєктованого підприємства	Розрахункові показники складу і властивостей стічних вод $K_{ст}$ щодо пункту В
Загальносанітарні:		
БПК	190	106.7
розчинений кисень	190	166.3
pH	17	18.9
Органолептичні:		
забарвлення	1:8 (необхідно	1:22 (можливе
запах	1:15)	1:22)
Завислі частини	50	18

Висновок: стічні води перед спуском у водоймище повинні бути очищені від завислих і органічних речовин з 50 до 18 мг/дм³ та з 190 до 106,7 мг О₂/дм³.

Розрахунок умов спуску стічних вод на даний момент проводиться за методикою “Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об’єкти із зворотними водами”, яка описана у скороченому варіанті у додатку Є.

Питання для самоконтролю

1. Гігієнічна класифікація водних об’єктів за ступенем забруднення.
2. Як впливають стічні води на якість води у водних об’єктах?
3. Як проводиться оцінка води у водних об’єктах після спуску стічних вод?
4. Як розраховують величину гранично допустимого спуску стічних вод у відкриті водойми?

ДОДАТКИ

Додаток А

Програма проведення виробничого контролювання якості води у джерелах централізованого питного водопостачання

Обсяг подавання води, м ³ на добу	Типи водних об'єктів – централізованих вододжерел (місця відбирання проб)	Групи показників якості води і періодичність їх аналізування									
		Органолептичні, загальносанітарні хімічні, гідробіологічні		Сольового складу		Мікробіологічні та паразитологічні		Радіаційної безпеки		Токсикологічні (пріоритетні)	
		за звичайних умов	у кризовий період	за звичайних умов	у кризовий період	за звичайних умов	у кризовий період	за звичайних умов	у кризовий період	за звичайних умов	у кризовий період
< 100	Поверхневі води	по 1 разу в 1 і 4 кварт.; по 3 рази в 2 і 3 кварталі	щодобово	щоденно	щодобово	8 разів на рік	щодобово	1 раз на місяць	щодобово	1 раз на місяць	щодобово
	Підземні води: -грунтові	щоквартально	щодобово	1 раз на рік	щотижня	4 рази на рік	щодобово	6 разів на рік	щодобово	1 раз на 2 місяці	щодобово
	-міжпластові	1 раз на рік	щодакдно	1 раз на рік	щомісячно	4 рази на рік	щотижня	1 раз у сезон	щотижня	1 раз у квартал	щодакдно
101-20000	Поверхневі води	по 2 рази в 1 і 4 кварт.; по 5 разів в 2 і 3 кварталі	щодобово	щоденно	щодобово	12 разів на рік	щодобово	2 рази на місяць	щодобово	2 рази на місяць	щодобово
	Підземні води: -грунтові	щоквартально	щодобово	2 рази на рік	щотижня	6 разів на рік	щодобово	8 разів на рік	щодобово	1 раз на місяць	щодобово
	-міжпластові	2 рази на рік	щодакдно	1 раз на рік	щомісячно	4 рази на рік	щотижня	2 рази у сезон	щотижня	2 рази у квартал	щодакдно
20001-60000	Поверхневі води	по 3 рази в 1 і 4 кварт.; по 3 рази в 2 і 3 кварталі	щодобово	щосезонно	щодобово	18 разів на рік	2 рази на добу	3 рази на місяць	2 рази на добу	щотижня	щодобово
	Підземні води: -грунтові	щосезонно	щодобово	щосезонно	щотижня	9 разів на рік	щодобово	1 раз на місяць	2 рази на добу	2 рази на місяць	щотижня
	-міжпластові	3рази на рік	щодакдно	2 рази на рік	щодакдно	4 рази на рік	2 рази на тиждень	3 рази у сезон	2 рази на тиждень	3 рази у квартал	щотижня

Програма проведення виробничого контролювання якості води у джерелах централізованого питного водопостачання

Продовження таблиці

Обсяг подавання води, м ³ на добу	Типи водних об'єктів – централізованих вододжерел (місця відбирання проб)	Групи показників якості води і періодичність їх аналізування									
		Органолептичні, загальносанітарні хімічні, гідробіологічні		Сольового складу		Мікробіологічні та паразитологічні		Радіаційної безпеки		Токсикологічні (пріоритетні)	
		за звичайних умов	у кризовий період	за звичайних умов	у кризовий період	за звичайних умов	у кризовий період	за звичайних умов	у кризовий період	за звичайних умов	у кризовий період
60001-100000	Поверхневі води	по 5 разів в 1 і 4 кварт.; по 3 рази в 2 і 3 кварт.	щодавно	6 разів на рік	щодобово	20 разів на рік	3 рази на добу	щотижня	3 рази на добу	2 рази на тиждень	щодобово
	Підземні води: -грунтові	по 5 разів в 1 і 4 кварт.; по 3 рази в 2 і 3 кварталі	1 раз у 5 днів	щосезонно	кожні 2 доби	10 разів на рік	щодобово	1 раз у декаду	3 рази на добу	1 раз на тиждень	3 рази на тиждень
	-міжпластові	5 разів на рік	1 раз у 5 днів	3 рази на рік	щосезонно	4 рази на рік	2 рази на тиждень	4 рази на сезон	2 рази на тиждень	5 разів у квартал	7 разів у квартал
>100000	Поверхневі води	по 8 разів в 1 і 4 кварт.; по 12 разів в 2 і 3 кварталі	щодобово	щомісячно	2 рази на добу	24 рази на рік	3 рази на добу	щотижня	2 рази на добу	щодобово	2 рази на добу
	Підземні води: -грунтові	щомісячно	щодобово	щосезонно	щодобово	12 разів на рік	щодобово	1 раз у декаду	4 рази на добу	2 рази на тиждень	щодобово
	-міжпластові	щомісячно	щодавно	щосезонно	щодавно	6 разів на рік	3 рази на тиждень	6 разів у сезон	3 рази на тиждень	7 разів у квартал	5 разів на тиждень

КАРТА САНИТАРНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ГРУНТОВОГО КОЛОДЯЗЯ

В населеному пункті _____ господарство _____ район _____ область

1. Місцезнаходження колодязя:

а) усередині селища: на вулиці, майданчику, дворі, в саду, між будинками _____
вулиця _____ біля будинку № _____

б) поза селищем, на відстані від найближчих будинків _____

в) на рівному місці, на пагорбі, на схилі, в низині, в яру, на галявині, на узліссі _____

г) на березі річки, на відстані від неї _____ м.

д) чи не заливається колодязь під час сильних дощів і повені _____

2. Тип колодязя: зрубований, «бетонний, цегляний, з іншого матеріалу, якого саме: _____
зовсім не має зрубу (копанка) _____

а) матеріал зруба: дуб, сосна, вільха, ялина, береза

б) розміри: довжина _____ м, ширина _____ м, діаметр _____ м _____

в) товщина стінок _____ см

г) обкладений зруб ззовні глиною, на яку товщину _____ глибину _____

д) висота зрубу над рівнем землі _____

е) глибина колодязя: від поверхні землі до дна _____ від поверхні землі до води _____
об'єм води _____ м³.

3. З якого горизонту збирається вода _____

4. Коли побудований колодязь _____

Коли ремонтувався останній раз _____ очищений _____ останній раз _____

5. Стан внутрішньої поверхні стінок колодязя в сенсі наявності тріщин, патьоків, бруду, грибків, цвілі _____

6. Улаштування поверхні ґрунту безпосередньо біля надземної частини зрубу:

заощена чи ні, як далеко _____ чим _____

Чи є скат в сторону від колодязя або скат до нього. Чи є відвідна канава чи ні. Чи є

загородка навколо колодязя чи ні: на відстані _____ м; яка _____ чи є корито
для водопою худоби _____

7. Влаштована будка або навіс над колодязем _____ чи є дах _____

Беруть воду над колодязем або в стороні від нього, насосом _____ в

останньому випадку як закритий отвір безпосередньо над колодязем.

8. Як дістається вода з колодязя: насосом, металевим відром. Вода піднімається

корбою чи журавлем. Загальна баддя, на ланцюгу, на мотузці або кожен користується
своєю. Стан водопідйомних пристосувань _____

Легко видобувається вода або насилу.

9. Відстань колодязя від житлових будинків _____ м.

На якій відстані (в м) відхожі місця:

з поглинаючою ямою _____ з вигрібною ямою _____ з надземним ящиком _____

Санітарний стан відхожого місця _____

Відстань колодязя від смітцевої ями _____ м, від місць складування гною _____

Від вигрібної ями _____ м, від хлівів або стаєнь _____ м від дороги _____ м, від

водопою худоби _____ м, від місць прання білизни _____ м.

Чи немає поблизу інших джерел забруднення _____

Які вони і на якій відстані від колодязя розташовані _____ м.

10. Характер ґрунту між колодязем і джерелом забруднення (яким) _____ чорноземний, глинистий, піщаний, луговий, забруднений, чистий _____
11. Дані експериментального визначення зв'язку між колодязем і джерелами забруднення за допомогою флюоресцеїну, хлористого натрію тощо _____
12. Витрата води в колодязі за добу _____ м³.
13. Коливання рівня води за порами року, від дощів _____
14. Дані орієнтовного якісного хімічного аналізу _____
Температура води в колодязі _____ запах _____ смак _____
колірність _____ прозорість _____
15. Дані про захворюваність на гострі кишкові інфекції, флюорозом, зобом, лептоспірозами, туляремією тощо серед місцевого населення _____
16. Дані про наявність епізоотій серед домашніх тварин і гризунів в досліджуваному районі _____ додаткові дані _____
17. Загальний висновок про санітарний стан об'єкта: _____
18. Заходи по санітарному поліпшенню об'єкта _____
- Дата обстеження _____ Підпис _____

КАРТА САНІТАРНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ВІДКРИТОЇ ВОДОЙМИ

- при населеному пункті _____ господарства _____ району _____
області _____ назва ріки _____ озера _____ ставка _____
1. Ширина водойми _____ м, довжина озера _____ м, ставка _____ м.
Середня глибина _____ м, найменша _____ м, найбільша _____ м.
- Чи є в районі пункту острови, мілини, перекати, залишки гребель _____
2. Швидкість течії в метрах в секунду _____ визначена _____
3. Витрата води в річці в м³ в сек., в межень _____ в повінь _____
Об'єм води в озері, ставку _____
4. Чи є притоки і яри, що досягають водойми (які) _____
5. Як велика амплітуда коливань водойми під час межування і в повінь _____ м висоти _____
6. Чи не виробляють дощові періоди підйому води у водоймі і на яку висоту _____
7. Чи не викликає річка під час підйому затоплення селища, якої його частини _____
його площ, базарів, звалищ, утворення заливних озер, заболочування, калюж тощо _____
8. Чи не пересихає водойма влітку _____ 9.
Коли річка замерзає і коли розкривається _____
Приблизна товщина льоду _____
10. Які берега водойми на тій чи іншій стороні: круті, обривисті, пологі (приблизно нахил у градусах), плоскі, кам'яністі, глинисті, піщані, чорноземні, мулисті, болотисті, лучні, з заростями осоки, очерету, засаджені деревами, чагарником, лісисті, підгородами _____
11. Дно водойми: кам'янисте, піщане, глинисте, мулисте, покрите водоростями, травою, рівне, нерівне _____
12. Розміщення водойми до населеного пункту: посередині, на краю, на віддалі. На якій відстані _____ км _____ м _____

На якому березі знаходиться населений пункт: східному, західному, північному або південному. Якою мірою заселені береги: густо, розкидано, рідко

13. Які є заводи, фабрики тощо, на якому березі (східному, західному, північному, південному) і на якій відстані від водойми _____
14. Де по відношенню зазначених місць відбувається забір води для пиття: вище або нижче за течією, на відстані _____ м _____
15. Як і є джерела забруднення на самій водоймі: судноплавство (значне, незначне), наявність пристаней, стоянок суден, купалень, місць для водопою худоби, купання коней _____
16. Чи не влаштовують взимку на льоду звалищ гною, сміття, брудного снігу з дворів і вулиць _____
- Де вони знаходяться по відношенню місць забору води: _____
- вище або нижче за течією _____
17. Охарактеризувати стоки від найбільших джерел забруднення в кількісному і якісному відношенні _____
18. Водиться риба у воді і яка (велика, дрібна) _____
- Чи не трапляється замору риби у водоймі _____
- Чи не спостерігалися отруєння від вживання риби _____
19. Чи не спостерігається цвітіння води _____
20. Коли проводилося останній раз очищення ставка _____
21. Як користуються водоймою: забирають насосами, бочками, відрами, безпосередньо з берега, з містків, дамб, з викопаних в березі колодязів або канав або безпосередньо в'їджаючи у воду _____
22. Чи використовується водойма для питних цілей _____
23. Дані якісного аналізу води на місці: температура води _____ смак і запах _____ колірність _____ прозорість _____
24. Дані орієнтовного біологічного обстеження _____
25. Дані про захворюваність на гострі кишкові інфекції, флюорозом, зобом, лептоспірозом, туляремією, малярією тощо серед місцевого населення _____
26. Дані про наявність епізоотій серед домашніх тварин і гризунів в обстежуваному районі _____
27. Додаткові дані _____
28. Загальний висновок про санітарний стан об'єкту _____
29. Заходи по санітарній поліпшення об'єкту _____
- Дата обстеження _____ Підпис _____

