

Дніпропетровський національний університет  
імені Олеся Гончара  
Кафедра гідрометеорології та геоекології

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**З ОЦІНКИ ЯКОСТІ ВОДИ**  
**ДЛЯ ГОСПОДАРСЬКО-ПИТНОГО ТА КУЛЬТУРНО-ПОБУТОВОГО**  
**ВИКОРИСТАННЯ**

Дніпропетровськ  
2016

Методичні вказівки призначені для студентів, що навчаються за освітньо-професійною програмою підготовки «Гідрометеорологія» у період аудиторного навчання та практичної підготовки.

Розглядаються питання оцінки якості води за фізичними та хімічними показниками, джерела надходження забруднення у воду водних об'єктів та їх вплив на здоров'я населення, рекомендації з відбору проб на хімічний аналіз.

Укладачі: Шерстюк Н.П. – докт. геогр. наук, доцент  
Доценко Л.В. – канд. біол. наук, доцент  
Сібуль Т.В. – канд. біол. наук, доцент

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
1. ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ, ЯКІ ЛІМІТУЮТЬСЯ	6
2. ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ	7
2.1. Кольоровість	7
2.2. Запах	7
2.3. Смак і присмак	8
2.4. Каламутність	8
2.5. Прозорість	9
2.6. Піннявість	9
3. ЗАГАЛЬНО САНІТАРНІ ПОКАЗНИКИ	10
3.1. Водневий показник (рН)	10
3.2. Лужність і кислотність	10
3.3. Мінеральний склад	11
3.4. Сухий залишок	12
3.5. Загальна жорсткість, кальцій і магній	12
3.6. Розчинений кисень	12
3.7. Біохімічне споживання кисню (БСК)	14
3.8. Біогенні елементи	15
3.8.1. Амоній	15
3.8.2. Нітрити	16
3.8.3. Нітрати	16
3.8.4. Фосфати і загальний фосфор	17
3.8.5. Фтор (фториди)	17
3.9. Метали	17
3.9.1. Залізо загальне	17
3.9.2. Сума важких металів	18
3.10. Активний хлор	20
4. ІНТЕГРАЛЬНА І КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ	22
5. НОРМАТИВИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВОД	26
6. ВІДБІР ПРОБ ВОДИ ТА ЇХ КОНСЕРВАЦІЯ	34
6.1. Особливості відбору проб води з водних об'єктів різного типу	34
6.2. Технологія відбору проб води на хімічний аналіз	38

## ПЕРЕДМОВА

За нормативами якості, визначальним наявність і допустимі концентрації домішок, води розрізняють як питну, природні води (водойм господарсько-питного, культурно-побутового та рибогосподарського призначення) і стічні води (нормативно-очищені, стоки невідомого походження, зливи). Іноді виділяють також різні види джерел водоспоживання, наприклад, водопровід, колодязі, артезіанські свердловини, підземні джерела і поверхневі джерела та ін. Подібне виділення проводиться в тих випадках, коли необхідно врахувати специфіку джерела, або коли можна очікувати будь-які характерні способи забруднення води, а також шляхи поширення забруднень.

Нормативи якості води різних джерел – гранично-допустимі концентрації (ГДК), орієнтовні допустимі рівні (ОДР) і орієнтовно-безпечні рівні впливу (ОБРВ) - містяться в нормативно-технічній літературі, складовій водно-санітарного законодавства. До них, зокрема, відносяться Державні стандарти - ГОСТ 2874, ГОСТ 24902, ГОСТ 17.1.3.03, різні переліки, норми, ОБРВ, санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднень стічними водами БНіП № 4 630 та ін.

Серед нормативів якості води встановлюються лімітуючі показники шкідливості – органолептичні, санітарно-токсикологічні чи загальносанітарні (рис.). Лімітуючий показник шкідливості – це ознака, що характеризується найменшою нешкідливою концентрацією речовини у воді.

До органолептичних лімітуючих показників відносяться нормативи для тих речовин, які обумовлюють незадовільну органолептичну оцінку (за смаком, запахом, кольором, пінистістю) при концентраціях, що знаходяться в межах допустимих значень. Так, ГДК для фенолу, встановлювана за наявності запаху, становить 0,001 мг / дм<sup>3</sup> за умови хлорування води, і 0,1 мг / дм<sup>3</sup> - у відсутності хлорування. До органолептичних лімітуючих показників відносять також ГДК для сполук хрому (VI) і хрому (IV), які дають забарвлення; мають запах і характерний присмак гасу і хлорофосу; утворюють піну сульфолану і т.п.

Лімітуючі загально-санітарні показники встановлюються у вигляді нормативів для відносно малотоксичних і нетоксичних сполук - наприклад, оцтової кислоти, ацетону, дибутилфталата і т.п. Для решти (основної маси) шкідливих речовин встановлені лімітуючі санітарно-токсикологічні показники шкідливості.

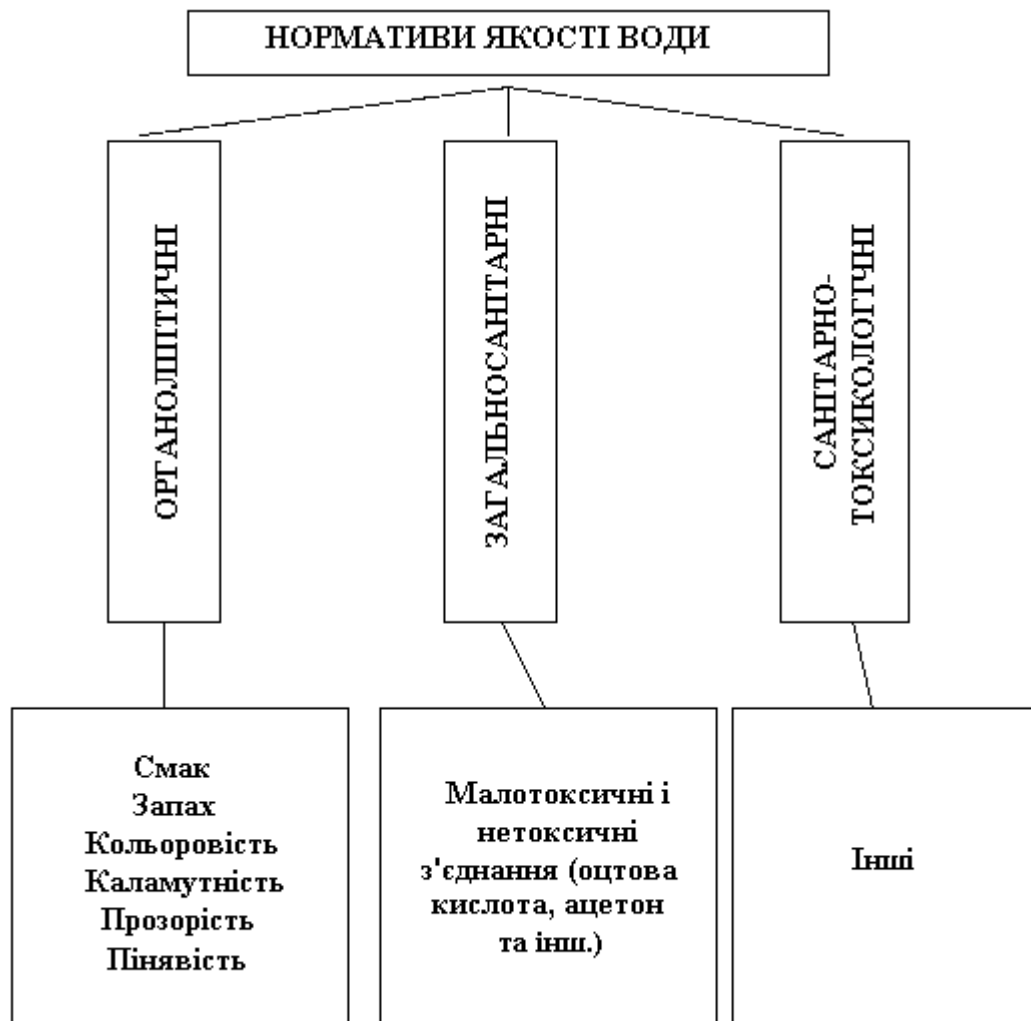


Рис. – Нормативи якості води

## 1. ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ, ЯКІ ЛІМІТУЮТЬСЯ

До головних фізичних властивостей води відносять запах, смак, кольоровість, каламутність, температуру, щільність, електропровідність. Деякі з них, а саме, запах, смак, кольоровість, каламутність відносяться до органоліптичних показників. Температура, щільність, електропровідність не є показниками, що лімітують придатність води для питних цілей. У той же час температура є важливою гідрологічною характеристикою водойми, показником можливого теплового забруднення.

Теплове забруднення водойми відбувається зазвичай в результаті використання води для відводу надлишкового тепла і скидання води з підвищеною температурою у водойму. При тепловому забрудненні відбувається підвищення температури води у водоймі в порівнянні з природними значеннями температур в тих же точках у відповідні періоди сезону.

Основні джерела промислових теплових забруднень - теплі води електростанцій (насамперед атомних) і великих промислових підприємств, що утворюються у результаті відведення тепла від нагрітих агрегатів і машин.

Електростанції часто скидають у водойми воду, яка має температуру на 8-12 ° С більше, ніж та, що відбирається з тієї ж водойми. Теплове забруднення небезпечно тим, що викликає інтенсифікацію процесів життєдіяльності і прискорення природних життєвих циклів водних організмів, зміну швидкостей хімічних і біохімічних реакцій, які відбуваються у водоймі.

В умовах теплового забруднення значно змінюються кисневий режим і інтенсивність процесів самоочищення водойми, змінюється інтенсивність фотосинтезу та ін. У результаті цього порушується, часто незворотно, природний баланс водойми, складаються особливі екологічні умови, що негативно позначаються на тваринному і рослинному співтоваристві, зокрема:

- підігріта вода дезорієнтує водні організми, створює умови для виснаження харчових ресурсів;
- посилюються температурні відмінності по вертикальних верствах, особливо в холодний сезон, за «вивернутим» типом, який протилежний тому, який складається в результаті природного розподілу температур води;
- при підвищенні температури води, зменшується концентрація розчиненого кисню, що посилює кисневий режим, особливо в зонах скидання комунально-побутових стоків;
- при підвищеній температурі багато водні організми, і зокрема риби, перебувають у стані стресу, що знижує їх природний імунітет;
- відбувається масове розмноження синьо-зелених водоростей;
- утворюються теплові бар'єри на шляхах міграцій риби;
- зменшується видове різноманіття рослинного і тваринного «населення» водоймищ тощо.

Встановлено: щоб не допустити незворотних порушень екологічної рівноваги, температура води у водоймі влітку внаслідок спуску забруднених (теплих) вод не повинна підвищуватися більш ніж на 3 ° С у порівнянні із середньомісячною температурою самого жаркого року за останні 10 років.

## 2. ОРГАНОЛЕПТИЧНІ ПОКАЗНИКИ

Органолептична оцінка приносить багато прямої і непрямой інформації про склад води і може бути проведена швидко і без будь-яких приладів. До органолептичних характеристик відносяться кольоровість, каламутність (прозорість), запах, смак і присмак, піннявість.

