Міністерство освіти і науки України

ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»

Факультет природничих наук

Кафедра хімії середовища та хімічної освіти

**Лекція 1. Хімія гідросфери**

Укладачі:

к.ф.-м.н., Кузишин Ольга Василівна

к.ф.-м.н., Базюк Лілія Володимирівна.

м. Івано-Франківськ 2018

Лекція 1.

Тема.  Хімія гідросфери.

Мета. Ознайомити студентів з процесами формування хімічного складу природних вод, класифікацією, хімічним складом природних вод, хіміко-екологічним моніторингом природних вод.

Вступ. Вода – найбільш поширена та унікальна речовина на Землі. Всі її властивості аномальні та не мають переконливих пояснень. На сьогодні нараховують понад 20 характеристик, за якими воду з повним правом зараховують до аномальних рідин. Водою вкрито 71% Землі, але лише 2,5% (за масою) і 0,3% (за об’ємом) – це прісна питна вода. При цьому 0,2% цієї води – це вода полярних льодів. Тому раціональне використання і очищення природних вод є дуже важливою задачею.

План.

1. Природні води. Загальні відомості про природу і властивості води

1.1. Аномальні фізичні властивості води.

1.2. Біологічні аномалії води.

1.3. Вплив води на здоров’я і життєдіяльність людини.

2. Класифікація і загальна характеристика природних вод.

2.1. Класифікація природних вод.

2.2. Характеристика природних вод.

3. Процеси формування хімічного складу природних вод.

4. Нормативні документи якості питних вод.

5. Хіміко-екологічний моніторинг природних вод.

6. Хімічний склад природних вод.

6.1. Хімічний склад підземних вод

6.1. Загальні та сумарні показники вмісту природних та антропогенних компонентів, що застосовуються при спостереженнях за забрудненням і станом водних систем.

6.2. Вимоги до якості питних вод.

7. Основні етапи аналізу природних об’єктів.

7.1. Види, відбір та підготовка до аналізу проб води.

7.2. Відбір проб з різних водних об’єктів.

7.3. Підготовка води до аналізу.

7.4. Консервація, транспортування та зберігання проб води.

7.5. Визначення хімічних інгредієнтів у розчиненому стані, колоїдно-дисперсній формі та в зависях.

7.6. Концентрування мікрокомпонентів.

7.7. Усунення речовин, що заважають аналізу.

8. Водопідготовка.

8.1. Методи очистки води.

8.2. Реаґентні методи знезараження води.

Зміст лекції.

**1. Природні води. Загальні відомості про природу і властивості води**

Вода – найбільш поширена та унікальна речовина на Землі. Всі її властивості аномальні та не мають переконливих пояснень. На сьогодні нараховують понад 20 характеристик, за якими воду з повним правом зараховують до аномальних рідин.

У Періодичній системі елементів Оксиген утворює окрему підгрупу (підгрупа Оксигену). Елементи, що до неї входять (Оксиген, Сульфур, Селен, Телур), мають багато спільного в фізичних та хімічних властивостях. Спільність властивостей простежується й для однотипних сполук цих елементів, наприклад, гідридних (H2S, H2Se, H2Te). Але вода майже за всіма хімічними та фізичними властивостями випадає з цього ряду.

**1.1. Аномальні фізичні властивості води**

**1.** Вода – єдина речовина на Землі, яка за загальних умов може перебувати одночасно в трьох агрегатних станах: пара, рідина, лід.

**2.** Вода має найменшу леткість у порівнянні з гідридними сполуками (гідридами) елементів, що знаходяться в одній групі з Оксигеном H2S, H2Se, H2Te,хоча повинна була б бути найбільшою,бо чим легший елемент підгрупи,тимбільша леткість його гідриду. Це явище має велике значення для фізіології клітин. Завдяки низькій леткості води клітини зберігають воду, а різні матеріали – вологість.

**3.** Вода має аномально високі температури кипіння (*tкип*.) та замерзання (*tзам*.). Всім відомо, що вода кипить при 100oC, а замерзає при 0oC. Проте, якщо порівняти залежність цих параметрів для усіх гідридних сполук елементів підгрупи Оксигену (H2S, H2Se, H2Te) відносно до їх молекулярної маси, то встановлено, що ця залежність – прямо пропорційна: зі збільшенням молекулярної маси сполук температура кипіння і температура замерзання їх збільшуються, тобто графіки залежності температури кипіння і температури замерзання всіх гідридних сполук H2S, H2Se, H2Te від їх молекулярної маси–лінійні,і якщо ці лінії проекстраполювати до молекулярної маси Н2О, то отримаємо відповідні значення температур кипіння і замерзання прогнозованої води: мінус 66°С і мінус 87°С, що не відповідає дійсності.

**4.** Усі речовини при замерзанні стискаються, тобто їх густина збільшується, і тільки вода розширюється (густина зменшується). Найвища густина води за температури 3,98°С. Завдяки цій особливості води лід легший за рідку воду, і тому замерзання водойм відбувається не з дна, а з поверхні, що зберігає флору і фауну неушкодженою.

5. Вода має найбільшу теплоємність серед усіх твердих і рідких (окрім амоніаку) речовин (4,18 кДж/кг·К). Вона в п’ять разів вища, ніж у піску і майже в десять разів вища, ніж у заліза. Завдяки високій теплоємності воду використовують як теплоносій у теплосиловому та комунальному господарстві, а також як охолоджувач у разі необхідності зниження температури.

**6.** Вода має найбільшу теплопровідність з усіх рідин (2,34 Вт/м·К). Теплопровідність – це фізична величина, яка показує, наскільки добре речовина переносить тепло. Теплопровідність води в 4 рази вища, ніж теплопровідність будь-якої рідини та майже в 24 рази, ніж повітря. Тому воду найчастіше використовують як теплоносій.

**7.** Вода має найбільшу величину поверхневого натягу (до 72 мН/м при 25ºС) з усіх рідин (більша – тільки в ртуті), який характеризує ступінь зчеплення молекул води одна з одною. Цей параметр визначає ступінь засвоєння води організмом, зумовлює відомі капілярні властивості води, її переміщення в стеблинах рослин, переміщення крові в судинах і капілярах.

**8.**Діелектрична проникність ε води надзвичайно велика, й дорівнює 81 (у льоду при *t* = –5°С εл = 73), тоді як у більшості інших речовин вона становить 2-–8, і лише у деяких досягає 27-35 ( спирти). Ця властивість води зумовлює виняткові властивості води як розчинника. Вода – найкращий розчинник на Землі.

**9.** Аномально поводить себе і в’язкість води. Переважно з підвищенням тиску в’язкість речовин збільшується, а з підвищенням температури – зменшується. В’язкість води при підвищенні тиску і температури від 0 до 30°С зменшується, із подальшим зростанням тиску досягає мінімального значення, і лише потім збільшується.

**1.2. Біологічні аномалії води**

Не менш дивовижними, ніж фізичні аномалії води, є аномалії ***біологічних*** властивостей води:

1. Вода є неодмінним субстратом кожного, без винятку, організму і водночас таким же обов’язковим продуктом метаболізму. Жодна інша сполука не може похвалитися цим привілеєм.
2. Вода – єдина хімічна сполука, яка супроводжує, утворюючись і розкладаючись, біологічний синтез і розклад усіх біополімерів у клітинах.
3. Вода – єдина сполука, що бере участь у всіх енергетичних процесах будь-якого організму.
4. Вода – це єдиний метаболіт, який усупереч законові погіршення довкілля, не пригнічує життєдіяльності жодного організму. Більше такого продукту обміну не існує.
5. Вода – єдина хімічна сполука, яка у вигляді газу за нормальних, природних біосферних умов, тиску і температури, на відміну від усіх інших сполук і речовин, не створює у повітрі концентрацій, що загрожували б життю і розвитку будь-яких, у тому числі гранично ксерофільних, організмів. Вода ніби «знала», що Життя розповсюдиться за межі моря (океану) – на сушу та у повітря, і що там воно не зможе обійтися без води, а буде незмінно, постійно використовувати її і повсякчас повністю залежатиме від неї.
6. Вода – це сполука, яка бере участь у передачі найрізноманітнішої (у тому числі спадкової) інформації у біологічних системах. Без води постійний і надійний взаємозв’язок та гідна подиву взаємодія між численними структурами клітини чи організму неможливі.
7. Вода – єдина хімічна речовина, що формує, просторово структурує, робить ажурною, гідратує будь-яку біологічну компоненту, підтримує конформацію молекул органічних сполук, обсотує поверхню всіх колоїдних частинок. Без цієї гідратації жодна макромолекула чи структура (фермент, нуклеїнова кислота, мембрана тощо) просто не здатні функціонувати.

**1.3. Вплив води на здоров’я і життєдіяльність людини**

Вода – найкращий розчинник. Організм людини на 60-75% (за масою), а мозок – на 85% складається з води, рослинний світ – на 70-95%. Втрата води людиною значно небезпечніше за голодування. Без їжі людина може прожити до місяця, без води – 5-6 діб. Втрата 1% води визиває жагу, 5% води – підвищення температури тіла, 10% води – приводить до самоотруєння організму (судоми, відмовляють нирки), більше 21% води – до смерті. Роль води в життєдіяльності людини важко переоцінити. Вода – транспортний засіб для циркулюючих у тілі клітин крові, найважливіший розчинник речовин (вітамінів, білків, мінералів, вуглеводів, кисню тощо), сполучний матеріал, що зв’язує тверді частини клітин для формування їх мембран або захисного бар’єру навколо клітин. Вода зберігає всі слизові оболонки вологими, регулює температуру тіла, забезпечує змазку суглобів, виводить шлаки і токсини, розріджує кров і не дає їй згортатися в процесі циркуляції. Вода – головний регулятор енергії й осмотичного балансу в організмі, захищає ДНК від пошкоджень, значно підвищує ефективність імунного механізму спинного мозку.

**2. Класифікація і загальна характеристика природних вод**

Водою вкрито 71% Землі, але лише 2,5% (за масою) і 0,3% (за об’ємом) – це прісна питна вода. При цьому 0,2% цієї води – це вода полярних льодів. Тому раціональне використання і очищення природних вод є дуже важливою задачею.

Абсолютно чистої води в природі не існує, тому що вона є найкращий розчинник газів (O2, N2,CO2, H2S) і твердих речовин (мінералів, порід, руд). Крім того, в природних водах багато органічних речовин, що є продуктами життєдіяльності водних організмів.

Таким чином, природні води – це складні багатокомпонентні системи, що містять розчинені речовини в йонному або молекулярному вигляді, неорганічні і органічні у формі колоїдів, суспензій і емульсій. Сукупність рослинних і тваринних організмів, які знаходяться у воді у завислому стані, складають планктон. Організми, що живуть на дні водойм, складають бентос.

**2.1. Класифікація природних вод**

Велика різноманітність якісного і кількісного складу природних вод не дозволяє класифікувати їх за якоюсь однією ознакою. Тому існує велика кількість різних класифікацій [10]. Найбільш поширеними є класифікації О.О. Алекіна, С.О. Щукарева, Л.А. Кульського, О.І. Перельмана, В.К. Хільчевського тощо.

**I. За походженням** води поділяють на:

1. атмосферні (сніг, дощ).
2. підземні (ґрунтові, артезіанські, джерельні, колодязні).
3. поверхневі (океани, моря, озера тощо).

**II. За величиною мінералізації (г/дм3)**

Згідно з ГОСТ 27065-86 (СТ СЭВ 5184-85), мінералізація води – сумарна концентрація аніонів, катіонів і недисоційованих розчинних у воді неорганічних речовин у г/дм3 [11]. За мінералізацією води поділяють на 4 види:

|  |  |
| --- | --- |
| Найменування вод | Вміст солей (г/дм3) |
| прісні | менше 1 |
| солонуваті | 1-10 |
| солоні | 10-50 |
| розсоли | більше 50 |

Мінералізацію вод зумовлюють сотні йонів, головними з яких є:

**головні катіони**: K+ + Na+ (1-75 мг/л); Ca2+ (10-120 мг/л); Mg2+ (0,5-30 мг/л);

**головні аніони**: HCO3– + CO32– (10-500 мг/л); Cl– (5-80 мг/л); SO42– (2-120 мг/л).

**Класифікація природних вод за О.А. Алекіним**

На розділенні переважаючих аніонів та катіонів основана класифікація природних вод, запропонована О.А. Алекіним і названа його ім’ям. Відповідно до цієї класифікації за переважаючим вмістом того чи іншого аніону природні води поділяють на **3** **класи**:

1. **гідрогенкарбонатні** води (здебільшого поверхневі води – води річок, озер);
2. **хлоридні** води (води океанів, морів, солоних озер);
3. **сульфатні** води (деякі колодязні води).

Клас **гідрогенкарбонатних** вод поєднує прісні й ультрапрісні води рік, озер, включаючи значну кількість підземних вод.

Клас **хлоридних** вод поєднує води морів, лиманів і підземні води солончакових районів.

**Сульфатні** води за розповсюдженістю і мінералізацією займають проміжне положення між хлоридними і карбонатними водами.

Кожен клас природних вод за переважним вмістом катіону поділяють на **3** **групи**: **кальцієва** вода; **магнієва вода**; **натрієва** вода.

Наприклад, поверхневі води України є в основному гідрокарбонатно-кальцієві, морські – хлоридно-натрієві, деякі колодязні – сульфатно-магнієві.

Групи в свою чергу поділяються на *типи у відповідності до кількісних характеристик аніонів та катіонів*. Так, *до першого типу* відносяться води, у яких концентрація йонів НСО3–, виражена у ммоль·екв/дм3, більша, ніж сумарна концентрація катіонів кальцію і магнію:

[НСО3–] > [Са2+] + [Мg2+].

Води цього типу слабко мінералізовані, для них характерний надлишок гідрогенкарбонат-йонів.

Води *другого типу* характеризуються вищою сумарною концентрацією гідрогенкарбонат- і сульфат-йонів, що перевищує сумарну концентрацію катіонів кальцію і магнію, що у той же час є вищою, ніж концентрація одного гідргенокарбонат-йону:

[НСО3–] + [SO42–] > [Са2+] + [Мg2+] > [НСО3–].

До цього типу вод відносяться підземні води, а також води рік і озер малої і середньої мінералізації.

Для води *третього типу* характерна вища концентрація хлорид-йонів у порівнянні з йонами натрію та (або) вища сумарна концентрація катіонів кальцію і магнію, що перевищує сумарну концентрацію гідрогенкарбонат- і сульфат-йонів:

[Сl–] > [Nа+] або [Са2+] + [Мg2+] > [НСО3–] + [SO42–].

Води цього типу зазвичай сильно мінералізовані. Четвертий тип вод характеризується відсутністю гідрогенкарбонат-йонів. Води цього типу є кислими і відносяться до класів хлоридних і сульфатних вод.

Класифікація О.А. Алекіна не є єдиною системою, що враховує хімічний склад природних розчинів, і містить в собі недоліки. Так, наприклад, у ній не враховується присутність в природних водах розчинних органічних сполук, загальна концентрація яких у воді річок і озер іноді досягає 100 мг/дм3. В основному це гумусові кислоти і їхні солі (продукти мікробіологічного розкладу рослинних і тваринних залишків), вуглеводні, феноли, білки, вуглеводи. Усього з осадових порід, ґрунтів виділено понад 500 органічних сполук. Багато в чому саме присутність органічних речовин обумовлює своєрідний колір природних вод водойм і річок. Однак основний процес розчинення органічних сполук в природних водах пов’язаний з процесом комплексоутворення, що має вплив на міграцію елементів.

Розглянута класифікація не враховує присутність розчинених газів. Кількість і природа розчиненого газу впливає на фізико-хімічні процеси, що протікають у природних водоймах.

Серед відомих класифікацій природних вод варто назвати системи, розроблені В.І. Вернадським і А.І. Перельманом. Так, класифікація природних вод, розроблена В.І. Вернадським, є, мабуть, однією з найдетальніших. Усі природні води, за В.І. Вернадським, розділяють на три групи: води у твердому стані, води в газоподібному стані, рідкий стан природної води.

У межах груп В.І. Вернадський намітив розподіл на класи, «царства», «підцарства», сімейства і види. В.І. Вернадський виділив 480 видів вод, але писав, що їх може бути і значно більше (до 1500 видів).

**III. За твердістю води**

Існує безліч типів класифікацій води за ступенем її твердості. Розглянемо тільки дві з них:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Твердість води, мг-екв/л | [12] | [13] |
| Дуже м’яка | 0-1,5 | 0-1,5 |
| М’яка | 1,5-4 | 1,6-3 |
| Середньої твердості | 4-8 | 3-6 |
| Тверда | 8-12 | 6-9 |
| Дуже тверда | >12 | 9-12 |

**IV. За газовим складом та специфічними елементами** розрізняють води:

вуглекислі; сульфідні (сірководневі); азотні; бромисті; йодисті; арсенітні; кремнієві, радонові тощо.

**V. За значенням рН** води поділяють на **[**10**]**:

|  |  |
| --- | --- |
| Дуже кислі | рН < 3 |
| Кислі | 3,0–5,0 |
| Слабко кислі | 5,0–6,5 |
| Нейтральні | 6,5–7,5 |
| Слабко лужні | 7,5–8,5 |
| Лужні | 8,5–9,5 |
| Дуже лужні | > 9,5 |

**VI. За гідрохімічним індексом забруднення води [**10**]**

***Гідрохімічний*** ***індекс забруднення води (ІЗВ***) розраховується за формулою

,

де N – кількість домішок.

До уваги необхідно приймати не менше семи домішок, які в певній воді є найбільш значущими за санітарно-токсикологічними ознаками. У числі семи показників обов’язково слід враховувати рН, кількість розчиненого кисню, БПК5. Згідно з ІЗВ встановлюється клас якості води і ступінь її забруднення (табл.1).

Таблиця 1

Класифікація води за індексом забруднення

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ЗВІ** | **Клас якості води** | **Характеристика води** |
| Менше або дорівнює 0,2 | I | Дуже чиста |
| Більше 0,2 до 1,0 | II | Чиста |
| Більше 1,0 до 2,0 | III | Помірно забруднена |
| Більше 2,0 до 4,0 | IV | Забруднена |
| Більше 4,0 до 6,0 | V | Брудна |
| Більше 6,0 до 10,0 | VI | Дуже брудна |
| Більше 10,0 | VII | Надмірно брудна |

**VII. За принципом використання** води поділяють на:

a) питні; б) господарські; в) технічні; г) лікувальні; д) стічні тощо.

**2.2. Характеристика природних вод**

Вода характеризується складом та властивостями, котрі визначають її придатність для конкретних видів водокористування. Вочевидь, що не може існувати єдиного показника, який би міг однозначно охарактеризувати якість усіх наявних природних вод, тож оцінку якості вод проводять на основі системи показників.

Досить умовно всі показники якості води можна розділити на *інтегральні* та *індивідуальні*.

***Інтегральні показники*** якості води зумовлені наявністю в ній багатьох речовин, як органічних, так і неорганічних, розчинених або у вигляді зависей чи колоїдів. До інтегральних показників відносяться запах, смак, каламутність (прозорість), кольоровість, окисно-відновний потенціал, окисність (перманганатна чи дихроматна), швидкість поглинання кисню, загальний вміст азоту та фосфору, органічний карбон, твердість, буферна місткість (кислотність і лужність) тощо.

***Індивідуальні показники*** якості води характеризують конкретний вмістокремих речовин (наприклад, летких фенолів, гумінових кислот, діоксиду карбону, сірководню тощо) або йонів (наприклад, Ca2+, Mg2+, Fe2+, Fe3+, Cl–, SO42–, NO3–, F–, HCO3– тощо)у воді.