Способи консервації і терміни аналізу води

№ п/п	Показники	Спосіб консервації і кількість конзерванта на 1 л води	Термін аналізу	Особливості відбору і зберігання
1.	Запах, смак і присмак	Не консервують	При відборі проби або не пізніше 2 годин	Відбирають тільки у скляні бутлі
2.	Прозорість	Не консервують	Не пізніше 4 годин	–
3.	Каламутність	Не консервують	Не пізніше 4 годин	Перед аналізом збовтують
4.	Завислі речовини	Не консервують 2-4 мл хлороформу	Не пізніше 4 годин. Упродовж 1-2 діб	–
5.	Сухий залишок	Не консервують 2 мл хлороформу	У день відбору Упродовж 1-2 діб	–
6.	Окиснюваність перманганатна	Не консервують 50 мл H ₂ SO ₄ (1:3)	Не пізніше 4 годин Упродовж 1 доби	Зберігають при 4°C, враховують к-сть кислоти при визначенні
7.	Окиснюваність дихроматна	Не консервують 1 мл H ₂ SO ₄ (ρ=1,84г/см ³)	Не пізніше 4 годин Упродовж 1 доби	–
8.	Органічні речовини	Не консервують	У день відбору проб	–
9.	Розчинений кисень	Не консервують	Упродовж 1 доби	Заповнюють бутель повністю, без повітря і фіксують на місці
10.	Біохімічне споживання кисню (БСК)	Не консервують	Не пізніше 3 годин	Відбирають у скляні бутлі
11.	pH	Не консервують	Під час відбору проб Упродовж 1 години	Посудину повністю заповнюють, запобігають нагріванню
12.	Кислотність, лужність	Не консервують	Під час відбору проб Упродовж 1 доби	Відбирають у скляний посуд до верху, за-побігають нагріванню
13.	Амоніак, нітрити, нітрати	Не консервують 2-4 мл хлороформу 1 мл H ₂ SO ₄	Не пізніше 4 годин Упродовж 1 доби Упродовж 1-2 діб	– Зберігають при 4°C
14.	Хлориди, сульфати	Не консервують	Упродовж 7 днів	–
15.	Ферум	Не консервують 2-4 мл хлороформу	Не пізніше 4 годин Упродовж 1 доби	–
16.	Загальна твердість	Не консервують	Упродовж 2 діб	–
17.	Кобальт, манган, купрум, нікель, плумбум	Не консервують 3 мл HNO ₃ або HCl (до pH 2)	У день відбору проб Упродовж 1 місяця	

Приготування найбільш уживаних реактивів

Алюміній гідроксид, суспензія для коагуляції. Розчиняють 125 г алюміній-калій сульфату $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ в 1 л дистильованої води, нагрівають до 60°C і поступово додають 35 мл 25 % аміаку при постійному перемішуванні. Після відстоювання протягом 1 год. осад переносять у велику склянку і промивають декантацією бідистильованою, потім безаміачною водою до зникнення в промивній воді реакції на хлориди, аміак, нітрати.

Алюміній оксид для хроматографії 2-го ступеня активності. Продажний препарат прожарюють при 500°C протягом 1 год. або висушують при 180°C протягом 6-8 год. після охолодження в ексікаторі розтирають у фарфорової ступці і просіюють через сито 100 меш. Зважують алюміній оксид, поміщають у склянку, додають дистильовану воду в кількості 3-4 % маси алюміній оксиду, струшують протягом 30 с. Використовують через 1 добу.

Аміак, титровані розчини. Готують, як титровані розчини азотної, сульфатної і хлористоводневої кислот.

Аміак, процентні розчини. Готують, як процентні розчини азотної, сірчаної і хлористоводневої кислот.

Бромкрезоловий зелений. 0,1 % розчин. Розчиняють 0,1 г в мірній колбі на 100 мл в 20% етанолі. Інтервал переходу забарвлення від жовтого до синього при рН 3,8-5,4.

Бромкрезоловий пурпурний. 0,1 % розчин. Розтирають 0,1 г сухого індикатора скляним товкачем на годинному склі в 2 мл 0,1 н. натрій гідроксиду. Отриманий розчин кількісно переносять у мірну колбу місткістю 100 мл, змиваючи з годинникового скла дистильованою водою і доводять об'єм до мітки цією ж водою. Інтервал переходу від жовтого забарвлення до фіолетового при рН 5,2-6,8.

Бром, насичений водний розчин (бромна вода). Бром по краплях при безперервному помішуванні додають до води до появи нерозчинної краплі на дні склянки (роботу проводять під витяжкою!). Реактив зберігають у склянці темного скла під витяжкою.

Желатин, 0,5 % розчин. Розчиняють 0,5 г желатину в 100 мл дистильованої води, нагрітої до 80°C , і підкислюють 3 краплями сульфатної кислоти густ. $1,84 \text{ г} / \text{см}^3$.

Йодкрохмальний папір. У ступці розтирають 2 г крохмалю, змішують його з 10 мл дистильованої води до отримання однорідної кашки і повільно вносять в 500 мл окропу. Кип'ятіння продовжують 1-2 хв. Розчин охолоджують і додають 2 г калій йодиду. Фільтрувальний папір, нарізаний невеликими листами (7x20 см), змочують приготованим розчином кожен лист окремо і сушать на повітрі, захищеному від дії шкідливих газів і сонячних променів. Висушений папір розрізають на смужки розміром 0,5x5 см і зберігають у банках темного скла з притертою пробкою. Папір випробовують на чутливість до нітрит-іону наступним чином. У склянку місткістю 200 мл вносять 100 мл дистильованої води та 5 мл хлористоводневої кислоти густ. $1,19 \text{ г} / \text{см}^3$, потім

додають по краплях 0,1 н. натрій нітрат, наносять періодично краплю рідини на випробовуваний папір. Папір вважається задовільним, якщо показує наявність нітритів при додаванні 0,1 н. натрій нітриту не більше 0,15 мл; дає чітко окреслене синє кільце, а не суцільну розпливчасту пляму; не темніє при нанесенні на неї 1 н. хлористоводневої кислоти. Перед використанням папір зволожують.

Калій біхромат, розчин з $C_E=0,1$ моль/дм³. $K_2Cr_2O_7$ висушують протягом 2 год. при 180°C, охолоджують в ексикаторі. Розчиняють у дистильованій воді 4,902 г висушеного калій біхромату і доводять об'єм розчину до 1 л

Калій біхромат, розчини з $C_E=0,02$ моль/дм³, $C_E=0,01$ моль/дм³, $C_E=0,005$ моль/дм³. Готують відповідним розведенням розчину з $C_E=0,1$ моль/дм³ дистильованою водою.

Калій гідроксид, розчин з $C_E=1$ моль/дм³. Розчиняють 56,1 г КОН в свіжопрокип'яченій і охолодженій дистильованій воді і доводять об'єм до 1 л. Титр розчину встановлюють за хлористоводневою або щавлевою кислотою, з $C_E=1$ моль/дм³, як зазначено для натрій гідроксиду з $C_E=0,1$ моль/дм³.

Кальцій сульфат безводний (гіпс). Продажний препарат сушать при 180 °C протягом 6 год. після охолодження в ексикаторі розтирають в порцеляновій ступці і просівають через сито 100 меш. Зберігають в склянці з притертою пробкою.

Кальцій хлорид, 2 і 5 н. розчини з $C_E=2$ моль/дм³, $C_E= 5$ моль/дм³. Розчиняють 220 г (для розчину з $C_E= 2$ моль/дм³) або 550 г (для розчину з $C_E= 5$ моль/дм³) $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ в дистильованій воді і доводять об'єм розчину до 1 л.

Кислоти азотна, сульфатна і хлористоводнева, титровані розчини. Ареометром визначають густину кислоти (г/см³) і за довідковими таблицями знаходять відповідний вміст кислоти (г/дм³). На підставі отриманих даних обчислюють об'єм вихідного розчину, необхідний для приготування розчину заданої концентрації, за формулою:

$$V = C_1 \times 1000 / C_2$$

де C_1 - кількість речовини, потрібна для приготування розчину заданого титру, г/ дм³; C_2 - кількість речовини у вихідному розчині, г/дм³.

Приклад. Приготувати розчин сульфатної кислоти з $C_E= 1$ моль/дм³. Густина вихідної кислоти, визначена ареометром, 1,830 г/см³, по довідковій таблиці кислота даної щільності містить 1713 г/дм³ H_2SO_4 . Для приготування 1 л розчину з $C_E= 1$ моль/дм³ потрібно 49,045 г H_2SO_4 . Необхідний об'єм вихідної кислоти:

$$V = 49,045 \times 1000 / 1713 = 28 \text{ мл.}$$

Для приготування 1 л сульфатної кислоти з $C_E= 1$ моль/дм³ беруть 28 мл H_2SO_4 густ. 1,830 г/см³, вносять невеликими порціями при перемішуванні в 150-200 мл дистильованої води в мірну колбу. Після охолодження доводять до мітки дистильованою водою.

Аналогічно розраховують потрібні об'єми азотної, сульфатної та хлористоводневої кислот для приготування розчину необхідного титру. Для хлористоводневої кислоти густ. 1,19 г/см³ і сульфатної кислоти густ. 1,84 г/см³ необхідні об'єми для приготування 1 л позначених розчинів наведені нижче.

Титр розчину HCl, C _E (н.)	Об'єм HCl густ. 1,19 г/см ³ для приготування 1 л розчину, мл	Титр розчину H ₂ SO ₄ , C _E (н.)	Об'єм H ₂ SO ₄ густ. 1,84 г/см ³ для приготування 1 л розчину, мл
0,1	8,3	0,1	2,8
1,0	83	1,0	27,3
2,0	165	2,0	55
6,0	495	15,0	416

Титр приготованого розчину кислоти встановлюють за натрій карбонатом. Так, для розчину кислоти з C_E= 0,1 моль/дм³ беруть 5,3002 р Na₂CO₃, попередньо висушеного при 250 °С до постійної маси, розчиняють у свіжопрокип'яченій і охолодженій дистильованій воді і розбавляють цією водою до 1 л. З отриманого 0,1 н. натрій карбонату відбирають 20 мл і розбавляють до 100 мл дистильованою водою, додають 2-3 краплі 0,05 % метилового оранжевого і титрують 0,1 н. кислотою до зміни забарвлення індикатора від жовтого до оранжево - рожевого. Поправочний коефіцієнт розчину кислоти розраховують за формулою:

$$K = 20 / V,$$

де: V - об'єм розчину кислоти з C_E= 0,1 моль/дм³ витрачений на титрування 20 мл розчину натрій карбонату з C_E= 0,1 моль/дм³, мл.

Кислоти азотна, сульфатна і хлористоводнева, процентні розчини.

Ареометром визначають густину вихідного розчину кислоти і за довідковими таблицями знаходять відповідний вміст основної речовини у відсотках, а також густину процентного розчину, який готується. На підставі отриманих даних розраховують об'єм вихідного розчину, необхідний для приготування розчину заданої концентрації, за формулою:

$$V = p_1 \times C_1 \times 1000 / P_2 \times C_2,$$

де: p₁ - густина розчину заданої процентної концентрації, г/см³; p₂ - густина вихідного розчину, г/см³; C₁ - задана концентрація розчину, що готується, %; C₂ - концентрація вихідного розчину, %.