### 2.1. Кольоровість

Кольоровість – природна властивість природної води, обумовлена присутністю гумінових речовин і комплексних сполук заліза. Кольори води може визначатися властивостями і структурою дна водойми, характером водної рослинності, прилеглих до водойми ґрунтів, наявністю в басейні боліт і торфовищ та ін. Кольоровість води визначається візуально або фотометрично, порівнюючи забарвлення проби з забарвленням умовної 100-градусної шкали кольоровості води, яка підготовлюється з суміші біхромату калію  $K_2Cr_2O_7$  і сульфату кобальту  $CoSO_4$ . Для води поверхневих водоймищ цей показник допускається не більше 20 градусів за шкалою кольоровості.

### 2.2. Запах

Запах води обумовлений наявністю в ній летючих пахучих речовин, які потрапляють у воду природним шляхом або зі стічними водами. Практично всі органічні речовини (особливо рідкі) мають запах і передають його воді. Зазвичай запах визначають при нормальній ( $20\text{ }^\circ\text{C}$ ) і при підвищеній ( $60\text{ }^\circ\text{C}$ ) температурі води.

Запах за характером поділяють на дві групи, описуючи його суб'єктивно за своїми відчуття: 1) природного походження (від живих і відмерлих організмів, від впливу ґрунтів, водної рослинності тощо); 2) штучного походження. Такі запахи зазвичай значно змінюються при обробці води (рис.2.1).

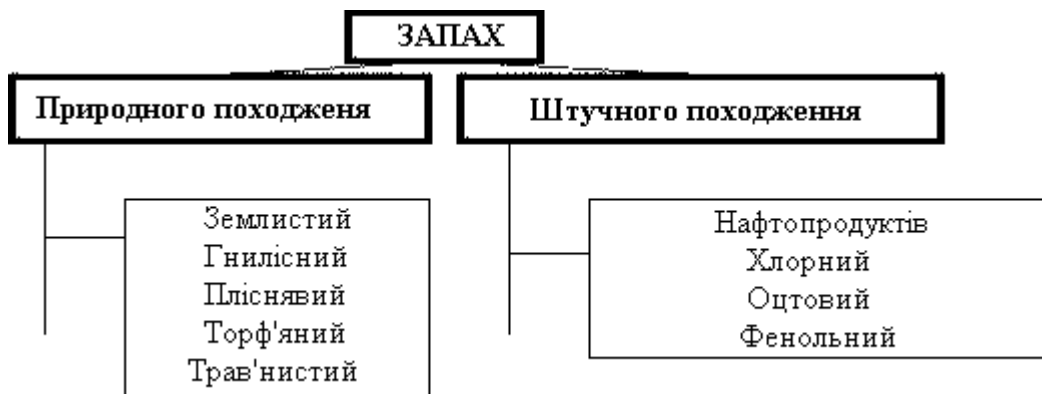


Рис. 2.1 – Характеристика запаху проб води

Інтенсивність запаху оцінюють за 5-бальною шкалою, наведеною в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Вимоги до визначення характеру й інтенсивності запаху

Інтенсивність запаху	Характер прояву запаху	Оцінка інтенсивності запаху
Немає	Запах не відчувається	0
Дуже слабка	Запах відразу не відчувається, але виявляється при ретельному дослідженні (при нагріванні води)	1
Слабка	Запах помічається, якщо звернути на це увагу	2
Помітна	Запах легко помічається і викликає неохвальний відгук про воду	3
Виразний	Запах звертає на себе увагу і примушує утриматися від пиття	4
Дуже сильний	Запах настільки сильний, що робить воду непридатною до вживання	5

Для питної води допускається запах не більше 2 балів.

Можна кількісно визначити інтенсивність запаху як ступінь розведення аналізованої води водою, позбавленої запаху. При цьому визначають «порогове число» запаху.

### 2.3. Смак і присмак

Оцінку смаку води проводять питної природної води при відсутності підозр на її забрудненість. Розрізняють 4 смаки: солоний, кислий, гіркий, солодкий. Інші смакові відчуття вважаються присмаками (солонуватий, гіркуватий, металевий, хлорний і т.п.).

Інтенсивність смаку і присмаку оцінюють за 5-бальною шкалою, наведеною в табл. 2.2. При визначенні смаку і присмаку воду **не проковтувати!**

Для питної води допускаються значення показників смак і присмак не більше 2 балів.

### 2.4. Каламутність

Каламутність води обумовлена вмістом зважених у воді дрібнодисперсних домішок - нерозчинних або колоїдних часток різного походження. Каламутність води обумовлює і деякі інші характеристики води - такі як:

- наявність осаду, який може бути відсутнім, бути незначним, помітним, великим, дуже великим, сягаючим міліметрів;
- зважені речовини, або грубодисперсні домішки – визначаються гравіметрично після фільтрування проби, по приросту висушеного фільтра. Цей показник зазвичай малоінформативний і має значення, головним чином, для стічних вод;
- прозорість, вимірюється як висота стовпа води, при погляді крізь який на білому папері можна розрізнити стандартний шрифт.



Таблиця 2.2 – Вимоги до визначення характеру й інтенсивності смаку і присмаку

Інтенсивність смаку і присмаку	Характер прояву смаку і присмаку	Оцінка інтенсивності смаку і присмаку
Немає	Смак і присмак не відчуються	0
Дуже слабкий	Смак і присмак відразу не відчуються споживачем, але виявляються при ретельному тестуванні	1
Слабкий	Смак і присмак помічаються, якщо звернути на це увагу	2
Помітний	Смак і присмак легко помічаються і викликають несхвальний відгук про воду	3
Виразний	Смак і присмак звертають на себе увагу і змушують утриматися від пиття	4
Дуже сильний	Смак і присмак настільки сильні, що роблять воду непридатною до вживання	5

Каламутність води має наступну класифікацію:

- каламутність не помітна (відсутня)
- слабо опалесцентна
- опалесцентна
- слабо каламутна
- каламутна
- дуже каламутна

## 2.5. Прозорість

Прозорість, чи світлопропускання, води обумовлено її кольором і каламутністю, тобто вмістом у ній різних забарвлених і мінеральних речовин. Прозорість води часто визначають поряд з каламутністю, особливо в тих випадках, коли вода має незначні забарвлення і каламутність, які складно виявити.

## 2.6. Пінявість

Пінистістю вважається здатність води зберігати штучно створену піну. Даний показник може бути використаний для якісної оцінки присутності таких речовин, як детергенти (поверхнево-активні речовини) природного і штучного походження та ін. Пінистість визначають, в основному, при аналізі стічних і забруднених природних вод.

### 3. ЗАГАЛЬНО САНІТАРНІ ПОКАЗНИКИ

#### 3.1. Водневий показник (рН)

Водневий показник (рН) являє собою негативний логарифм концентрації водневих іонів в розчині:  $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$ . Для всього живого у воді (за винятком деяких кислотостійких бактерій) мінімально можлива величина  $\text{pH} = 5$ ; дощ, що має  $\text{pH} < 5,5$ , вважається кислотним дощем.

У питній воді допускається  $\text{pH} 6,0-9,0$ ; у воді водойм господарсько-питного та культурно-побутового водокористування -  $6,5-8,5$ . Величина  $\text{pH}$  природної води визначається, як правило, співвідношенням концентрацій гідрокарбонат-аніонів і вільного  $\text{CO}_2$ . Знижене значення  $\text{pH}$  характерно для болотних вод за рахунок підвищеного вмісту гумінових та інших природних кислот.

Вимірювання  $\text{pH}$  при контролі якості природної та питної води проводиться практично повсюдно.

#### 3.2. Лужність і кислотність

Лужність обумовлена присутністю у воді речовин, що містять гідроксо-аніон, а також речовин, що реагують з сильними кислотами (соляної, сірчаної). До таких сполук відносяться:

1) сильні луги ( $\text{KOH}$ ,  $\text{NaOH}$ ) і летючі основи (наприклад,  $\text{NH}_3 \times \text{H}_2\text{O}$ ), а також аніони, що обумовлюють високу лужність в результаті гідролізу у водному розчині при  $\text{pH} > 8,4$  ( $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$  та ін.);

2) слабкі основи і аніони летючих і нелетючих слабких кислот ( $\text{HCO}_3^-$ ;  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^-$ ;  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ,  $\text{HS}^-$ , аніони гумінових кислот та ін.).

Лужність проби води вимірюється в моль /  $\text{дм}^3$  або ммоль /  $\text{дм}^3$  і визначається кількістю сильної кислоти (зазвичай використовують соляну кислоту з концентрацією 0,05 або 0,1 моль /  $\text{дм}^3$ ), витраченої на нейтралізацію розчину.

При нейтралізації сильних лугів до значень  $\text{pH} 8,0-8,2$  як індикатор використовують фенолфталеїн. Визначена таким чином величина називається вільною лужністю.

При нейтралізації слабких основ і аніонів летючих і нелетючих слабких кислот до значень  $\text{pH} 4,2-4,5$  як індикатор використовують метиловий оранж. Визначена таким чином величина називається загальною лужністю. При  $\text{pH} 4,5$  проба води має нульову лужність.

З'єднання першої групи з наведених вище визначаються за фенолфталеїном, другої - по метиловим оранж. Лужність природних вод в силу їх контакту з атмосферним повітрям і вапняками, обумовлена, головним чином, вмістом в них гідрокарбонатів і карбонатів, які вносять значний внесок у мінералізацію води. З'єднання першої групи можуть міститися також в стічних і забруднених поверхневих водах.

Аналогічно лужності, іноді, головним чином при аналізі стічних і технологічних вод, визначають кислотність води.

Кислотність води обумовлена вмістом у воді речовин, що реагують з гідроксо-аніонами.

До таких сполук відносяться:

- 1) сильні кислоти: соляна (HCl), азотна (HNO<sub>3</sub>), сірчана (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>);
- 2) слабкі кислоти: оцтова (CH<sub>3</sub>COOH); сірчиста (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>); вугільна (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>); сірководнева (H<sub>2</sub>S) і т.п.;
- 3) катіони слабких основ: амоній (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) катіони органічних амонійних сполук.

Кислотність проби води вимірюється в моль / дм<sup>3</sup> або ммоль / дм<sup>3</sup> і визначається кількістю сильної луги (зазвичай використовують розчини КОН або NaOH з концентрацією 0,05 або 0, моль / дм<sup>3</sup>), витраченої на нейтралізацію розчину. Аналогічно показникам лужності, розрізняють вільну і загальну кислотність. Вільна кислотність визначається при титруванні сильних кислот до значень рН 4,3–4,5 в присутності як індикатор метилового оранжевого. У цьому діапазоні оттитровують HCl, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>.

Природна кислотність обумовлена вмістом слабких органічних кислот природного походження (наприклад, гумінових кислот). Забруднення, які надають воді підвищену кислотність, виникають при кислотних дощах, які при попаданні у водойми не пройшли нейтралізацію стічних вод промислових підприємств та ін. Загальна кислотність обумовлена вмістом катіонів слабких основ, визначається при титруванні до значень рН 8,2–8,4 в присутності фенолфталеїну як індикатору. У цьому діапазоні оттитровують слабкі кислоти – органічна, вугільна, сірководнева, катіони слабких основ.