Головні показники якості води:

* ***Температура*** –важливий чинник, що впливає на фізичні,хімічні,біохімічні ібіологічні процеси, які відбуваються у воді, а також швидкість і глибину процесів очищення і знезаражування води. Від температури води в значній мірі залежать кисневий режим, інтенсивність окисно-відновних процесів, активність мікрофлори тощо. Оптимальна температура води для питних цілей знаходиться в межах 7-11°С, гранично допустима – 35°С.
* ***Вміст грубодисперсних домішок*** (пісок,глина,мул,планктон) –це домішки,що зумовлюють каламутність води. Грубодисперсні домішки визначають гравіметричним методом після їх видалення шляхом фільтрування крізь фільтр «синя стрічка» (переважно для проб із прозорістю, меншою за 10 см), згідно з ГОСТ 18164-72.
* ***Кольоровість***,яка зумовлена,головним чином,розчиненими гуміновими речовинами та сполуками заліза. Вимірюється в градусах за стандартною дихроматно-кобальтовою шкалою, згідно з ГОСТ 3351-74.
* ***Смак і запах*.** Смак і запах залежать від вмісту і складу розчинених неорганічних і органічних речовин. Якісна вода не повинна мати запаху. Запахи можуть бути природного (болотистий, торф’яний, рибний) і штучного (хлорний, залізистий) походження. Запахи води тісно пов’язані зі смаком. Розрізняють чотири основні смаки: солоний, гіркий, кислий, солодкий. Всі інші смакові відчуття називаються присмаками (хлорний, рибний, металевий тощо). Кількісну оцінку запаху, смаку і присмаку води проводять за п’ятибальною шкалою, згідно з ГОСТ 3351-74.
* ***Водневий показник (рН****)* –один з найважливіших показників якості вод.Величина концентрації йонів водню має велике значення для хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в природних водах. Від величини рН залежить розвиток і життєдіяльність водних рослин, стійкість різних форм міграції елементів, агресивна дія води на метали й бетон. pН води також впливає на процеси перетворення різних форм біогенних елементів, змінює токсичність забруднюючих речовин. Більшість природних незабруднених вод має рН 6,5-9. Величину рН вимірюють за допомогою рН-метра із скляним електродом**.**
* ***Окисність*** –це величина,що характеризує вміст у воді органічних і мінеральних речовин, що за певних умов окиснюються. Виражається цей параметр у міліграмах кисню, який витрачено на окиснення речовин, що містяться в 1 л води. У практиці водоочищення для природних мало забруднених вод визначають **перманганатну** окисність,а в більш забруднених водах– **дихроматну** окисність,якамає також назву ХСК –«хімічне споживання кисню».
* ***Біохімічне споживання кисню (БСК)* –** кількість кисню в міліграмах,щопотрібна для окиснення (розкладання) органічних речовин, які містяться в 1 л води, в аеробних умовах, без доступу повітря і світла, при 20°С, за певний проміжок часу в результаті перебігу у воді біохімічних процесів окиснення. Одиниця вимірювання БСК – мгО2/л. Для джерел централізованого господарсько-питного водопостачання, згідно з ДСТУ 17.1.3.03-77, повне **БСК** не повинне перевищувати 3 мг О2/л, для водойм культурно-побутового використання – 6 мг О2/л.
* ***Лужність***,яка характеризує загальний вміст гідроксид-йонів та аніонів слабкихкислот, головним чином гідрокарбонат-, карбонат-, ортофосфат-, сульфіт-, силікат-йонів, аніонів гумінових кислот, які вступають у взаємодію з сильними хлоридною або сульфатною кислотами. Лужність визначається кількістю сильної кислоти, необхідної для нейтралізації 1 дм3 води. Лужність більшості природних незабруднених вод зумовлена гідролізом гідрокарбонатів кальцію і магнію, рН цих вод не перевищує 8,3. Загальна лужність є показником фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води і нормується в межах 0,5-6,5 мг-екв/дм3.

***Твердість****,*яка характеризує загальний вміст йонів кальцію і магнію (ммоль/дм3) у воді. Твердість визначається за ГОСТ 4151-72. Розрізняють декілька видів твердості – загальну, усувну (або тимчасову), неусувну (або постійну), карбонатну, некарбонатну. Загальною твердістю називають загальну кількість йонів Ca2+ і Mg2+, виражену в міліграм-еквівалентах. Твердість, що відповідає кількості міліграм-еквівалентів гідрокарбонатів кальцію і магнію, називають карбонатною. Усувна твердість також обумовлена тими ж гідрокарбонатами Ca2+ і Mg2+, але на відміну від карбонатної визначається експериментально шляхом тривалого кип’ятіння, показуючи наскільки зменшилася загальна твердість після кип’ятіння. Неусувна і некарбонатна твердість обумовлені хлоридними, сульфатними, нітратними та іншими некарбонатними сполуками кальцію і магнію. За величиною загальної твердості води розрізняють: дуже м’які (до 1,5 мг-екв/дм3), м’які (1,5–3), помірно тверді (3–5,4), тверді 5,4–10,7 і дуже тверді (більше 10,7 мг-екв/дм3). Загальна твердість є показником фізіологічної повноцінності питної води і нормується в межах 1,5–7,0 мг-екв/дм3.

* ***Сухий залишок*** – маса нелетких (за температури 110 і 180°С) мінеральних й органічних сполук, віднесена до одиниці об’єму води – визначається зважуванням осаду, отриманого при випаровуванні певного об’єму води й подальшому висушуванні. Величина сухого залишку використовується для контролю хімічних аналізів шляхом порівняння з обчисленою мінералізацією.
* ***Загальна мінералізація*** (солевміст, TDS – total dissolved solids) –сумарна маса розчинених твердих мінеральних речовин в одиниці об’єму води (мг/дм3, г/дм3, ‰), яка була розрахована за сумою результатів окремих визначень кожного йону, або за результатами вимірювання питомої електропровідності води. Мінералізація обчислюється підсумовуванням вагових кількостей всіх речовин, визначених при хімічному аналізі.
* ***Важкі метали.*** Досить поширеними важкими металами є кадмій,мідь,миш’як,нікель, ртуть, свинець, цинк, хром. Важкі метали мають мутагенну і токсичну дію, різко зменшують інтенсивність біохімічних процесів у водоймах.

**3. Процеси формування хімічного складу природних вод**

У процесі формування хімічного складу природних вод прийнято виділяти прямі і непрямі, а також головні і другорядні фактори, що впливають на склад розчинених у них компонентів.

*Прямими* називають фактори,що безпосередньо впливають нахімічний склад води і зв’язані з хімічним складом контактуючих з даною природною водою речовин (мінералів, гірських порід, ґрунтів та ін.).

*Непрямі* фактори впливають на склад природних вод запосередництвом прямих факторів; до них відносяться температура, тиск і ін.

*Головні* фактори визначають вміст головних аніонів і катіонів(тобто клас і тип води за класифікацією О.А. Алекіна).

*Другорядні* фактори викликають появу деяких особливостей даноїводи (кольору, запаху й ін.), але не впливають на її клас і тип.

За характером впливу на формування складу природних вод всі фактори поділяються на 5 груп;

1. фізико-географічні (рельєф, клімат та ін.);
2. геологічні (вид гірських порід, гідрогеологічні умови та ін.);
3. біологічні (діяльність живих організмів);
4. антропогенні (склад стічних вод, склад твердих відходів та ін.);
5. фізико-хімічні (хімічні властивості сполук, кислотно-основні й окисно-відновні умови та ін.).

**4. Нормативні документи якості питних вод**

Наявність високоякісної питної води є однією з умов зміцнення здоров’я людей. За даними ВООЗ, біля 80% захворювань людей пов’язані з якістю питної води. Основними міжнародними документами, що регламентують вимоги до якості питної води, є *рекомендації ВООЗ* і *Директива 98/83* по питній воді країн Європейського Співтовариства (ЄС) [7].

*В Україні* розроблено багато нормативно-правових документів, які мали б вагомо впливати на діяльність щодо охорони природних вод і на попередження та усунення забруднення поверхневих водних об'єктів, відтворення водних ресурсів і забезпечення безпечних умов водокористування. Серед них базові – *Закон України «Про питну воду та питне водопостачання»* (2002 р.), *«Національна програма екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води»*, *«Питна вода України на 2006-2020 роки»* (2005 р.) тощо. Але внаслідок недофінансування, відсутності державного контролю в галузі охорони природи, ***всі ці закони практично не діють***.

Дотепер основним нормативним документом, що визначає якість питної води в Україні, залишається ***ГОСТ 2874-82 «Вода питна. Гігієнічні вимоги й контроль за якістю»*** [8], який вже давно не відповідає сучасним вимогам до якості питної води. За цим нормативним документом якість питної води оцінюється за *29 санітарно-хімічними і бактеріологічними показниками*. Для порівняння, згідно з рекомендаціями ВООЗ [6], до переліку тільки хімічних показників з рекомендованими нормативними значеннями включено 95 найменувань, а у Директиві ЕС 98/83 нормуються 66 параметрів якості питної води.

З 01.01.2000 р. в Україні поступово вводиться у дію новий нормативний документ України – ***Державні санітарні правила і норми «(ДСанПіН № 383-96) «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання»*** [9]. Він включає *56 показників якості й контролю за якістю питної води*. Зберігши головні вимоги ГОСТ 2874-82 до якості води, у новому документі передбачене додаткове проведення мікробіологічних, вірусологічних, паразитологічних досліджень, а також додатковий контроль за вмістом ряду неорганічних і органічних речовин, які можуть бути присутніми у воді в результаті промислового, побутового й сільськогосподарського забруднення, реально небезпечних для здоров’я людини. У цьому документі значно розширений спектр показників, нормативні рівні деяких з них стали більш жорсткими. Суттєвим здобутком ДСанПіН 383-96 є поява *показників фізіологічної повноцінності питної* *води*, які визначають адекватність її мінерального складу біологічним потребам людини. Однак, на жаль, використання цього документу в системі контролю якості води має певні труднощі через те, що застарілі водогінні очисні споруди не здатні довести якість питної води до вимог ДСанПіН 383-96. Окрім того, у багатьох випадках відсутні адекватні методики і сучасна приладова база, що забезпечують необхідну точність і вірогідність визначення багатьох показників у питній воді.

У Додатку 1 для порівняльного аналізу наведені норми якості питної води за ГОСТ 2874-82, ДСанПіН 383-96, Директивою ЄС 98/83 та Рекомендаціями ВООЗ. Безумовно, складно звести до однієї таблиці всі показники якості води, що нормуються різними документами, наприклад, практично неможливо порівняти вміст різних органічних домішок, які є наявними і важливими для різних країн. Тому порівняльний аналіз проведено, головним чином, тих показників, які є спільними для усіх документів. З ретельним і всебічним аналізом норм якості питної води в різних документах можна ознайомитися в [10].

**5. Хіміко-екологічний моніторинг природних вод**

Для цілісного уявлення про поведінку речовин в природному середовищі необхідний моніторинг.

**Моніторинг**–система спостереження,управління і контролю застаном навколишнього середовища. Він складається з трьох ступенів: **спостереження**, **оцінки стану** та **прогнозу можливих змін**.

Назва «моніторинг» походить від латинського слова «монітор», що означає «той, що дивиться вперед», «випереджуючий». Управління станом навколишнього середовища потребує контролю за його змінами, на основі яких можливо не допустити погіршення його якості.

Розрізняють чотири основні рівні моніторингу навколишнього середовища:

* глобальний;
* національний;
* регіональний;
* локальний.

Кожен з них визначається своїми розмірами.

Наприклад, глобальний моніторинг – це служба спостереження за рівнем забруднення тих чи інших елементів біосфери і за порушеннями екологічної рівноваги в межах всієї планети.

Регіональний моніторинг пов’язаний зі спостереженнями в рамках лише конкретного регіону, локальний – в межах певного об’єкту навколишнього середовища.

**Моніторинг водного об’єкту**. Моніторинг водного об’єктупроводять блоками, за схемою: спостереження, моделювання, оцінка даних, прогнозування.

**Блок «спостереження»**.Для організації моніторингу водного об’єкту необхідно, перш за все, правильно організувати спостереження. Правильно відібрана навіть одна проба води корисніша, ніж результати багатьох непродуманих і теоретично не обґрунтованих аналізів.

На водному об’єкті встановлюють пункти контролю – місця на водоймі чи водогоні, в яких приводять комплекс робіт для одержання даних про якість води. Пункт контролю організовується на основі результатів санітарного огляду водного об’єкту і попереднього обстеження. Періодичність відбору проб, програма дослідження, показники, які вимірюються на водному об’єкті, визначаються категорією пункту контролю (І, ІІ, ІІІ, ІV категорії). Показники одержують за допомогою хімічного, фізико-хімічного аналізу проб за існуючими методиками.

Отримані показники необхідно оцінити. Перед оцінкою даних можна побудувати модель стану об’єкту для виявлення реальних форм знаходження забруднюючих речовин в природі.

**Блок «Моделювання стану водного об’єкту»**. Вивчаючи складніоб’єкти, такі, як природні води, дуже важко врахувати всі фактори, які впливають на поведінку забруднюючих шкідливих речовин: деякі з них є більш важливими, а деякими можна знехтувати. При цьому найбільш дієвим способом являється побудова математичної моделі водного об’єкта.

Побудова моделі дозволяє одержати дані про форми існування компонентів в природі, тоді як експериментальні дослідження форм існування компонентів у природних об’єктах мають значні труднощі. Знання реальних форм знаходження компонентів в природних водах дозволяє правильно оцінити міру шкоди, нанесеної навколишньому середовищу. Наприклад, дуже часто нормується одна форма знаходження компонента, наприклад Hg2+-йони, а реально є друга – CH3Hg+-йони, більш токсична.

**Модель**–це такий матеріальний чи уявно представлений об’єкт,який в процесі дослідження заміщує об’єкт-оригінал, зберігаючи деякі важливі для даного дослідження його риси. Побудова моделі виконується за визначеними законами, за якими функціонує змодельований об’єкт. Модель створюється з метою – знайти відповіді на необхідні питання про змодельований об’єкт.

**Блок «Оцінка даних»**. Для оцінки даних вибрані стандарти якості, що визначають стан водного об’єкту.

Існує три види стандартів якості вод (етап 1):

1) санітарно-гігієнічний (ГДК, ГДКр/г, ПДКмор., ЛД50, ППКт, ППКорг, ППКс.р.в., ІЗС, ІЗ, ІЗВ);

2) екологічні (ГДЕН, Аі, ГДВ);

3) допоміжні (закони, правила).

Основні критерії якості об’єктів навколишнього середовища – гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин, затверджені Міністерством охорони здоров’я.

**ГДК** речовини в воді – це максимальна концентрація, яка не впливає прямо чи опосередковано на стан здоров’я теперішнього чи наступного покоління людей при дії на організм і не погіршує гігієнічні умови водокористування. ГДК не характеризує екологічний стан водоймищ, а тільки регламентує вміст забруднюючих речовин тільки в тих водоймах, що використовуються для господарсько-харчових і культурно-побутових цілей.

**ГДКр/г** (рибогосподарська ГДК) –це характеристика водойм якбази для організації рибоводства і риболовлі. При визначенні ГДКр/г проводяться спеціальні дослідження, які включають оцінку впливу речовини на процеси самоочищення води, первинного утворення органічної речовини і на життєдіяльність окремих видів гідробіонтів.

**ГДК мор.** (морська чи біогеохімічна ГДК)створена для оцінки вмісту в морському середовищі важких і перехідних металів, які бувають як природного так і антропогенного походження.

**ЛД50** – летальна доза речовини, доза, яка викликає смерть 50% піддослідних організмів.

**ППКт** –підпорогова концентрація(максимальна недіючаконцентрація) речовини, яка визначається санітарно-токсикологічними ознаками при попаданні речовини в організм з водою.

**ППКорг** – підпорогова концентрація речовини в водоймищі, що розраховується за органолептичним показниками (запах, присмак).

**ППКс.р.в**. – підпорогова концентрація речовини, яка не впливає на санітарний режим водоймища (загальносанітарна ознака, яка оцінює зміни інтенсивності процесу біохімічного окиснення органічної речовини під впливом промислових і побутових забруднень).

При сумісній наявності у воді декількох компонентів для комплексної оцінки забрудненості води на основі ГДК існує декілька інтегральних показників, які розраховуються за затвердженими методиками: індекс загальносанітарного стану (ІЗС), індекс забруднюваності води (ІЗВ).

В цілому система контролю якості навколишнього середовища на основі ГДК й інших показників не враховує багатьох факторів: накопичення забруднюючих речовин водними організмами, кислотність середовища, розчинений кисень, комплекс органічних речовин тощо. Тому останнім часом користуються більш сучасними екологічними показниками.

**ГДЕН** (гранично допустиме екологічне навантаження) введена Ю.А. Ізраєлем як результат комплексного підходу до регулювання якості природного середовища. Екосистема вважається стійкою (нормально функціонуючою) у випадку не перевищення ГДЕН, яке розраховується з врахуванням різних факторів. Для визначення ГДЕН необхідний всебічний аналіз природного середовища.

**Аі** (***асиміляційна ємність за даною забруднюючою речовиною і чи сумою забруднюючих речовин для екосистеми***) – це максимальний вміст такої кількості забруднюючих речовин, які за одиницю часу можуть бути накопичені, зруйновані, трансформовані (біологічними і хімічними перетвореннями) і виведені за рахунок процесу дифузії, чи будь-якого іншого переносу, за межі об’єму екосистеми без порушення її нормального функціонування. Аі можна розрахувати за формулою:

******

де *Кі* – коефіцієнт запасу, що відтворює екологічні умови протікання процесу забруднення;

*tі* – час перебування забруднюючої речовини;

*ćі* – середнє значення концентрації забруднюючої речовини;

*V* – об’єм екосистеми.

Цю формулу можна використовувати, якщо *ćі* *= с0і* (*с0і* – критична концентрація забруднюючої речовини).

ГДЕН розраховується через асиміляційний об’єм, а при стаціонарному режимі забруднення водоймища ГДЕН дорівнюватиме асиміляційній ємкості.

**ГДВ** (гранично допустимий викид забруднюючих речовин у навколишнє природне середовище) – це маса речовини в стічних водах, максимально допустима для викиду в даному пункті водного об’єкту за одиницю часу з метою збереження норм якості води в контрольному пункті. ГДВ встановлюється з врахуванням ГДК забруднюючих речовин і розподілення маси викинутих речовин між водокористувачами, які викидають стічні води. Значення ГДВ розраховується як добуток максимального годинного викиду стічних вод *q* (м3/год) на допустиму концентрацію забруднюючих речовин, які містяться у воді, *сГДК* (г/м3) за формулою:

ГДВ = q·cГДК.

Санітарний стан водного об’єкта є допустимим, якщо



де *сі* – концентрація забруднюючої речовини;

*ГДКі* – гранично допустима концентрація забруднюючої речовини.

При сумісній наявності у воді декількох забруднювачів, які сумарно діють на людину, для оцінки стану водного об’єкта використовують формулу:

.

Якщо оцінка стану проводиться за екологічними стандартами, то фактичний викид забруднюючих речовин не повинен перевищувати екологічні показники (ГДЕН, Аі, ГДВ).

**Блок «Прогнозування»**. Вивчаючи даний блок,можна отримативідповіді на питання: Які тенденції розвитку стану водного середовища? Що потрібно прийняти для того, щоб запобігти небажаним явищам чи, навпаки, сприяти реалізації можливостей, які покращують стан водяного об’єкта?” Відповіді на ці питання – основа для прийняття регулюючих рішень.

Прогнозування формує уяву про можливе майбутнє, здійснює пошук шляхів розв’язання різноманітних проблем. На основі прогнозу розробляють план, в якому вказують послідовність виконання робіт. На основі плану створюють програму, назначають конкретних людей і організації, на які покладається виконання прийнятих рішень. Потім здійснюють контроль за результатами виконання прийнятих програм.

**6. Хімічний склад природних вод**

На планеті є величезна кількість води, з якої 97,4% за масою становлять морські та океанічні води. Понад 71% поверхні Землі вкрито водою. Однак ніколи і ніде вода у природі не буває чистою через те, що вона є найкращим розчинником. Хімічні інгредієнти природних вод поділяються на п’ять основних груп:

1. Розчинені гази – О2, СО2, H2S, СН4 тощо.
2. Головні йони (cольові компоненти) – НСО3–, СО32–, Сl–, SO42–, Na+, K+, Mg2+, Ca2+ .
3. Біогенні сполуки – NH4+-, NO2–-, NO3–-йони, нітроген органічний (Nорг), фосфати та поліфосфати, фосфор органічний (Рорг), силікати, ферум (II,III).
4. Мікроелементи – Mn, Cu, Zn, Co, Mo (біоелементи), Ni, Cr, Cd, Pb, Hg, F та інші компоненти (неорганічні промислові забруднювачі).
5. Органічні речовини – білки, аміни, амінокислоти, карбонові та оксикарбонові кислоти, складні ефіри, гумусові та фульвокислоти, вуглеводні, жири, карбонільні сполуки, спирти, нафтопродукти, пестициди, синтетичні поверхнево-активні речовини (СПАР) та інші органічні сполуки природного та антропогенного походження.