Розраховану кількість вихідної кислоти обережно, невеликими порціями при перемішуванні вливають у дистильовану воду і після охолодження доводять об'єм розчину до 1 л

Приклад. Приготувати 5 % хлористоводневу кислоту. Густина вихідного розчину, визначена ареометром, 1,19 г/см³. За довідковою таблицею концентрація розчину з даною густиною 38%. Густина 5 % розчину за довідковою таблицею 1,024 г / см³. Необхідний об'єм вихідної хлористоводневої кислоти для приготування 1 л 5 % розчину:

$$V = 1,024 \times 5 \times 1000 / 1,19 \times 38 = 113,2 \text{ мл.}$$

Кислота щавлева, розчин з C_E= 0,1 моль/дм³. Щавлеву кислоту витримують в ексікаторі над кальцій хлоридом до постійної маси, беруть наважку 6,3034 г, розчиняють в гарячій свіжопрокип'яченій дистильованій воді і доводять об'єм цією водою до 1 л.

Крохмаль, 0,5 % розчин. 1. Розтирають 0,5 г розчинного крохмалю (для йодометрії) з 5 мл дистильованої води і вливають в 95 мл киплячої дистильованої води, кип'ятять 3-5 хв. Хороший крохмаль повинен давати при титруванні тіосульфатом різкий перехід забарвлення від синього до безбарвного без проміжних фіолетових тонів. Розчин стійкий 4-5 днів. 2. Для приготування більш стійкого розчину 1 г крохмалю і 0,01 г ртуть (II) йодиду розтирають у невеликій кількості дистильованої води і отриману суспензію вливають у 200 мл киплячої дистильованої води. Кип'ятять до освітлення розчину.

Метилловий червоний, 0,1 % індикатор. Розчиняють 0,1 г при нагріванні в 100 мл етанолу. Інтервал переходу від червоного забарвлення до жовтого при рН 4,4-6,2.

Метилловий оранжевий, 0,05 % розчин. Інтервал переходу забарвлення при рН 3-4, 4. Розчиняють 0,5 г натрієвої солі метилового оранжевого в 80 мл гарячої дистильованої води. Після охолодження доводять об'єм до 100 мл і розчин фільтрують.

Натрій ацетат, розчин з $C_E=1$ моль/дм³. Розчиняють 82,03 г CH_3COONa або 138,25 г $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ в дистильованій воді і доводять об'єм до 1 л. Якщо розчин каламутний, то його фільтрують. Аналогічно готують 2, 4 і 5 н. розчини, беручи відповідну кількість вихідного препарату.

Натрій гідроксид, розчин з $C_E=0,1$ моль/дм³. Розчиняють 4 г $NaOH$ в свіжопрочищеної і охолодженій (без діоксиду вуглецю) дистильованій воді і доводять об'єм цією ж водою до 1 л. Титр встановлюють по 0,1 н. хлористоводневої кислоті. Для цього беруть 20 мл 0,1 н. натрій гідроксиду, додають до 100 мл дистильованої води, 2-3 краплі 0,05 % метилового оранжевого і титрують 0,01 н. хлористоводневою кислотою до переходу забарвлення з жовтого до оранжево - рожевого. Поправочний коефіцієнт розраховують за формулою:

$$K = V / 20,$$

де: V - об'єм хлористоводневої кислоті з $C_E=0,1$ моль/дм³, витраченої на титрування 20 мл розчину натрій гідроксиду з $C_E=0,1$ моль/дм³, мл.

Більш точно титр встановлюють за шавлевою кислотою. Для цього 20 мл натрій гідроксиду з $C_E=0,1$ моль/дм³ поміщають в білу порцелянову чашку, додають 0,15 мл 0,5 % фенолфталеїну і титрують при помішуванні паличкою до знебарвлення індикатора точним розчином шавлевої кислоті з $C_E=0,1$ моль/дм³. Потім вміст чашки випарюють на водяній бані насухо. Сухий залишок розчиняють в невеликій кількості дистильованої води. Якщо розчин набуває рожевий колір, то його дотитровують розчином шавлевої кислоті з $C_E=0,1$ моль/дм³ до знебарвлення. Вміст чашки знову випарюють і весь хід визначення повторюють до тих пір, поки розчин сухого залишку не стане безбарвним. Поправочний коефіцієнт до титру натрій гідроксиду з $C_E=0,1$ моль/дм³ обчислюють, як зазначено вище.

Розчин натрій гідроксиду оберігають від впливу атмосферного діоксиду вуглецю. Зберігають в склянці з гумовою пробкою.

Натрій гідроксид, розчини з $C_E=1$ моль/дм³ і з $C_E=2$ моль/дм³. Розчиняють 40 г (розчину з $C_E=1$ моль/дм³) або 80 г (розчину з $C_E=2$ моль/дм³) натрій гідроксиду в свіжопрокип'яченій і охолодженій дистильованій воді і доводять об'єм до 1 л. Титр встановлюють за відповідним розчином хлористоводневої або щавлевої кислоти, як зазначено для натрій гідроксиду з $C_E=0,1$ моль/дм³. Розчини натрій гідроксиду оберігають від впливу атмосферного діоксиду вуглецю. Зберігають в склянках з гумовими пробками.

Натрій карбонат, розчини з $C_E=1$ моль/дм³ і $C_E=2$ моль/дм³. Розчиняють 53 г Na_2CO_3 або 143 г $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ (для розчину з $C_E=1$ моль/дм³) або 106 г Na_2CO_3 або 286 г $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ (для розчину з $C_E=2$ моль/дм³) в бідистильованій воді і доводять об'єм до 1 л.

Натрій сульфат безводний. Продажний препарат сушать при 150 °С протягом 6 год до отримання пухкого білого порошку. Зберігають в склянці з притертою пробкою.

Натрій тіосульфат, розчин з $C_E=0,1$ моль/дм³. Розчиняють 25 г $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ в свіжопрокип'яченій і охолодженій дистильованій воді, додають 0,2 г натрій карбонату і доводять об'єм до 1 л. Замість натрій карбонату можна консервувати 2 мл хлороформу на 1 л приготованого розчину. Розчин тіосульфату залишають стояти 10-15 днів, після чого визначають його титр і використовують для приготування розбавлених розчинів. Зберігають в склянці темного скла, захищеної від дії окислювачів і оксиду вуглецю повітря.

Поправочний коефіцієнт до титру розчину визначають за 0,1 н. калій біхроматом. Для цього в конічну колбу з притертою пробкою поміщають 0,5 г калій йодиду, розчиняють його в 2 мл дистильованої води, додають 5 мл сульфатної кислоти (1:4), потім 10 мл 0,1 н. калій біхромату, 80 мл дистильованої води, закривають колбу пробкою, перемішують і ставлять в темне місце на 5 хв. Через 5 хв. йод, який виділився титрують 0,1 н. натрій тіосульфатом в присутності 1 мл 0,5 % крохмалю, який доданий в кінці титрування. Поправочний коефіцієнт розраховують за формулою:

$$K = 10 / A,$$

де: А - кількість розчину натрій тіосульфату з $C_E=0,1$ моль/дм³, що пішла на титрування 10 мл розчину калій біхромату з $C_E=0,1$ моль/дм³, мл.

Натрій тіосульфат, розчини з $C_E=0,02$ моль/дм³, $C_E=0,01$ моль/дм³, $C_E=0,005$ моль/дм³. Готують відповідним розведенням розчину з $C_E=0,1$ моль/дм³ свіжопрокип'яченою і охолодженою дистильованою водою. Додають 0,2 г натрій карбонату і доводять об'єм до 1 л. Зберігають в склянці темного скла. Поправочний коефіцієнт визначають за відповідним розчину калій біхромату ($C_E=0,02$ моль/дм³, $C_E=0,01$ моль/дм³ або $C_E=0,005$ моль/дм³), як зазначено для натрій тіосульфату з $C_E=0,1$ моль/дм³.

Розчинники органічні. Очищають перегонкою в колбі з дефлегматором і холодильником.

Реактив Грісса. Розчиняють 0,1 г α -нафтиламіну в 100 мл дистильованої води при кип'ятінні протягом 15 хв. Розчин охолоджують, додають 5 мл крижаної оцтової кислоти і 100 мл 1 % сульфанілової кислоти. Реактив повинен бути безбарвним. Допускається слабо-рожеве забарвлення, що при розведенні

дистильованою водою 1 : 40 повинно зникати, в іншому випадку для знебарвлення розчин збовтують з цинковим пилом. Для аналізу беруть відстояний розчин. Зберігають в склянці з помаранчевого скла.

Реактив Несслера. Готують на безаміачній воді. 1. Розчинити 2,5 г калій йодиду в 5 мл дистильованої води, додають 3,5 г ртуть (II) йодиду і перемішують до повного розчинення. Об'єм одержаного розчину доводять до 30 мл, додають 70 мл 10 % натрій гідроксиду і витримують протягом 2-3 діб. Прозорий розчин відокремлюють від осаду декантацією, зберігають в темному місці в склянці з гумовою пробкою.

2. Розчиняють 30 г ртуть хлориду — сулеми (отрута!) в 150 мл нагрітої до кипіння води, а 50 мг калій йодиду - в 50 мл води. Гарячий розчин ртуть хлориду обережно доливають до розчину йодиду калію до появи не зникаючого при перемішуванні червоного осаду. Потім наливають 300 мл розчину калій або натрій гідроксиду (150 г КОН або 107 г NaOH розчиняють у 300 мл води), розбавляють дистильованою водою до 1 л і вносять 5 мл насиченого розчину ртуть хлориду. Реактив залишають стояти в темному місці до повного освітлення, потім прозорий розчин декантирують. Зберігають в темному місці в склянці з гумовою пробкою.

Сульфат срібла. У 20 мл гарячої дистильованої води розчиняють 34 г срібла нітрату AgNO_3 . У 20 мл гарячої дистильованої води розчиняють 13,2 г амоній сульфату $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ і фільтрують. Обидва розчини з'єднують в гарячому вигляді, охолоджують і випавший осад Ag_2SO_4 відсмоктують на лійці Бюхнера, промивають холодною водою і сушать на повітрі.

Трилон Б, розчин з $C_E = 0,4$ моль/дм³. Розчиняють 76,4 г дигідрату або 67,2 г безводного трилону Б (натрій етилендіамінтетрацетат, комплексон III, Na_2 ЕДТА) в бідистильованій воді, не містить металів. Якщо розчин каламутний, то його фільтрують.

Феноловий червоний, 0,1 % розчин. Інтервал переходу забарвлення при рН 6,8-8,4. Розчиняють 0,1 г препарату в 60 мл етанолу при слабкому нагріванні і після охолодження доводять об'єм до 100 мл дистильованою водою.

Фенолфталеїн, 0,5 % розчин. Інтервал переходу забарвлення при рН 8,2-10. Розчиняють 0,5 г фенолфталеїну в 60 мл 96 % етанолу і наливають 40 мл дистильованої води. У розчин по краплях додають натрій гідроксид з $C_E = 0,01$ моль/дм³ до появи ледь помітного рожевого забарвлення.

Хлороформ, очищений від домішок металів. Екстрагують метали очищеною хлористоводневою кислотою, розведеною 1: 1. Потім хлороформ відганяють в колбі з дефлегматором і холодильником, нагріваючи на водяній бані при 61,2 °С.

Етанол абсолютний, 99,5 %. У круглодонну колбу поміщають етанол ректифікат і на кожні 100 мл спирту додають 20 г кальцій оксиду, попередньо прожареного при 970-1050 °С протягом 2-3 год. Колбу з'єднують з холодильником, поставлених вертикально: верхній кінець холодильника закритий пробкою, в яку вставлена хлоркальцева трубка. Колбу нагрівають на водяній бані протягом 6 год, стежачи за тим, щоб суміш весь час енергійно кипіла. Потім вміст колби охолоджують, переносять в колбу для перегонки і

додають невеликими порціями металевий натрій з розрахунку 0,25-0,3 г на кожні 100 мл етанолу для видалення залишків води. Після повного розчинення натрію колбу з'єднують з холодильником і відганяють спирт, нагріваючи колбу на водяній бані. В якості приймача служить двогорла колба, в одне горло якої вставлена пробка з алонжем, а в друге -хлоркальцева трубка. Абсолютний етанол зберігають в склянці з добре пришліфованою пробкою. Густина абсолютного етанолу 0,789 г/см³.

Додаток І

Профілактична дезінфекція колодязя

1. Перед проведенням дезінфекції колодязя визначають у ньому об'єм води (м³) шляхом множення площі перетину (м²) на глибину водного стовпа (м).

Глибину водного стовпа вимірюють за допомогою мотузки з вантажем чи жердини. Площу перетину колодязя визначають шляхом множення ширини на довжину перетину колодязя при квадратній чи прямокутній формі зрубу, при циліндричній-за формулою $S = 3,14 \times R^2$, де: S –площа перетину колодязя (м²), R- радіус перетину колодязя (м).