### 3.3. Мінеральний склад

Мінеральний склад води цікавий тим, що відображає результат взаємодії води як фізичної фази і середовища життя з іншими фазами (середовищами): твердої, тобто береговими і підстильними (грунтоутворюючими) мінералами і породами; газоподібної (з повітряним середовищем). Крім того, мінеральний склад води обумовлений цілою низкою процесів, що протікають в різних середовищах - розчинення і кристалізації, пептизації і коагуляції, седиментації, випаровування і конденсації та ін. Великий вплив на мінеральний склад води поверхневих водойм надають процеси, які протікають в атмосфері і в інших середовищах, хімічні реакції за участю сполук азоту, вуглецю, кисню, сірки та ін.

Ряд показників якості води, так чи інакше, пов'язаний з визначенням концентрації розчинених у воді різних мінеральних речовин. На даний час, існує декілька класифікацій природних вод за мінералізацією. Досить вдалою можна вважати класифікацію В.К.Хільчевського: дуже прісні – менше 0,1 г/дм<sup>3</sup>; помірно прісні 0,1 – 0,6 г/дм<sup>3</sup>; прісні з підвищеною мінералізацією 0,6 – 1,0 г/дм<sup>3</sup>; слабосолоні – 1 – 3 г/дм<sup>3</sup>; середньосолоні 3,0 – 15,0 г/дм<sup>3</sup>; солоні 15 – 35 г/дм<sup>3</sup>; сильно солоні 35 – 50 г/дм<sup>3</sup>, розсоли – понад 50 г/дм<sup>3</sup>.

Крім практичного значення, величина мінералізації та вміст головних іонів впливають на фізико-хімічні процеси, що відбуваються у природних водах.

Основний внесок у мінеральний склад води вносять компоненти головні іони, які визначаються у хімічному аналізі в першу чергу. До них відносяться хлориди, карбонати, гідрокарбонати, сульфати. Відповідними катіонами для названих аніонів є калій, натрій, кальцій, магній.

### 3.4. Сухий залишок

Сухий залишок характеризує вміст у воді нелетючих розчинених речовин (головним чином мінеральних) і органічних речовин, температура кипіння яких перевищує 105-110 ° С. Визначається у хімічній лабораторії методом висушування. Може відрізнятися від величини мінералізації, тому що при висушуванні відбуваються процеси дегідратації.

Величина сухого залишку для поверхневих вод водойм господарсько-питного та культурно-побутового водокористування не повинна перевищувати 1000 мг / дм<sup>3</sup> (в окремих випадках допускається до 1500 мг / дм<sup>3</sup>).

### 3.5. Загальна жорсткість, кальцій і магній

Жорсткість води - одна з найважливіших властивостей, що має велике значення при водокористуванні. Якщо у воді знаходяться іони металів, що утворюють з милом нерозчинні солі жирних кислот, то в такій воді може утворюватися піна при пранні білизни або миття рук, в результаті чого виникає відчуття жорсткості. Жорсткість води згубно позначається на трубопроводах при використанні води в теплових мережах, приводячи до утворення накипу. З цієї причини у воду доводиться додавати спеціальні «пом'якшувальні» хімікати. Жорсткість води обумовлена присутністю розчинних і малорозчинних солей-мінералів, головним чином кальцію ( $\text{Ca}^{2+}$ ) і магнію ( $\text{Mg}^{2+}$ ).

Величина жорсткості води може варіюватися в широких межах залежно від типу порід і ґрунтів, що складають басейн водозбору, а також від сезону року, погодних умов. Загальна жорсткість води в озерах і річках тундри, наприклад, становить 0,1-0,2 ммоль / дм<sup>3</sup>, а в морях, океанах, підземних водах сягає 80-100 ммоль / дм<sup>3</sup> і навіть більше (Мертве море).

З усіх солей, що відносяться до солей жорсткості, виділяють гідрокарбонати, сульфати і хлориди. Вміст інших розчинних солей кальцію і магнію в природних водах звичайно дуже малий. Жорсткість, яка обумовлена у воді гідрокарбонатами, називається гідрокарбонатною, або тимчасовою, тому що гідрокарбонати при кип'ятінні води (точніше, при температурі більше 60 ° С) розкладаються з утворенням малорозчинних карбонатів  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  та  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , остання сіль у природних водах зустрічається рідше, тому що магнезитові породи мало поширені.

Жорсткість, обумовлена хлоридами або сульфатами, називається постійною, тому ці солі стійкі при нагріванні і кип'ятінні води.

Сумарна жорсткість води, тобто загальний вміст розчинних солей кальцію і магнію, отримала назву «загальної жорсткості».

Допустима величина загальної жорсткості для питної води і джерел централізованого водопостачання становить не більше 7 ммоль / дм<sup>3</sup> (в окремих випадках - до 10 ммоль / дм<sup>3</sup>).

### 3.6 Розчинений кисень

Кисень постійно присутній в розчиненому вигляді в поверхневих водах. Вміст розчиненого кисню (РК) у воді характеризує кисневий режим водойми і має найважливіше значення для оцінки екологічного та санітарного стану водойми. Кисень повинен міститися у воді в достатній кількості, забезпечуючи умови для

дихання гідробіонтів. Він також необхідний для самоочищення водойм, тому що бере участь у процесах окиснення органічних та інших домішок, розкладання відмерлих організмів. Зниження концентрації РК свідчить про зміну біологічних процесів у водоймі, про забруднення водойми речовинами, що біохімічно інтенсивно окиснюються (в першу чергу органічними). Споживання кисню обумовлено також хімічними процесами окиснення наявних у воді домішок, а також диханням водних організмів.

Надходження кисню у водойму відбувається шляхом розчинення його при контакті з повітрям (абсорбції), а також в результаті фотосинтезу водними рослинами, тобто в результаті фізико-хімічних і біохімічних процесів. Кисень також надходить у водні об'єкти з дощовими і сніговими водами. Тому існує багато причин, що викликають підвищення або зниження концентрації у воді розчиненого кисню.

Розчинений у воді кисень знаходиться у вигляді гідратованих молекул  $O_2$ . Вміст РК залежить від температури, атмосферного тиску, ступеня турбулізації води, кількості опадів, мінералізації води ін. При кожному значенні температури існує рівноважна концентрація кисню, яку можна визначити за спеціальними довідковими таблицями, складеними для нормального атмосферного тиску. Ступінь насичення води киснем, відповідна рівноважної концентрації, приймається рівною 100%. Розчинність кисню зростає зі зменшенням температури і мінералізації, і зі збільшенням атмосферного тиску.

У поверхневих водах вміст розчиненого кисню може коливатися від 0 до  $14 \text{ мг/дм}^3$  і піддається значним сезонним і добовим коливанням. У евтрофованих і сильно забруднених органічними сполуками водних об'єктах може мати місце значний дефіцит кисню. Зменшення концентрації РК до  $2 \text{ мг / дм}^3$  викликає масову загибель риб та інших гідробіонтів.

У воді водойм будь-який період року до 12:00 дня концентрація РК повинна бути не менше  $4 \text{ мг / дм}^3$ . ГДК розчиненого у воді кисню для рибогосподарських водойм встановлена  $6 \text{ мг / дм}^3$  (для цінних порід риби), або  $4 \text{ мг / дм}^3$  (для решти порід).

Розчинений кисень є дуже нестійким компонентом хімічного складу вод. При його визначенні особливо ретельно слід проводити відбір проб: необхідно уникати контакту води з повітрям до фіксації кисню (зв'язування його в нерозчинний з'єднання).

У ході аналізу води визначають концентрацію РК (в  $\text{мг / дм}^3$ ) і ступінь насичення їм води (у %) по відношенню до рівноважного змістом при даних температурі і атмосферному тиску.

Контроль вмісту кисню у воді - надзвичайно важлива проблема, у вирішенні якої зацікавлені практично всі галузі народного господарства, включаючи чорну та кольорову металургію, хімічну промисловість, сільське господарство, медицину, біологію, рибну та харчову промисловість, служби охорони навколишнього середовища. Вміст РК визначають як в незабруднених природних водах, так і в стічних водах після очищення. Процеси очищення стічних вод завжди супроводжуються контролем вмісту кисню. Визначення РК є частиною аналізу при визначенні іншого найважливішого показника якості води - біохімічного споживання кисню (БСК).

### 3.7 Біохімічне споживання кисню (БСК)

У природній воді водойм завжди присутні органічні речовини. Їх концентрації можуть бути іноді дуже малі (наприклад, в джерельних і талих водах). Природними джерелами органічних речовин у воді є останки організмів рослинного і тваринного походження, які жили у воді та руйнуються, або потрапили у водойму з листя, по повітрю, з берегів і т.п. Крім природних, існують також техногенні джерела надходження органічних речовин: транспортні підприємства (нафтопродукти), целюлозно-паперові та лісопереробні комбінати (лігніни), м'ясокомбінати (білкові сполуки), сільськогосподарські і фекальні стоки і т.д. Органічні забруднення потрапляють у водойму різними шляхами, головним чином зі стічними водами і дощовими поверхневими змивами з ґрунту.

У природних умовах органічні речовини, що знаходяться у воді, руйнуються бактеріями, зазнаючи аеробне біохімічне окиснення з утворенням двоокису вуглецю. При цьому на окиснення споживається розчинений у воді кисень. У водоймах з великим вмістом органічних речовин більша частина РК споживається на біохімічне окислення, позбавляючи, таким чином, кисню інші організми. При цьому збільшується кількість організмів, більш стійких до низького вмісту РК, зникають киснелюбиві види і з'являються види, толерантні до дефіциту кисню. Таким чином, в процесі біохімічного окиснення органічних речовин у воді відбувається зменшення концентрації РК, і такий спад побічно є мірою вмісту у воді органічних речовин. Відповідний показник якості води, що характеризує сумарний вміст у воді органічних речовин, називається біохімічним споживанням кисню (БСК).

Визначення БСК засноване на вимірюванні концентрації РК в пробі води безпосередньо після відбору, а також після інкубації проби. Інкубацію проби проводять без доступу повітря в кисневій склянці (тобто в тому ж посуді, де визначається значення РК) протягом часу, необхідного для протікання реакції біохімічного окислення.

Так як швидкість біохімічної реакції залежить від температури, інкубацію проводять в режимі постійної температури ( $20 \pm 1$ ) ° С, причому від точності підтримки значення температури залежить точність виконання аналізу на БСК. Зазвичай визначають БСК за 5 діб інкубації (БСК<sub>5</sub>), може визначатися також БСК<sub>10</sub> за 10 діб і БПК<sub>зар</sub> за 20 діб (при цьому окиснюється близько 90 і 99% органічних речовин відповідно), проте вміст деяких з'єднань більш інформативно характеризується величиною БСК за 10 діб або за період повного окислення (БСК<sub>10</sub> або БПК<sub>зар</sub> відповідно). Похибку у визначенні БСК може внести також висвітлення проби, що впливає на життєдіяльність мікроорганізмів і здатне в деяких випадках викликати фотохімічні окислення, тому інкубацію проби проводять без доступу світла (у темному місці).

Величина БСК збільшується з часом, досягаючи деякого максимального значення - БПК<sub>зар</sub>; при чому забруднювачі різної природи можуть підвищувати (знижувати) значення БСК.