**6.1. Загальні та сумарні показники вмісту природних та антропогенних компонентів, що застосовуються при спостереженнях за забрудненням**

**і станом водних систем**

**1. Мінералізація**

Сумарний вміст всіх знайдених при хімічному аналізі води мінеральних речовин; звичайно виражається в мг/дм3 (до 1000 більше мг/дм3). Мінералізація природних вод, що визначає їхню питому електропровідність, змінюється в широких межах. Більшість рік має мінералізацію від декількох десятків міліграмів у літрі до декількох сотень. Їхня питома електропровідність варіює від 30 мкСм/см до 1500 мкСм/см. Мінералізація підземних вод і солоних озер змінюється в інтервалі від 40-50 мг/дм3 до 650 г/кг (щільність у цьому випадку вже значно відрізняється від одиниці). Питома електропровідність атмосферних опадів (із мінералізацією від 3 до 60 мг/дм3) складає 20-120 мкСм/см.

Багато виробництв, сільське господарство, підприємства питного водопостачання висувають визначені вимоги до якості вод, зокрема, до мінералізації, тому що води, які містять велику кількість солей, негативно впливають на рослинні і тваринні організми, технологію виробництва і якість продукції, викликають утворення накипів на стінках котлів, корозію металевих конструкцій, засолення ґрунтів.

Таблиця 2

Класифікація природних вод за мінералізацією

|  |  |
| --- | --- |
| Категорія вод | Мінералізація, г/дм3 |
| Ультрапрісні | < 0,2 |
| Прісні | 0,2 – 0,5 |
| Води з підвищеною мінералізацією | 0,5 – 1,0 |
| Солонуваті | 1,0 – 3,0 |
| Солоні | 3 – 10 |
| Води підвищеної солоності | 10 – 35 |
| Ропа | > 35 |

Відповідно до гігієнічних вимог до якості питної води сумарна мінералізація не повинна перевищувати розміри 1000 мг/дм3. За узгодженням із органами санепіднагляду для водопроводу, що подає воду без відповідної обробки (наприклад, з артезіанських свердловин), припускається збільшення мінералізації до 1500 мг/дм3).

**2. Електропровідність**

Електропровідність – це чисельне вираження спроможності водного розчину проводити електричний струм. Електрична провідність природної води залежить в основному від концентрації розчинених мінеральних солей і температури. Природні води – в основному розчини сумішей сильних електролітів. Мінеральну частину води складають йони Na+, K+, Ca2+, Cl–, SO42–, HCO3–. Цими йонами й зумовлюється електропровідність природних вод. Присутність інших йонів, наприклад, Fe3+, Fe2+, Mn2+, Al3+, NO3–, HPO42–, H2PO4–не значною мірою впливає на електропровідність, якщо ці йони не містяться у воді у значних кількостях (наприклад, нижче випусків виробничих або господарсько-побутових стічних вод). За значеннями електропровідності природної води можна приблизно судити про мінералізацію води за допомогою попередньо встановлених залежностей. Ускладнення, що виникають під час оцінки сумарного вмісту мінеральних речовин (мінералізації) за питомою електропровідністю пов’язані з: неоднаковою питомою електропровідністю розчинів різноманітних солей; підвищенням електропровідності зі збільшенням температури.

Нормовані розміри мінералізації приблизно відповідають питомій електропровідності 2 мСм/см (1000 мг/дм3) і 3 мСм/см (1500 мг/дм3) у випадку як хлоридної (у перерахунку на NaCl), так і карбонатної (у перерахунку на CaCO3) мінералізації.

Розмір питомої електропровідності є приблизним показником їхньої сумарної концентрації електролітів, головним чином, неорганічних, і використовується в програмах спостережень за станом водного середовища для оцінки мінералізації вод. Питома електропровідність – зручний сумарний індикаторний показник антропогенного впливу.

**3.** **Температура**

Температура води у водоймі є результатом декількох процесів, що одночасно протікають, таких як сонячна радіація, випаровування, теплообмін з атмосферою, перенос тепла течіями, турбулентним перемішуванням вод та ін. Звичайно прогрівання води відбувається зверху вниз. Річний і добовий хід температури води на поверхні і глибинах визначається кількістю тепла, що надходить на поверхню, а також інтенсивністю і глибиною перемішування. Добові коливання температури можуть складати декілька градусів і звичайно проникають на невеличку глибину. На мілководді амплітуда коливань температури води близька до перепаду температури повітря.

У вимогах до якості води водойм, що використовуються для купання, спорту і відпочинку, зазначено, що літня температура води в результаті спуску стічних вод не повинна підвищуватися більш, ніж на 3ºС у порівнянні із середньомісячною температурою самого спекотного місяця року за останні 10 років. У водоймах рибогосподарського призначення припускається підвищення температури води в результаті спуска стічних вод не більше, ніж на 5ºС у порівнянні з природною температурою.

Температура води – найважливіший чинник, що впливає на фізичні, хімічні, біохімічні і біологічні процеси, що протікають у водоймі від якого значною мірою залежать кисневий режим та інтенсивність процесів самоочищення. Значення температури використовують для обчислення ступеня насичення води киснем, різноманітних форм лужності, стани карбонатно-кальцієвої системи, при багатьох гідрохімічних, гідробіологічних, особливо лімнологічних дослідженнях, при вивченні теплових забруднень.

**4. Завислі речовини (грубодисперсні домішки)**

Завислі тверді речовини, що присутні у природних водах, складаються з часток глини, піску, мулу, суспендованих органічних і неорганічних речовин, планктону й інших мікроорганізмів. Концентрація завислих часток пов’язана із сезонними факторами і з режимом стоку і залежить від танення снігу, порід, що складають річище, а також від антропогенних факторів, таких як сільське господарство, гірські розробки тощо.

Завислі частки впливають на прозорість води та проникнення в неї світла, на температуру, розчинені компоненти поверхневих вод, адсорбцію токсичних речовин, а також на склад і розподіл відкладень і на швидкість утворення осадів. Вода, у якій багато завислих часток, не підходить для рекреаційного використання з естетичних розумінь.

Відповідно вимог до складу і властивостей води водних об’єктів у пунктах господарсько-питного і культурно-побутового призначення вміст завислих речовин у результаті спуску стічних вод не повинен збільшуватися відповідно більш ніж на 0,25 мг/дм3 і 0,75 мг/дм3.

Визначення кількості завислих часток важливо проводити при контролі процесів біологічного і фізико-хімічної обробки стічних вод і під час оцінки стану природних водойм. Грубодисперсні домішки визначають гравіметричним методом після їхнього відділення шляхом фільтрування крізь фільтр «синя стрічка» (переважно для проб із прозорістю менше 10 см).

**5. Органолептичні спостереження**

Метод визначення стану водного об’єкта шляхом безпосереднього його огляду. У процесі органолептичних спостережень особливу увагу звертають на явища, незвичні для даної водойми або водотоку: загибель риби й інших водних організмів, рослин, що свідчить часто про його забруднення, виділення пухирців газу з донних відкладень, поява підвищеної каламутності, стороннього кольору, запаху, цвітіння води.

***Запах –*** властивість води викликати в людини і тварин специфічне подразнення слизової оболонки носових порожнин. Запах води характеризується [видами](file:///E%3A%5Chydroecology.doc%23table1%23table1) і [інтенсивністю запаху](file:///E%3A%5Chydroecology.doc%23table2%23table2).(табл. 3).

Таблиця 3

Класифікація видів запахів

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Скорочення | Класифікація запаху | Приклади або можливе джерело походження запаху |
| **А** | духмяний або пряний | камфора, гвоздика, лаванда, лимон |
| ***Ае*** | огірковий | Senura |
| ***B*** | бальзамічний або квітковий | герань, ірис, ваніль |
| ***Bg*** | гераневий | Asterionella |
| ***Bn*** | настурцевий | Aphanizomaenon |
| солодкуватий | Coelosphaerium |
| фіалковий | Mallomonas |
| ***C*** | хімічний | промислові стічні води або хімічна обробка |
| ***З*** | хлорний | вільний хлор |
| ***Ch*** | вуглеводневий | стоки нафтоочисних заводів |
| ***Сm*** | лікарський | феноли і йодоформ |
| ***D*** | сильно виражений неприємний | сірководень |
| ***Df*** | рибний | Uroglenopis and Dinobryon |
| ***Dp*** | гнойовий | Anabaena |
| ***Dз*** | гнильний | застояні стічні води |
| ***Е*** | землистий | сира земля |
| ***G*** | торф’яний | торф |
| трав’янистий | залежана трава |
| ***М*** | затхлий | зіпрівша солома |
| ***Mm*** | цвілевий | сирий підвал |
| ***V*** | овочевий | корені овочів |

Інтенсивність запаху води вимірюється в балах. Запах води викликають леткі речовини, що пахнуть, і надходять у воду в результаті процесів життєдіяльності водяних організмів, при біохімічному розкладанні органічних речовин, під час хімічної взаємодії компонентів, що містяться у воді, а також із промисловими, сільськогосподарськими і господарсько-побутовими стічними водами.

На запах води впливають склад речовин, температура, значення рН, ступінь забруднення водного об’єкта, біологічна обстановка, гідрологічні умови і тощо.

***Каламутність***

Каламутність природних вод викликана присутністю тонкодисперсних домішок, зумовлених нерозчинними або колоїдними неорганічними й органічними речовинами різноманітного походження. Якісне визначення проводять описово: слабка опалесценція, опалесценція, слабка, помітна сильна каламуть.

Відповідно до гігієнічних вимог до якості питної води каламутність не повинна перевищувати 15 мг/дм3.

Каламутність води визначають турбідиметрично (за ослабленням світла, що проходить крізь пробу). Турбідиметричне визначення призначене для вод, що мають мінливий склад і форму тонкодисперсних домішок. Без попереднього фільтрування проби турбідиметрично визначаються не тільки колоїдні, але і більш грубодисперсні частки.

***Забарвлення***

Показник якості води, що характеризує інтенсивність забарвлення води й зумовлений вмістом забарвлених сполук; виражається в градусах платиново-кобальтової шкали. Визначається шляхом порівняння забарвленої випробуваної води з еталонами.

Забарвлення природних вод обумовлене головним чином присутністю гумусових речовин і сполук тривалентного заліза. Кількість цих речовин залежить від геологічних умов, водоносних горизонтів, характеру ґрунтів, наявності боліт і торфовищ в басейні ріки і тощо. Стічні води деяких підприємств також можуть створювати досить інтенсивне забарвлення води.

Забарвлення природних вод коливається від одиниць до тисяч градусів.

Розрізняють «натуральний колір», обумовлений тільки розчиненими речовинами, і «вдаваний колір», викликаний присутністю у воді колоїдних і зважених часток, співвідношення між якими значною мірою визначається величиною pН води.

Гранично припустима величина забарвлення у водах, що використовується для питних цілей, складає 35 градусів за платиново-кобальтовою шкалою. Відповідно до вимог якості води в зонах рекреації забарвлення води не повинно виявлятися візуально в стовпчику висотою 10 см.

Значне забарвлення води погіршує її органолептичні властивості і має негативний вплив на розвиток водних рослинних і тваринних організмів у результаті різкого зниження концентрації розчиненого кисню у воді, що витрачається на окиснювання сполук феруму і гумусових речовин.

***Прозорість***

Прозорість (або світлопропускання) природних вод зумовлене їхнім кольором і каламутністю, тобто вмістом різноманітних забарвлених і зважених органічних і мінеральних речовин. Воду в залежності від ступеня прозорості умовно підрозділяють на прозору, що слабоопалесціює, опалесцентну, злегка каламутну, каламутну, сильно каламутну. Мірою прозорості слугує висота стовпа води, при якій можна спостерігати білу пластину визначених розмірів (диск Секкі), що опускається у водойму або розрізняти на білому папері шрифт визначеного розміру і типу (як правило, шрифт середньої товщини висотою 3,5 мм). Результати виражаються в сантиметрах із вказуванням засобу виміру.

Ослаблення з глибиною інтенсивності світла в каламутній воді, призводить до більшого поглинання сонячної енергії поблизу поверхні. Поява більш теплої води в поверхні зменшує перенос кисню з повітря у воду, знижує густину води, стабілізує стратифікацію. Зменшення потоку світла також знижує ефективність фотосинтезу і біологічної продуктивності водойми.

Визначення прозорості води – обов’язковий компонент програм спостережень за станом водних об’єктів. Збільшення кількості грубодисперсних домішок і каламутності характерно для забруднених і евтрофікованих водойм.

**6. Водневий показник рН**

Відповідно до необхідності дотримання електронейтральності розчинів у природних поверхневих водах виконується рівність:

[Na+] + [К+] + 2[Са2+] + 2[Mg2+] + [Н+] = [Cl–] + [НСО3–] + 2[СО32–] + 2[SO42–]

При відсутності процесів розчинення й утворення нових фаз йони Na+, К+, Са2+, Cl–, SO42– не впливають на рН утворених розчинів.

Кислотно-основна рівновага буде визначатися присутністю йонів НСО3– та СО32–. Тому для більшості природних вод концентрація йонів гідрогену визначається вмістом гідрогенкарбонат- і карбонат-йонів. У цих розчинах при рН 7 буде існувати рівність:

[Н+] = [НСО3–] + 2[СО32–] + [ОН–].

Неорганічні сполуки Карбону, що знаходяться у природних водах у вигляді похідних карбонатної кислоти, тісно взаємопов’язані один з одним і утворюють карбонатну систему.

У контакті з водою карбон(ІV) оксид розчиняється до настання рівноваги:

CO2(г)  CO2(р-н) +Н2О  Н2СО3

Карбонатна кислота дисоціює на першій стадії з утворенням гідроген- і гідрогенкарбонат-йонів

Н2СО3  Н+ + НСО3–.

Константа рівноваги цього процесу дорівнює:

*К1* = *а*Н+*а*НСО3**-**/ *а*Н2СО3

Дисоціація карбонатної кислоти по другій стадії протікає значно слабше і приводить до появи карбонат-йонів:

НСО3–  Н+ + СО32–.

Константа дисоціації карбонатної кислоти на другій стадії:

*К2* = *а*Н+*а*СО32–/ *а*НСО3–.

Якщо відома сумарна активність компонентів карбонатної системи і рН розчину, завжди можна обчислити активність кожного з компонентів карбонатної системи. Для орієнтовних розрахунків зручно використовувати розподільчу діаграму, що являє собою залежність вмісту в мольних частках компонентів карбонатної системи від величини рН розчину (рис. 1). Метод побудови розподільчої діаграми, який є загальним для подібних систем.

|  |  |
| --- | --- |
| Вміст, % |  |

Рис. 1. Залежність вмісту компонентів карбонатної системи від рН розчину.

Аналіз рівнянь, що описують процес розчинення карбон(ІV) оксиду у воді, дозволяє вивести рівняння залежності концентрації йонів гідрогену в розчині від парціального тиску карбон(ІV) оксиду у повітрі.

Константа дисоціації карбонатної кислоти по другій стадії приблизно на чотири порядки менша, ніж константа дисоціації по першій стадії, тому при оцінці впливу карбонатної кислоти на значення рН атмосферних опадів процес дисоціації по другій стадії можна не брати до уваги.

Під час дисоціації карбонатної кислоти на першій стадії концентрації гідрогенкарбонатів-йонів, що утворяться, і йонів гідрогену рівні між собою: [Н+] = [НСО3-]. Оскільки розглянутий розчин має низьку концентрацію йонів, можна прийняти, що коефіцієнти активності йонів Н+- і НСО3**-**-йонів дорівнюють одиниці. Тому й активності цих йонів будуть рівні між собою, тоді:

*К1* = [Н+]2/[Н2СО3].

З огляду на малу частку недисоційованої карбонатної кислоти в розчині (не більш 1% суми концентрацій СО2 + Н2СО3) і значних труднощів поділу цих двох складових при експериментальному визначенні їх концентрацій у розчині, під концентрацією Н2СО3 звичайно мають на увазі концентрацію розчиненого карбон(ІV) оксиду, що відповідно до закону Генрі дорівнює:

[СО2]р-н = *К*г(СО2)*Р*СО2.

де [СО2]р-н – концентрація розчиненого карбон(ІV) оксиду, моль/л;

*К*г(СО2)–константа Генрі для вуглекислого газу,моль/(л·Па) або моль/(л·атм);

*Р*СО2 – парціальний тиск карбон(ІV) оксиду в повітрі (Па або атм).

З огляду на це:

*К1* = [Н+]2/[Н2СО3] = [Н+]2/[СО2]р-н;або *К1* = [Н+]2/(*К*г(СО2)*Р*СО2).

З цього рівняння легко вивести залежність концентрації йонів гідрогену у розчині від парціального тиску карбон(ІV) оксиду в атмосферному повітрі:



Звідси легко знайти рH розчину, що знаходиться в контакті з повітрям і містить карбон(ІV) оксид:

pH = – lg[H+] = – lg.

Необхідно відзначити, що підходи до оцінки значення рH при рівновазі для процесів розчинення таких газів, як, наприклад, CO2, SO2, NH3, у воді, що не містить інших домішок, є загальними. Тому запропоноване рівняння може бути використане для оцінки рH атмосферних опадів, коли в повітрі присутні карбон(ІV) оксид, сульфур(ІV) оксид, амоніак або інші гази й їхні суміші, оскільки у цьому випадку в розчині практично відсутні джерела домішок, здатних вплинути на розглянуті рівноваги.

Оцінки, проведені для розчинів, що утворюються при контакті з водою повітря, що містить 0,035% (за об’ємом) карбон(ІV) оксиду і не містить інших кислих газів, показують, що рН утвореного розчину, буде дорівнювати 5,7. Оскільки такий вміст карбон(ІV) оксиду відповідає середнім значенням, характерним останнім часом для атмосферного повітря, варто очікувати, що рН атмосферних опадів у випадку відсутності інших кислих газів і амоніаку буде рівний близько 5,7. У реальних умовах рН атмосферних опадів залежить від ступеня забруднення атмосферного повітря і змінюється як у меншу, так і у більшу сторони.

У деяких районах Землі переважають опади з рН < 5,7. Такі опади називають *кислотними* і часто вживається термін «кислотні дощі». Основний внесок у кислотність таких опадів (до 80%) вносять сполуки Сульфуру, близько 15% припадає на сполуки Нітрогену і до 5% кислотності атмосферних опадів пов’язують зі сполуками Хлору.

Для поверхневих вод, що містять невеликі кількості карбон діоксиду, характерна лужна реакція. Зміни pН тісно пов’язані з процесами фотосинтезу (через споживання карбон діоксиду водною рослинністю). Джерелом гідроген йонів є також гумусові кислоти, що присутні в ґрунтах.

Гідроліз солей важких металів відіграє роль у зміні pН вод у тих випадках, коли у воду потрапляють значні кількості сульфатів заліза, алюмінію, міді й інших металів:

Fe2+ + 2H2O  Fe(OH)2 + 2H+

Значення pН у річкових водах звичайно варіює в межах 6,5-8,5, в атмосферних осадах 4,6-6,1, у болотах 5,5-6,0, у морських водах 7,9-8,3. Концентрація гідроген-йонів схильна до сезонних коливань. Зимою розмір pН для більшості річкових вод складає 6,8-7,4, влітку 7,4-8,2. pН природних вод визначається до деякої міри геологією водозбірного басейну.

Відповідно вимог до складу і властивостей води водойм пунктів питного водокористування, води водних об’єктів у зонах рекреації, а також води водойм рибогосподарського призначення величина pН не повинна виходити за межі інтервалу значень 6,5-8,5.

pH води – один із найважливіших показників якості вод. Значення концентрації гідроген-йонів має велике значення для хімічних і біологічних процесів, що відбуваються в природних водах. Від pН залежить розвиток і життєдіяльність водних рослин, сталість різноманітних форм міграції елементів, агресивна дія води на метали і бетон. pН води також впливає на процеси перетворення різноманітних форм біогенних елементів, змінює токсичність забруднюючих речовин.