1. Колодязь повністю звільняють від води, очищають від сторонніх предметів та накопиченого мулу. Стінки зрубу очищають механічним шляхом від забруднень та обростання.

2. Вибраний із колодязя бруд та мул завантажують у яму (на відстані не менше 20 м від колодязя на глибину 0,5 м), заливають 10% розчином хлорного вапна чи 5% розчином ДТСГК та закопують.

3. Зруб очищеного колодязя при необхідності ремонтується, а після цього зовнішню та внутрішню частини зрубу зрошують з гідропульта 5% розчином хлорного вапна чи 3% розчином ДТСГК із розрахунку 0,5 дм³ /м².

4. Закінчивши чистку колодязя та дезінфекцію зрубу, вичікують, доки колодязь наповниться водою до звичайного рівня, після чого проводять дезінфекцію колодязя об'ємним способом (за потребою хлору). Для цього знову визначають об'єм води у колодязі та розраховують необхідну кількість хлорного вапна чи ДТСГК (з розрахунку 100-150 г активного хлору на 1 м³ води у колодязі), використовуючи формулу:

$$P = \frac{E \times C \times 100}{H}$$

де: P – кількість хлорного вапна чи ДТСГК (г), необхідних для дезінфекції колодязя; E – об'єм води у колодязі (м³); C – задана концентрація активного хлору у воді колодязя (г/м³); H – вміст активного хлору у дезінфектанті (%); 100 – постійний числовий коефіцієнт.

Цю формулу наведено для розрахунку кількості ДТСГК, що містить 52% активного хлору при температурі (17-18°С). При використанні хлорного вапна (25% активного хлору) розраховану кількість препарату слід збільшити у 2 рази.

5. Необхідну кількість дезінфектанту розчиняють у невеликому об'ємі

води у відрі до одержання рівномірної суміші, вносять у колодязь, воду перемішують протягом 15-20 хв та закривають його на 6 год, не дозволяючи забір води.

6. Після закінчення зазначеного терміну визначають наявність залишкового хлору у воді за запахом: за відсутності запаху додають $\frac{1}{4}$ або $\frac{1}{3}$ початкової кількості препарату і вичікують ще 3-4 години. Після цього відбирають пробу води та направляють у лабораторію для бактеріологічного і фізико-хімічного аналізу; з інтервалом 24 год повинно бути не менше 3-ох досліджень.

7. При температурі води у колодязі (+4 - +6°C) кількість хлор - препарату , необхідну (за наведеною вище формулою для ДТСГК) для дезінфекції води у колодязі, збільшують у два рази.

Спрощені способи хлорування води

У випадку відсутності необхідних реактивів, посуду і часу для визначення потрібної дози хлору та виконання інших контрольних досліджень, які зв'язані із знезараженням води хлором, застосовують простіші методи хлорування води. При цьому беруть 3 чайні ложки хлорного вапна і розчиняють в 1 л води (одержують приблизно 1% розчин). Для пробного хлорування додають цей розчин у 3 відра, які наповнені досліджуваною водою, в кількостях, вказаних у таблиці.

Розрахунок потрібної кількості хлорного вапна

Якість води	Кількість чайних ложок розчину хлорного вапна на кожне відро води		
	Перше відро	Друге відро	Третє відро
Безколірна, прозора	1	2	4
Каламутна, жовта	3	6	9

Воду добре перемішують і залишають на 30 хвилин. Після цього визначають за запахом наявність у воді хлору. Якщо запах у воді не відчувається ні в одному із трьох відер, дозу хлору збільшують, і, навпаки, якщо сильно виражений запах, навіть у відрі з мінімальним вмістом розчину хлорного вапна, взятую дозу зменшують. Встановивши необхідну дозу розчину хлорного вапна на одне відро, проводять розрахунок кількості розчину, яка необхідна для хлорування всієї маси води. Каламутну воду перед хлоруванням необхідно освітлювати шляхом відстоювання або фільтрування.

Додаток Д

Порядок розробки гранично допустимих рівнів токсичності (ГДРТ)

Для встановлення ГДРТ використовується методика визначення гострої токсичності води, яка заснована на виявленні різниці між кількістю відмерлих дафній, що містяться у воді, яка аналізується (дослід), та у воді, де токсичні речовини відсутні (контроль).

Критерієм гострот токсичності є загибель 50 і більше відсотків дафній у воді, що аналізується, порівняно з контролем при тривалості біотестування 96 годин.

При введенні в дію нових нормативних документів (методик біотестування та ін.) можливе їх використання замість або як доповнення даної методики.

Відбір та підготовка проб до біотестування. Проби зворотної води відбирають у кількості 1 л відповідно до НВН 33-5.3.01-85 за графіком, що встановлений на підприємстві.

Біотестування проб води рекомендується проводити відразу, не пізніше 6 годин після їх відбору. В тому випадку, коли вказаний строк не дотримується, проби води зберігають при температурі 4 °С.

Перед біотестуванням проби фільтрують через фільтрувальний папір з розміром пор 3,5-10 мкм і визначають концентрацію розчиненого кисню. Концентрація кисню на початку біотестування повинна бути не нижча 6 мг/л. Якщо вона є нижчою, то воду аерують за допомогою мікрокомпресора. У процесі біотестування воду не аерують.

Біотестування проводять у приміщенні без наявності шкідливих випарів та газів при природній зміні дня і ночі, розсіяному світлі (не допускаючи попадання прямих сонячних променів), температурі води 20±2 °С.

Тестові організми, обладнання та матеріали: лабораторна культура дафній *Daphnia magna* Straus. Утримання культури дафній в лабораторних умовах, підготовка її до біотестування, перелік обладнання та матеріалів регламентовані в КД 118-02-90 (Методическое руководство по биотестированию воды. М., 1990, 48 с).

Хід визначення. Для визначення гострої токсичності зворотної води тестують нерозбавлені проби і їх розбавлення. Кількість розбавлень повинна бути не менше чотирьох.

Для біотестування нерозбавлених проб води і їх розбавлень наливають у посудини по 100 мл води (дослід). В інші посудини у такій же кількості наливають воду без токсичних речовин (контроль). Повторюваність дослідів та контролю трикратна.

Для контролю та розбавлень використовують відстояну протягом 7 діб питну воду із загальною твердістю не більше 7,0 мг-екв/л, рН=7,5±0,5, температурою 20±2 град., вмістом кисню не нижче 6 мг/л. У кожен з дослідних і контрольних посудин вміщують по 10 дафній віком до 24 годин, їх переносять склянню трубкою діаметром 5,0-7,0 мм спочатку у сачок з планктонного газу, а потім - у посудину, зануливши сачок у воду.

Біотестування проводять протягом 96 годин. Під час біотестування дафній не годують. Підрахунок живих дафній здійснюють візуально через 1, 24, 48, 96 годин від початку біотестування. Живими вважають тих дафній, які

вільно рухаються у товщі води або спливають із дна посудини не пізніше 15 секунд після її легкого струшування.

У кінці біотестування у кожній посудині заміряють вміст розчиненого кисню. Результати біотестування вважаються надійними і враховуються, якщо в кінці експерименту вміст кисню у воді був не менше 2 мг/л, температура води під час біотестування дорівнювала 20 ± 2 град., кількість відмерлих дафній у контролі не перевищувала 10%. Якщо будь-яка з умов біотестування не дотримувалась - результати не враховують, а експеримент повторюють.

1. На підставі одержаних результатів із трьох повторів експерименту визначають середнє арифметичне кількості живих дафній в контролі і в досліді. Потім розраховують відсоток відмерлих дафній у досліді відносно до контролю (А) за формулою:

$$A = \frac{X_k - D_x}{X_k}$$

де: X_k - середнє арифметичне кількості живих дафній у контролі; X_d - середнє арифметичне кількості живих дафній у досліді.

2. На підставі ряду значень A_1, A_2, A_3, A_4 тощо та значень відповідних величин кратностей розбавлення зворотної води - Kp_1, Kp_2, Kp_3, Kp_4 і т.ін. визначається графічним методом значення величини кратності розбавлення – LKp_{50} , що відповідає 50% відмерлих дафній. Для цього на осі абсцис відкладають десятичні логарифми величин кратностей розбавлення проби води, на осі ординат - кількість відмерлих тест-об'єктів у безрозмірних величинах - пробітах, які встановлюються за таблицею, де відсотку відмерлих тест-об'єктів відповідає певна пробітна величина. Отримані точки з'єднують прямою. Від точки на осі ординат, що відповідає 5 пробітам ($A = 50\%$), проводять лінію, паралельну осі абсцис. З точки перетину цієї лінії з експериментальною прямою опускають перпендикуляр на вісь абсцис. Далі визначають логарифм точки перетину з віссю абсцис. Антилогарифм цього значення відповідатиме шуканій величині LKp_{50} .

3. Кратність розбавлення зворотної води знаходять з урахуванням коефіцієнта поправки:

$$N = k \cdot LKp_{50},$$

де: $k = 2$ - тимчасово встановлене значення коефіцієнта, при якому забезпечується виживання тест-об'єктів на рівні 100%.

4. Значення необхідної кратності розбавлення для одного досліду (НКРД) обчислюється за формулою:

$$НКРД = N - n,$$

де: n - відома з розрахунку ГДС, кратність розбавлення у контрольному створі.

При розрахунку НКРД значення n приймається не більшим ніж 10 (тобто $n \leq 10$), незалежно від значення цього показника, відомого з розрахунку ГДС. Це забезпечує попередження скиду зворотних вод з високими показниками токсичності, незалежно від розбавляючої спроможності водних об'єктів.

5. Остаточне значення необхідної кратності розбавлення (НКР) обчислюється для ряду дослідів, графік проведення яких встановлюється з урахуванням графіка аналізу хімічного складу зворотних вод підприємства.

Значення НКР обчислюється як середньоарифметичне значення ряду НКРД. Одержаний результат обчислення НКР дорівнює фактичному рівню токсичності (ФРТ).

Тимчасово погоджений рівень токсичності (ТПРТ) дорівнює ФРТ, якщо значення ФРТ менше чи дорівнює нулю, в інших випадках - найкращому середньому значенню ряду НКРД.

Визначення гранично допустимого рівня токсичності (ГДРТ) здійснюється так:

а) якщо значення НКР та відповідне значення ФРТ менше чи дорівнює нулю, то ГДРТ дорівнює ФРТ та ТПРТ;

б) якщо значення НКР та відповідне значення ФРТ більше нуля, то ГДРТ повинно дорівнювати нулю.

8. Клас токсичності зворотної води та класи токсичності показників ФРТ, ТПРТ, ГДРТ визначаються відповідно до класифікації рівнів токсичності води, наведених нижче (у процесі накопичування даних класифікація може бути уточнена).

Класифікація рівнів токсичності води

Клас токсичності води	Рівень токсичності	НКР
2	Слаботоксична	0 до 2
3	Помірно токсична	2 до 5
4	Середньотоксична	5 до 10
5	Високотоксична	10 до 25
6	Надзвичайно токсична	25

9. Визначені кількісні значення ФРТ, ТПРТ, ГДРТ та їх якісні показники - класи токсичності – заносяться у відповідні форми документів для встановлення ГДС та ТПС речовин (додаток N ,2).

10. Для узгодження і затвердження ФРТ, ТПРТ, ГДРТ, як додаткових показників у документах для встановлення ГДС речовин, розробляються обґрунтовуючі матеріали (пояснювальна записка), які містять результати дослідів (протоколи біотестування) та розрахунків необхідних показників.