Таким чином, БСК - кількість кисню в (мг), необхідного для окиснення органічних речовини в аеробних умовах, які знаходяться в 1 дм<sup>3</sup> води, без доступу

світла, при 20 ° C, за певний період в результаті біохімічних процесів, які відбуваються у воді,

Орієнтовно приймають, що БСК<sub>5</sub> становить близько 70% БПК<sub>заг</sub>, але може становити від 10 до 90% залежно від речовини, що окиснюється.

Особливістю біохімічного окиснення органічних речовин у воді є супутній йому процес нітрифікації, що спотворює характер споживання кисню. Нітрифікація протікає під впливом особливих нітрифікуючих бактерій - Nitrosomonas, Nitrobacter та ін. Ці бактерії забезпечують окиснення азотовмісних сполук, які зазвичай присутні в забруднених природних і деяких стічних водах, і тим самим сприяють перетворенню азоту спочатку з амонійного в нітритну, а потім і нітратну форми.

Норматив на БПК<sub>заг</sub> не повинен перевищувати: для водойм господарсько-питного водокористування - 3 мг / дм<sup>3</sup> для водойм культурно-побутового водокористування - 6 мг / дм<sup>3</sup>. Відповідно можна оцінити гранично-допустимі значення БСК<sub>5</sub> для тих же водойм, на рівні приблизно 2 мг / дм<sup>3</sup> і 4 мг / дм<sup>3</sup>.

### 3.8 Біогенні елементи

Біогенними елементами (біогенами) традиційно вважаються елементи, що входять, в значних кількостях, до складу живих організмів. Коло елементів, що відносяться до біогенних, досить широкий, це - азот, фосфор, сірка, залізо, кальцій, магній, калій та ін.

Питання контролю якості води та екологічної оцінки водойм внесли в поняття біогенних елементів більш широкий зміст: до них відносять з'єднання (точніше, компоненти води), які, по-перше, є продуктами життєдіяльності різних організмів, і по-друге, є «будівельним матеріалом» для живих організмів. У першу чергу до них відносяться сполуки азоту (нітрати, нітроти, органічні та неорганічні амонійні сполуки), а також фосфору (ортофосфати, поліфосфати, органічні ефіри фосфорної кислоти та ін.). Сполуки сірки присутні в природних водах в дуже малих концентраціях і можуть бути виявлені за запахом.

#### 3.8.1. Амоній

З'єднання амонію містять атом азоту в мінімальному ступені окислення «-3». Катіони амонію є продуктом мікробіологічного розкладання білків тваринного і рослинного походження. Амоній, що утворився таким чином знову залучається в процес синтезу білків, беручи участь тим самим у біологічному кругообігу речовин (циклі азоту). З цієї причини амоній та його сполуки в невеликих концентраціях зазвичай присутні в природних водах.

Існують два основних джерела забруднення навколишнього середовища амонійними сполуками. Амонійні з'єднання у великих кількостях входять до складу мінеральних і органічних добрив, надлишкове і неправильне застосування яких призводить до відповідного забруднення водойм. Крім того, амонійні сполуки в значних кількостях присутні в нечистотах (фекаліях). Не утилізовані належним чином нечистоти можуть проникати в ґрунтові води або змиватися поверхневими стоками у водойми. Стоки з пасовищ і місць скупчення худоби, стічні води від тваринницьких комплексів, а також побутові та господарсько-фекальні стоки завжди містять великі кількості амонійних сполук. Небезпечне забруднення ґрунтових вод

господарсько-фекальними і побутовими стічними водами відбувається при розгерметизації системи каналізації. З цих причин підвищений вміст амонійного азоту в поверхневих водах звичайно є ознакою господарсько-фекальних забруднень.

ГДК аміаку і іонів амонію у воді водних об'єктів становить 2,6 мг / дм<sup>3</sup> (або 2,0 мг/дм<sup>3</sup> по амонійному азоту).

### **3.8.2. Нітрити**

Нітритами називаються солі азотистої кислоти. Нітрит-аніони є проміжними продуктами біологічного розкладання азотовмісних органічних сполук і містять атоми азоту в проміжній ступеня окислення «+3». Нітрифікуючі бактерії перетворюють амонійні з'єднання в нітрити в аеробних умовах. Деякі види бактерій в процесі своєї життєдіяльності також можуть відновлювати нітрати до нітритів, однак це відбувається вже в анаеробних умовах. Нітрити часто використовуються в промисловості як інгібітори корозії, в харчовій промисловості як консерванти. Завдяки здатності перетворюватися в нітрати, нітрити, як правило, відсутні в поверхневих водах. Тому наявність в аналізованій воді підвищеного вмісту нітритів свідчить про забруднення води, причому з урахуванням того, що частково пройшла трансформація азотистих сполук з одних форм в інші.

ГДК нітритів (по NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) у воді водних об'єктів становить 3,3 мг / дм<sup>3</sup> (або 1 мг / дм<sup>3</sup> нітритного азоту).

### **3.8.3. Нітрати**

Нітрати є солями азотної кислоти і зазвичай присутні у воді. Нітрат-аніон містить атом азоту в максимальному ступені окислення «+5». Нітратоутворюючі (нітратфіксуючі) бактерії перетворюють нітрити в нітрати в аеробних умовах. Під впливом сонячного випромінювання атмосферний азот (N<sub>2</sub>) перетворюється також переважно в нітрати за допомогою утворення оксидів азоту. Багатомінеральні добрива містять нітрати, які при надмірному або нераціональному внесенні в ґрунт призводять до забруднення водойм. Джерелами забруднення нітратами є також поверхневі стоки з пасовищ, скотарень, молочних ферм і т.п.

Підвищений вміст нітратів у воді може служити індикатором забруднення водойми в результаті поширення фекальних хімічних забруднень (сільськогосподарських, промислових). Багаті нітратними водами стічні канали погіршують якість води у водоймі, стимулюючи масовий розвиток водної рослинності (в першу чергу - синьо-зелених водоростей) і прискорюючи евтрофікацію водойм. Питна вода і продукти харчування, що містять підвищену кількість нітратів, також можуть викликати захворювання, і в першу чергу у немовлят (так звана метгемоглобінемія). Внаслідок цього розладу погіршується транспортування кисню з клітинами крові і виникає синдром «блакитного немовляти» (гіпоксія). Разом з тим, рослини не так чутливі до збільшення вмісту у воді азоту, як фосфору.

ГДК нітратів (по NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) у воді водних об'єктів становить 45,0 мг / дм<sup>3</sup>.



### **3.8.4. Фосфати і загальний фосфор**

У природних і стічних водах фосфор може бути присутнім в різних видах. У розчиненому стані (іноді говорять - в рідкій фазі аналізованої води) він може перебувати у вигляді ортофосфорної кислоти ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) і її аніонів ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), у вигляді мета-, піро- і поліфосфатів (ці речовини використовують для попередження утворення накипу, вони входять також до складу миючих засобів). Крім того, існують різноманітні фосфорорганічні сполуки - нуклеїнові кислоти, нуклеопротейди, фосфоліпіди та ін., які також можуть бути присутніми у воді, будучи продуктами життєдіяльності або розкладання організмів. До фосфорорганічних сполук відносяться також деякі пестициди.

Фосфор може міститися і в нерозчиненому стані (у твердій фазі води), у вигляді зважених у воді важкорозчинних фосфатів, включаючи природні мінерали, білкові, органічні фосфорутримуючі з'єднання, залишки померлих організмів і ін. Фосфор у твердій фазі в природних водоймах зазвичай знаходиться в донних відкладах, однак може зустрічатися, і у великих кількостях, в стічних і забруднених природних водах.

Фосфор є необхідним елементом для життя, проте його надлишок призводить до прискореної евтрофікації водойм. Великі кількості фосфору можуть потрапляти у водойми в результаті природних і антропогенних процесів - поверхневої ерозії ґрунтів, неправильного або надмірного застосування мінеральних добрив та ін.

ГДК поліфосфатів (триполіфосфат і гексаметафосфат) у воді водних об'єктів становить 3,5 мг /  $\text{дм}^3$  у перерахунку на ортофосфат-аніон  $\text{PO}_4^{3-}$ .

### **3.8.5. Фтор (фториди)**

Фтор у вигляді фторидів може міститися в поверхневих і ґрунтових водах, що зумовлено його присутністю в складі деяких ґрунтоутворюючих (материнських) порід та мінералів. Цей елемент може додаватися в питну воду з метою профілактики захворювань карієсом. Однак надлишкові кількості фтору мають шкідливий вплив на людину, викликають руйнування зубної емалі. Крім того, надлишок фтору в організмі осаджує кальцій, що призводить до порушень кальцієвого і фосфорного обміну. З цих причин визначення фтору в питній воді, а також ґрунтових водах (наприклад, воді колодязів і артезіанських свердловин) і воді водойм господарсько-питного призначення, є дуже важливим.

ГДК фтору в питній воді для різних кліматичних районів складає від 0,7 до 1,5 мг /  $\text{дм}^3$ .

## **3.9. Metali**

### **3.9.1. Залізо загальне**

Залізо - один з найпоширеніших елементів у природі. Його вміст у земній корі становить близько 4,7% по масі, тому залізо, з точки зору його поширеності в природі, прийнято називати макроелементом.

Відомо понад 300 мінералів, що містять сполуки заліза. Серед них - магнітний залізняк  $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$ , бурий залізняк  $\text{Fe}_3\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , гематит (червоний залізняк), геміт (бурий залізняк), гідроgetit, сидерит  $\text{FeCO}_3$ , магнітний колчедан  $\text{FeS}_x$ , ( $x = 1-1,4$ ), залізомарганцевих конкреції та ін. Залізо також є життєво важливим мікроелементом

для живих організмів і рослин, тобто елементом, необхідним для життєдіяльності в малих кількостях.

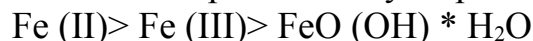
У малих концентраціях залізо завжди зустрічається практично у всіх природних водах (до 1 мг / дм<sup>3</sup> при ГДК на суму заліза 0,3 мг / дм<sup>3</sup>) і особливо - в стічних водах. В останні залізо може потрапляти з відходів (стічних вод) травильних і гальванічних цехів, дільниць підготовки металевих поверхонь, стоків при фарбуванні тканин та ін.

Залізо утворює два роду розчинних солей, що утворюють катіони Fe<sup>2+</sup> і Fe<sup>3+</sup>, однак у розчині залізо може знаходитися і в багатьох інших формах, зокрема:

- 1) у вигляді істинних розчинів (аквакомплексів) [Fe(H<sub>2</sub>O)<sub>6</sub>]<sup>2+</sup>, що містять залізо (II). На повітрі залізо (II) швидко окиснюється до заліза (III), розчини якого мають буре забарвлення через швидке утворення гідроксосполук (самі розчини Fe<sup>2+</sup> і Fe<sup>3+</sup> практично безбарвні);
- 2) у вигляді колоїдних розчинів через пептизацію (розпад агрегованих частинок) гідроксиду заліза під впливом органічних сполук;
- 3) у вигляді комплексних сполук з органічними і неорганічними лігандами. До них відносяться карбоніли, аренові комплекси (з нафтопродуктами та ін. вуглеводнями), гексаціаноферрат [Fe(CN)<sub>6</sub>]<sup>4-</sup> та ін.