У водоймі можна виділити декілька етапів процесу її закислення:

1. на першому етапі рН практично не змінюються (карбонат-йони встигають цілком нейтралізувати Н+-йони). Так продовжується доти, поки загальна лужність у водоймі не впаде приблизно в 10 разів до величини менше за 0,1 моль/дм3.
2. на другій стадії закислення водойми рН води звичайно не піднімається вище 5,5 впродовж усього року. Про такі водойми говорять, як про помірно кислі. На цьому етапі закислення відбуваються значні зміни у видовому складі живих організмів.
3. на третьому етапі закислення рН водойм стабілізується на значеннях рН<5 (звичайно рН = 4,5), навіть якщо атмосферні опади мають більш високі значення рН. Це пов’язано з присутністю гумусових речовин і сполук алюмінію у водоймах та ґрунтовому прошарку.

**7. Окисно-відновний потенціал (*Eh*)**

Міра окисно-відновної хімічної активності елементів або їх сполук в оборотних хімічних процесах, пов'язаних із зміною заряду йонів у розчинах. Значення окисно-відновних потенціалів виражаються у вольтах (мілівольтах). Окисно-відновний потенціал будь-якої оборотної системи визначається за формулою

Eh = E0 + (0,058/n) lg(Ox/Red) приt = 20°С

де *Eh* – окисно-відновний потенціал середовища;

 *E0* –нормальний окисно-відновний потенціал,при якому концентраціїокисненої і відновленої форм рівні між собою;

*Ox* –концентрація окисненої форми;

*Red* –концентрація відновленої форми;

*n* –число електронів,що приймають участь у процесі.

Таблиця 4

Види природних вод в залежності від рН

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Сильно кислі води | рН < 3 | результат гідролізу солей важких металів (шахтні і рудні води) |
| Кислі води | рН = 3...5 | надходження у воду вугільної кислоти, фульвокислот та інших органічних кислот у результаті розкладання органічних речовин |
| Слабкокислі води | рН = 5...6,5 | присутність гумусових кислот у ґрунті і болотних водах (води лісової зони) |
| Нейтральні води | рН = 6,5...7,5 | Наявність у водах Ca(HCO3)2, Mg(HCO3)2 |
| Слабколужні води | рН = 7,5...8,5 | те ж |
| Лужні води | рН = 8,5...9,5 | присутність Na2CO3 або NaHCO3 |
| Сильно лужні води | рН > 9,5 | те ж |

У природній воді значення окисно-відновного потенціалу (*Eh*) коливаються від – 400 до + 700 мВ і визначаються всією сукупністю у ній окисних і відновних процесів, що проходять і в умовах рівноваги та характеризує водне середовище відразу щодо всіх хімічних сполук здатних до окиснення відновлення.

Вивчення редокс-потенціалу дозволяє виявити природні середовища, в яких можливо існування хімічних елементів зі змінними ступенями окиснення, а також виділити умови, при яких можлива міграція металів.

За окисно-відновним потенціалом у природних водах розрізняють декілька основних типів геохімічних станів:

1. **окисна** – характеризується значеннями Еh > + (100-150) мВ, присутністю вільного кисню, а також цілого ряду елементів з вищими ступенями окиснення (Fe+3, Mo+6, As+5, V+5, U+6, Sr+4, Cu+2, Pb+2);
2. **перехідна окисно-відновна** – **з**умовлену розмірами Еh + (0-100) мВ, геохімічним режимом зі змінним вмістом гідроген сульфіду та кисню. У цих умовах протікає як слабке окиснення, так і слабке відновлення цілого ряду металів;
3. **відновна** – характеризується значеннями Еh < 0. У підземних водах присутні метали з низькими ступенями окиснення (Fe+2, Mn+2, Mo+4, V+4, U+4), а також гідроген сульфід.

У незабруднених поверхневих водах значення Еh та рН змінюються, як правило, симбатно, що впливає на стан та реакційну здатність багатьох інгредієнтів. Так, при підвищенні Еh та рН води неорганічний нітроген зв’язується переважно в йони NO3–, сульфур – в SO42–, а манган та ферум (ІІІ) утворюють тверді сполуки MnO2 та Fe(OH)3 або комплекси з неорганічними лігандами. Навпаки, при зниженні Еh та рН води неорганічний нітроген переходить в йони NH4+, сульфур – в HS–, а домінуючими формами мангану та феруму стають йони Mn2 і Fe3+ та їхні комплекси з неорганічними та органічними лігандами.

**8. Кислотність**

Кислотністю називають вміст у воді речовин, що вступають у реакцію з гідроксид-йонами. Витрата гідроксид-йонів відбиває загальну кислотність води. У звичайних природних водах кислотність в більшості випадків залежить тільки від вмісту вільного карбон діоксиду. Природну частину кислотності створюють також гумінові й інші слабкі органічні кислоти і катіони слабких основ (йони амонію, ферум(ІІІ), алюмінію, органічних основ). У цих випадках pН води не буває нижчим за 4,5.

У забруднених водоймах може міститися велика кількість сильних кислот або їхніх солей за рахунок скидання промислових стічних вод. У цих випадках pН може бути нижчим 4,5. Частина загальної кислотності, що знижує pН до розмірів < 4,5, називається вільною.

**9. Лужність**

Під лужністю природних або стічних вод розуміють спроможність деяких їхніх компонентів зв’язувати еквівалентну кількість сильних кислот. Лужність зумовлена наявністю у воді аніонів слабких кислот (карбонатів, гідрогенкарбонатів, силікатів, боратів, сульфітів, гідрогенсульфітів, сульфідів, гідрогенсульфідів, аніонів гумінових кислот, фосфатів) – їхня сума називається **загальною лужністю**. Через незначну концентрацію більшості йонів, крім карбонат- та гідрогенкарбонат-, загальна лужність води визначається тільки аніонами карбонатної кислоти (карбонатна лужність). Аніони гідролізують й утворюють гідроксид йони:

CO32– + H2O  HCO3– + OH–;

HCO3– + H2O  H2CO3 + OH–

Лужність визначається кількістю сильної кислоти, яка необхідна для нейтралізації 1 дм3 води. Лужність більшості природних вод визначається тільки гідрогенкарбонатами кальцію і магнію, pН цих вод не перевищує 8,3.

Визначення лужності корисно при дозуванні хімічних речовин, необхідних при обробці вод для водопостачання, а також при реагентному очищенні деяких стічних вод. Визначення лужності при надлишкових концентраціях лужноземельних металів важливо при встановленні придатності води для іригації. Разом зі значеннями рН значення лужності води використовують для розрахунку вмісту карбонатів і балансу карбонатної кислоти у воді.

**10. Кисень**

Розчинений кисень знаходиться в природній воді у вигляді молекул O2. На його вміст у воді впливають дві групи протилежно спрямованих процесів: одні збільшують концентрацію кисню, інші зменшують її. До першої групи процесів, що збагачують воду киснем, відносять:

1. процес абсорбції кисню з атмосфери;
2. виділення кисню водною рослинністю в процесі фотосинтезу;
3. надходження кисню у водойми з дощовими і сніговими водами, які пересичені киснем.

Абсорбція кисню з атмосфери відбувається на поверхні водного об’єкта. Швидкість цього процесу підвищується зі зниженням температури, із підвищенням тиску і зниженням мінералізації. Аерація – збагачення глибинних прошарків води киснем відбувається в результаті перемішування водних мас, у тому числі за рахунок вітру, вертикальної температурної циркуляції.

Фотосинтетичне виділення кисню відбувається при асиміляції карбон діоксиду водною рослинністю (прикріпленими, плаваючими рослинами і фітопланктоном). Процес фотосинтезу протікає тим сильніше, чим вища температура води, інтенсивність сонячного освітлення і більше біогенних (живильних) речовин (сполук P, N і тощо) у воді. Продукування кисню відбувається в поверхневому прошарку водойми, глибина якого залежить від прозорості води (для кожної водойми і сезону може бути різноманітною – від декількох сантиметрів до декількох десятків метрів).

До групи процесів, що зменшують вміст кисню у воді, відносяться реакції споживання його на окиснення органічних речовин: біологічне (дихання організмів), біохімічне (дихання бактерій, витрата кисню при розкладанні органічних речовин) і хімічне (окиснення Fe2+, Mn2+, NO2–, NH4+, CH4, H2S). Швидкість споживання кисню збільшується з підвищенням температури, кількості бактерій та інших водних організмів і речовин, що піддаються хімічному і біохімічному окисненню. Крім того, зменшення вмісту кисню у воді може відбуватися внаслідок виділення його в атмосферу з поверхневих прошарків і тільки в тому випадку, якщо вода при даній температурі і тиску виявиться пересиченою киснем.

У поверхневих водах вміст розчиненого кисню варіює в широких межах – від 0 до 14 мг/дм3 – і схильний до сезонних і добових коливань. Добові коливання залежать від інтенсивності процесів його продукування споживання і можуть досягати 2,5 мг/дм3 розчинного кисню. У зимовий і літній періоди розподіл кисню носить характер стратифікації. Дефіцит кисню частіше спостерігається у водних об’єктах із високими концентраціями забруднюючих органічних речовин і в евтрофікованих водоймах, що містять велику кількість біогенних і гумусових речовин*.*

Концентрація кисню визначає розмір окисно-відновного потенціалу значною мірою напрямок і швидкість процесів хімічного і біохімічного окиснення органічних і неорганічних сполук. Кисневий режим надає значний вплив на життя водойми. Мінімальний вміст розчиненого кисню, що забезпечує нормальний розвиток риб, складає біля 5 мг O2/дм3. Зниження його до 2 мг/дм3 викликає масову загибель (замор) риби. Негативно позначається на стані водного населення і пересичення води киснем у результаті процесів фотосинтезу при недостатньо інтенсивному перемішуванні шарів води.

Відповідно вимог до складу і властивостей води водойм у пунктах питного і санітарного водокористування вміст розчиненого кисню в пробі, відібраної до 12 годин дня, не повинен бути меншим за 4 мг/дм3 у будь-який період року; для водойм рибогосподарського призначення концентрація розчиненого у воді кисню не повинна бути нижча 4 мг/дм3 у зимовий період (при льодоставі) і 6 мг/дм3 – у літній.

Визначення кисню в поверхневих водах включено в програми спостережень з метою оцінки умов існування гідробіонтів, у тому числі риб, а також як непряма характеристика оцінки якості поверхневих вод і регулювання процесу очищення стоків. Вміст кисню є суттєвим для аеробного дихання і є індикатором біологічної активності (тобто фотосинтезу) у водоймі.

Таблиця 5

Рівень забруднення води і клас якості

|  |  |
| --- | --- |
| Рівень забруднення води і клас якості | Розчинний кисень |
| літо, мг/дм3 | зима, мг/дм3 | % насичення |
| Дуже чисті, I | 9 | 14-13 | 95 |
| Чисті, II | 8 | 12-11 | 80 |
| Помірно забруднені, III | 7-6 | 10-9 | 70 |
| Забруднені, IV | 5-4 | 5-4 | 60 |
| Брудні, V | 3-2 | 5-1 | 30 |
| Дуже брудні, VI | 0 | 0 | 0 |

**11. Кальцій**

Головними джерелами надходження Кальцію в поверхневі води є процеси хімічного вивітрювання і розчинення мінералів, насамперед вапняків, доломітів, гіпсу, що містять кальцій, силікати й інші осадові і метаморфічні породи. Процес розчинення відбувається за схемою:

CaCO3 + CO2 + H2O  Са(HCO3)2  Ca2+ + 2HCO3–

Розчиненню сприяють мікробіологічні процеси розкладання органічних речовин, що супроводжуються зниженням рН.

Значні кількості Кальцію виносяться зі стічними водами силікатної, металургійної, скляної, хімічної промисловості зі стоками сільськогосподарських угідь, особливо при використанні мінеральних добрив, що містять кальцій.

Характерною властивістю Кальцію є здатність утворювати в поверхневих водах досить стійкі пересичені розчини CaCO3. Йонна форма (Ca2+) характерна тільки для мало мінералізованих природних вод. Відомі досить стійкі комплексні сполуки кальцію з органічними речовинами, що містяться у воді. У деяких мало мінералізованих забарвлених водах до 90-100% йонів кальцію можуть бути пов’язані з гумусовими кислотами.

У річкових водах вміст Са2+-йонів рідко перевищує 1 г/дм3. Зазвичай його вміст значно нижчий. Вміст Са2+-йонів в поверхневих водах схильний до помітних сезонних коливань. У період зниження мінералізації (весна) йонам кальцію належить переважна роль, що пов'язано з легкістю вилуговування розчинних солей кальцію з поверхневого прошарку ґрунтів і порід. ГДК у воді Кальцію складає 180 мг/дм3.

Досить жорсткі вимоги до вміст Кальцію подаються до вод, що живлять парові установки, оскільки з карбонатів, сульфатів і ряду інших аніонів кальцій утворює тривкі накипи. Дані про вміст кальцію у водах необхідні також при вирішенні питань, пов’язаних із формуванням хімічного складу природних вод, їхнім походженням, а також при дослідженні карбонатно-кальцієвої рівноваги.

**12. Магній**

У поверхневі води магній надходить в основному за рахунок процесів хімічного вивітрювання і розчинення доломітів, мергелів й інших мінералів. Значні кількості магнію можуть надходити у водяні об’єкти зі стічними водами металургійних, силікатних, текстильних та інших підприємств. У річкових водах вміст магнію звичайно коливається від декількох одиниць до десятків міліграмів у 1 дм3. Вміст магнію в поверхневих водах схильний до помітних коливань: як правило, максимальні концентрації спостерігаються в меженний період, мінімальні - у період паводків. ГДК Мg2+- йонів складає 40 мг/дм3..

**13. Силіцій**

Силіцій є постійним компонентом хімічного складу природних вод. Цьому сприяє на відміну від інших компонентів поширеність сполук кремнію в гірських породах, і тільки мала розчинність останніх пояснює малий вміст силіцію у воді.

Головним джерелом сполук силіцію в природних водах є процеси хімічного вивітрювання і розчинення мінералів, що містять Силіцій, наприклад алюмосилікати:

KMg3AlSi3O10(OH)2 + 7H2CO3 + 1/2H2O →

K+ + 3Mg2+ + 7HCO3– + 2H4SiO4(H2SiO3∙Н2О) + 1/2Al2Si2O5(OH)4

Значні кількості Силіцію надходять у природні води в процесі відмирання наземних і водних рослинних організмів, з атмосферними опадами, а також із стічними водами підприємств, що роблять керамічні, цементні, скляні вироби, силікатні фарби, кремнійорганічні каучуки і тощо.

Форми сполук, у яких знаходиться Силіцій у розчині дуже різноманітні і змінюються в залежності від мінералізації, складу води і значень рН. Частина Силіцію знаходиться в розчиненому стані у вигляді силікатної кислоти і полісилікатних кислот:

H4SiO4 ↔ H+ + H3SiO4–

Таблиця 6

Співвідношення форм похідних силікатної кислоти у воді в залежності

від значень рН (К1 = 1,41·10–10)

|  |  |
| --- | --- |
| Форма | рН |
| 7 | 8 | 9 | 10 |
| [H4SiO4] | 99,9 | 98,6 | 87,7 | 41,5 |
| [H3SiO4]– | 0,1 | 1,4 | 12,3 | 58,5 |

Полісилікатні кислоти мають змінний склад типу mSiO2·nH2O, де m і n – цілі числа. Крім того, Силіцій міститься в природних водах у вигляді колоїдів типу xSiO2·yH2O.

Концентрація Силіцію у річкових водах коливається звичайно від 1 до 20 мг/дм3; у підземних водах його концентрація зростає від 20 до 30 мг/дм3, а в гарячих термальних водах вміст Силіцію може досягати сотень міліграмів у 1 дм3. Порівняно малий вміст Силіцію у поверхневих водах, що поступаються розчинності силіцій діоксиду (125 мг/дм3 при 26ºС, 170 мг/дм3 при 38ºС), вказує на наявність у воді процесів, що зменшують його концентрацію. До них треба віднести споживання Силіцію водними організмами, багато які будують свій скелет із Силіцію, наприклад діатомові водорості. Крім того, силікатна кислота як більш слабка витісняється з розчину карбонатною кислотою:

Na4SiO4 + 4CO2 + 4H2O = H4SiO4 + 4NaHCO3,

що сприяє нестійкості Силіцію в розчині і схильність силікатної кислоти за певних умов переходити в гель.

Режим Силіцію в поверхневих водах до деякої міри подібний із режимом сполук Нітрогену і Фосфору, проте Сіліцій ніколи не лімітує розвиток рослинності.

ГДК Силіцію у воді дорівнює 10 мг/дм3.

**14. Карбон**

***Карбон діоксид***

Карбон діоксид міститься у воді в основному у виді розчинених молекул CO2 і лише невелика частка (близько 1%) при взаємодії з водою утворює карбонатну кислоту:

CO2 + H2O  H2CO3

Карбон діоксид, гідрогенкарбонат- і карбонат-йони є основними компонентами карбонатної системи. У розчині між ними існує динамічна рівновага:

H2CO3  Н+ + HCO3–  2Н+ + CO32–

Співвідношення між компонентами значною мірою визначається значенням рН. При рН 4,5 і нижче з усіх компонентів карбонатної рівноваги у воді присутня тільки карбонатна кислота. У інтервалі рН 6-10 гідрогенкарбонат-йони є основною формою похідних карбонатної кислоти (максимальний їх вміст при рН 8,3-8,4). При рН більше 10,5 головною формою існування карбонатної кислоти є карбонат-йони.

Головним джерелом надходження карбон діоксиду в природні води є процеси біохімічного розпаду органічних залишків, окиснення органічних речовин. Одночасно з процесами надходження значна частина карбон діоксиду споживається при фотосинтезі, а також витрачається на розчинення карбонатів і хімічне вивітрювання алюмосилікатів:

CaCO3 + CO2 + H2O  Ca(HCO3)2

HSiO3–+ CO2 + H2O  H2SiO3 + HCO3–

Зменшення вмісту карбон діоксиду у воді відбувається також у результаті його виділення в атмосферу.

Концентрація карбон(ІV) оксиду в природних водах коливається від декількох десятих часток до 3-4 мг/дм3, зрідка досягає 10-20 мг/дм3. Зазвичай навесні і влітку вміст карбон(ІV) оксиду у водоймах знижується, а наприкінці зими досягає максимуму. Карбон(ІV) оксид має винятково важливе значення для рослинних організмів (як джерело Карбону). У той же час підвищені концентрації CO2 пригнічують розвиток тваринних організмів. При високих концентраціях CO2 води стають агресивними стосовно металів і бетону в результаті утворення розчинних гідрогенкарбонатів, що порушують структуру цих матеріалів.

***Карбонати***

Основним джерелом гідрогенкарбонат- і карбонат-йонів у поверхневих водах є процеси хімічного вивітрювання і розчинення карбонатних порід типу вапняків, мергелів, доломітів, наприклад:

CaCO3 + CO2 + H2O  Сa2+ + 2HCO3–

MgCO3 + CO2 + H2O  Mg2+ + 2HCO3–

Деяка частина гідрогенкарбонат- йонів надходить з атмосферними осадами і ґрунтовими водами. Гідрогенкарбонат- і карбонат- йони виносяться у водойми зі стічними водами підприємств хімічної, силікатної, содової промисловості тощо. По мірі накопичення гідрогенкарбонат- і особливо карбонат-йонів останні можуть випадати в осад:

Ca(HCO3)2  CaCO3 + H2O + CO2

Сa2+ + CO32–  CaCO3

У річкових водах вміст гідрогенкарбонат- і карбонат-йонів коливається від 30 до 400 мг/дм3, в озерах – від 1 до 500 мг/дм3, у морській воді – від 100 до 200 мг/дм3, в атмосферних осадах – від 30 до 100 мг/дм3, у ґрунтових – від 150 до 300 мг/дм3, у підземних водах – від 150 до 900 мг/дм3.