Додаток Е
Таблиця 1

Класифікація якості поверхневих вод — джерел централізованого питного водопостачання — за гігієнічними та екологічними критеріями

№ з/п	Показники якості води у поверхневих водних об'єктах	Одиниці виміру	Класи якості води			
			1	2	3	4
1	2	3	4	5	6	7
I Органолептичні показники ¹⁾						
1	Запах	Бали	< 1	1 - 2	3 - 4	> 4
		Показник роз-ня (ПР) за т-ри 25 ⁰ С	< 2	2 - 16	17 - 23	> 23
2	Присмак	Бали	< 1	1 - 2	3 - 4	> 4
3	Забавленість (кольоровість)	Градуси Pt - Со шкали	< 20	20 - 80	81 - 120	> 120
4	Каламутність	мг/дм ³	< 20	20-1500	1501-5000	> 5000
II Загальносанітарні хімічні показники						
5	Сухий залишок (мінералізація)	мг/дм ³	< 400	400-650	651-1000	> 1000
6	Сульфати ¹⁾	мг/дм ³	< 40	40-120	121-250	> 250
7	Хлориди ¹⁾	мг/дм ³	< 30	30-100	101-250	> 250
8	Магній	мг/дм ³	< 10	10-30	31-80	> 80
9	Твердість загальна ¹⁾	мг-екв/дм ³ (ммоль/дм ³)	< 3	3,0- 5,0	5,1- 7,0	> 7,0
10	Лужність ¹⁾	ммоль/дм ³	< 1,5	1,5-4,0	4,1-6,5	< 6,5
11	Водневий показник	одиниці рН	<u>6,9 – 7,0</u> 7,1 – 7,5	<u>6,8 – 6,5</u> 7,6 – 8,1	<u>6,4 – 6,1</u> 8,2 – 8,5	< <u>6,1</u> > 8,5
12	Азот амонійний ¹⁾	мгN/дм ³	< 0,10	0,10 - 0,30	0,31- 1,0	> 1,00
13	Азот нітритний ¹⁾	мгN/дм ³	< 0,002	0,002 - 0,01	0,011- 0,05	> 0,05
14	Азот нітратний ¹⁾	мгN/дм ³	< 0,20	0,20 - 0,50	0,51-1,00	> 1,00
15	Фосфор фосфатів ¹⁾	мгP/дм ³	< 0,015	0,015-0,05	0,051- 0,20	> 0,200
16	Розчинений кисень	мгO ₂ /дм ³	> 8,0	8,0 - 7,1	7,0 - 5,0	< 5,0
17	Насичення води киснем	%	<u>96 – 100</u> 101 - 105	<u>95 – 81</u> 106 - 120	80 – 60 121- 140	< <u>60</u> >140
18	Окиснюваність перманг. (KMnO ⁴)	мгO/дм ³	< 3,0	3,0 – 10,0	10,1 – 15,0	> 15,0
19	Окиснюваність біхром. (ХСК) K ₂ Cr ₂ O ₇	мгO/дм ³	< 9,0	9,0 -30,0	31,0-40,0	> 40,0
20	БСКп	мгO ₂ /дм ³	< 1,3	1,3- 3,0	3,1 – 7,0	> 7,0
21	Загал.органічний вуглець	мгC/дм ³	< 5,0	5,0-15,0	15,1- 25,0	> 25,0
III Гідробіологічні показники						
22	Фітопланктон ² домінування синьо-зелених водоростей переважно у водоймах (водосховища: — чисельність	тис. кл./дм ³	< 10	10 - 40	50 -100	>100
23	— біомаса	мг/дм ³	< 1	1- 4	5-10	> 10
1	2	3	4	5	6	7
24	домінування діатомових водоростей					

	переважно у водотоках (річки, канали): — чисельність	тис. кл./дм ³	< 1	1 - 4	5 - 10	> 10
25	— біомаса	мг/дм ³	< 1	1 - 4	5 - 10	> 10
26	Загальний рівень хронічної токсичності води	одиниці хронічної токсичності	<1	1 - 2	3 - 4	> 4
27	Мікроскопічні (недосконалі) гриби	кл./дм ³	відсутність	відсутність	відсутність	відсутність
IV Мікробіологічні показники						
28	Загальне мікробне число (ЗМЧ)	КУО/см ³	десятки	сотні	тисячі	десятки тисяч
29	Заг. колиформи (лактозопозитивні кишкові бактерії), індекс БГКП, не більше ніж	КУО/дм ³	100	1000	10 000	50 000
30	Термостабільні кишкові бактерії (ТКБ), індекс	КУО/100 дм ³	відсутність ³⁾	50	500	> 1000
31	Наявність пато-генних ентеро бак-терій (сальмонели, шигели)	наявність/дм ³	відсутність ³⁾	відсутність ³⁾	відсутність ³⁾	наявність/відсутність ³⁾
32	Коліфаги, індекс	БУО/дм ³	відсутність ³⁾	10	100	1000
33	Ентероіруси, аденовіруси та антигени рота вірусів, реовірусів, аденовірусів і вірусу гепатиту А	наявність/дм ³	відсутність ³⁾	відсутність ³⁾	відсутність ³⁾	наявність/відсутність ³⁾
V Паразитологічні показники						
34	Число патогенних кишкових найпростіших	клітини, цисти/ 50 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність	відсутність
35	Число кишкових гельмінтів	клітини, яйця, личинки/50 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність	відсутність
VII показники радіаційної безпеки						
36	Сумарна активність α-випромінювачів (Σ α-активність)	Бк/дм ³	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
37	Сумарна активність β-випромінювачів (Σ β -активність)	Бк/дм ³	< 1	< 1	< 1	< 1
38	Стронцій-90 (⁹⁰ Sr)	Бк/дм ³	< 2	< 2	< 2	< 10
39	Цезій-137 (¹³⁷ Cs)	Бк/дм ³	< 2	< 2	< 2	< 100
40	Уран (U) Σ активність/кон-ція природної суміші ізотопів ⁴⁾	Бк/дм ³ (мг/дм ³)	< 1 (0,04) ⁴⁾	< 1 (0,04)	< 1 (0,04)	< 1 (0,04)
41	Радій-226 (²²⁶ Ra)	Бк/дм ³	< 1	< 1	< 1	< 1
42	Радій-228 (²²⁶ Ra)	Бк/дм ³	< 1	< 1	< 1	< 1
43	Радон-222 (²²² Rn)	Бк/дм ³	< 100	< 100	< 100	< 100
44	Тритій (H-3)	Бк/дм ³	< 3·10 ⁴	< 3·10 ⁴	< 3·10 ⁴	< 3·10 ⁴
1	2	3	4	5	6	7
VII Токсикологічні показники хімічного складу води (пріоритетні⁶⁾)						
Неорганічні						

45	Алюміній (Al) ^{1*}	мкг/дм ³	< 50	50—200	201—500	> 500
46	Барій (Ba)	мкг/дм ³	< 100	100—1000	1001—2000	> 2000
47	Берилій (Be)	мкг/дм ³	< 0,2	0,2—2,0	2,1—4,0	> 4,0
48	Бор (B)	мкг/дм ³	< 100	100—200	201—4000	> 4000
49	Броміди (Br ⁻)	мкг/дм ³	< 100	100—200	201—500	> 500
50	Ванадій (V)	мкг/дм ³	< 2	2—10	11—20	> 20
51	Залізо загальне (Fe) ¹⁾	мкг/дм ³	< 50	50—100	101—1000	> 1000
52	Кадмій (Cd)	мкг/дм ³	< 0,1	0,1—0,5	0,6—5,0	> 5,0
53	Кобальт (Co)	мкг/дм ³	< 10	10—20	21—50	> 50
54	Літій (Li)	мкг/дм ³	< 10	10—50	51—100	> 100
55	Марганець (Mn) ¹⁾	мкг/дм ³	< 10	10—100	101—1000	> 1000
56	Миш'як (As)	мкг/дм ³	< 1	1—10	11—50	> 50
57	Мідь (Cu) ¹⁾	мкг/дм ³	< 1	1—25	26—50	> 50
58	Молибден (Mo)	мкг/дм ³	< 1	1—25	26—200	> 200
59	Нікель (Ni)	мкг/дм ³	< 20	20—50	51—100	> 100
60	Ртуть (Hg)	мкг/дм ³	< 0,20	0,26—0,50	0,51—2,5	> 2,5
61	Свинець (Pb)	мкг/дм ³	< 5	5—20	21—100	> 100
62	Селен (Se)	мкг/дм ³	< 1,5	1,5—5,0	5,1—10,0	> 10,0
63	Сурма (Sb)	мкг/дм ³	< 0,1	0,1—0,5	0,6—1,0	> 1,0
64	Телій (Te)	мкг/дм ³	< 0,1	0,1—0,5	0,6—2,0	> 2,0
65	Фториди (F ⁻)	мкг/дм ³	< 700	700—1000	1001—1500	> 1500
66	Хром (III), Cr (III) ¹⁾	мкг/дм ³	< 100	100—250	251—500	> 500
67	Хром (VI), Cr (VI) ¹⁾	мкг/дм ³	< 4	4—10	11—50	> 50
68	Цинк (Zn)	мкг/дм ³	< 10	10—100	101—1000	> 1000
69	Ціаніди (CN)	мкг/дм ³	< 1	1—10	11—50	> 50
Органічні						
70	Бенз(а) пірен	мкг/дм ³	< 0,01	0,01—0,70	0,71—5,00	> 5,00
71	Бензол ¹⁾ , ксилол ¹⁾ , толуол ¹⁾	мкг/дм ³	< 5	5—30	31—70	> 70
72	Етилбензол	мкг/дм ³	< 0,5	0,5—2,0	2,1—5,0	> 5,0
73	Нафтопродукти (загальні, вуглеводневі) ¹⁾	мкг/дм ³	< 10	10—50	51—200	> 200
74	Пестициди хлорорганічні (сума)	мкг/дм ³	< 0,1	0,1—1,0	1,1—5,0	> 5,0
75	Синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР)	мкг/дм ³	< 10	10—50	51—250	> 250
76	Тетрахлорбензол	мкг/дм ³	< 0,5	0,5—2,0	2,1—5,0	> 5,0
77	Тетрахлорвуглець (чотирихлористий вуглець)	мкг/дм ³	< 0,5	0,5—2,0	2,1—6,0	> 6,0
78	Тригалометани (ТГМ) – хлороформ, дибромхлорметан, дихлорбромметан Σ	мкг/дм ³	< 50	50—100	101—200	> 200
1	2	3	4	5	6	7
79	Феноли леткі ¹⁾	мкг/дм ³	< 1	1—10	11—50	> 50
80	Хлорфеноли ¹⁾	мкг/дм ³	< 0,3	0,3—0,5	0,6—1,0	> 1,0

* Показники I, II, IV, V, VI, VII груп віднесені до гігієнічних, показники II, III, V, VI, VII груп — до екологічних.

¹⁾ Крім показників блоку I, органолептичні властивості (за певних умов) мають також окремі речовини з блоків II і VII.

²⁾ Стосовно глибин понад 1 м від водної поверхні.

³⁾ У разі виявлення фекальних коліформ у двох послідовно відібраних пробах води протягом 12 год слід розпочати більш ґрунтовне досліджування води на наявність збудників інфекційних захворювань бактеріальної чи вірусної етіології (залежно від епідситуації).

⁴⁾ Оскільки вміст урану визначають фотометричним методом, треба враховувати, що масова концентрація 1 Бк природної суміші урану відповідає 0,04 мг, а тому нормою можна вважати 1 Бк/дм³ (0,04 мг/дм³).

⁵⁾ Пріоритетні токсикологічні показники: найважливіші за шкідливістю і поширенням речовини токсичної дії, які потребують першочергової уваги.

Класифікація якості підземних вод України — джерел централізованого питного водопостачання — за гігієнічними та екологічними критеріями охоплює 71 показник, що застосовують для оцінювання якості питної води відповідно до санітарного законодавства, і має сім окремих груп:

I група — 4 органолептичних показники; II група — 14 загальносанітарних показників хімічного складу води; III група — 2 гідробіологічних показники; IV група — 6 мікробіологічних показників; V група — 2 паразитологічних показники; VI група — 9 показників радіаційної безпеки; VII група — 34 пріоритетних токсикологічних показники хімічного складу води (з них; 27 — неорганічних та 7 — органічних компонентів).

Діапазон величин показників (критеріїв) якості води в обох класифікаціях поділено на чотири класи: 1 клас — відмінна, бажана якість води; 2 клас — добра, прийнятна якість води; 3 клас — задовільна, прийнятна якість води; 4 клас — посередня, обмежено придатна, небажана якість води.

Показники складу і властивостей води у поверхневих і підземних джерелах є обов'язковими для визначання.

Крім цього, розроблено класифікацію якості поверхневих і підземних вод України — джерел централізованого питного водопостачання — за факультативними речовинами токсичної дії (табл.2) для періодичного контролювання представниками санітарних і водоохоронних органів ймовірної присутності цих токсичних речовин, небезпечних для здоров'я населення (необхідність проведення, періодичність та сезонність контролювання таких показників визначають у кожному конкретному випадку).