У нерозчинній формі залізо може бути представлено у вигляді різних зважених у воді твердих мінеральних часток різного складу.

При рН > 3,5 залізо (III) існує у водному розчині тільки у вигляді комплексу, що поступово переходить в гідроксид. При рН > 8 залізо (II) теж існує у вигляді аквакомплексу, зазнаючи окиснення через стадію утворення заліза (III):



Отже, оскільки сполуки заліза у воді можуть існувати в різних формах, як у розчині, так і у зважених частинках, точні результати можуть бути отримані тільки при визначенні сумарного заліза у всіх його формах, так званого «загального заліза».

Роздільне визначення заліза (II) і (III), їх нерозчинних і розчинних форм, дає менш достовірні результати щодо забруднення води сполуками заліза, хоча іноді виникає необхідність визначити залізо в його індивідуальних формах.

Перевод заліза в розчинну форму, придатну для аналізу, проводять, додаючи до проби певну кількість сильної кислоти (азотної, соляної, сірчаної) до рН 1-2.

Діапазон концентрацій заліза у воді, які визначаються, - від 0,1 до 1,5 мг / дм<sup>3</sup>. Визначення можливо і при концентрації заліза більше 1,5 мг / дм<sup>3</sup> після відповідного розбавлення проби чистою водою.

ГДК загального заліза у воді водоймищ становить 0,3 мг / дм<sup>3</sup>.

### **3.9.2. Сума важких металів**

Під забрудненням води важкими металами частіше за все мають на увазі вміст Cd, Pb, Zn, Cr, Ni, Co, Hg та ін. Важкі метали, потрапляючи у воду, можуть існувати у вигляді розчинних токсичних солей і комплексних сполук (іноді дуже стійких), колоїдних частинок, осадів (вільних металів, оксидів, гідроксидів та ін.). Головними джерелами забруднення води важкими металами є гальванічні виробництва, підприємства гірничорудної, чорної і кольорової металургії, машинобудівні заводи та ін. Важкі метали у водоймі викликають цілий ряд негативних наслідків:

потрапляючи в харчові ланцюги і порушуючи елементний склад біологічних тканин, вони надають тим самим прямий або непрямий токсичний вплив на водні організми. Важкі метали по харчових ланцюгах потрапляють в організм людини.

Важкі метали за характером біологічної дії можна поділити на токсиканти і мікроелементи, що мають принципово різний характер впливу на живі організми. Характер залежності ефекту, що надається елементом на організми, залежить від його концентрації у воді (і, отже, як правило, в тканинах організму).

Токсиканти мають негативний вплив на організми при будь-якій концентрації, в той час як мікроелементи мають область недостатності, що викликає негативний ефект (менше  $C_1$ ), і область необхідних для життя концентрацій, при перевищенні яких знову виникає негативний ефект (більш  $C_2$ ). Типовими токсикантами є кадмій, свинець, ртуть; мікроелементами - марганець, мідь, кобальт.

Нижче наведені короткі відомості про фізіологічну (у тому числі токсичну) дію деяких металів, які зазвичай відносять до важких.

**Мідь.** Мідь є мікроелементом, міститься в організмі людини, головним чином, у вигляді комплексних органічних сполук і відіграє важливу роль у процесах кровотворення. У шкідливому впливі надлишку міді вирішальну роль відіграє реакція катіонів  $Cu^{2+}$  з SH-групами ферментів. Зміни вмісту міді в сироватці і шкірі обумовлюють явища депігментації шкіри (вітیلیго). Отруєння сполуками міді можуть призводити до розладів нервової системи, порушення функцій печінки та нирок та ін. ГДК міді у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового призначення становить  $1,0 \text{ мг / дм}^3$ .

**Цинк.** Цинк є мікроелементом і входить з складу деяких ферментів. Він міститься в крові (0,5-0,6), м'яких тканинах (0,7-5,4), кістках (10-18), волоссі (16-22 мг%), (одиниця виміру малих концентрацій,  $1 \text{ мг} \% = 10^{-3}$ ) тобто, в основному, в кістках і волоссі. Знаходиться в організмі в динамічній рівновазі, яка зсувається в умовах підвищених концентрацій у навколишньому середовищі. Негативний вплив сполук цинку може виражатися в ослабленні організму, підвищеній захворюваності, астмоподібних явищах та ін. ГДК цинку у воді водних об'єктів становить  $1,0 \text{ мг / дм}^3$ .

**Кадмій.** Сполуки кадмію дуже отруйні. Діють на багато систем організму - органи дихання і шлунково-кишковий тракт, центральну і периферичну нервові системи. Механізм дії сполук кадмію полягає в пригніченні активності ряду ферментів, порушенні фосфорно-кальцієвого обміну, порушень метаболізму мікроелементів (Zn, Cu, Fe, Mn, Se). ГДК кадмію у воді водоймищ становить  $0,001 \text{ мг / дм}^3$ .

**Ртуть.** Ртуть відноситься до ультрамікроелементів і постійно присутня в організмі, потрапляючи з їжею. Неорганічні сполуки ртуті (у першу чергу катіони Hg реагують з SH-групами білків («тіолові отрути»), а також з карбоксильними і амінними групами тканинних білків, утворюючи міцні комплексні сполуки - металопротеїни. В результаті виникають глибокі порушення функцій центральної нервової системи, особливо вищих її відділів. З органічних сполук ртуті найбільше значення грає метилртуть, яка добре розчинна у ліпідних тканинах і швидко проникає в життєво важливі органи, і в тому числі в мозок. В результаті виникають зміни у вегетативній нервовій системі, периферичних нервових утвореннях, в серці,

судинах, кровотворних органах, печінки та ін., порушення в імунобіологічному стані організму. Сполуки ртуті мають також ембріотоксичну дію (призводять до ураження плода у вагітних). ГДК ртуті у воді водних об'єктів становить  $0,0005 \text{ мг / дм}^3$ .

**Свинець.** Сполуки свинцю - отрути, що діють на все живе, але викликають зміни особливо в нервовій системі, крові і судинах. Пригнічують багато ферментативних процесів. Діти більш сприйнятливі до впливу сполук свинцю, ніж дорослі. Мають ембріотоксичну і тератогенну дію, призводять до енцефалопатії та поразок печінки, пригнічують імунітет. Органічні сполуки свинцю (тетраметилсвинець, тетраетилсвинець) - сильні нервові отрути, летючі рідини. Є активними інгібіторами обмінних процесів. Для всіх сполук свинцю характерна кумулятивна дія. ГДК свинцю у воді водних об'єктів становить  $0,03 \text{ мг / дм}^3$ .

Орієнтовне гранично-допустиме значення вмісту в водах суми металів становить  $0,001 \text{ ммоль / дм}^3$  (ГОСТ 24902). Значення ГДК для води водних об'єктів по окремих металам наведені раніше при описі їх фізіологічного впливу.

### 3.10. Активний хлор

Хлор може існувати у воді не тільки в складі хлоридів, але й у складі інших сполук, що мають сильні окисні властивості. До таких сполук хлору відносяться вільний хлор ( $\text{Cl}_2$ ), гапохлорит-аніон ( $\text{ClO}^-$ ), хлорнуватиста кислота ( $\text{HClO}$ ), хлораміни (речовини, при розчиненні у воді яких утворюються монохлорамін  $\text{NH}_2\text{Cl}$ , діхлорамін  $\text{NHCl}_2$ , тріхлорамін  $\text{NCl}_3$ ). Сумарний вміст цих сполук називають терміном «активний хлор».

Речовини, які містять активний хлор поділяють на дві групи: сильні окислювачі - хлор, гіпохлорити і хлорнуватиста кислота - містять так званий «вільний активний хлор», і відносно менш слабкі окислювачі - хлораміни - «зв'язаний активний хлор». Завдяки сильним окислювальним властивостям сполуки, що мають активний хлор, використовуються для знезараження (дезінфекції) питної води і води в басейнах, а також для хімічної очистки деяких стічних вод. Крім того, деякі з'єднання, що містять активний хлор (наприклад, хлорне вапно) широко використовуються для ліквідації осередків поширення інфекційних забруднень.

У природній воді вміст активного хлору не допускається; в питній воді його вміст встановлено в перерахунку на хлор на рівні  $0,3-0,5 \text{ мг / дм}^3$  у вільному вигляді і на рівні  $0,8-1,2 \text{ мг / дм}^3$  у зв'язаному вигляді (в даному випадку наведено діапазон концентрацій активного хлору, тому що при менших його концентраціях можлива несприятлива ситуація за мікробіологічними показниками, а при великих - перевищення безпосередньо по активному хлору). Активний хлор у зазначених концентраціях присутній у питній воді нетривалий час (не більше кількох десятків хвилин) і остаточно видаляється навіть при короткочасному кип'ятінні води. З цієї причини аналіз відібраної проби на вміст активного хлору слід проводити негайно.

Інтерес до контролю вмісту хлору у воді, особливо в питній воді, зріс після усвідомлення того факту, що хлорування води призводить до утворення помітних кількостей хлорвуглеводнів, шкідливих для здоров'я населення. Особливу небезпеку становить хлорування питної води, забрудненої фенолом. ГДК для фенолів у питній воді при відсутності хлорування питної води встановлено  $0,1 \text{ мг / дм}^3$ , а в умовах

хлорування (при цьому утворюються більш токсичні і мають різкий характерний запах хлорфеноли) -  $0,001 \text{ мг / дм}^3$ . Аналогічні хімічні реакції можуть протікати з участю органічних сполук природного або техногенного походження, приводячи до різних токсичним хлорорганічних сполук - ксенобіотиків.

#### 4. ІНТЕГРАЛЬНА І КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ

Кожен з показників якості води окремо, хоча і несе інформацію про якість води, все ж не може слугувати мірою якості води, тому не дозволяє судити про значеннях інших показників, хоча іноді побічно буває, пов'язаний з деякими з них. Наприклад, збільшене, порівняно з нормою, значення БПК<sub>5</sub> побічно свідчить про підвищений вміст у воді легкоокиснюючих органічних речовин, збільшене значення електропровідності - про підвищений солевміст та ін. Разом з тим, результатом оцінки якості води повинні бути деякі інтегральні показники, які охоплювали б основні показники якості води (або ті з них, за якими зафіксовано невідповідність). У найпростішому випадку, при наявності результатів за кількома оцінюваними показниками, може бути розрахована сума наведених концентрацій компонентів, тобто співставлення їх фактичних концентрацій до ГДК (правило сумачії). Критерієм якості води при використанні правила сумачії є виконання нерівності:

$$\frac{C_1}{C_{ГДК_1}} + \frac{C_2}{C_{ГДК_2}} + \dots + \frac{C_n}{C_{ГДК_n}} \leq 1 \quad (4.1)$$

де  $C_1, C_2, \dots, C_n$  - виявлені концентрації, мг/дм<sup>3</sup>;

$C_{ГДК_1}, C_{ГДК_2}, C_{ГДК_n}$  - установлені норми (гранично-допустимі концентрації), мг/дм<sup>3</sup>.