**15. Нітроген загальний**

Нітроген загальний – це сума мінерального й органічного Нітрогену в природних водах.

Сполуки, що містять Нітроген, знаходяться в поверхневих водах у розчиненому, колоїдному і завислому стані та можуть під впливом багатьох фізико-хімічних і біохімічних чинників переходити з одного стану в інший.

Середній вміст загального Нітрогену в природних водах коливається в значних межах і залежить від трофності водного об’єкта: для оліготрофних змінюється звичайно в межах 0,3-0,7 мг/дм3, для мезотрофних – 0,7-1,3 мг/дм3, для евтрофікованих – 0,8-2,0 мг/дм3..

**Сума мінерального Нітрогену –** це сума амонійного, нітритного(ІІІ) і нітратного(V) Нітрогену.

Підвищення концентрації йонів амонію і нітритів(ІІІ) зазвичай вказує на нещодавнє забруднення водойм, у той час як збільшення вмісту нітратів(V) – на давніше забруднення. Всі форми Нітрогену, включаючи і газоподібну, спроможні до взаємних перетворень.

***Амоніак***

У природній воді амоніак утворюється у процесі розкладу органічних речовин. ГДК амоніаку складає 40 мг/дм3, ГДКв.р – 0,08 мг/дм3 (лімітуюча ознака шкідливості – токсикологічна).

***Амоній-йони***

Вміст **йонів амонію** в природних водах варіює в інтервалі від 10 до 200 мкг/дм3 у перерахунку на Нітроген. Присутність у незабруднених поверхневих водах йонів амонію пов’язано головним чином із процесами біохімічної деградації білкових речовин, дезамінування амінокислот, розкладання сечовини під дією уреази. Основними джерелами надходження йонів амонію у водні об'єкти є тваринницькі ферми, господарсько-побутові стічні води, поверхневий стік з сільгоспугідь при використанні амонійних добрив, а також стічні води підприємств харчової, коксохімічної, лісохімічної і хімічної промисловості. У стоках промислових підприємств міститься до 1 мг/дм3 амонію, у побутових стоках – 2-7 мг/дм3; із господарсько-побутовими стічними водами в каналізаційні системи щодоби надходить до 10 г амонійного азоту (у розрахунку на одного мешканця).

При переході від оліготрофних до мезо- і евтрофних водойм зростають як абсолютна концентрація йонів амонію, так і їхня частка в загальному балансі зв’язаного азоту.

Гранично допустима концентрація у воді водойм господарсько-питного і культурно-побутового водокористування встановлена в розмірі 2 мг/дм3 за Нітрогеном або 2,6 мг/дм3 у виді NH4+ -йона.

Присутність йонів амонію в концентраціях порядку 1 мг/дм3 знижує спроможність гемоглобіну риб зв’язувати кисень. Ознаки інтоксикації – порушення, судороги, риба метається по воді і вистрибує на поверхню. Механізм токсичної дії – порушення центральної нервової системи, поразка зябрового епітелію, гемоліз (розрив) еритроцитів. Токсичність амонію зростає з підвищенням pН середовища.

Підвищена концентрація йонів амонію може бути використана в якості індикаторного показника, що відбиває погіршення санітарного стану водного об'єкту, процесу забруднення поверхневих і підземних вод, у першу чергу, побутовими і сільськогосподарськими стоками.

***Нітрат(V)-іони***

Наявність нітрат(V)- іонів у природних водах пов’язана з:

1. Внутрішніми процесами у водоймах – нітрифікацією амонійних йонів за участю кисню під дією нітрифікуючих бактерій.
	1. Атмосферними опадами, що поглинають нітроген оксиди, які утворюються при атмосферних електричних розрядах, (концентрація нітратів в атмосферних опадах досягає 0,9-1 мг/дм3).
	2. Промисловими і господарсько-побутовими стічними водами особливо після біологічного очищення, коли їх концентрація у стоках досягає 50 мг/дм3.
	3. Стоком із сільськогосподарських угідь і зі стоками води зі зрошуваних полів, на яких застосовуються азотні добрива.

Головними процесами, спрямованими на зниження концентрації нітратів, є споживання їх денітрифікуючими бактеріям і фітопланктоном, що при недостачі кисню використовують кисень нітратів для окиснення органічних речовин. У поверхневих водах нітрати знаходяться в розчиненій формі. Концентрація нітратів у поверхневих водах схильна до сезонних коливань: мінімальна у вегетаційний період, вона збільшується восени і досягає максимуму зимою, коли при мінімальному споживанні Нітрогену відбувається розклад органічних речовин і перехід Нітрогену з органічних форм у мінеральні. Амплітуда сезонних коливань може бути одним з показників евтрофікації водного об’єкта. З наростанням евтрофікації абсолютна концентрація нітратного Нітрогену і його частка в сумі мінерального Нітрогену зростають. У незабруднених підземних водах вміст нітрат(V)-йонів звичайно виражається сотими, десятими частками міліграма і рідше одиницями міліграмів у літрі. Підземні водоносні пласти більш схильні до нітратного забруднення, ніж поверхневі водойми (тому що відсутній споживач нітратів).

При тривалому вживанні питної води і харчових продуктів, що містять значні кількості нітратів (від 25 до 100 мг/дм3 за Нітрогеном), різко зростає концентрація метгемоглобіну в крові. Вкрай важко протікають метгемоглобінування в дітей (насамперед, штучно годованих молочними сумішами, приготованими на воді з підвищеним – порядку 200 мг/дм3 – вмістом нітратів) і в людей, що страждають серцево-судинними захворюваннями. Особливо небезпечні ґрунтові води, що живлять криниці, оскільки у відкритих водоймах нітрати у значній мірі споживаються водними рослинами.

Поряд з описаними ефектами впливу значну роль грає той факт, що Нітроген – це один із першорядних біогенних (необхідних для життя) елементів. Саме цим зумовлене застосування сполук Нітрогену як добрив, але, з іншого боку, із цим пов’язаний вплив винесеного із сільськогосподарських земель Нітрогену в розвиток процесів евтрофікації (неконтрольованого росту біомаси) водойм. Так, з одного гектара зрошуваних земель виноситься у водні системи 8-10 кілограм Нітрогену.

Гранично допустима концентрація у воді природних водойм та у водоймах господарсько-питного призначення (ГДК) встановлена в розмірі 10 мг/дм3 за Нітрогеном або 45 мг/дм3 у вигляді NO3– йону (лімітуючий показник шкідливості – санітарно-токсикологічний).

***Нітрит(ІІІ)-іони*** – проміжний щабель у ланцюзі бактеріальних процесів окиснення йонів амонію до нітрат(V)-іонів (нітрифікація – тільки в аеробних умовах) і, навпаки, відновлення нітрат(V)-іонів до азоту й амоніаку (денітрифікація – при нестачі кисню). Подібні окисно-відновні реакції характерні для станцій аерації, систем водопостачання і власне природних вод. Крім того, нітрит(ІІІ)-йони використовуються як інгібітори корозії в процесах водопідготовки технологічної води і тому можуть потрапити у системи господарсько-питного водопостачання. Широко відомо також застосування нітритів для консервування харчових продуктів.

У поверхневих водах нітрит(ІІІ)- йони знаходяться в розчиненому виді. У кислих водах можуть бути присутніми незначні концентрації нітритної(ІІІ) кислоти (HNO2) (не дисоційованої на йони). Підвищений вміст нітритів вказує на посилення процесів розкладу органічних речовин в умовах більш повільного окиснення NO2–- до NO3–- іонів, що вказує на забруднення водного об’єкта, тобто є важливим санітарним показником.

Сезонні коливання вмісту нітрит(ІІІ)-іонів характеризуються відсутністю їх зимою і появою навесні при розкладанні неживої органічної речовини. Найбільша концентрація нітритів спостерігається наприкінці літа, їхня присутність пов’язана з активністю фітопланктону (встановлена здатність діатомових і зелених водоростей відновлювати нітрат(V)- до нітрит(ІІІ)-іонів. Восени вміст нітритів(ІІІ)-йонів зменшується.

Гранично допустима концентрація нітрат(ІІІ)-іонів у воді водойм встановлена в розмірі 3,3 мг/дм3 у вигляді йона NO2– або 1 мг/дм3 у перерахунку на Нітроген нітрит(ІІІ)-іонів. Показник шкідливості – санітарно-токсикологічний.

Відповідно до вимог глобальної системи моніторингу стану навколишнього середовища (ГСМОС/GEMS) нітрит(ІІІ)- і нітрат(V)-іони входять до програми обов’язкових спостережень за складом питної води і є важливими показниками ступеня забруднення і трофічного статусу природних водойм.

**16. Фосфор загальний**

**Сума мінерального й органічного Фосфору**. Так само, як і для Нітрогену, обмін Фосфором між його мінеральними й органічними формами з одного боку, і живими організмами – з іншого, є основним чинником, що визначає його концентрацію. Концентрація загального розчиненого фосфору (мінерального й органічного) у незабруднених природних водах змінюється від 5 до 200 мкг/дм3.

Фосфор – найважливіший біогенний елемент, найчастіше лімітує розвиток продуктивності водойм. Тому надходження надлишку сполук фосфору з водозбору: у вигляді мінеральних добрив із поверхневими стоками з полів (з гектара зрошуваних земель виноситься 0,4-0,6 кг фосфору), із стоками з ферм (0,01-0,05 кг/доб. на одну тварину), з недоочищеними або неочищеними побутовими стічними водами (0,003-0,006 кг/добу на одну людину), з деякими виробничими відходами призводить до різкого неконтрольованого приросту рослинної біомаси водного об’єкту. Це особливо характерно для стоячих і малопроточних водойм. Відбувається так називана зміна трофічного статусу водоймища, що супроводжується перебудовою усього водного співтовариства і головне до переваги процесів гниття (відповідно, зростання каламутності, солоності, концентрації бактерій).

Один із ймовірних аспектів процесу евтрофікації – ріст синьо-зелених водоростей (ціанобактерій), багато з яких токсичні. Речовини, що виділяються цими організмами відносяться до групи фосфорорганічних сполук, що містять нервово-паралітичні отрути. Дія токсинів синьо-зелених водоростей може виявлятися у виникненні дерматозів, шлунково-кишкових захворювань; в особливо важких випадках – при потраплянні великої маси водоростей в організм може розвиватися параліч.

Відповідно до вимог глобальної системи моніторингу стану навколишнього середовища (ГСМНС/GEMS) у програмі обов’язкових спостережень за складом природних вод включене визначення вмісту загального фосфору (розчиненого і зваженого, у виді органічних і мінеральних сполук). Фосфор є найважливішим показником трофічного статусу природних водойм.

***Фосфор органічний***. Природні сполуки органічного фосфору (синтезовані в промисловості фосфорорганічні сполуки не враховуються) надходять у природні води в результаті процесів життєдіяльності і розпаду мертвих водних організмів, обміну з донними відкладами.

Органічні сполуки фосфору присутні в поверхневих водах у розчиненому, зваженому і колоїдному стані.

***Фосфор мінеральний***

Сполуки мінерального фосфору надходять у природні води в результаті вивітрювання і розчинення порід, що містять фосфати (апатити і фосфорити). Надходження з поверхні водозбору у вигляді гідроген-, дигідроген-, поліфосфат-йонів (добрива, синтетичні миючі засоби, добавки, що запобігають утворенню накипу в казанах тощо), а також утворюються при біологічній переробці залишків тварин і рослинних організмів. Надлишковий вміст фосфатів у воді, особливо в ґрунтових водах, може бути ознакою наявності у водному об'єкті домішок добрив, компонентів господарсько-побутових стічних вод, тобто біомаси що розкладається.

Основною формою неорганічного фосфору при значеннях pН водойми більше за 6,5 є HPO42–-йон (біля 90%). У кислих водах неорганічний фосфор існує переважно у вигляді H2PO4–-йонів.

Концентрація фосфатів у природних водах звичайно дуже мала – соті, рідко десяті частки міліграмів Фосфору в 1 дм3, у забруднених водоймах вона може досягати декількох міліграмів в 1 дм3. Підземні води містять переважно не більш 100 мкг/дм3 фосфатів; виняток – води в районах залягання фосфоровмісних порід. Вміст сполук Фосфору піддається сезонним коливанням, оскільки він залежить від співвідношення інтенсивності процесів фотосинтезу і біохімічного окиснення органічних речовин. Мінімальні концентрації фосфатів у поверхневих водах спостерігаються звичайно навесні і влітку, максимальні – восени і зимою, у морських водах – відповідно навесні і восени, влітку і зимою.

Загальна токсична дія солей фосфатної кислоти можлива лише при дуже високих дозах і частіше усього обумовлено домішками флуору.

***Поліфосфати***

**Men(PO3)n , Men+2PnO3n+1, MenH2PnO3n+1**

Застосовуються для пом'якшення води, знежирення волокна, як компонент пральних порошків і мила, інгібітор корозії, каталізатор, у харчовій промисловості. Малотоксичні. Токсичність пояснюється спроможністю поліфосфатів до утворення комплексів із біологічно важливими йонами, особливо з кальцій-йонами. Встановлена допустима залишкова кількість поліфосфатів у воді господарсько-питного призначення складає 3,5 мг/дм3.

**17. Ферум**

Ферум у вигляді розчинених сполук, колоїдів та суспензій надходить до поверхневих вод суші внаслідок хімічного вивітрювання гірських порід, яке супроводжується їх механічним розкладом та розчиненням. Значні кількості сполук феруму надходять також з підземним стоком та із стічними водами підприємств металургійної і металообробної промисловості. З іншого боку, в природних водах відбуваються біологічні та фізико-хімічні процеси, які супроводжуються споживанням водними рослинами сполук заліза та його осадження у вигляді, в основному, гідроксиду Fе(ОН)3.

До складу неорганічних та органічних сполук природних вод ферум може входити в ступенях окиснення +2 або +3. Сполуки феруму (ІІ) утворюються при низьких значеннях рН та Еh, коли домінують процеси деструкції органічних сполук і вода збіднюється на вміст розчиненого кисню. Такі умови виникають у природних шарах води, особливо взимку під час льодоставу. Ферум(ІІ) в таких умовах міститься переважно у формі Fе2+-йонів, [FеОН]+, [FеСО3]0 та комплексних сполук з органічними речовинами, здебільшого з фульвокислотами. Співвідношення цих форм залежить від рН води та концентрації неорганічних та органічних лігандів.

Ферум(ІІ) необхідниий в організмі людини для синтезу гемоглобіну (добова потреба 5-20 мг) і токсичну дію його не виявлено. Однак при концентрації йонів Fе2+ більше 0,5 мг/дм3 вода набуває своєрідного металевого смаку, тому його наявність у водах є небажаною.

**18. Мікроелементи**

До цієї групи належать метали та деякі неметали (бром, йод, бор), вміст яких у поверхневих водах суші виявляється в межах кількох десятків i менше мкг/ дм3 (табл.6).

Деякі з них – Манган, Цинк, Купрум, Молібден i Кобальт – біометали, які є каталізаторами i складовими частинами бiохiмiчних процесів в організмі людини, тварин та рослин i без яких живі істоти не можуть розвиватися. Так, наприклад, Мn(ІІ)-йони, які завжди наявні у природних водах, беруть участь у біоциклах. Нестача мангану в організмі людини призводить до деформації кісток та хрящів i порушує функцію зсідання крові. Добова потреба Мангану для людини становить 2-9 мг. Цинк (ІІ)-йони теж відіграють важливу роль в організмі людини. Вони входять до складу ензимів, активність яких залежить від вмісту Цинку. Всі життєві процеси на рівні клітин певною мірою залежать від наявності цинк-йонiв. Нестача Цинку в організмі людини спричиняє випадання волосся, втрату апетиту, появу ревматизму i в цілому послаблення імунітету. Добова потреба Цинку для людини становить 15 мг.

Таблиця 7

Характерні інтервали концентрації мікроелементів у поверхневих водах суші

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Мікроелемент | Інтервали концентрацій, мг/дм3 | ГДК, мг/дм3 |
| Cd | ≤0,0001 | 0,01 |
| Pb | 0,0001 – 0,005 | 0,1 |
| Cr | 0,0001 – 0,005 | 0,1 |
| Ni | 0,0005 – 0,01 | 0,1 |
| Co | 0,0001 – 0,005 | 0,1 |
| Mo | 0,0005 –1 | 0,5 |
| Cu | 0,002 – 0,05 | 0,1 |
| Zn | 0,003 – 0,10 | 1,0 |
| Mn | 0,002 – 1,0 | 1,0 |

Інші мікроелементи, такі як Кадмій, Плюмбум, Меркурій, Хром тощо, є антропогенними забруднювачами i виявляють сильні токсичні властивості. Наприклад, Рb(ІІ)-йони, які надходять у води в результаті геологічних процесів, а також з вихлопними газами автомобілів, із плюмбумвмiсних трубопроводів та апаратури, особливо при тривалому контакті з водами, є особливо токсичними для кровотворних ензимів i порушують діяльність нервової системи. Аналогічно до Hg(ІІ)-йонів, Рb(ІІ)-йони порушують роботу шлунку та нирок, нагромаджуються в кістках, центральній нервовій системі та волоссі. При вмісті Рb(ІІ)-йонів у крові 0,4 мг/дм3 виявляються симптоми отруєння. Особливо небезпечними для життя є також мiкроконцентрацii радiонуклiдiв стронцію, цезію, плутонію та інших радіоактивних елементів. Треба зазначити, що бiометали при перевищенні ГДК також є токсичними для водних організмів та інших живих істот.

У природних водах значна частка мікроелементів входить до складу зависей та колоїдів, тому при збільшенні каламутності води їх кількість у зависях та колоїдах збільшується i може досягти практично 100%. При цьому до складу зависей входять переважно катіони металів, які здатні утворювати малорозчинні оксиди, наприклад МnO2, а також гідроксиди, наприклад плюмбуму, кобальту, нікелю, купруму та ін. Амфотерні елементи, які в природних водах містяться у вигляді аніонів та аніони неметалів сорбуються на зависях гірше. При підвищенні рH води сорбція мікроелементів зростає. Однак зависі різної хімічної природи за ступенем дисперсності виявляють неоднакові сорбційні властивості щодо різних елементів.

За хімічним складом розчинені форми мікроелементів у водах можуть бути досить різноманітними. Так, залежно від рH води та концентрації неорганічних i органічних лігандів у розчині можуть бути незакомплексованi йони металів, гiдроксокомплекси, карбонатні, сульфатні та хлориднi комплекси, а також координаційні сполуки йонiв металів з багатьма органічними лігандами. Деякі з домінуючих форм, вміст яких може перевищувати 1% від загальної концентрації металу, наведено в табл. 8.

Ці дані є розрахунковими з використанням констант стійкості комплексних сполук i відповідають найбільш характерним для природних вод концентраціям лігандів. Цитратнi та глутамiнатнi комплекси взяті як модельні для оксикарбонових кислот.

З табл. 8 випливає, що у водах для більшості йонiв металів-мікроелементів, крім йонiв мангану, найбільш характерним є утворення комплексів з органічними лігандами. В цьому аспекті особливо виділяється меркурій, який практично повністю, більш ніж на 99%, зв’язаний у сульфатні та гуматнi комплекси. Значна частка металів зв’язується у карбонатні та гiдроксокарбонатнi комплекси. Входження металів до складу не закомплексованих катіонів та гiдроксокомплексiв є значно менш характерним.

Однак для мангану, на відміну від інших металів, найбільш поширеними формами в поверхневих водах суші є аквакомплекси йонів Мn(ІІ) та комплекси складу [MnCO3]0 i [Mn(ФК)n]z–, причому співвідношення між цими формами залежить від рH води. Експериментальні дані, одержані на Київському водосховищі, підтверджують результати теоретичних розрахунків. Дійсно, в зимово-весняний період, коли інтенсивність фотосинтезу незначна i у воді збільшується вміст СО2, що призводить до зниження її рH, відповідно домінуючою формою є йони Мn(ІІ) i їх концентрація може навіть перевищити ГДК. Навпаки, в теплі пори року в умовах інтенсивного фотосинтезу рH води зростає i при цьому йони Мn(ІІ) окиснюються розчиненим у воді киснем, що призводить до осадження сполуки у вигляді МnO2.