Таблиця 2

Класифікація якості поверхневих вод — джерел централізованого питного водопостачання — за факультативними токсикологічними показниками*

Показники якості води у поверхневих водних об'єктах	Одиниці виміру	Класи якості води			
		1	2	3	4
Токсикологічні показники (факультативні)* Органічні					
Хлоровані етилені					
1. 2-дихлоретан	мкг/дм ³	< 3	3—25	26—100	> 100
1.1-дихлоретан	кг/дм ³	< 200	200—300	301—1000	> 1000
1 і 2-трихлоретан	мкг/дм ³	< 1	1—3	4—5	> 5
Хлоровані етилені					
Вінілхлорид	мкг/дм ³	< 0,5	0,5—15	15-50	> 50
1.1-дихлоретилеи	мкг/дм ³	< 7	7-30	31—100	> 100
1. 2-дихлоретилен	мкг/дм ³	< 50	50-110	111—170	> 170
Трихлоретилен	мкг/дм ³	< 5	5—30	31—70	> 70
Тетрахлоретилен	мкг/дм ³	< 5	5—50	51—160	>180
Елементоорганічні сполуки					
Біс(трибутилово) оксид	мкг/дм ³	< 0,01	0,01- 0,10	0,11—0,20	> 0,20
Діалкілолово	мкг/дм ³	< 0,1	0,1—1,0	1,1 – 2,0	> 2,0
Оксид трибутилолово	мкг/дм ³	< 0,2	0,2—2,0	2,1—4,0	> 4,0
Тетраетилолово	мкг/дм ³	< 0,01	0,01—0,10	0,11—0,20	> 0,20
Трибутилметакрилатолово	мкг/дм ³	< 0,01	0,01—0,10	0,11—0,20	> 0,20
Інші сполуки					
Акриламід	мкг/дм ³	< 0,5	0,5—3,0	3,1—10,0	> 10,0
Акролеїн	мкг/дм ³	< 1	1—10	11—20	> 20
Гексахлорбутадиєн	мкг/дм ³	< 0,6	0,6—3,0	3,1—10,0	> 10,0
Гексахлорциклопентадиєн	мкг/дм ³	< 1	1—20	21—50	> 50
Ди(2-етилгексил)адилат	мкг/дм ³	< 80	80—200	201—400	> 400
Ди(2-етилгексил)фталат	мкг/дм ³	< 6,0	6,0—7,0	7,1—8,0	> 8,0
Епіхлоргідрин	мкг/дм ³	< 0,1	0,1—3,0	3,1—10,0	> 10,0
Етилендіамінтетраоцтва кислота (EDTA)	мкг/дм ³	< 10	10—60	61—200	> 200
Тринітрилоцтова кислота	мкг/дм ³	< 50	50—200	201—500	> 500
* Факультативні токсикологічні показники: менш шкідливі і поширені, ніж пріоритетні речовини токсичної дії, визначання яких доцільне, але здійснюють рідше і вибірково, залежно від наявності методик аналізування «місту і технічного оснащення лабораторної бази.					

Характеристики складу і властивостей води за показниками класифікацій якості поверхневих і підземних вод — джерел централізованого питного водопостачання — визначають з використанням методик досліджування і аналізування показників якості води стандартизованих та надійно апробованих.

У цьому стандарті враховано вітчизняні і зарубіжні методики, які застосовують у світовій практиці контролювання окремих показників якості поверхневих і підземних вод— відповідно до Директиви ЄС (2000 рік) і рекомендацій ВОЗ (2004 р.), а також вимог ІСО.

“Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами”

Відповідно до ст. 33 Закону України “Про охорону навколишнього природного середовища” затверджено “Інструкцію про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами”.

Ця Інструкція використовується для розробки проектів і розрахунку гранично допустимих скидів (ГДС) речовин, що надходять із зворотними водами у водні об'єкти: водотоки, водосховища, озера, прибережні зони морів. Вона призначена для використання органами Мінприроди України, підприємствами-водокористувачами, а також організаціями, які проводять розрахунки ГДС і розробку проектів тимчасово погоджених скидів (ТПС) речовин, планів заходів щодо досягнення ГДС речовин. Використання єдиної методики розрахунку ГДС речовин гарантує дотримання норм якості води у водному об'єкті з урахуванням взаємопов'язаного розвитку водоохоронного комплексу.

Основні терміни, їх визначення і тлумачення

Норми якості води являють собою сукупність встановлених допустимих значень показників складу і властивостей води водних об'єктів, в межах яких надійно відвертається шкода здоров'ю населення, забезпечуються нормальні умови водокористування і екологічне благополуччя водного об'єкта. Показники, що входять до сукупності норм якості води, називаються нормованими показниками складу і властивостей води. Вони включають нормовані властивості води, тобто загальні вимоги до фізичних, хімічних, біологічних характеристик властивостей води (температури, водневого показника рН, запахів, присмаків, токсичності води та ін.) і нормовані речовини, що характеризуються нормами їх вмісту і гранично допустимими концентраціями (ГДК) у воді водних об'єктів для різних категорій водокористування (або ОБРВ шкідливих речовин у воді рибогосподарських водних об'єктів і ОДР вмісту таких речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного та комунально-побутового водокористування). Нормовані речовини розподіляються на групи з однаковими лімітуючими ознаками шкідливості (ЛОШ), класами безпеки.

Під час скиду зворотних вод або проведення інших видів господарської діяльності, що впливають на стан водних об'єктів, які використовуються для господарсько-питних і комунально-побутових потреб, норми якості води або (у випадках природного перевищення цих норм) її природний склад і властивості мають дотримуватись на ділянках водних об'єктів у межах населених пунктів, а також у водотоках впродовж 1 км вище найближчого за течією пункту водокористування (водозабору для господарсько-питного водопостачання, місця купання або організованого відпочинку, території населеного пункту), у водоймах - на акваторії в межах 1 км від пункту водокористування, в

прибережних зонах морів - на найближчій границі району водокористування або зони санітарної охорони.

Асимілююча спроможність (АС) водного об'єкта - спроможність водного об'єкта приймати певну масу речовини в одиницю часу без порушення норм якості води в контрольних створах (пунктах) водокористування. АС визначається з урахуванням процесів змішування, розбавлення і самоочищення домішок у водному об'єкті.

Умови скиду зворотних (стічних, скидних, дренажних) вод - сукупність встановлених на сучасний період і на перспективу характеристик витрат, складу і властивостей зворотних вод, режиму і місця їх скиду до водного об'єкта.

Гранично допустимий скид (ГДС) – показник максимально допустимої за одиницю часу кількості (маси) речовини, що відводиться із зворотними водами у поверхневі та морські води, який з урахуванням встановлених обмежень на скид цієї речовини від інших джерел забруднення гарантує дотримання норм її вмісту в заданих контрольних створах (пунктах) водного об'єкта. Таким чином, величини ГДС речовин визначаються і встановлюються, як правило, для кожного із сукупності випусків зворотних вод, пов'язаних єдністю водного об'єкта (тобто за басейновим принципом), з урахуванням оптимального розподілу його асимілюючої спроможності.

Вода зворотна - вода, яка повертається за допомогою технічних споруд і засобів з господарської ланки кругообігу води до його природних ланок (річкової, озерної, морської, літогенної) у вигляді стічної, скидної або дренажної води.

Вода стічна - вода, що утворюється в процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім дренажної і скидної води), а також при відведенні з забудованої території стоку атмосферних опадів.

Токсичність зворотної води - це її властивість викликати патологічні зміни або загибель організмів, що зумовлено присутністю в ній токсичних речовин. Токсичність води встановлюється методом біотестування.

Критерієм токсичності зворотної води є встановлений кількісний показник патологічних змін або загибелі організмів.

Рівень токсичності (РТ) зворотної води - це такий показник її властивості, який встановлюється на основі результатів біотестування згідно з критерієм токсичності зворотної води і визначається:

- необхідною кратністю розбавлення (НКР) зворотної води (кількісний показник);

- класом токсичності (КТ) зворотної води (якісний показник).

Гранично допустимий рівень токсичності (ГДРТ) зворотної води - це такий показник її властивості, при якому НКР менше чи дорівнює розрахунковій кратності розбавлення зворотної води у контрольному створі водного об'єкта.

Фактичний рівень токсичності (ФРТ) дорівнює НКР, тобто середньоарифметичному значенню ряду визначених показників НКР. Якщо ФРТ не відповідає ГДРТ, визначається тимчасово погоджений рівень

токсичності (ТПРТ), який дорівнює найкращому середньому показнику НКР ряду дослідів.

Методична і організаційна основи встановлення ГДС речовин

Величини ГДС речовин розробляються і затверджуються для діючих і тих, що проектуються, підприємств -водокористувачів, які мають (будуть мати) організовані скиди зворотних вод з господарської ланки кругообігу води у природні ланки (річкові, озерні, морські), тобто у водні об'єкти. Величини ГДС речовин встановлюються для кожного окремого випуску зворотних вод у поверхневі та морські води на основі нормативних документів, які регламентують скид зворотних вод і встановлюють норми якості води водних об'єктів. Умовою для визначення ГДС речовин є гарантія дотримання норм якості води у встановлених контрольних створах.

Основними категоріями зворотних вод, для яких встановлюються величини ГДС речовин, є:

- а) стічні: господарсько-побутові, промислові (включаючи виробничі, теплообмінні, шахтні, кар'єрні та ін.), виробничо-побутові (в населених пунктах - міські), з рибогосподарських ставків, від тваринництва;
- б) дренажні води;
- в) скидні води.

Перелік показників складу і властивостей зворотних вод для встановлення величин ГДС речовин повинен включати тільки всі ті показники і речовини, присутність яких у зворотних водах пов'язана з діяльністю водокористувача та його технологічним регламентом (добуванням, використанням, транспортуванням вод тощо); при цьому скид інших речовин забороняється.

При встановленні ГДС допустимі концентрації речовин в зворотних водах діючого підприємства-водокористувача не повинні перевищувати значень фактичних середніх, проектних та відповідних типовому способу очищення концентрації речовин для даного випуску зворотних вод (за винятком речовин, концентрації яких зростають в процесі очищення, наприклад, азоту нітритів, азоту нітратів, а також розчиненого кисню).

Після встановлення ГДС речовин вимагається дотримання як допустимих мас, так і допустимих концентрацій речовин, а також не допускається перевищення затвердженої витрати зворотних вод. Досягнення величин ГДС речовин потребує проведення складного комплексу технічних, економічних і організаційних заходів, який дорого коштує. Тому встановлення величин ГДС має передбачати оптимізацію (мінімізацію) сумарних витрат водокористувачів для їх досягнення.

Однією з найважливіших умов правильності визначення витрат на водоохоронні заходи є застосування басейнового принципу встановлення ГДС речовин, який передбачає одночасне врахування впливу всіх скидів зворотних вод в гідрографічну мережу на якість води в усіх створах, що знаходяться за течією нижче (для водотоків) або поблизу (для водойм). При цьому згідно величини ГДС речовин встановлюються з урахуванням заданих видів водокористування, відповідних норм вмісту і ГДК речовин у місцях

водокористування, асимілюючої спроможності водних об'єктів, оптимального розподілу між водокористувачами маси речовин, допустимої до скиду із зворотними водами у водні об'єкти басейну або його ділянки, що забезпечує мінімізацію сумарних витрат на досягнення ГДС. Величини ГДС речовин можуть встановлюватись без застосування басейнового принципу для окремих водокористувачів (або по окремих показниках).

Величини ГДС і ТПС речовин встановлюються у грамах на годину (г/год.). Цим забезпечується заборона нерівномірного ("залпового") скиду речовин із зворотними водами. Величини ГДС або ТПС, перераховані в тони на рік (т/рік) і тощо, є оціночними і не повинні розглядатися як нормативи скидання речовин.

План заходів щодо досягнення ГДС речовин формується як сукупність заходів, що реалізуються в нормативні строки і забезпечують поетапне досягнення ТПС і ГДС речовин з урахуванням раніш запланованих заходів як виконаних. Тим самим визначається технічна основа і економічна (вартісна) оцінка досягнення норм якості води.

Розробка, обґрунтування та встановлення ГДС речовин включає такі етапи:

1. Підготовка вихідних даних для розрахунку ГДС речовин.
2. Правове та методичне обґрунтування схеми і моделі розрахунку ГДС речовин.
3. Визначення розрахункових умов та розробка проекту (розрахунок) ГДС речовин.
4. Визначення величин ТПС речовин, оцінка водоохоронної ефективності досягнення ТПС і ГДС речовин.
5. Розробка пропозицій до плану заходів щодо досягнення ГДС речовин, підготовка документів - проектів ГДС, ТПС речовин і плану заходів.

Весь комплекс робіт по визначенню розрахункових умов, розрахунку ГДС і підготовці проектів документів для затвердження величин ГДС, ТПС речовин і планів заходів здійснюється за замовленнями підприємств-водокористувачів організаціями - розробниками проектів ГДС (УкрНЦОВ Мінприроди України (головна організація), його державне дочірнє підприємство ПНДТЕП; інші організації, що отримали дозвіл Мінприроди України на засаді їх атестації).