Слід зазначити, що сума наведених концентрацій згідно ГОСТ 2874 може розраховуватися тільки для хімічних речовин з однаковим лімітуючим показником шкідливості - органолептичними та санітарно-токсикологічними.

При наявності результатів аналізів по достатній кількості показників можна визначати класи якості води, які є інтегральною характеристикою забрудненості поверхневих вод.

Класи якості визначаються за індексом забрудненості води (ІЗВ), який розраховується як сума приведених до ГДК фактичних значень основних показників якості води за формулою:

$$ІЗВ = \frac{\sum \frac{C_n}{C_{ГДК_n}}}{n} \quad (4.2)$$

де  $C_n$  - середнє значення показника за період спостережень (можливо середнє за рік);  $C_{ГДК_n}$  - встановлені норми для кожного показника;  $n$  – число показників, що обрані для розрахунку.

Значення ІЗВ розраховують для кожного пункту відбору проб (створу). Далі за табл. 4.1 залежно від значення ІЗВ визначають клас якості води.

Таблиця 4.1 - Характеристики інтегральної оцінки якості води

ІЗВ	Клас якості води	Оцінка якості (характеристика) води
Менш і дорівнює 0,2	I	Дуже чисті
Більш 0,2 до 1	II	Чисті
Більше 1 до 2	III	Помірно забруднені
Більше 2 до 4	IV	Забруднені
Більше 4 до 6	V	Брудні
Більше 6 до 10	VI	Дуже брудні
Понад 10	VII	Надзвичайно брудні

У число основних показників при розрахунку ІЗВ входять, обов'язково, концентрація розчиненого кисню і значення БПК<sub>5</sub>, а також значення ще 4 показників, що є для даного водоймища (води) найбільш ймовірно небезпечними, або які мають найбільші наведені концентрації (відношення  $C_i / ГДК_i$ ). Такими показниками, з досвіду гідрохімічного моніторингу водойм, нерідко бувають такі: вміст нітратів, нітритів, амонійного азоту (у формі органічних і неорганічних амонійних сполук), важких металів - міді, марганцю, кадмію та ін., фенолів, пестицидів, нафтопродуктів, СПАР (СПАР - синтетичні поверхнево-активних речовини. Розрізняють неіоногенні, а також катіоноактивні і аніоноактивні СПАР), лігносульфонатів. Для розрахунку ІЗВ показники вибираються незалежно від лімітуючої ознаки шкідливості, проте при рівності наведених концентрацій перевага надається речовинам, які мають санітарно-токсикологічну ознаку шкідливості (як правило, такі речовини мають відносно більшу шкідливість).

Очевидно, не всі з перерахованих показників якості води можуть бути визначені польовими методами. Завдання інтегральної оцінки ускладнюються ще й тією обставиною, що для отримання даних при розрахунку ІЗВ необхідно проводити аналіз по широкому колу показників, з виділенням з їх числа тих, за якими спостерігаються найбільші наведені концентрації. При неможливості проведення гідрохімічного обстеження водойми по всіх показниках доцільно визначити, які ж компоненти можуть бути забруднювачами. Це роблять на основі аналізу доступних результатів гідрохімічних досліджень минулих років, а також відомостей і припущень про ймовірні джерела забруднень води. При неможливості виконання аналізів по даному компоненту польовими методами (СПАР, пестициди, нафтопродукти та ін.), слід зробити відбір проб і їх консервацію з дотриманням необхідних умов (див. розділ 5), після чого доставити проби в необхідні терміни для аналізу в лабораторію.

Таким чином, завдання інтегральної оцінки якості води практично збігаються із завданнями гідрохімічного моніторингу, тому для остаточного висновку про клас якості води необхідні результати аналізів по цілому ряду показників протягом тривалого періоду.

Цікавим є підхід до оцінки якості води, розроблений в США. Національний Санітарний Фонд цієї країни в 1970 р. розробив стандартний узагальнений показник якості води (ПЯВ), що одержав широке поширення в Америці та деяких інших

країнах. При розробці ПЯВ використовувалися експертні оцінки на основі великого досвіду оцінки якості води при її використанні для цілей побутового та промислового водоспоживання, відпочинку на воді (плавання і водних розваг, риболовлі), охорони водних тварин і риб, сільськогосподарського використання (водопою, зрошення), комерційного використання (судноплавства, гідроенергетики, теплоенергетики) та ін. ПЯВ є безрозмірною величиною, яка може приймати значення від 0 до 100. У залежності від значення ПЯВ можливі наступні оцінки якості води: 100-90 - чудове; 90-70 - добре; 70-50 - посереднє; 50-25 - погане; 25-0 - дуже погане. Встановлено, що мінімальне значення ПЯВ, при якому задовольняється більшість державних стандартів якості води, становить 50-58. Однак вода у водоймі може мати значення ПЯВ більше зазначеного, і в той же час не відповідати стандартам з яких-небудь окремими показниками.

ПЯВ розраховується за результатами визначення 9 найважливіших характеристик води (показників), причому кожен з них має власний ваговий коефіцієнт, що характеризує пріоритетність даного показника в оцінці якості води. Окремі показники якості води, що використовуються при розрахунку ПЯВ, і їх вагові коефіцієнти наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Вагові коефіцієнти показників при розрахунку ПЯВ за даними Національного Санітарного Фонду США

Найменування показника	Значення вагового коефіцієнта
Розчинений кисень	0,17
Кількість кишкових паличок	0,16
Водневий показник (рН)	0,11
Біохімічне споживання кисню (БСК <sub>5</sub> )	0,11
Температура ( $\Delta t$ , теплове забруднення)	0,10
Загальний фосфор	0,10
Нітрати	0,10
Каламутність	0,08
Сухий залишок	0,07
Сума	1,00

Як видно з наведених у табл. 4.2 даних, найбільш вагомими показниками є розчинений кисень і кількість кишкових паличок, що цілком зрозуміло, якщо згадати найважливішу екологічну роль розчиненого у воді кисню і небезпеку для людини, зумовлену контактом із забрудненою фекаліями водою.

Крім вагових коефіцієнтів, які мають постійне значення, для кожного окремого показника розроблені вагові криві, що характеризують рівень якості води (Q) по кожному показнику в залежності від його фактичного значення, визначеного при аналізі. Маючи результати аналізів по окремим показникам, за ваговими кривим визначають чисельні значення оцінки для кожного з них. Останні множаться на відповідний ваговий коефіцієнт, і отримують оцінку якості по кожному з показників. Підсумовуючи оцінки за всіма визначеними показниками, отримують значення узагальненого ПЯВ.



Узагальнений ПЯВ в значній мірі усуває недоліки інтегральної оцінки якості води з розрахунком ІЗВ, тому що містить групу конкретних пріоритетних показників, до числа яких входить показник мікробного забруднення.

При оцінці якості води, крім інтегральної оцінки, в результаті якої встановлюється клас якості води, а також гідробіологічної оцінки методами біоіндикації, в результаті якої встановлюється клас чистоти, іноді зустрічається також так звана комплексна оцінка, основу якої складають методи біотестування. Останні відносяться також до гідробіологічних методів, але відрізняються тим, що дозволяють визначити реакцію водної біоти на забруднення по різних тестовим організмам - як найпростішим (інфузоріям, дафніям), так і вищим - риbam (групі). Така реакція іноді вважається найбільш показовою, особливо стосовно оцінки якості забруднених вод (природних і стічних) і дозволяє визначати навіть кількісно концентрації окремих з'єднань.

## 5. НОРМАТИВИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВОД

Гігієнічні нормативи вмісту шкідливих речовин у питній воді по СанПін 2.1.4.559.-96

Безпека питної води в епідемічному відношенні визначається її відповідністю нормативам за мікробіологічними та паразитологічними показниками за табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Мікробіологічні та паразитологічні показники безпеки питної води

Показники	Одиниці виміру	Нормативи
Термотолерантні коліформні бактерії	Число бактерій в 0,1 дм <sup>3</sup> (100 мл)	відсутність
Загальні коліформні бактерії	Число бактерій в 0,1 дм <sup>3</sup> (100 мл)	відсутність
Загальне мікробне число	Число колоній бактерій, що утворюються в 0,001 дм <sup>3</sup> (1 мл)	Не більше 50
Коліфаги	Число блюшкоутворюючих одиниць (БУО) в 0,1 дм <sup>3</sup> (100 мл)	відсутність
Спори сульфітредукуючих клостридій	Число спор в 0,02 дм <sup>3</sup> (20 мл)	відсутність
Цисти лямблій	Число цист в 0,05 дм <sup>3</sup> (50 мл)	відсутність

Нешкідливість питної води за хімічним складом визначається її відповідністю нормативам наведеним у табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично-допустимі концентрації шкідливих речовин у воді водних об'єктів господарчо-питного та культурно-побутового водокористування

Показники	Одиниця виміру	Нормативи (ГДК) не більше	Показник шкідливості	Клас небезпеки
1	2	3	4	5
<b>Узагальнені показники</b>				
Водневий показник	одиниці рН	в межах 6-9		
Загальна мінералізація (сухий залишок)	мг/дм <sup>3</sup>	1000 (1500)		
Жорсткість загальна	ммоль/дм <sup>3</sup>	7,0 (10)		
Окиснюваність перманганатна	мг/дм <sup>3</sup>	5,0		
Нафтопродукти, сумарно	мг/дм <sup>3</sup>	0,1		

1	2	3	4	5
Поверхнево-активні речовини (ПАР), аніоноактивні	мг/дм <sup>3</sup>	0,5		
Фенольний індекс	мг/дм <sup>3</sup>	0,25		
<b>Неорганічні речовини</b>				
Алюміній (Al <sup>3+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	Саніт.-токсиколог.	2
Барій (Ba <sup>2+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	Саніт.-токсиколог.	2
Берилій (Be <sup>2+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	0,0002	Саніт.-токсиколог.	1
Бор (В, сумарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	Саніт.-токсиколог.	2
Бром (Br)	мг/дм <sup>3</sup>	0,2	Саніт.-токсиколог.	2
Ванадій (V)	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	Саніт.-токсиколог.	3
Вісмут (Bi)	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	Саніт.-токсиколог.	2
Вольфрам (W)	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	Саніт.-токсиколог.	2
Залізо (Fe, сумарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,3(1,0)	Органолептичний	3
Кадмій (Cd, сумарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,001	Саніт.-токсиколог.	2
Літій (Li)	мг/дм <sup>3</sup>	0,03	Саніт.-токсиколог.	2
Марганець (Mn, сумарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,1(0,5)	Органолептичний	3
Мідь (Cu, сумарно)	мг/дм <sup>3</sup>	1,0	Органолептичний	3
Молібден (Mo, сумарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,25	Саніт.-токсиколог.	2
Миш'як (As, сумарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	Саніт.-токсиколог.	2
Натрій (Na)	мг/дм <sup>3</sup>	200,0	Саніт.-токсиколог.	2
Нікель (Ni, суммарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	Саніт.-токсиколог.	3
Нітрати (по NO <sub>3</sub> )	мг/дм <sup>3</sup>	45	Органолептичний	3
Нітриди (по NO <sub>2</sub> )	мг/дм <sup>3</sup>	3,3	Органолептичний	2
Ртуть (Hg, сумарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,0005	Саніт.-токсиколог.	1
Свинець (Pb, сумарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,03	Саніт.-токсиколог.	2
Селен (Se, сумарно)	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	Саніт.-токсиколог.	2
Срібло (Ag)	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	Саніт.-токсиколог.	2
Стронцій (Sr <sup>2+</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	7,0	Саніт.-токсиколог.	2
Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	500	Органолептичний	4
Сурма (Sb)	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	Саніт.-токсиколог.	2
Талій (Ta)	мг/дм <sup>3</sup>	0,0001	Саніт.-токсиколог.	1