Таблиця 8

Найбільш характерні розчинені форми мікроелементів

у поверхневих водах суші

|  |  |
| --- | --- |
| Мікроелемент | Форми існування та їх відносний вміст |
| рН 6,5 | рН 8,5 |
| Mn | Mn2+ >> [MnLn]z– ≥[MnHCO3]+> [Mn(ФК)n]z– > [MnCO3]0 | [MnCO3]0 >[Mn(ФК)n]z- > Mn2+ > [MnLn]z- ≥ [MnHCO3]+ |
| Cu | [Cu(ФК)n]z– >>[CuLn]z– | [Cu(ФК)n]z– >>[CuLn]z– ≈ [CuCO3]0 > [CuOH]+ ≈ [Cu(OH)2]0 |
| Zn | [ZnLn]z– >> [Zn(ФК)n]z– >> [ZnHCO3]+ > [ZnCO3]0 ≈[ZnOH]+ | [ZnCO3]0 > [Zn(ФК)n]z–≥[ZnLn]z– >> [ZnOH]+ > [ZnHCO3]+ |
| Co | [CoLn]z– > [CoHCO3]+ >>Co2+ >> [Co(ФК)n]z- ≈ [CoSO4]0 | [CoLn]z– ≥ [CoHCO3]+ ≥[Co(ФК)n]z– >Co2+ > [CoSO4]0 |
| Ni | [Ni(ФК)n]z–>>[NiHCO3]+ > [NiLn]z– > Ni2+ | [Ni(ФК)n]z– >> [NiLn]z– ≈[NiHCO3]+ ≈ [NiCO3]0 |
| Cd | [CdLn]z– >> Cd2+ >[Cd(ФК)n]z– | [CdLn]z– >> [Cd(ФК)n]z– ≈ [CdOH]+ > Cd2+ |
| Pb | [PbLn]z– > [Pb(ФК)n]z– >[Pb(ФК)n]z– > [Pb(OH)] > Pb2+ | [PbLn]z– >> [Pb(ФК)n]z– >> [Pb(OH)]+ ≈ [PbCO3]0 |
| Hg | [Hg(ФК)n]z– та [Hg(ГК)n]z– | [Hg(ФК)n]z– та [Hg(ГК)n]z– |

Ln – цитратнi комплекси; ФК – фульвокислоти;

HL – глутамiнатнi комплекси; ГК – гумінові кислоти.

Внаслідок цього загальна концентрація розчинених сполук мангану у воді значно зменшується i розчиненими формами виступають переважно комплексні сполуки.

Молекулярна маса розчинених у воді гумінових i фульвокислот змінюється від сотень до десятків i сотень тисяч атомних одиниць маси. Комплексні сполуки мікроелементів з органічними лігандами у природних водах характеризуються також високими молекулярними масами. Однак розподіл йонiв металів між комплексами з лігандами різної молекулярної маси неоднаковий. Так, наприклад, для йонiв меркурій(II) характерним є утворення комплексів з молекулярною масою менше 10 тис., для йонiв плюмбуму – понад 10 тис., а комплекси інших мікроелементів мають найбільш характерні молекулярні маси від 1 до 100 тис.

Комплексні сполуки йонiв металів з органічними лігандами природних вод е досить стійкими i характеризуються константами стійкості в межах 104-1012. Міцне зв’язування йонiв металів у комплекси з органічними речовинами, лігандами природного походження часто, заважає їхньому кількісному визначенню. Тому для одержання надійних результатів при визначенні валового вмісту йонiв металів у водах необхідно усунути вплив органічних сполук.

Слід зауважити, що визначення концентрації окремих форм йонiв металів у природних водах має важливе еколого-токсикологiчне значення. На багатьох прикладах установлено, що токсичність незакомплексованих йонiв та гiдроксокомплексiв важких металів для гiдробiонтiв значно вища, ніж токсичність їх комплексних сполук з іншими лігандами, особливо з високомолекулярними органічними сполуками природного походження (гумусовими речовинами тощо). В той же час токсичність металоорганічних сполук, наприклад триметилхлориду стануму, дiетилхлориду плюмбуму тощо, значно вища за токсичність незакомплексованих йонiв цих металів. У зв’язку з цим виникає серйозна проблема щодо взаємозв’язку між гранично допустимими концентраціями (ГДК) йонiв металів, встановленими шляхом дії неорганічних солей металів на бiологiчнi тест-об’єкти, i загальним вмістом цих металів у природних водах. Очевидно, що норми ГДК для важких металів є певною мірою умовними, тому що в реальній природній воді концентрація токсичних форм та інтенсивність їхньої дії на гiдробiонти може бути не адекватною параметрам, установленим у дослідах з простими солями металів.

**19. Органічні речовини**

Крім неорганічних речовин, розчинені й суспендовані органічні сполуки природного та антропогенного походження є неодмінними складовими компонентами природних вод i відіграють важливу роль у формуванні їхнього хімічного складу. Як зазначено вище, природні органічні речовини є одним із основних джерел надходження в природні води неорганічних форм Нітрогену та Фосфору, без яких існування та розвиток водних організмів неможливий. З іншого боку, органічні сполуки споживаються гiдробiонтами i виділяються у воді в процесі їхньої життєдіяльності та відмирання. Багато органічних сполук природних вод здатні утворювати з йонами металів стійкі комплекси i цим самим сприяють їх переходу в розчинні форми, які доступні для споживання гiдробiонтами. Особливу роль у цих процесах відіграють гумінові та фульвокислоти, які добре вимиваються водою з донних ґрунтів.

Багато органічних сполук різних класів надходять до природних вод із стічними водами підприємств органічного синтезу, а також з комунально-побутовими та сільськогосподарськими стоками. Такі сполуки, особливо відходи хімічних виробництв, часто є дуже токсичними, i їх вміст у природних водах треба ретельно контролювати.

Незважаючи на особливе значення органічних сполук для формування якості природних вод, методи їх контролю розроблені значно гірше, ніж для головних йонiв. Тому характеристика складу природних вод за вмістом органічних сполук в цілому є менш змістовною, ніж за вмістом інших iнгредiєнтiв.

Вміст органічних сполук у поверхневих водах суші можна охарактеризувати трьома групами показників.

Перша група показників адекватна сумі всіх органічних сполук природних вод (так званій органічній речовині) або сумі окремих класів таких сполук. Це інтегральні показники. При цьому вміст органічної речовини виражають у формі Сорг., тобто зв’язаного органічного Карбону в мг/дм3. У наявній більшості сполук природних вод Карбон становить близько 50% їхньої маси, тому величину Сорг. помножують на два i знаходять вміст органічної речовини (мг/дм3). У поверхневих водах суші вміст Сорг. залежно від типу водного об’єкта (річка, водосховище, озеро тощо) i пори року становить від 1-2 до 30-50 мг/дм3. Органічну речовину природних вод характеризують також іншими показниками – вмістом органічного Нітрогену (Nорг.) та органічного Фосфору (Pорг.).

До другої групи показників, які характеризують органічну речовину природних вод, входять найбільш поширені органічні сполуки природного походження. Серед них треба назвати гумінові та фульвокислоти, бiлковоподiбнi сполуки, вiльнi та зв’язані амінокислоти, аміни, карбонові та оксикарбоновi кислоти, карбонільні сполуки, естери та вуглеводні. Найбільш характерні концентрації цих сполук у поверхневих водах суші наведено на рис. 1. Для зручності порівняння концентрації бiлковоподiбних речовин, амінокислот та амінів (мгк N/дм3), а також органічних кислот та естерів подано на рисунку в мгС/дм3. Такий перерахунок дає наближені результати, через те, що різні органічні сполуки мають неоднакову молекулярну масу, а процентний вміст Нітрогену та Карбону в них також не є однаковим. Наприклад, для білків та амінокислот білкового походження мгС/дм3 = 1,7 мг N/дм3, а для амінів мг С/ дм3 = 3,4 мгN/дм3. Для аліфатичних карбонових кислот С2–С7, які є найбільш поширеними з цього класу сполук у поверхневих водах суші, середня молекулярна маса становить М = 95, а середній вміст Карбону дорівнює 55%, тому мг С/дм3=Смоль/дм3·95∙1000∙55/100 = Смоль/дм3∙5,2∙104. Для естерів залежність приблизно така ж. Вміст інших органічних речовин у водах, які наведено на рис. 1, виражають у мгС/дм3.

Незважаючи на наближений характер даних рис. 1, можна дійти висновку, що основну масу органічної речовини незабруднених та слабко забруднених поверхневих вод суші становлять карбонові кислоти, гумусові речовини, естери та карбонільні сполуки (1,5-30 С/дм3). Сума інших органічних сполук природного походження значно менша i становить 0,2-12С/дм3. Третю групу показників органічної речовини природних вод становлять численні сполуки антропогенного походження, вміст яких у першу чергу залежить від інтенсивності забруднення вод i змінюється в дуже широких межах – від аналітичного нуля до декількох мк/дм3.

Серед найбільш важливих груп органічних сполук антропогенного походження, для яких розроблено надійні аналітичні методи визначення на рівні ГДК, слід назвати ароматичні вуглеводні (бензен, толуен, стирен, феноли, нафтален тощо), галогенорганiчнi сполуки (хлороформ, дихлоретан, дихлофос тощо), нітрогенвмісні сполуки (аміни, піридинові основи, поліакриламід, капролактам, сечовина тощо), органічні кислоти, метанол, бензиловий спирт, бензилацетат, мастила, нафтопродукти, барвники, синтетичні поверхнево-активні речовини та ін.

**Органічні сполуки**



Рис. 1. Характерні інтервали концентрацій деяких органічних сполук природного походження в поверхневих водах суші:

І – карбонільні сполуки; ІІ – естери; ІІІ – органічні кислоти;

IV – вуглеводні; V – цукри; VI – аміни; VII – вільні амінокислоти;

VIIІ – зв’язані амінокислоти; ІХ – білки; Х – фульвокислоти;

ХІ – гумінові кислоти.

Кількість органічних сполук різних класів, що потрапляють до природних вод зі стічними водами промислових підприємств, сільськогосподарських комплексів та комунально-побутових закладів, невпинно зростає, i визначення їхнього вмісту в природних екосистемах є одним із складних завдань екологічного моніторингу.

**6.1.1. Види підземних вод**

*Підземні води* – це води, що знаходяться у верхній частині земної кори. Вона проникає в земну кору на глибину 12-14 км. У загальній кількості прісної води на планеті підземні води складають 12% (87% – льодовики, 1-2 % – поверхневі води). Будучи підземною частиною гідросфери Землі, підземні води тісно пов'язані з будовою земної кори та історією її розвитку. Вода заповнює тріщини та пори у шарах гірських порід, а також є складовою частиною значної маси гірських порід і мінералів. Глибинна магма теж містить певну кількість води.

За походженням підземні води поділяють на:

інфільтраційні,

седиментаційні,

конденсаційні;

магматичні.

*Інфільтраційні води* утворюються при інфільтрації (просочуванні) в ґрунт атмосферних опадів та інших поверхневих відбувається інтенсивний водообмін. До цього типу належать прісні підземні води, що використовуються для водопостачання.

*Седиментаційні води* утворюються в процесі осідання відкладів на дні водойм. Так, вологість морського мулу в придонних шарах досягає 80 %. Проте цей процес дуже повільний, до того ж при ущільненні морських відкладів вони втрачають значну кількість води.

*Конденсаційні води* утворюються при конденсації водяних парів у ґрунтах. Хоча вони мають обмежене значення, в окремих випадках, як наприклад, в пустелях, конденсаційним водам належить основна роль в поповненні підземних вод.

*Магматичні води* виділяються з остигаючих лав магми. Вперше їх охарактеризував у 1902 році Б. Зюсс. Він назвав їх *ювенільними* (лат. *juvenilis* ‒ юний). Питання про джерела магматичних вод є дискусійним. Вважають, що при русі магми до поверхні вона може поглинати води різного генезису.

Вода зустрічається в земній корі в твердому, рідкому і газовому станах. У вигляді льоду вона знаходиться в поверхневих шарах тільки тих районів планети, де середньорічні температури нижчі за 0°С. В основному вода знаходиться в надрах Землі в рідкому та газовому станах. Розрізняють декілька видів води в ґрунтах і гірських породах.

*Кристалізаційна вода* входить до складу кристалічних ґраток мінералів. Прикладами можуть бути гіпс, лімоніт, мірабіліт.

*Гігроскопічна вода* охоплює дуже тонкою плівкою поверхню зерен мінералів, гірських порід, структурних агрегатів ґрунту. Утворюється шляхом осідання водяних парів з повітря і випаровується тільки при їх сильному нагріванні.

*Плівкова вода* утворює на поверхні зерен мінералів і продуктах вивітрювання гірських порід більш товстий шар, вода в ньому може переміщуватись під впливом молекулярних сил.

*Капілярна вода* займає тонкі пори розміром до 1 мм. Утримується в них силами поверхневого натягу, в цілому є малорухомою. Найбільш поширена в глинах, суглинках і супісках.

*Гравітаційна вода* заповнює великі пори розміром більше 1 мм. Вона здатна переміщатися від вище залягаючих горизонтів до нижчезалягаючих під впливом сили тяжіння. її ще називають вільною.

**6.1.2. Загальні хімічні й фізико-хімічні показники якості підземних вод**:

***1.*** ***Загальна мінералізація.*** За загальним вмістом розчинених солей підземні води розділяють таким чином (табл. 1.6):

Таблиця 1.6

 Класифікація підземних вод за мінералізацією



***2. Сухий залишок***. Гранично допустиме значення сухого залишку й мінералізації для підземних вод питної якості складає 1 г/дм3 або 1000 мг/дм3, що відповідає категорії прісних вод. У тих регіонах, де основними джерелами питного водопостачання служать підземні води з природною підвищеною мінералізацією, граничного значення може набувати до 1,5 г/дм3.

***3. Водневий показник (рН)*** характеризується активністю або концентрацією йонів гідрогену у воді та служить кількісною мірою кислотно-лужних станів і рівноваг підземних вод. Для підземних вод питної якості величина рН має перебувати в межах 6,5-8,5.

***4. Лужність.*** Оскільки в більшості природних вод переважають гідрокарбонати HCO3‒, то зазвичай передбачається, що лужність підземних вод створюється в основному гідролізом карбонатних йонів (*карбонатна лужність*). У слабомінералізованих підземних водах карбонатна лужність складає 80-95 %.

***5. Твердість.*** Грунтові води північних регіонів, води в тріщинуватих кристалічних масивах є м’якими. Підвищеною твердістю володіють води вапняків, доломітів й інших карбонатних порід.

***6. Температура*** підземних вод коливається в широких межах залежно від глибини залягання водоносних шарів, геологічної будови, кліматичних умов тощо. За температурою розрізняють такі типи підземних вод (табл. 1.7).

Дуже холодні підземні води розвинені в зоні багатолітньої мерзлоти і високогірних районах, перегріті води характерні для районів сучасної вулканічної діяльності. Переохолоджені води (кріопеги) є високомінералізованими розсолами, що зберігають рідкий стан при низьких температурах. Зазвичай температура їх замерзання не нижча за –10°С, проте відомі окремі зони розвитку рідких розсолів і при нижчих температурах. Кріопеги залягають в зоні багатолітньої мерзлоти і в арктичних областях. При неглибокому заляганні підземних вод температура варіює залежно від сезону, нижче за пояс постійних річних температур підвищується з глибиною за законом геотермічного ступеню. Питна вода має найприємніший та освіжаючий смак при температурі 7-11°С.

Таблиця 1.7

Класифікація підземних вод за температурою



***7. Електропровідність*** води обумовлена тим, що вода є розчином електролітів. Вона знаходиться в прямій залежності від кількості розчинених солей у воді, тобто від мінералізації. Електропровідність не нормується для питних вод, але величина 2000 мкС/см приблизно відповідає загальній мінералізації в 1000 мг/дм3.

***8. Колір*** підземних вод залежить від їхнього хімічного складу й наявності домішок. Переважно підземні води безбарвні. Забарвлення воді додають розчинені речовини і механічні домішки (голубуватий, жовтуватий, зеленуватий, бурий колір тощо). Колір води визначають за платино-кобальтовою або імітуючою шкалою і виражають у градусах. \

***9. Прозорість (каламутність)*** води – це здатність пропускати світлові промені, залежить від кількості розчинених речовин і наявності завислих часток. Ступінь прозорості води визначається шляхом перегляду шрифту через циліндр об'ємом 3- 4 л, заповнений водою. Виражається прозорість у сантиметрах стовпа води. У даний час, згідно нормативним документам, регламентується каламутність води, що виражається в нефелометричних одиницях каламутності (НОК). 1 НОК відповідає вмісту 0,58 мг/дм3 завислих речовин.

***10. Присмак*** води пов’язаний з наявністю розчинених речовин, газів і сторонніх домішок. При вмісті у воді гідрокарбонатів кальцію і магнію, а також вуглекислоти, вода має приємний смак. Велика кількість органічних речовин й азотисті сполуки надають воді солодкуватого присмаку, солонуватий смак обумовлений наявністю натрій хлоридів, гіркий – сульфатів магнію і натрію. Запах залежить від наявності газів біохімічного походження (сірководень та ін.) або гниючих органічних речовин.

Оксидаційно-відновний потенціал (Eh, ORP – oxidation-reduction potential) – характеризує співвідношення окиснених і відновлених форм усіх елементів змінної валентності, що містяться у воді. Позитивні значення Eh характеризують наявність окиснювальної геохімічної обстановки, в якій присутній вільний Оксиген і цілий ряд елементів у вищій формі своєї валентності (Fe3+, Mo6+, V5+, U6+, Pb4+ тощо). Негативний Eh свідчить про відновну обстановку з присутністю у воді металів з низьким ступенем валентності (Fe2+, Mn2+, Mo4+, V4+), сірководню. Значення Eh підземних вод змінюються у широкому діапазоні – від ‒500 до +700 мВ. Величина Eh зазвичай зменшується з глибиною залягання підземних вод.

**6.1.3. Хімічний склад підземних вод**

Підземні води є складними багатокомпонентними системами, що включають цілий комплекс неорганічних і органічних речовин, газів, бактерій. Під хімічним складом води розуміють весь комплекс йонів, газів, колоїдів мінерального і органічного походження, що знаходиться в ній у природних умовах. У підземних водах у складі тих або інших сполук знайдено більше 70 хімічних елементів, проте, велика їх частина присутня в такій незначній кількості, що не впливає на властивості води. З деякою умовністю хімічний склад води можна представити у вигляді декількох груп: *макрокомпоненти* (головні компоненти), *другорядні компоненти*, *мікрокомпоненти*, *радіоактивні елементи*, *органічні речовини* й *мікроорганізми*, *розчинені гази*, *колоїди* й *механічні суспензії*.

***Макрокомпоненти або головні компоненти*** хімічного складу води включають аніоногенні й катіоногенні елементи, що утворюють розчинні сполуки. Вони завжди присутні у воді та є основною частиною її мінерального складу: у прісній воді – 90-95%, у високомінералізованій – більше 99%. Макрокомпоненти визначають тип хімічного складу води та її головні властивості. Вони представлені вісьмома йонами, чотири з яких позитивно заряджені (катіони) – Ca2+, Mg2+, Na+, K+ і чотири – негативно заряджені (аніони) – Cl‒, SO42‒, HCO3‒, CO32‒.

*Хлорид-йон (Cl‒)* – типовий компонент мінерального складу води. Він легко переноситься водою і зустрічається в підземних водах самої різної мінералізації – від прісних до розсолів. Відносний вміст хлориду в воді збільшується зі зростанням її мінералізації. Приблизно після мінералізації 5 г/дм3 йон Cl‒ стає головним переважаючим аніоном у воді і залишається їм аж до розсолів. Природний вміст його у воді змінюється в широких межах – від одиниць мг/дм3 до сотень г/дм3. Хлорид-йон є прекрасним міґрантом у підземних водах, що обумовлюється такими причинами:

а) у нього практично відсутній бар’єр розчинності, оскільки з основними катіонами він утворює добре розчинні сполуки (NaCl, MgCl2, CaCl2, KCl);

б) у хлорид-йону немає біологічного бар’єру – рослини й мікроорганізми його не споживають, тварини хоча і використовують у вигляді NaCl, але не зв’язують, а виділяють разом з екскрементами;

в) Cl‒ мігрує у розчинах самої різної концентрації у вигляді вільного йону, утримуючись у розчині й на великих глибинах. Гранично допустима концентрація для хлорид-йону в питних водах складає 250 мг/дм3.