Підготовка вихідних даних для визначення розрахункових умов скиду зворотних вод здійснюється підприємствами-водокористувачами - щодо фактичних характеристик водозаборів і випусків зворотних вод, фактичних та проектних характеристик водоохоронних споруд і планових заходів, якості води водного об'єкта до скиду і після скиду зворотних вод (якщо такі заміри ведуться підприємством). Ними ж подаються до обласних та інших місцевих органів Мінприроди України запити щодо встановлення виду водокористування водних об'єктів або їх ділянок.

Визначення розрахункових умов скиду зворотних вод здійснюється розробником ГДС. При визначенні розрахункових умов використовуються інформаційні бази і бази даних про норми якості води, розрахункові мінімальні

витрати річок, природні фонові концентрації речовин у водних об'єктах, техніко-економічні характеристики типових і найкращих можливих технологій обробки (очищення) стічних вод (для формування проектів планів заходів щодо досягнення ГДС речовин), які можуть надаватись УкрНЦОВ

Розрахунок величин ГДС і визначення величин ТПС речовин, розробка проектів планів заходів щодо досягнення ГДС, підготовка документів (етапи 3, 4, 5) здійснюються розробником ГДС (за участю водокористувача).

Для узгодження і затвердження проектів ГДС речовин від підприємства-водокористувача подаються такі матеріали, отримані від розробника ГДС: обґрунтовуючі матеріали (пояснювальна записка), які містять вихідні дані, правове та методичне обґрунтування, розрахункові умови, розрахунок ГДС речовин, визначення ТПС речовин, розробку пропозицій щодо водоохоронних заходів; проекти ГДС і ТПС речовин, плану заходів щодо досягнення ГДС.

При відсутності обґрунтовуючих матеріалів проекти величин ГДС і ТПС речовин не розглядаються.

Перегляд ГДС речовин виконується не рідше одного разу на п'ять років. Якщо після закінчення строку дії ГДС речовин підприємство-водокористувач не подає клопотання про його перегляд або продовження, то орган Мінприроди України повинен скасувати дозвіл на спецводокористування і ліміти скидів забруднюючих речовин встановлювати на рівні ГДК. Без затверджених ГДС речовин дозволи на спеціальне водокористування не видаються.

З метою подальшого удосконалення системи екологічного контролю зворотних вод введений в дію контроль гранично допустимих рівнів токсичності (ГДРТ), який поряд з системою розрахунків та встановлення ГДС речовин повинен підвищити ефективність системи управління якістю поверхневих вод.

Для діючих підприємств-водокористувачів, які скидають зворотні води у поверхневі води, встановлюються фактичні рівні токсичності (ФРТ), тимчасово погоджені рівні токсичності (ТПРТ) та ГДРТ.

Підготовка вихідних даних і визначення розрахункових умов

Розрахунок величин ГДС речовин у водний об'єкт із зворотними водами виконується з урахуванням:

- а) норм якості води і ГДК речовин у воді водного об'єкта в лімітуючому контрольному створі;
- б) фонові якості води водного об'єкта до місця впливу випуску зворотних вод;
- в) витрат, складу і режиму надходження зворотних вод за період дії встановлюваних ГДС речовин;
- г) впливу на водний об'єкт на ділянці від місця випуску зворотних вод до лімітуючого контрольного створу інших випусків зворотних вод, господарських факторів;
- д) ступеня змішування зворотних вод з водою водного об'єкта на ділянці від місця їх випуску до лімітуючого контрольного створу;

е) кратності розбавлення зворотних вод водою водного об'єкта в зоні їх початкового змішування і лімітуючому контрольному створі;

е) природного самоочищення вод від речовин, що надходять, на ділянці від місця випуску зворотних вод до лімітуючого контрольного створу (процеси самоочищення враховуються, якщо вони достатньо виражені, а їх закономірності достатньо вивчені).

Для розрахунку величин ГДС речовин використовується сукупність фактичних, або розрахункових вихідних даних, що включає:

- гідрографічні, морфометричні, розрахункові гідрологічні і гідрохімічні характеристики водних об'єктів у розрахункових (контрольних, фонових, гирлових і т.д.) створах, коефіцієнти не консервативності речовин у воді водних об'єктів;

- розрахункові кількісні і якісні характеристики основних генетичних складових стоку, що формуються на ділянках басейну між суміжними створами: природної складової (підземного живлення та поверхневого стоку з природних територій водозбору), поверхневого стоку з промислово-житлових (забудованих) і сільськогосподарських (орних) територій;

- фактичні і задані (проектні) або розрахункові витрати і склад скидуваних зворотних вод, спрацьовуваної води водосховищ і ставків, перекидуваного стоку, витрати водозаборів;

місця розташування водокористувачів та інших господарських впливів на водні об'єкти по гідрографічній мережі, вимоги водокористувачів до якості води;

- техніко-економічні характеристики реалізованих, тих, що плануються, і можливих водоохоронних заходів.

Для визначення розрахункових умов, за яких формуються найменші розрахункові величини асимілюючої спроможності річок басейну, необхідно застосовувати такі стандартні регламенти розрахункових характеристик річок і господарських факторів:

а) витрати водозаборів і скидів зворотних вод - максимальні годинні по лімітуючих сезонах року за період дії встановлених ГДС речовин;

б) склад скидуваних зворотних вод - такий, що не перевищує значень фактичних середніх та відповідних типовому способу очищення концентрацій речовин;

в) витрати води на незарегульованих. (необводнюваних) ділянках річок - розрахункові мінімальні середньомісячні по лімітуючих сезонах року 95%-ної.забезпеченості з урахуванням впливу господарської діяльності;

г) витрати води на зарегульованих (обводнюваних) ділянках річок - встановлені гарантовані витрати або санітарні попуски;

д) якість води річок у фонових створах - розрахункова фонові для лімітуючих сезонів року за заданих розрахункових умов, що передбачають дотримання ГДС речовин по випусках зворотних вод і норм якості води у прикордонних створах на розташованих вище за течією ділянках басейну;

е) швидкості течії річок - відповідні до прийнятих розрахункових витрат води по лімітуючих сезонах року;

є) коефіцієнти неконсервативності речовин - розрахункові на основі даних замірів або опублікованих мінімальних значень з урахуванням швидкості течії і температури води;

ж) витрати поверхневого і підземного стоку - відповідно до розрахункових величин поверхневої та підземної складових стоку річок в лімітуючі сезони року 95%-ної забезпеченості;

з) склад поверхневого дощового стоку з забудованих територій - розрахунковий для стоку дощових вод при значеннях періоду однократного перевищення розрахункової інтенсивності дощу в межах від 0,05 до 0,1 року;

й) склад поверхневого дощового стоку з сільськогосподарських і природних територій - розрахунковий для рідкого і твердого стоку максимальних дощових паводків 25%-ної забезпеченості;

і) склад скидних і дренажних вод - найгірший розрахунковий середньомісячний для умов лімітуючих сезонів року 95%-ної забезпеченості.

Підготовка вихідних даних і визначення розрахункових умов

Збір первинної вихідної інформації і визначення на її основі регламентованих розрахункових даних здійснюються розробником ГДС.

Для визначення складу розрахункових даних про водні об'єкти використовуються такі первинні вихідні дані:

1. структура гідрографічної мережі басейну;
2. водозбірні площі водних об'єктів та їх ділянок;
3. довжина водних об'єктів та їх ділянок, площі водойм;
4. коефіцієнти звивистості водних об'єктів та їх ділянок;
5. глибина водних об'єктів;
6. ширина водних об'єктів;
7. коефіцієнти шорсткості ложа і нижньої поверхні льоду;
8. види водокористування водних об'єктів або їх ділянок;
9. норми якості води, ГДК, ЛОШ і класи небезпечності речовин;
10. коефіцієнти неконсервативності речовин у воді водних об'єктів;
11. розташування створів (пунктів) спостережень за якістю води на гідрографічній мережі;
12. якість води водних об'єктів (включаючи густоту морської води біля поверхні моря і на глибині випуску зворотних вод);
13. швидкість течії (для прибережної зони моря - напрямок течії і швидкість вітру над поверхнею води);
14. витрати води річок;
15. об'єми (рівні) води і гідрологічний режим водойм.

Підготовка вихідних даних і визначення розрахункових умов необхідні для розрахунку якості води водних об'єктів, величин ГДС і ТПС речовин.

Первинна вихідна інформація подається водокористувачами і характеризує:

1. найменування і коди власників, розташування місць водозаборів і випусків зворотних вод на гідрографічній мережі;
2. конструктивні особливості випусків зворотних вод;
3. призначення та інші особливості водозаборів;

4. типи і категорії скидуваних зворотних вод;
5. витрати і режим водозаборів і скидів зворотних вод;
6. склад і властивості зворотних вод до і після очищення (включаючи густоту зворотних вод - при їх випуску в море); .
7. типи, продуктивність і проектну (або нормалізовану) ефективність роботи діючих очисних споруд;
8. те саме для очисних споруд, які будуються, проектується;
9. планові витрати (не більше встановлених у дозволі на спецводокористування) і склад зворотних вод на перспективу дії встановлюваних ТПС та ГДС речовин;
10. якість води водних об'єктів до і після-випусків зворотних вод.

Підготовлена інформація про випуски зворотних вод і водозабори систематизується в таблиці.

Водоохоронні заходи (споруди).

Вихідна інформація необхідна для розрахунку ГДС і ТПС речовин, розробки плану заходів щодо поетапного досягнення ГДС речовин. Вона подається водокористувачем і включає:

1. характеристику складу і технічного стану діючих очисних споруд;
2. характеристику витрат і складу стічних вод основних підприємств-абонентів;
3. наявні плани поточних заходів щодо зменшення скиду речовин із зворотними водами;
4. наявні перспективні плани або генеральні проекти вдосконалення водного господарства, очищення зворотних вод;
5. техніко-економічні характеристики можливих водоохоронних заходів.

Водоохоронний ефект від реалізації запланованих заходів, що потребують капітального будівництва, визначається за даними проектів або нормативно-довідкових джерел. При відсутності таких даних або при необхідності вибору додаткових заходів, що забезпечують досягнення величин ГДС по всіх речовинах, присутніх у зворотних водах, розробникам ГДС рекомендується використовувати матеріали по техніко-економічних характеристиках водоохоронних заходів, що розроблені в УкрНЦОВ.

Контроль за дотриманням встановлених обмежень на скид зворотних вод

Контроль за дотриманням встановлених обмежень на скид зворотних вод, які вказані у затверджених документах, що визначають ГДС, ТПС речовин і плани водоохоронних заходів, здійснюється органами Мінприроди України на підставі даних, що представляються водокористувачами, контрольних замірів і обстежень.

Контроль здійснюється згідно з чинним законодавством і нормативними документами, що регламентують порядок проведення контролю за водоохоронною і водогосподарською діяльністю водокористувачів, у тому числі "Правилами охорони поверхневих вод", "Инструкцией по отбору проб для анализа сточных вод" (НВН 33-5.3.01-85) та ін.

До показників, що контролюються, входять:

а) витрата зворотних вод (куб.м/год.), концентрації нормованих речовин (мг/л) і показники властивостей зворотних вод на скиді у водний об'єкт, контроль яких здійснюється шляхом порівняння вимірних показників із відповідними одноіменними встановленими показниками (фактичними, відповідними ТПС, відповідними ГДС);

б) скид (маса) нормованих речовин із зворотними водами (г/год.), контроль якого здійснюється шляхом порівняння його розрахункових значень (на основі вимірних показників витрат зворотних вод і концентрацій в них речовин) із встановленими фактичними показниками, показниками ТПС і ГДС відповідних речовин;

в) показники плану заходів щодо досягнення ГДС, контроль яких здійснюється шляхом порівняння фактичних строків реалізації і показників водоохоронного результату (ефекту) цих заходів із відповідними показниками, що вказані в плані.

На підставі результатів контролю в установленому порядку складається акт, в якому констатується дотримання чи порушення встановлених обмежень на скид зворотних вод (показників їх витрати і складу, скиду речовин, плану заходів) і вказуються заходи щодо усунення порушень та строки їх виконання.