Продовження табл. 5.2

1	2	3	4	5
Телур (Тl)	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	Саніт.-токсиколог.	2
Титан (Тi)	мг/дм <sup>3</sup>	0,1	Саніт.-токсиколог.	3
Фосфор елементарний	мг/дм <sup>3</sup>	0,0001	Саніт.-токсиколог.	1
Фториди (F) для кліматичних районів				
- I и II	мг/дм <sup>3</sup>	1,5	Саніт.-токсиколог.	2
- III	мг/дм <sup>3</sup>	1,2	Саніт.-токсиколог.	2
Хлориди (Cl)	мг/дм <sup>3</sup>	350	Органолептичний	4
Хром (Cr)	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	Саніт.-токсиколог.	3
Ціаніди (CN)	мг/дм <sup>3</sup>	0,035	Саніт.-токсиколог.	2
Цинк (Zn)	мг/дм <sup>3</sup>	5,0	Органолептичний	3
<b>Органічні речовини</b>				
Аміак (по азоту)	мг/дм <sup>3</sup>	2,0	Саніт.-токсиколог.	3
Ацетон	мг/дм <sup>3</sup>	2,2	Саніт.-токсиколог.	3
Бензол	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	Саніт.-токсиколог.	2
Гас технічний	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	Органоліптичн.	4
Гліцерин	мг/дм <sup>3</sup>	0,5	Саніт.-токсиколог.	4
Ізопрен	мг/дм <sup>3</sup>	0,005	Органоліптичн.	4
Кислота оцтова	мг/дм <sup>3</sup>	1,0	Органоліптичн.	4
Нафталін		0,01	Органоліптичн.	4
Нафта багатосерниста		0,1	Органоліптичн.	4
Скипедар		0,2	Органоліптичн.	4
Спирт метиловий		3,0	Органоліптичн.	2
Фенол		0,001	Органоліптичн.	4
Формальдегід		0,05	Саніт.-токсиколог.	2
Етилен		0,5	Органоліптичн.	3
Етиловий ефір		1,0	Саніт.-токсиколог.	2
γ – ГХЦГ (ліндан)	мг/дм <sup>3</sup>	0,002	Саніт.-токсиколог.	1
ДДТ (сума ізомерів)	мг/дм <sup>3</sup>	0,002	Саніт.-токсиколог.	2
2,4-Д	мг/дм <sup>3</sup>	0,03	Саніт.-токсиколог.	2
<b>Хімічні речовини</b>				
Хлор				
• залишковий вільний	мг/дм <sup>3</sup>	в межах 0,3- 0,5	Органолептичний	3
• залишковий зв'язаний	мг/дм <sup>3</sup>	в межах 0,8- 1,2	Органолептичний	3
Хлороформ (при хлоруванні води)	мг/дм <sup>3</sup>	0,2	Саніт.-токсиколог.	2

Продовження табл. 5.2

1	2	3	4	5
Озон залишковий	мг/дм <sup>3</sup>	0,3	Органолептичний	
Формальдегід (при озонування води)	мг/дм <sup>3</sup>	0,05	Саніт.-токсиколог.	2
Поліакрил-амід	мг/дм <sup>3</sup>	2,0	Саніт.-токсиколог.	2
Активована кремнекислота (по Si)	мг/дм <sup>3</sup>	10	Саніт.-токсиколог.	2
Поліфосфати (по PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )	мг/дм <sup>3</sup>	3,5	Органолептичний	3
Залишкові кількості алюміній-залізовмісних коагулянтів	мг/дм <sup>3</sup>	Див. показники «Алюміній», «Залізо»		
<b>Органолептичні властивості</b>				
Запах	Бали	Не більше 2		
Присмак	Бали	Не більше 2		
Кольоровість	Градуси	Не більше 20 (35)		
Каламутність	ЄМФ (одиниці каламутності по формазіну) або мг/дм <sup>3</sup> (по каоліну)	2,6 (3,5) 1,5 (2)		

Таблиця 5.3 - Перелік шкідливих речовин, які можуть міститися в питній воді з техногенних об'єктів і характер їх впливу на організм людини

Групи речовин	Речовини	Техногенні витoki (скиди)	Вплив на організм
1	2	3	4
Неорганічні компоненти	Алюміній	Водоочисні споруди, кольорова металургія	Нейротоксична дія, хвороба Альцгеймера
	Барій	Виробництво пігментів, епоксидних смол, збагачення кам'яного вугілля	Вплив на серцево-судинну і кровотворну (лейкози) системи

1	2	3	4
	Бор	Кольорова металургія	Зниження репродуктивної функції у чоловіків, порушення оваріально - менструального циклу у жінок (ОМЦ), вуглеводного обміну, активності ферментів
	Кадмій	Корозія труб з гальванічним покриттям, фарбувальна промисловість	Хвороба "ітай-ітай", збільшення кардіо-васкулярної захворюваності (КВЗ), ниркової, онкологічної (ОЗ), порушення ОМЦ, перебігу вагітності та пологів, мертвонароджуваність, пошкодження кісткової тканини
	Молибден	Гірничодобувна промисловість, кольорова металургія	Збільшення КВЗ, подагра, епідемічний зоб, порушення ОМЦ
	Миш'як	Плавильна, скляна, електронна промисловості, фруктове садівництво	Нейротоксична дія, ураження шкіри, ОЗ
	Натрій	Шахтні, зливові води	Гіпертензія, гіпертонія
	Нікель	Гальваніка, хімічна промисловість, металургія	Поразка серця, печінки, ОЗ, кератити
	Нітрати, нітрити	Тваринництво, добрива, стічні води	Метгемоглобінемія, рак шлунка
	Ртуть	Травлення зерна, гальваніка, електродеталі	Порушення функції нирок, нервової системи

1	2	3	4
	Свинець	Важка промисловість, пайки, водопроводи	Ураження нирок, нервової системи, органів кровотворення, КВЗ, авітамінози С і В
	Стронцій	Природний фон	Стронцієвий рахіт
	Хром	Гірничорудна промисловість, гальваніка, електроди, пігменти	Порушення функції печінки, нирок
	Ціаніди	Пластики, електроди, гірничорудна промисловість, добрива	Враження нервової системи, щитовидної залози
	Солі кальцію і магнію	Природний фон	Сечокам'яна і слиннокам'яна хвороба, склероз, гіпертонія
	Бром	Природний фон	Порушення функції нирок, печінки, зниження калію
	Фтор	Природна вода	Флюороз скелета і зубів, остеохондроз
	Мідь	Кольорова металургія	Гепатит, анемія, захворювання печінки
Органічні токсиканти	Чотирихлористий вуглець	Розчинники, побічний продукт хлорування води (ППХВ)	ОЗ, мутагенна дія
	Тригалометани (хлороформ, бромформ)	ППХВ, медична промисловість	Мутагенна дія, частково ОЗ
	1,2-ді-хлоретан	ППХВ, виробництво зрідженого газу, фарб, фумігантів	ОЗ

1	2	3	4
	Хлоровані етилені	ППХВ, текстильна, клейова промисловість, знежирювачах металів, хімчистка, розчинники	Мутагенна дія, ОЗ
	Ароматичні вуглеводні: - Бензол - Бенз (а) –пірен - Пентахлор-фенол	- Виробництво продуктів харчування, ліків. пестицидів, фарб. пластиків, газів - Кам'яновугільні смоли, горючі органічні речовини, вулканізація - Лесозахист, гербіциди	- Вплив на печінку і нирки  - ОЗ  - ОЗ
	Пестициди: - Ліндан  - ДДТ  - Гексахлор-бензол - Атразин - 2,4-дихлор-феноуксусная кислота  - Сімазин	- інсектицид для рогатої худоби, лісів, овочів  - пестицид (заборонений для використання) - виробництво пестицидів - гербіцид для зернових культур - протравлення гербіцидами пшениці, кукурудзи, коренеплодів, ґрунту, газонів - гербіцид для зернових і водоростей	- ураження печінки, нирок, нервової, імунної, серцево-судинної систем - ОЗ, ураження нервової системи і печінки - ОЗ  - пухлини молочної залози - пошкодження печінки, нирок  - ОЗ



1	2	3	4
Хімічні речовини, що впливають на органолептичні властивості води	Залізо	Надходження водопровідної мережі, природний фон	Алергічні реакції. хвороби крові
	Сульфати	Природний фон	Діарея, збільшення числа гіпоацидних станів шлунка, жовчно-та сечокам'яна хвороба.
	Хлориди	Природний фон	Гіпертензія, гіпертонічна хвороба, захворювання серцево-судинної системи
	Хлоровані феноли	ППХВ	ОЗ
	Марганець	Природний фон	Надає елєбріотоксічну і гонадотоксічну дію

## 6. ВІДБІР ПРОБ ВОДИ ТА ЇХ КОНСЕРВАЦІЯ

Відбір проб - операція, від правильного виконання якої багато в чому залежить точність одержаних результатів. Відбір проб при польових аналізах необхідно планувати, намічаючи точки і глибини відбору, перелік показників, що визначаються, кількість води, що відбирається для аналізу, сумісність способів консервації проб для їх подальшого аналізу. Найчастіше на водоймі відбираються так звані разові проби. Однак при обстеженні водойми може виникнути необхідність відбору і серій періодичних і регулярних проб - з поверхневого, глибинного, придонного шарів вод і т.д. Проби можуть бути відібрані також з підземних джерел, водопроводу і т.п. Усереднені дані про склад вод дають змішані проби.

### 6.1. Особливості відбору проб води з водних об'єктів різного типу

У нормативних документах (ГОСТ 24481, ГОСТ 17.1.5.05, ІСО 5667-2 та ін.) Визначені основні правила та рекомендації, які слід використовувати для отримання репрезентативних 10 проб. Різні види водойм (водних об'єктів) зумовлюють деякі особливості відбору проб в кожному випадку. Розглянемо основні з них.

*Проби з річок* та водних потоків відбирають для визначення якості води в басейні річки, придатності води для харчового використання, зрошення, для водопою худоби, риборозведення, купання і водного спорту, встановлення джерел забруднення.

Для визначення впливу місця скидання стічних вод і вод приток, проби відбирають вище за течією і точці, де відбулося повне змішання вод. Слід мати на увазі, що забруднення можуть бути нерівномірно поширені по потоку річки, тому зазвичай проби відбирають в місцях максимально бурхливої течії, де потоки добре переміщуються. Пробовідбірники поміщають вниз за течією потоку, розташовуючи на потрібній глибині.