*Сульфатні йони (SO42‒)* поширені в підземних водах значно менше, ніж хлориди. Вони характерні для неглибоко залягаючих підземних вод, з глибиною їхній вміст зменшується. Приблизно до мінералізації 3-4 г/дм3 відносна роль сульфату в розчині зростає. Після яскраво вираженого максимуму, коли він стає переважаючим аніоном у воді, його роль зменшується. Серед міграційних здібностей сульфат-іона слід зазначити такі:

а) у йону SO42‒ чітко виражений бар’єр розчинності – його вміст у воді лімітується вмістом Ca2+, з яким SO42‒ легко утворює слаборозчинну сіль CaSO4;

б) у сульфат-йону прослідковується біохімічний бар’єр – за допомогою сульфат-редукуючих бактерій він відновлюється до сірководню H2S. У підземних водах питної якості вміст сульфатів не має перевищувати 250 мг/дм3.

*Гідрокарбонатні (HCO3‒)* та *карбонатні (CO32‒)* йони є похідними карбонатної кислоти і перебувають у воді в рівноважному стані (карбонатна система хімічної рівноваги):

H2CO3 = H+ + HCO3‒ = 2H+ + CO32‒.

Йон HCO3‒ присутній у всіх підземних водах, окрім кислих. Карбонат-йон CO32‒ утворюється у воді при рН не менше 8,5. Переважають HCO3‒ та CO32‒ у неглибоко залягаючих підземних водах з низькою мінералізацією (прісних). Максимум ролі HCO3‒ і CO32‒, коли вони є переважаючими аніонами, настає при мінералізації 0,5 г/дм3, потім їх відносна роль в розчині різко падає. Міграція гідрокарбонату й карбонату ще більш утруднена, ніж сульфат-йону, що викликане такими причинами:

а) у них яскраво виражений бар’єр розчинності – солі, що утворюються з основними катіонами, є слаборозчинними;

б) у них просліджується біохімічний бар’єр – вміст HCO3‒ залежить від кількості CO2, який у свою чергу регулюється живими організмами (чим більше CO2, тим більше HCO3‒);

в) здатність цих йонів до утворення йонних пар знижує концентрацію цих йонів по мірі збільшення мінералізації води.

*Йони натрію Na+* за поширенням у воді знаходяться серед катіонів на першому місці. Подібно до хлорид-йону роль натрію зростає зі збільшенням мінералізації води. Переважаючим катіоном натрій стає при мінералізації 1 г/дм3 і залишається таким до розсолів. Діапазон концентрацій натрій-іона в підземних водах дуже широкий – від декількох мг/дм3 до сотень г/дм3. Характер і причини вільної міграції натрію схожі з міграцією хлорид-йону.

*Йони калію K+* також широко поширені, як і йони натрію. Солі калію також мають дуже високу розчинність, але на відміну від натрію відносна роль K+ у воді знижується з підвищенням її мінералізації. Вміст калію у воді зазвичай складає 4-10 % від вмісту натрію. Особливості міграції калію полягають в наступному:

а) йон калію володіє чітко вираженим біохімічним бар’єром – активно споживається і зв’язується живою речовиною у складі листя і плодів рослин, крові і молока тварин;

б) у K+ яскраво виражений сорбційний бар’єр – легко адсорбується і входить до кристалічної ґратки глинистих мінералів.

*Йони кальцію Ca2+* мігрують подібно до йону HCO3‒. Його відносна роль в катіонному складі велика до мінералізації 0,5 г/дм3, з подальшим зростанням мінералізації його значення в розчині падає. Вміст Ca2+ у природних водах змінюється від декількох мг/дм3 до сотень г/дм3. Особливості міграції кальцію пояснюються наступним:

а) у Са2+ виражений бар’єр розчинності – він утворює слаборозчинні солі СаСО3, СаSО4), у зв’язку з чим він легко мігрує лише в розбавлених розчинах;

б) у Ca2+ сильно виявляється сорбційний бар’єр – інтенсивно сорбується негативно зарядженими колоїдами гірських порід;

в) у Са2+ виражений біохімічний бар’єр – він є одним з головних елементів живої речовини (входить у тканини вищих рослин, відіграє важливу роль в будові скелета, складі крові).

*Йони магнію Mg2+* поширені в підземних водах подібно до йону кальцію. Розчинність його солей вища, ніж у кальцію, але у складі підземних вод він, як правило, грає підлеглу роль і ніколи не домінує. Можна назвати наступні міграційні особливості магнію:

а) яскраво виявляється біохімічний бар’єр – поглинається і засвоюється рослинами і тваринами (бере участь у фотосинтезі, білковому обміні);

б) яскраво виражений сорбційний бар’єр – легко адсорбується і входить у кристалічну ґратку глинистих мінералів. До другорядних компонентів відносять речовини, що характеризуються або високим кларком і низькою розчинністю, або невеликим кларком і доброю розчинністю солей. Вони майже завжди присутні в підземних водах, але на відміну від макрокомпонентів містяться у підлеглій кількості. До другорядних прийнято відносити азотисті сполуки – йони амонію NH4+, нітрити NO2‒, нітрати NO3‒; ферум Fe, алюміній Al, силіцій(IV) оксид SiO2. Азотні сполуки поступають у воду внаслідок мікробіологічних процесів і діяльності людини.

*Йони амонію (NH4+)* утворюються при розкладанні білка тварин і рослин під дією бактерій-амоніфікаторів. У природних водах вміст NH4+ зазвичай не перевищує 0,01-0,1 мг/дм3 і лише у водах нафтових родовищ може сягати 100-200 мг/дм3. Йон NH4+ нестійкий – у присутності кисню під впливом бактерій нітрифікаторів амоній переходить у нітрит (NO2‒), а потім у нітрат (NO3‒). Концентрації NO2‒ і NO3‒ у природних водах зазвичай не перевищують 0,01-0,5 мг/дм3, але в ґрунтових водах у районах, де ґрунти удобрюються азотними сполуками, вміст NO3‒ може сягати 200-300 мг/дм3. ГДК нітратів у питних водах складає 50 мг/дм3.

*Ферум* широко поширений в підземних водах у двовалентному (Fe2+) і тривалентному стані (Fe3+). Зазвичай переважає закисне залізо (Fe2+), яке легко мігрує в кислих водах і дуже слабо у прісних, але не стійке і легко переходить у Fe3+, яке мігрує у воді дуже слабо. Природні води частіше нейтральні, тому ферум, що міститься в них, зазвичай не перевищує перших 23 одиниці мг/дм3, лише в сильно кислих водах сягає 100 мг/дм3. Ферум у невеликих кількостях – корисний компонент, приймає участь у кровотворенні, але вміст його в питній воді не повинен перевищувати 0,2 мг/дм3. При вмісті в 0,5 мг/дм3 ферум додає воді жовтуватого забарвлення, а при 1 мг/дм3 відчувається металевий присмак.

Під ***мікрокомпонентами*** розуміють хімічні елементи й сполуки, концентрації яких у підземних водах не перевищують 10 мг/дм3 (інколи зустрічається їх вміст у водах до 100 мг/дм3 і більше). До мікрокомпонентів відносять такі елементи, як: I, Br, Li, В, F, Ті, V, Cr, Mn, Co, Ni, Сu, As, Мо, Ba тощо, а також такі рідкісні, як Rb, Аu, Hg. Мікрокомпоненти не визначають хімічний тип підземних вод, але додають їм деяких специфічних властивостей.

Встановлено, що велика кількість з них чинить значний вплив на життєдіяльність людини, тварин і рослин (I, F, В, Co, Сu, Zn тощо). У деяких місцях перевищення або нестача мікрокомпонентів у воді призводить до ендемічних захворювань, наприклад захворювання щитовидної залози при нестачі йоду або розвиток флюорозу при надлишковій концентрації флуору у воді. У питній воді вміст флуору не має перевищувати 1,5 мг/дм3 при оптимальній нормі 0,8-1,0 мг/дм3. Захворювання флюорозом починається за наявності у воді флуору в кількості 4-6 мг/дм3. Високий вміст деяких мікрокомпонентів у підземних водах дозволяє використовувати останні як мінеральну сировину для видобування корисних компонентів (I, Вr, В, Zn та ін.).

З ***радіоактивних елементів*** слід зазначити U, Ra, Rn і деякі радіоактивні ізотопи – K40, H3, C14 та ін. Відмітною ознакою радіоактивних елементів є нестійкість їхніх ядер, унаслідок чого відбувається їхній постійний розпад з утворенням інших елементів, а також виділення радіоактивного випромінювання. Концентрації радіоактивних компонентів виражаються як у ваговій формі (г/дм3, г/кг, мг/дм3), так і в одиницях радіоактивного випромінювання (кюрі, бекерель).

*Уран* зустрічається в усіх підземних водах у кількостях – 10‒6-10‒7 г/дм3 і лише на уранових родовищах концентрація його збільшується до 5·10‒4 г/дм3.

*Радій* є другорядним елементом: Ra226 – продукт розпаду U238, Ra228 утворюється внаслідок розпаду Th232. Радій інтенсивно сорбується глинистими породами, тому його рухливість у гідросфері дуже мала. У глибоких горизонтах і на родовищах урану концентрація радію сягає 17·10‒9 г/дм3.

*Радон* – це радіоактивний газ, продукт еманації радію. Має 12 короткоживучих ізотопів, з яких найпоширенішим є Rn222 . Утворюється під час розпаду Ra226. Період напіврозпаду Ru222 – 3,8 діб. Зустрічається радон у підземних водах, що контактують з радіоактивними породами (у тектонічних розломах у кристалічних породах, на уранових родовищах).

*Калій-40* складає близько 0,012 % природного калію, але забезпечує майже весь радіоактивний фон підземних вод. У питних водах його кількість не перевищує 3·10‒4 мг/дм3.

У підземних водах з ***органічних речовин*** найчастіше зустрічаються гумінові кислоти, бітуми, феноли, жирні кислоти, нафтенати і т. п. Джерелами надходження органічних речовин у підземні води є атмосферні опади, поверхневі води, ґрунти, поклади каустобіолітів – нафти, вугілля, торфу. Загальна кількість органічних речовин у воді визначається за значенням перманганатної окиснюваності. Мікроорганізми в підземних водах представлені різними бактеріями, які належать до одноклітинних, рідше багатоклітинних. Вірогідною межею їх поширення в підземній гідросфері є глибина температур вище 100°С, яка частіше зустрічається на значних глибинах – 4-5 км від денної поверхні. Бактерії приймають активну участь у формуванні хімічного складу води, перетворюючи в процесі своєї життєдіяльності органічні й неорганічні сполуки. Частіше це залізобактерії, сульфобактерії, бактерії нітрифікатори тощо. У воді можуть міститися і хвороботворні бактерії – кишкова паличка та інші.

Із ***газів***, які присутні в підземних водах, найпоширенішими є кисень (О2), вуглекислий газ (СО2), сірководень (Н2S), метан (СН4), азот (N2). Гази у воді перебувають у розчиненому стані. Під час зменшення тиску вони переходять у вільний стан і виділяються з води.

*Кисень* переважно атмосферного походження, тому міститься, в основному, у водах приповерхневої частини земної кори (зони аерації, ґрунтових і неглибоко залягаючих міжпластових водоносних горизонтах). Вміст кисню в підземних водах змінюється від 0 до 15 мг/дм3. Кисень є окисником для речовин зі змінною валентністю.

*Вуглекислий газ* поступає до підземних вод з повітря атмосфери, крім того виникає під час біохімічних і хімічних процесів, які проходять у товщах земної кори, а також при вулканічних і метаморфічних процесах. Вміст СО2 у підземних водах зменшується зверху вниз, але схема його поширення значно нижча, ніж у кисню. Концентрація СО2 у воді коливається від 0 до 25 мг/дм3 , на родовищах мінеральних вод вона інколи сягає 2–3 г/дм3 .

*Сірководень* накопичується у воді переважно внаслідок відновлення сульфатів під дією сульфат-редукуючих бактерій, або в умовах високого тиску й температури, а також при вулканічних процесах. Кількість Н2S у підземних водах коливається частіше від 0 до 50 мг/дм3 і лише у межах газонафтових родовищ сягає 1000-2000 мг/дм3.

*Водень* накопичується в підземних водах у процесі дисоціації води, при розкладанні органічних речовин і при вулканічних процесах. Концентрація йонів Н+ у підземних водах змінюється від 10‒4 до 10‒9.

*Метан* у підземних водах утворюється внаслідок біохімічних процесів при розкладанні органічних речовин у нафтогазових і вугільних районах, у районах боліт і торф’яних озер.

***Колоїди*** й ***механічні суспензії*** у підземних водах зустрічаються дуже рідко. Розміри їх частинок у десятки разів перевищують частинки дійсних розчинів. У підземних водах зустрічаються переважно колоїди алюмінію, феруму, кремнезему. У колоїдних частках SiO2 зустрічаються, наприклад, декілька сотень молекул. Колоїди мають велику питому внутрішню поверхню частинок й електричний заряд. Частинки механічних суспензій дуже великі (більше 100 мікрон) і можуть перебувати у воді, яка рухається зі значною швидкістю (карстові води).

**6.1.4. Значення підземних вод**

Прісні підземні води мають дуже важливе господарське значення. Вони належать до тих природних ресурсів, від яких залежить життя населення земної кулі, їх використовують для водопостачання населених пунктів, в сільському господарстві і промисловості. Неоціненну роль ці води відіграють в живленні різноманітного рослинного світу, вони незамінні як джерело пиття для всього живого на нашій планеті. Роль води в ґрунті академік Г.М. Висоцький (1962 р.) порівнював з роллю крові в живому організмі. З цим визначенням не можна не погодитися.

**6.2. Морські та океанські води**

Хімічний склад води Світового океану ‒ це складний комплекс мінеральних і органічних речовин, що знаходяться в різних формах йонно-молекулярного та колоїдного стану і надають воді своєрідних особливостей.

В океанічній воді розчинені майже всі елементи Періодичної системи, навіть благородні метали. Більше всього розчинено оксигену 85,8 %, гідрогену ‒10,7 %*,* хлору — 2,20 %, натрію ‒ 1,07 %, які вступають у хімічні реакції і утворюють солі. Серед солей найбільше розчинено кухонної солі ‒ NaCl(27,2 г/дм3), яка надає воді солоного смаку, та солей магнію МgСl2‒ 3,8 г/дм3, які надають воді гіркуватого смаку. Опріч солей хлору, що становлять 88,7 %, у воді розчинені сульфати (МgSО4 ‒  1,7 г/дм3, СаSO4 ‒ 1,2 г/дм3, К2SО4 ‒ 0,9 г/дм3, які разом становлять 10,8 %), карбонати СаСО3 ‒ 0,1 г/дм3 та солі брому ‒ МgBr2 ‒ 0,1 г/дм3. Таке відсоткове співвідношення цих солей зберігається у будь-якій частині океану і за будь-якої концентрації солей. Тому для одержання загальної кількос­ті солей достатньо в пробі води визначити вміст хлору і помножити на 1,81.

У морській воді виявлено щонайменше 67 різних хімічних елементів, у вигляді розчинених мінеральних речовин, серед яких сполуки нітрогену, фосфору, силіцію мають вирішальне значення для живих організмів. Мінералізація морської води є основою заро­дження життя і розвитку біосфери. Морська вода має всі необхідні елементи, що входять до складу поживних речовин рослин. Ультра-прісна вода, проникаючи в клітини, згубно впливає на них, оскільки є сильним розчинником і змінює склад протоплазми. Морська фауна легко переносить підвищення солоності і не витримує його зменшен­ня. При солоності 4% життя морської фауни неможливе. Прісноводні мешканці за допомогою слизової оболонки ізолюються від водного середовища, пристосувавшись таким чином до умов життя.

Органічні речовини безперервно накопичуються у морській воді внаслідок відмирання маси зелених рослин. Загниваючи, вони стають основним джерелом органічних решток, до складу яких входять різ­номанітні солі.

Отже, *солоність морської води ‒* це кількість в грамах всіх міне­ральних речовин, розчинених в 1 кг морської води за умови, що бром і йод заміщені еквівалентною кількістю хлору, всі вуглекислі солі пе­реведені в оксиди, а всі органічні речовини спалені за температури 480°С. Солоність води виражається в г/кг або ‰*.* Середня солоність вод Світового океану ‒ 35,0 ‰. Це означає, що в океані розчинено 48∙1015 тонн солей. Якби всі солі океану викристалізувати, то вони покрили б всю земну поверхню шаром 40 м завтовшки.

На поверхні океану солоність може змінюватись у значних межах, залежно від балансу прісної води. Атмосферні опади, стік з су­ходолу, танення льоду знижують солоність, а випаровування, утворення льоду ‒ підвищують її. Солоність залежить також від вертика­льного перемішування та горизонтального перенесення води. Холодні течії несуть з полярних районів води з меншою солоністю, а теплі з тропічних широт — з більшою солоністю.

Найменша солоність у високих широтах, де випаровування незначне. У Північному Льодовитому океані вона становить лише 30,6-30,9 ‰ і тільки біля островів Північної Землі та Шпіцберґена підви­щується до 32,8-33,2 ‰. Така мала солоність пояснюється стоком Сибірських рік та таненням морського льоду. Улітку солоність води тут зменшується до 30 ‰. У Південній півкулі найменшу солоність мають приантарктичні води (32,7 ‰).

З наближенням до пасатних зон солоність підвищується, дося­гаючи найбільших значень у тропічних широтах: у Атлантичному океані - 37,5 ‰, Індійському та Тихому океанах - 36,5 ‰. Велика со­лоність цих зон пояснюється малою кількістю опадів та значним ви­паровуванням (8 мм за добу), зумовленим сухістю пасатних вітрів. У напрямі до екватора солоність зменшується до 35,0 ‰, внаслідок пе­реважання опадів над випаровуванням.

Зональний розподіл солоності на поверхні океану порушується морськими течіями. Це особливо добре помітно в північній частині Атлантичного океану, де теплі води Гольфстріму зустрічаються з во­лами Лабрадорської течії.

Середня солоність поверхневих вод океанів різна. Найбільшою вона є в Атлантичному океані ‒ 35,4‰, найменшою у Північному Льодовитому ‒ 32,0‰. Індійський та Тихий мають відповідно 34,9 ‰і 34,8 ‰.

Солоність на поверхні морів може набагато відрізнятися від со­лоності відкритого океану. Чим більше море врізається в суходіл і чим менший його зв'язок з океаном, тим більша різниця. Найбільшу солоність мають Середземне (39 ‰) та Червоне (42 ‰) моря. У Чор­ному морі солоність не перевищує 15-23‰, у Балтійському 3-20‰. Така мала солоність цих морів обумовлена не тільки ізольованістю від океанів, а й впливом річкового стоку.

Істотні зміни солоності вод Світового океану відбуваються тіль­ки до глибини 1500 м. Нижче цієї глибини коливання не значні і практично на всіх широтах солоність дорівнює 34,7-34,8 *%о.*

*Розчинені гази*. Крім солей у морській воді розчинені гази: ки­сень, азот, вуглекислий газ, сірководень, амоніак, метан. Гази надходять з атмосфери, частково з водами суходолу, під час підводних вивер­жень, а також утворюються в результаті хімічних та біологічних процесів, що відбуваються у воді. Розподіл газів у товщі води відбу­вається завдяки перемішуванню.

Найважливіше значення з усіх газів має *кисень,*оскільки з ним пов'язано життя. У водах Світового океану його розчинено 7480 млрд тонн. Надходить з атмосфери або в результаті фотосинтезу, витрача­ється на дихання морських організмів і на окиснення різних речовин. Вміст кисню у морській воді залежить від температури і солоності, однак більше значення має температура (табл. 12). Поверхневі шари (100-300 м) завжди насичені киснем, при цьому вміст його зростає від екватора до полюсів від 5 см3/дм3 до 8 см3/дм3 на 50○ пн. ш. Нижче 200 м світло не проникає, рослинність відсутня і вміст кисню зменшується. Особливо його мало на глибинах 400-800 м, де він витрачається на дихання тварин та окиснення відмерлих решток організмів. На великі глибини кисень приносять арктичні і антарктичні води.