Розробка проектів тимчасово погоджених скидів (ТПС) речовин і планів заходів щодо поетапного досягнення ГДС

Головними напрямками формування планів заходів, що ведуть до досягнення величин ТПС і ГДС речовин, є такі:

- удосконалення основного виробництва і його технології;
- створення і удосконалення споруд для очищення зворотних вод перед скидом до водного об'єкта;
- створення і удосконалення систем попереднього очищення стічних вод перед скидом на інші очисні споруди;
- створення і удосконалення систем оборотного водопостачання;
- створення і удосконалення систем повторного використання зворотних вод;
- створення систем передачі стічних вод на інші очисні споруди;
- удосконалення природно-технічних систем.

Вказана вище класифікація видів водоохоронних заходів об'єднується з можливими етапами їх реалізації, які включають:

1) оргтехзаходи, спрямовані на удосконалення експлуатації існуючих виробництв, водогосподарських систем і споруд для досягнення проектних показників або покращення таких показників;

2) реконструкцію виробництв, водогосподарських систем і споруд (без докорінної зміни основної технології виробництва, обробки і використання зворотних вод);

3) будівництво нових виробництв, водогосподарських систем і споруд або нових їх основних блоків.

Сукупність параметрів технічних засобів і технологій виробництва, що включають техніко-економічні показники ефективності виробництва, обробки і

утилізації відходів, складає інформаційну базу розробки плану заходів щодо досягнення ГДС речовин.

Джерела для формування інформаційної основи розробки планів водоохоронних заходів такі:

- проектні і фактичні характеристики існуючих водоохоронних споруд і споруд-аналогів;
- довідкові матеріали про технічні характеристики, вартість і нормативні строки будівництва водоохоронних споруд;
- інформаційна база техніко-економічних характеристик водоохоронних споруд, що підготовлена УкрНЦОВ, і надається розробникам ГДС за їх замовленнями.

Розробка плану водоохоронних заходів, а, отже, і визначення величин ТПС речовин здійснюється як для кожного окремого випуску, так і для підприємств (організацій), що мають декілька випусків, або декількох водогосподарських об'єктів з окремими випусками зворотних (стічних) вод.

Вибір виду і послідовності реалізації водоохоронних заходів для кожного окремого випуску здійснюється так, щоб гарантувалося досягнення величин ГДС речовин з мінімальними капітальними витратами у нормативні строки введення в дію споруд і реалізації інших заходів.

Для визначення черговості водоохоронних заходів мають використовуватись надійні вихідні дані, включені в систему нормативних, передпроектних і проектних документів, регламентуючих водокористування, серед них:

- сукупність даних, що характеризують фактичний скид, ТПС і ГДС речовин;
- сукупність даних, що характеризують водоохоронні заходи, насамперед, по капітальних витратах;
- сукупність даних, що характеризують плату за скидання речовин і відображають одночасно збиток від забруднення природного середовища..

Одночасно з формуванням черговості заходів підраховується зростаючим підсумком сума капітальних витрат на них. Формування сукупності першочергових заходів закінчується, коли вичерпуються задані сумарні значення капітальних витрат

З метою досягнення величин ГДС, забезпечення надійної роботи очисних споруд і мереж каналізації власники централізованих каналізаційних господарств повинні встановлювати обмеження на склад і властивості зворотних (стічних) вод, що відводяться підприємствами-абонентами до каналізаційної мережі.

Зміст матеріалів, що обґрунтовують проекти ГДС, ТПС речовин, і плану заходів щодо досягнення ГДС

Матеріали, що обґрунтовують проекти ГДС, повинні включати результати виконання наступних етапів робіт (у вигляді розділів пояснювальної записки).

1. Підготовка вихідних даних для розрахунку ГДС речовин:

а) санітарно-технічне обстеження джерел скиду, визначення концентрацій забруднюючих речовин у зворотних водах (виконання аналізів або використання даних існуючих аналізів);

б) збір вихідних даних для розробки проекту ГДС (про водні об'єкти, водокористувачів у межах басейну чи його ділянки і т.ін.);

в) складання гідрографічної схеми в межах адміністративного поділу (області) з відображенням місць водозаборів, випусків зворотних вод, тощо.

2. Правове та методичне обґрунтування схеми і моделі розрахунку ГДС речовин, виходячи із специфіки водокористування (видів водокористування і лімітуючих контрольних створів, типів зворотних вод, водних об'єктів і т. ін.).

3. Визначення розрахункових умов та розробка проекту (розрахунок) ГДС речовин:

а) обробка даних замірів витрат і хімічних аналізів складу та властивостей зворотних вод;

б) розрахунок гідрологічних режимів та фонові якості води водного об'єкта (з урахуванням даних про природну якість води);

в) складання схеми випусків зворотних вод водокористувача;

г) розрахунок величин допустимих концентрацій та ГДС речовин (вказати використану програму розрахунків на ПЕОМ).

4. Визначення величин ТПС речовин і розрахунок якості води водного об'єкта для оцінки ефективності досягнення ТПС і ГДС речовин:

а) визначення величин ТПС речовин з урахуванням заходів щодо досягнення ГДС речовин;

б) розрахунок якості води водного об'єкта для оцінки ефективності досягнення ТПС і ГДС речовин.

5. Розробка пропозицій до плану заходів щодо досягнення ГДС речовин та оформлення документів- проектів ГДС, ТПС речовин і плану заходів (для узгодження та затвердження).

Матеріали, що обґрунтовують, (пояснювальна записка) доповнюються офіційними справками про погодження:

а) вихідних даних про водний об'єкт (вид водокористування, лімітуючий контрольний створ, фактичну фонову якість води і т.ін.) - з місцевим органом Мінприроди України;

б) місцезнаходження випусків зворотних вод щодо межі населених пунктів - з місцевим органом у справах будівництва та архітектури;

в) даних про розрахункову (в тому числі природну) фонову якість води, прийнятих технологій очищення зворотних вод - з відповідними організаціями.

Загальні принципи розрахунку ГДС

Величини ГДС визначаються як добуток максимальної годинної витрати зворотних вод g' , $m^3/год.$ на допустиму концентрацію забруднюючої речовини $C_{гдс}$, $г/ m^3$. При розрахунку умов скиду зворотних вод спочатку визначається значення $C_{гдс}$, що забезпечує нормативну якість води в контрольних створах з урахуванням вимог. Далі визначається ГДС за формулою:

$$ГДС = g' \cdot C \text{ гдс.}$$

Якщо фонові концентрації забруднюючої речовини у водному об'єкті не перевищує ГДК, Сгдс визначається залежно від типу водного об'єкта.

Згідно Інструкції розрахунку ГДС речовин у водні об'єкти із зворотними водами здійснюються на основі басейнового принципу з урахуванням впливу всіх джерел надходження зворотних вод на якість води в контрольних створах і оптимального розподілу асимілюючої спроможності водних об'єктів між водокористувачами (випусками зворотних вод).

При встановленні ГДС речовини у водний об'єкт, виходячи із забезпечення нормативних вимог до складу і властивостей води водних об'єктів у контрольних створах відповідно до діючих нормативних документів, Сгдс визначається з урахуванням норм вмісту і ГДК речовин, у місцях водокористування, асимілюючої спроможності водного об'єкта і оптимального розподілу допустимих до скиду мас речовин між водокористувачами, що скидають зворотні води.

Розрахунок ГДС для водотоків

Для окремого випуску розрахункова формула при визначенні Сгдс без урахування неконсервативності речовини має вигляд:

$$Сгдс = n (Сгдк - Сф) + Сф ;$$

де: Сгдк - гранична допустима концентрація забруднюючої речовини у воді водотоку, г/м³, Сф - розрахункова фонові концентрація забруднюючої речовини у водотоці до випуску зворотних вод; г/м³; n - кратність загального розбавлення зворотних вод у контрольному створі водотоку.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДСТУ 4808-2007 Джерела централізованого питного водопостачання Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання.
2. ДСТУ 2569-94 Водопостачання і каналізація. Терміни та визначення.
3. ДСТУ 3041-95 Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Гідросфера. Використання і охорона води. Терміни і визначення.
4. ДСТУ 3928-99 Охорона природи. Гідросфера. Токсикологія води. Терміни і визначення.
5. ДСТУ 3959-2000 Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами. Методики біотестування води. Настанови.
6. ДСТУ: 2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості.
7. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» від 10 січня 2002 р. N82918-111.
8. Закон України « Про загальнодержавну програму « Питна вода України на 2006-2020 роки» від 03.03.2005 № 2453- IV.
9. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології: теорія та практикум. Навчальний посібник.- К.: Лібра, 2002.-352 с.
10. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. - 704 с.
11. Даценко І.І. Гігієна та екологія людини. – Львів: Афіша, 2000.- 246 с.
12. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10).
13. Гончарук О.В. Основи екології: Навчальний посібник для підготовки бакалаврів / Гончарук О.В., Маниліч М.І., Волощук К.О. – Чернівці: Видавництво „Книги ХХІ». – 2008. – 128 с.
14. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. - Львів: „Новий світ - 2000”, 2003. -248 с.
15. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. - К.: Вища школа, 2005. - 671 с.
16. ДСанПіН №136/1940-97. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання. - К.: МОЗ, 1997. - 10с.
17. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. - К.: Вища школа, 2005. - 671 с.
18. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. - Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2003. - 622 с.
19. Комунальная гигиена / Е. И. Гончарук, В. Г. Бардов, С. И. Гаркавий, А. П. Яворовский и др.; под ред. Е. И. Гончарука. – К.: Здоров'я, 2006. – 792 с.
20. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація. - К.:Кондор, 2003. - 288с.
21. Методы исследования качества воды водоемов / Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н.: Под ред. А.П. Шицковой. – М.: Медицина, - 1990. – 400с.

22. Найманов А.Я., Никиша С.Б. и др. Водоснабжение. - Донецк: Норд-Пресс, 2004. - 649 с.
23. Руководство к лабораторным занятиям по коммунальной гигиене: Учебн. пособие / Е.И. Гончарук, Р.Д. Габович, С.И. Гаркавый и др.; Под ред. Е.И. Гончарука. – М.: Медицина, 1990. – 416 с.: ил.
24. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения СанПиН 4630-88. – М., 1989.
25. Василенко О.А. Сучасні технології очищення стічних вод / О.А. Василенко, В.О. Терновцев, Л.О.Василенко та інші // – К.: ДПК Мінекобезпеки України, 1998. - 62 с.
26. Тугай А.М.. Водопостачання. Тугай А.М., Орлов В.О. - Рівне: РДТУ, 2001. - 429 с.

Зміст

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ГІГІЄНІЧНІ ВИМОГИ ДО ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ	
1.1. Гігієнічні критерії якості питної води	4
1.2. Паспортизація джерел водопостачання. Відбір, зберігання і транспортування проб води.....	15
1.3. Визначення органолептичних властивостей води	19
1.4. Визначення радіоактивності води.....	28
ДОСЛІДЖЕННЯ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ВОДИ	30
1.5. Визначення кислотності та лужності вод.....	31
1.6. Визначення окиснюваності води.....	36
1.7. Визначення розчиненого у воді кисню	40
1.8. Визначення біохімічної потреби кисню (БСК).....	43
1.9. Визначення твердості води.....	45
1.10. Визначення хімічних показників процесу мінералізації води.....	48
1.11. Визначення вмісту ртуті у воді.....	66
1.12. Визначення вмісту кадмію з дитизоном.....	68
1.13. Визначення свинцю з сульфарсазеном.....	71
1.14. Визначення вмісту миш'яку з діетилдитіокарбаматом срібла.....	74
1.15. Визначення алюмінію з алюміноном	77
1.16. Турбідиметричне визначення барію	79
1.17. Визначення вмісту міді з свинець діетилдитіокарбаматом.....	80
1.18. Визначення вмісту цинку з дитизоном.....	81
1.19. Визначення вмісту хрому з дифенілкарбазидом	84
ВИЗНАЧЕННЯ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН	86
1.20. Визначення сумарного вмісту аніоноактивних речовин з метиленовим синім.....	86
1.21. Визначення поліакриламід у аміаком.....	90
1.22. Визначення піридину з барбітуровою кислотою.....	91
1.23. Визначення загальної токсичності водного середовища	93
1.24. Визначення мікробного та гельмінтологічного забруднення води.....	95
1.25. Методи очищення і знезаражування води.....	100
РОЗДІЛ 2. САНІТАРНО - ГІГІЄНІЧНА І ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ	113
РОЗДІЛ 3. САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНИЙ КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	120
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ВОДОЙМ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ СТІЧНИМИ ВОДАМИ.....	129
Додатки.....	139
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	173

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Вороняк Володимир Володимирович
Козенко Оксана Віталіївна
Двилюк Ігор Володимирович

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ ТА ОХОРОНА
ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