*Проби з природних і штучних озер (ставків)* відбирають з тими ж цілями, що і проби води з річок. Однак, враховуючи тривалість існування озер, на перший план виступає моніторинг якості води протягом тривалого періоду часу (кілька років), у тому числі в місцях, передбачуваних до використання людиною, а також встановлення наслідків антропогенних забруднень води (моніторинг її складу і властивостей). Відбір проб з озер повинен бути ретельно спланований для отримання інформації, до якої можна було б застосовувати статистичну оцінку. Слабопроточні водойми мають значну неоднорідність води в горизонтальному напрямку. Якість води в озерах часто сильно розрізняється по глибині через термальну стратифікацію, причиною якої є фотосинтез в поверхневій зоні, підігрів води, вплив донних відкладів та ін. У великих глибоких водоймах може з'являтися також внутрішня циркуляція.

Слід зазначити, що якість води у водоймах (як озерах, так і річках) носить циклічний характер, причому спостерігається добова і сезонна циклічність. З цієї причини щоденні проби слід відбирати в один і той же час доби (наприклад, в 12:00), а тривалість сезонних досліджень повинна бути не менше 1 року, включаючи дослідження серій проб, відібраних протягом кожної пори року. Це особливо важливо для визначення якості води в річках, що мають різко відмінні режими - межень і паводок.

*Проби вологих опадів* (дощу та снігу) надзвичайно чутливі до забруднень, які можуть виникнути в пробі при використанні недостатньо чистого посуду, попаданні чужорідних (не атмосферного походження) частинок і ін. Вважається, що проби вологих опадів не слід відбирати поблизу джерел значних забруднень атмосфери - наприклад, котелень або ТЕЦ, відкритих складів матеріалів і добрив, транспортних вузлів та ін. У подібних випадках проба опадів буде відчувати значний вплив зазначених локальних джерел антропогенних забруднень.

Зразки опадів збирають у спеціальні ємності, виготовлені з нейтральних матеріалів. Дощова вода збирається за допомогою лійки (діаметром не менше 20 см) в мірний циліндр (або безпосередньо у відро) і зберігається в них до аналізу.

*Відбір проб снігу* зазвичай проводять, вирізаючи керни на всю глибину (до землі), причому робити це доцільно в кінці періоду рясних снігопадів (на початку березня).

*Проби ґрунтових вод* відбирають для визначення придатності ґрунтових вод в якості джерела питної води, для технічних або сільськогосподарських цілей, визначення впливу на якість ґрунтових вод потенційно небезпечних господарських об'єктів, при проведенні моніторингу забруднювачів ґрунтових вод.

Ґрунтові води вивчають, відбираючи проби зі свердловин, колодязів, джерел. Слід мати на увазі, що якість води в різних водоносних горизонтах може значно відрізнятись, тому при відборі проби ґрунтових вод слід оцінити доступними способами глибину горизонту, з якого відібрана проба, можливі градієнти підземних потоків, інформацію про склад водовміщуючих порід. Оскільки в точці відбору проби може створитися концентрація різних домішок, відмінна від усього водоносного шару, необхідно відкачувати з свердловини (або з джерела, роблячи в ньому поглиблення) воду в кількості, достатній для відновлення води в свердловині, водопроводі, поглибленні і т.п.

*Проби води з водопровідних мереж* відбирають з метою визначення загального рівня якості водопровідної води, пошуку причин забруднення розподільчої системи, контролю ступеня можливого забруднення питної води продуктами корозії та ін.

Для отримання репрезентативних проб при відборі води з водогінних мереж дотримуються наступних правил:

- відбір проб проводять після спуску води протягом 10-15 хв. - часу, зазвичай достатнього для оновлення води з накопиченими забруднювачами;
- для відбору не використовують кінцеві ділянки водопровідних мереж, а також ділянки з трубами малого діаметру (менше 1,2 см);
- для відбору використовують по можливості ділянки з турбулентним потоком - крани поблизу клапанів, вигинів;
- при відборі проб вода повинна повільно текти в пробовідбірну ємність до її переповнення.

*Відбір проб з метою визначення складу води* (але не якості!) проводиться також при вивченні *стічних вод*, вод і пара котельних установок та ін. Подібні роботи мають, як правило, технологічні цілі, вимагають від персоналу спеціальної підготовки і дотримання, додаткових правил безпеки. Польові методи цілком (і часто вельми ефективно) можуть бути використані фахівцями і в цих випадках.

При відборі проб слід звертати увагу (і фіксувати в протоколі) на гідрологічні та кліматичні умови, які супроводжували відбір проб, такі як опади і їх різноманітність, паводки, межень і застійність водойми та ін.

Проби води для аналізу можуть відбиратися як безпосередньо перед аналізом, так і завчасно. Для відбору проб фахівці використовують стандартні батометри або бутлі місткістю не менше 1 л, що відкриваються і наповнюються на необхідній глибині. У зв'язку з тим, що для аналізу польовими методами по якомусь одному показнику (за винятком розчиненого кисню і БСК) зазвичай достатньо 0,03 – 0,05 дм<sup>3</sup> (30-50 мл) води, відбір проб безпосередньо перед аналізом може бути виконаний у колбу місткістю 0,25 – 0,50 дм<sup>3</sup> (250-500 мл) (наприклад, зі складу комплекту-лабораторії, вимірювального комплекту і т.п.).

Зрозуміло, що посуд для відбору проб повинний бути чистим. Чистота посуду забезпечується попереднім миттям його гарячою мильною водою (пральні порошки та хромову суміш не використовувати!), багаторазовим ополіскуванням чистою теплою водою. Надалі для відбору проб бажано використовувати один й той же посуд. Посудини, призначені для відбору проб, попередньо ретельно миють, обполіскують не менше трьох разів відібраною водою і закупорюють скляними або пластмасовими пробками, прокип'яченими в дистильованій воді. Між пробкою і відібраною пробкою в посудині залишають повітря об'ємом 0,005 – 0,01 дм<sup>3</sup> (5-10 мл). У спільний посуд відбирають пробу на аналіз тільки тих компонентів, які мають однакові умови консервації та зберігання.

Відбір проб, не призначених для аналізу відразу ж (тобто відбираються завчасно), проводиться в скляний або пластмасовий (бажано фторопластовий) посуд місткістю не менше 1 дм<sup>3</sup>, який герметично закривається

Для отримання достовірних результатів аналіз води необхідно виконувати, по можливості, швидше. У воді протікають процеси окиснення-відновлення, сорбції, седиментації, біохімічні процеси, викликані життєдіяльністю мікроорганізмів та ін. В результаті деякі компоненти можуть окиснюватися або відновлюватися: нітрати - до нітритів або іонів амонію, сульфати - до сульфідів; кисень може витрачатися на окиснення органічних речовин і т.п. Відповідно можуть змінюватися і органолептичні властивості води – запах, присмак, колір, каламутність. Біохімічні процеси можна уповільнити, охолодивши воду до температури 4-5 ° С (у холодильнику).

Однак, навіть маючи польові методи аналізу, не завжди є можливість виконати аналіз відразу ж після відбору проби. Залежно від передбачуваної тривалості зберігання відібраних проб може виникнути необхідність у їх консервації. Універсальної речовини, яка б консервувала усі компоненти у воді не існує, тому проби для аналізу відбирають у кілька бутлів. У кожному з них воду консервують, додаючи відповідні хімікати залежно від визначених компонентів.

У табл. 6.1 наведено способи консервації, а також особливості відбору та зберігання проб. При аналізі води на деякі показники (наприклад, розчинений кисень, феноли, нафтопродукти) до відбору проб пред'являються особливі вимоги. Так, при визначенні розчиненого кисню і сірководню важливо виключити контакт проби з атмосферним повітрям, тому бутлі необхідно заповнювати за допомогою сифона - гумової трубки, опущеної до дна склянки, забезпечуючи переливання води

через край при переповненні склянки. Детально особливі умови при відборі проб (якщо вони існують) наводяться при описі відповідних аналізів.

Таблиця 6.1 - Способи консервації, особливості відбору й зберігання проб води

Показник, який аналізується	Спосіб консервації і кількість консерванта на 1 л води	Максимальний час зберігання проби	Особливості відбору та зберігання проб
1	2	3	4
Активний хлор	Не консервують	Кілька хвилин	—
Аміак і іони амонію	Не консервують	2 години	—
	Тоже	1 доба	Зберігати при 4°C
	2-4 мл хлороформу або 1 мл концентрованої сірчаної кислоти	1-2 доби	
Біохімічне споживання кисню (БСК)	Не консервують	3 години	Відбирати тільки в скляні бутлі
	Теж	1 доба	Зберігати при 4°C
Завислі речовини	Не консервують	4 години	Перед аналізом збовтати
Смак і присмак	Не консервують	2 години	Відбирати тільки в скляні бутлі
Водневий показник (рН)	Не консервують	При відборі проби	—
	Те ж	6 годин	У бутлі не залишати пухирців повітря, запобігати нагріванню
Гідрокарбонати	Не консервують	2 доби	—
Залізо загальне	Не консервують	4 години	—
	2-4 мл хлороформу або 3 мл концентрованої азотної (соляної) кислоти (до рН=2)	2 доби	
Жорсткість загальна	Не консервують	2 доби	—
Запах (без нагрівання)	Не консервують	2 години	Відбирати тільки в скляні бутлі
Кальцій	Не консервують	2 доби	—
Карбонати	Не консервують	2 доби	—

1	2	3	4
Важкі метали (мідь, свинець, цинк)	Не консервують	В день відбору	—
	3 мл азотної або соляної кислоти (до рН=2)	3 доби	
	Те ж	1 міс.	Зберігати при 4°C
	Не консервують	2 години	Перед аналізом збовтати
Мутність			

Слід мати на увазі, що ні консервація, ні фіксація не забезпечують сталості складу води необмежено довго. Вони лише зберігають на певний час відповідний компонент у воді, що дозволяє доставити проби до місця аналізу, – наприклад, у польовий табір, а при необхідності – і в спеціалізовану лабораторію. У протоколах відбору та аналізу проб обов'язково вказуються дати відбору та аналізу проб.

## 6.2 Технологія відбору проб води на хімічний аналіз

(Одночасно з відбором проб води, вимірюється її температура за допомогою термометра.)

Об'єм загальної проби прісних і слабо солоних вод для стандартного аналізу – не менше 1 літру; у солоних водах і розсолах – не менше 0,5 літра.

Для відбору проби води з водного об'єкту можуть використовуватися пляшки з під мінеральної води 1,5 – 2 л («Миргородська», «Царичанська» та інших вод з мінералізацією до 1 г/дм<sup>3</sup>)

Пляшки необхідно помити проточною водою, на стінках та дні пляшки не має бути осаду. Перед наповненням пляшки її три рази обмивають водою з водного об'єкту.

Пляшка набирається повною до кришки та одразу закупорюється після заповнення. До закупореної пляшки прикріплюють етикетку (скотчем). Для кожної проби складають 2 однакові етикетки. Одну з них прикріплюють до пляшки, іншу вклеюють у журнал.

На етикетках вказують:

- назву закладу;
- номер (назву) джерела, ставка, річки;
- температура води та повітря;
- фізичні властивості (прозорість, колір, запах, смак);
- дата відбору проби (рік, місяць, число, час);
- підпис того, хто відібрав пробу.

Проби необхідно у короткий час направити до хімічної лабораторії. Якщо передбачається її зберігання – його необхідно забезпечити у холодильнику.