*Азот* у поверхневих шарах знаходиться у повній рівновазі з атмосферним азотом. Великого значення для океану не має. Деякі придонні бактерії перетворюють його в нітрати і амоній.

Іноді на дні морів, особливо в намулі, утворюється *сірководень.* Він є наслідком процесів розкладання органічних речовин, та життєдіяльності бактерій, що використовують у анаеробних умовах кисень сульфатів. Сірководень ‒ сильна отрута для живих організмів. Характерним прикладом зараження глибинних вод є Чорне море, в якому тільки 1З % води не отруєно ним, а в окремих місцях він часом вихо­дить на поверхню.

*Вуглекислий газ*знаходиться переважно у вигляді вуглекислоти. Незважаючи на малий вміст, вуглекислота відіграє не меншу роль, ніж кисень. Вона є єдиним джерелом вуглецю, необхідного рослинам для утворення органічної речовини. Вуглекислий газ краще розчиня­ється у холодній воді. Запаси його в океані становлять 130-1012 тонн або 45-50 см3/дм3. Це в 60 разів більше, ніж в атмосфері. З підвищенням температури вода віддає його атмосфері, зі зниженням ‒ поглинає з неї. Вдень, у зв’язку з вбиранням вуглекислого газу рослинами, вміст його зменшується, а вночі ‒ збільшується.

Вивчення сольового і газового складу морської води необхідне для визначення рибопродуктивності моря, для потреб хімічної промисловості, будівництва портів і одержання прісної води.

**6.3. Вимоги до якості питних вод**

В Україні якість питної води регулюється Державними санітарними правилами і нормами (ДСанПіН-383-96), затвердженими Міністерством охорони здоров’я України, «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого водопостачання» (введено з 01.01.2000р.).

Ступінь можливого використання води для тих чи інших потреб (питних, зрошення тощо) характеризується поняттям «якість води».

**Якість води** – це поняття хімічного і біологічного складу та фізичних властивостей води, яке зумовлює її придатність для конкретних видів водокористування. Найвищі вимоги висуваються до якості питної води.

Питна вода має бути безпечною з епідемічного погляду, мати нешкідливий хімічний склад, сприятливі органолептичні властивості і бути радіаційно безпечною для людини.

**1. Якість питної води з епідеміологічного погляду**

Використання питної води передусім має бути епідемічно безпечним. У воді не повинно бути хвороботворних (патогенних) бактерій і вірусів. Водний шлях розповсюдження характерний для збудників холери, черевного тифу, паратифів і лептоспірозів, певною мірою також для збудників дизентерії, туляремії та епідемічного бруцельозу. З водою в організм людини можуть потрапляти цисти дизентерійної амеби, яйця аскарид та ін. Епідемічна безпечність питної води досягається очищенням та знезараженням її на водопровідних станціях, а також шляхом проведення заходів санітарної охорони водних об’єктів, які слугують джерелами водопостачання.

Необхідну якість питної води з епідемічного погляду може бути підтверджено лише аналітичним шляхом. Але перелік інфекційних захворювань людини, які передаються через воду, є настільки широким, що для дослідження всіх мікроорганізмів лише в одній пробі води доводиться тривалий час працювати великому колективу бактеріологів. Тому свого часу виникла потреба вибору основного санітарно-показового мікроорганізму води. Він має слугувати індикатором загального забруднення води бактеріями, пов’язаними з життєдіяльністю людини. Таким мікроорганізмом виявилася кишкова паличка (*Eschericha coli*), яка, з одного боку, є постійно у товстому кишківнику людини, а з іншого – за тривалістю збереження у водному середовищі дещо перевищує строки перебування в ньому інших патогенних бактерій. У всіх свійських тварин у виділеннях є кишкова паличка. Її також містять і ті представники фауни, які живуть поблизу людського помешкання, – голуби, ворони, миші, щури. У кишковому тракті диких тварин, які не контактують з людиною (наприклад, куріпки, зайці, білі полярні ведмеді, моржі), кишкова паличка трапляється надзвичайно рідко.

Таким чином, забруднення водних об’єктів бактеріями кишкової групи тісно пов’язані з надходженням у них фекалій людини, домашніх тварин, господарсько-побутових стічних вод, а відповідно, і з наявністю патогенних бактерій. Тому важливим завданням контролю якості питної води, яку отримують на водопровідній станції після знезараження природної води з джерела водопостачання, є визначення вмісту в ній кишкової палички – так званого колі-індексу. Згідно із санітарно-гігієнічними вимогами колі-індекс питної води (кількість кишкових паличок у 1 дм³) не має перевищувати 3.

Безпека питної води з епідемічного погляду визначається відсутністю небезпечних для здоров’я людини бактерій, вірусів та інших мікроорганізмів, а саме: термостабільних кишкових паличок (фекальні колі-форми) – у 100 см3 води, що досліджується; патогенних мікроорганізмів – у 1 дм3 води. Допускається наявність загальної кількості бактерій не більше 100 мікроорганізмів у 1 см3 води.

За паразитологічними показниками (клітини, цисти: лямблій, криптоспоридій, а також у разі епідемічних ускладнень – дизентерійних амеб, балантидій, хламідій та ін.; клітини, личинки, яйця гельмінтів) питна вода має відповідати таким вимогам: не виявляються патогенні кишкові найпростіші (клітини, цисти) в 25 дм3 води, що досліджується; кишкові гельмінти (клітини, яйця, личинки) – в 25 дм3 води, що досліджується.

**2. За фізіологічною повноцінністю** мінерального складу питної води ДСанПіН рекомендує такі значення

мінералізація загальна 100-1000 мг/ дм³;

твердість загальна 1,5-7,0 мг-екв/дм³;

лужність загальна 0,5-6,5 мг-екв/дм³;

Магній - ≥10 ≤80 мг/дм³; Флуор 0,7-1,5 мг/дм³.

Нешкідливість хімічного складу питної води визначається токсикологічними показниками, гранично допустимі концентрації яких установлено санітарно-токсикологічними дослідженнями.

Таблиця 9

Токсикологічні показники нешкідливості хімічного складу питної води (мг/дм³)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показник | Норматив, не більше | Клас небезпеки |
| *Неорганічні компоненти* |
| Алюміній | 0,2 (0,5)\* | 2 |
| Барій | 0,1 | 2 |
| Арсен | 0,01 | 2 |
| Селен | 0,01 | 2 |
| Плюмбум | 0,01 | 2 |
| Нікель | 0,1 | 3 |
| Нітрати | 45,0 | 3 |
| Флуор | 1,5 | 3 |
| *Органічні компоненти* |
| Тригалогенометани (ТГМ), сума | 0,1 | 2 |
| Хлороформ | 0,06 | 2 |
| Дибромхлорометан | 0,01 | 2 |
| Тетрахлорометан | 0,002 | 2 |
| Пестициди, сума | 0,0001\*\* | 3 |
| *Інтегральні показники* |
| Окиснюваність (KMnO4) | 4,0 | – |
| Загальний органічний Карбон | 3,0 |  |

Примітки:

\*величина, зазначена у дужках, допускається при обробці води реагентами, що містять алюміній;

\*\*перелік контрольованих пестицидів установлюють з урахуванням конкретної ситуації.

Вода не повинна містити інші токсичні компоненти (Меркурій, Талій, Кадмій, нітрити(ІІІ), ціаніди, хром(VІ), 1,1-дихлороетан, 1,2-дихлороетан, бензпірен у концентраціях, що визначаються стандартними методами досліджень.

Вимоги до вмісту деяких речовин у питній воді звичайній і вищої якості, які рекомендовані Всесвітньою організацією охорони здоров’я (ВООЗ) у 1994 році можуть слугувати еталоном, до якого треба постійно прагнути (табл. 10).

**3. Радіаційна безпека** питної води визначається за гранично допустимими рівнями сумарної об’ємної активності альфа- і бета-випромінювачів (природних): альфа-випромінювачі – не більше 0,1 Бк/дм3, бета-випромінювачі – не більше 1,0 Бк/дм3. Для особливих регіонів нормативи радіаційної безпеки питної води погоджуються державним санітарним лікарем України.

Найбільш чиста і корисна – вода з артезіанських свердловин, глибина яких може бути 100, 200, 300 чи 400 метрів.

Таблиця 10

Вимоги до деяких речовин у питній воді звичайною і вищої якості, які рекомендовані Всесвітньою організацією охорони здоров’я (ВООЗ, 2004 р.), (мг/ дм³)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Показник | ГДК | Питна вода вищої якості, концентрація |
| Макс. | Мін. | Опт. діапазон |
| Мінералізація | 1000 | 600 | 150 | 250 – 400 |
| рН (одиниці) | – | 8 | 7 | 7,5 – 8 |
| Твердість, ммоль/дм³ | 7 | 5 | 2,5 | 3 – 4 |
| Гідрогенкарбонати | – | 360 | 90 | 180-300 |
| Хлориди (Cl–) | 250 | 30 | – | <20 |
| Сульфати (SO4²–) | 250 | 40 | – | <25 |
| Кальцій (Са2+) | – | 100 | 40 | 50 – 70 |
| Магній (Mg2+) | – | 30 | 6 | 10 – 15 |
| Натрій (Na+) | 200 | 30 | – | ≤20 |
| Калій (К+) | – | 10 | – | 5 – 7 |
| Нітрати (NO3–) | 50 | 5 | – | <5 |
| Нітрити (NO2 –) | 3 | 0,01 | – | <0,01 |
| Амоній (NН4+) | 1,5 | 0,05 | – | ≤0,05 |
| Алюміній (Al3+) | 0,2 | 0,05 | – | ≤0,05 |
| Ферум (Fe заг.) | 0,3 | 0,1 | – | ≤0,05 |
| Манган (Mn заг.) | 0,5 | 0,1 | – | ≤0,02 |
| Купрум (Cu заг.) | 1,0 | 0,05 | – | ≤0,05 |
| Плюмбум (Pb заг.) | 0,01 | 0,01 | – | ≤0,005 |
| Флуор (F) | 1,5 | 1,2 | 0,6 | 0,8 – 1,0 |
| Цинк (Zn2+) | 1,0 | 0,1 | – | ≤0,1 |

**7. Основні етапи аналізу природних об’єктів**

Відбір проб води є надзвичайно важливою частиною аналізу, яка повинна забезпечити представництво одержаних результатів і наукову обґрунтованість їхнього подальшого використання для розв’язання екологічних та народногосподарських завдань. Помилки, які можуть виникнути внаслідок неправильного підбору проб, неможливо виправити ніякими експериментальними або розрахунковими методами.

Величина проби залежить від очікуваного вмісту визначуваного інгредієнта та чутливості вимірюваного аналітичного сигналу. Наприклад, для визначення вмісту кальцій йонів, які у природній воді містяться в межах 20-100мг/дм3 об’ємним комплексонометричним методом треба взяти не менше 50-100 мл проби, тоді як для визначення тих самих йонів методом фотометрії полум’я досить мати 5-10 см3, а методом йонної хроматографії достатньо лише 0,5 см3 і менше об’єм проби води. Зменшення величини проби особливо важливе у разі необхідності транспортування великої кількості відібраних проб до місця аналізу.

Результат аналізу може бути правильним тільки у тому випадку, коли проба представницька, тобто склад проби і всього досліджуваного об’єкта повинні бути однаковими (ідентичними). Тому відбір і підготовка проби – одні з найважливіших стадій аналітичного процесу.

Відбір проби складається з взяття початкової (генеральної, первинної) проби від великої маси (об’єму) речовини і скорочення різними способами відібраної генеральної проби до такої кількості, що використовують для аналізу. Така необхідність виникає, зокрема, при дослідженні гідрохімічного режиму водосховищ, озер та річок, коли десятки проб води відбираються під час експедицій і практично немає можливості виконати хімічний аналіз безпосередньо на місці відбору проб.

Можливість виконання аналізу безпосередньо на місці відбору проби є важливою характеристикою методу. Це зокрема, стосується аналізу природних вод, хімічний склад яких може змінюватися в процесі транспортування та зберігання відібраних проб унаслідок протікання в них різноманітних біологічних та фізико-хімічних процесів. Наприклад, визначити концентрацію розчиненого кисню та компонентів карбонатної системи, а також рН та Еh води обов’язково треба на місці відбору проби з урахуванням її температури, тому що ці показники є досить лабільними і їх практично неможливо стабілізувати шляхом консервації проби (додавання до проби певної речовини, яка дозволяє зберегти хімічний склад досліджуваного об’єкта впродовж певного періоду без змін).

При відборі проб необхідно врахувати багато специфічних обставин, що є типовими при аналізі вод, повітря та ґрунтів. Однак можна відзначити головні принципи, які слід враховувати при відборі проб з будь-якого об’єкту природного середовища:

1)проба або серія проб, відібраних для аналізу, повинна бути характерною для даного природного об’єкта в місці їх вибору;

2)відбір проб їх транспортування, зберігання та подальша обробка повинні виконуватись так, щоб не змінювався вміст визначуваного інгредієнта або групи інгредієнтів;

3)об’єм або маса проби повинні повністю забезпечити можливість виконання запланованих аналітичних визначень.

Характерною особливістю природних об’єктів є те, що визначувані в них інгредієнти часто можуть бути у різному агрегатному стані. Це слід враховувати при відборі проб та їх підготовці до аналізу. Окрім того, багато інгредієнтів містяться в природних об’єктах у різних хімічних формах, які мають неоднакові фізико-хімічні та аналітичні властивості.

Для визначення валового вмісту таких інгредієнтів їх треба заздалегідь перевести в одну і ту ж аналітичну форму, концентрація якої буде адекватною вимірюваному аналітичному сигналу. Нарешті, вміст багатьох хімічних речовин у природних об’єктах настільки малий, що їх неможливо визначити без попереднього концентрування та відокремлення від основних компонентів.

**7.1. Види, відбір та підготовка до аналізу проб води**

**1. Пробовідбір. Види проб.**

**Пробовідбір** – важливий етап аналізу об’єктів навколишнього середовища і від правильності його проведення, у значній мірі, залежать результати аналізу.

Проби води можуть бути ***простими*** та ***змішаними***. Прості проби одержують одноразовим відбором такого об’єму води, який необхідний для аналізу. Аналізуючи такі проби, встановлюють хімічний склад води в певному місці і на час відбору проби.

Змішані проби – суміш простих проб, які відібрані одночасно в різних місцях досліджуваного водного об’єкта або в одному місці через різні проміжки часу. Такі проби характеризують середній хімічний склад даного об’єкта в просторі або за певний проміжок часу.

Змішану пробу не рекомендується відбирати за період більший ніж за одну добу. Змішані проби не можна відбирати для визначення показників, які швидко змінюються з часом, наприклад, вмсіту розчинених газів, Еh, каламутності тощо. Тому змішані проби відбирають переважно при аналізі стічних вод, стік яких протягом доби може сильно змінюватися відповідно до режиму їх скидання.

Відбір проб води може бути ***одноразовим*** (нерегулярним) або ***серійним***(регулярним).

Одноразовий відбір використовують в основному тільки при аналізах глибинних підземних вод, хімічний склад яких є досить сталим у часі, просторі та глибині. Одноразовий відбір використовують також для періодичного контролю якості води природного водного об’єкта, для якого раніше були вивчені закономірності зміни концентрацій визначуваних інгредієнтів і мета аналізу полягає лише у виявленні можливих відхилень від встановлених закономірностей.

Надійну та достовірну інформацію про хімічний склад природних вод одержують при серійному відборі проб, які узгоджуються між собою з урахуванням місця та часу відбору.

Найбільш поширені варіанти серійного відбору проб води:

**-зональний** відбір,при якому проби води відбирають за певноюсхемою та з різних глибин у різних місцях водного об'єкта. Аналіз таких проб дає змогу виявити закономірності зміни хімічного складу води у просторі;

* відбір проб через певні **проміжки** часу, зокрема, сезони, декади, доби та години з метою з’ясування зміни якості води з часом;
* **погоджені** проби,які відбирають в різних місцях за течією річки або стічних вод з урахуванням часу проходження води від одного пункту до другого.

На підставі аналізу таких проб можна оцінити напрямок та інтенсивність перебігу фізичних, фізико-хімічних та біологічних процесів, які спричиняють зміну хімічного складу води. Ці процеси можуть призводити до так званого самоочищення або самозабруднення природних вод.

Необхідний об’єм проби води для аналізу розраховують, виходячи з кількості визначуваних інгредієнтів, чутливості обраних методів аналізу та особливостей підготовки проби для аналізу.

Так, для визначення основних неорганічних інгредієнтів та деяких показників органічної речовини (ХСК, С орг., Nорг.) для трьох повторів досить мати 1,5-2 л проби води. Однак для повного хімічного аналізу, особливо для визначення вмісту неорганічних та органічних мікрокомпонентів, об’єм проби води повинен бути значно більшим.

При відборі проб використовують посуд з безбарвного скла або поліетилену тих марок, які дозволені для контакту з питною водою. Посуд повинен бути ретельно вимитим миючими засобами, багаторазово промитий водопровідною водою, а безпосередньо перед забором води посуд декілька разів ополіскують досліджуваною водою. Корок бажано використовувати скляний або поліетиленовий, гумові корки обгортають поліетиленовою плівкою.

На практиці зручно користуватися банкою чи бутлем. У місцях, важкодоступних до води, банку чи бутель, можна прикріпити до жердини. Для взяття проб з певної глибини використовуються батометри. За відсутності даного пристрою можна зробити саморобний батометр, який складається з бутля (1 дм3) з прикріпленим до нього тонким міцним шнуром необхідної довжини. Бутель закривають корком зі шнуром і поміщають у футляр, що має важок і петлю. До петлі прив’язують мотузку з відмітками, які вказують глибину занурення. На потрібній глибині висмикують корок з бутля і після наповнення водою піднімають його.

Відбір проб води на проточних водоймах відбувається за 1 км вище від найближчого за течією пункту водовикористання (водозабір для питного водопостачання, місце купання, організованого відпочинку, територія населеного пункту), а на не проточних водоймах і водосховищах – на відстані 1 км по обидві сторони від пункту водокористування.

Зазвичай проби у закритих водоймах відбирають у трьох точках (біля обох берегів і на фарватері); при обмежених технічних можливостях або на невеликих водоймах допускається відбір проб в одній – двох точках (в місцях найсильнішої течії). Об’єктом особливої уваги повинні стати забруднені потоки.

Якщо на річці є відходи стічних вод від промислових підприємств, стоки тваринних ферм тощо, то відбір проб води проводять нижче викиду на 500 м, що дозволяє контролювати ступінь забрудненості води в річці стічними водами (для порівняння слід взяти пробу на 500 м вище місця скидання стічних вод).

Якщо є підозра, що, в результаті викиду стічних вод, в шарах біля дна накопичуються осідаючі шкідливі речовини, які можуть стати джерелом забруднення води, то відбирають проби шарів води біля дна на відстані 30-50 см від нього.

**7.2. Відбір проб з різних водних об’єктів**

**Річки та струмки.** Проби води відбирають у місцях найбільшшвидкої течії у фарватері. Якщо не зумовлені якісь особливі цілі дослідження, то не слід відбирати проби зі стоячої води перед греблею або відразу після неї та в глухих рукавах річок. Справа в тому, що хімічний склад води в таких місцях може значно відрізнятись від середнього складу, який характеризує даний водний об’єкт. У випадку змішування вод двох річок або річкової води зі стічною проби для аналізу треба відбирати в місцях повного перемішування водних мас, які встановлюють спеціальними дослідженнями. Проби відбирають під поверхнею води, краще у верхній третині загальної глибини, як правило, на глибині до 50 см.

**Водосховища, озера, ставки.** Проби води відбирають настаціонарних точках, розміщених по акваторії, і, як правило, на глибинах – біля поверхні (0,2-0,5 м) та біля дна (0,5 м). На проміжних глибинах проби відбирають залежно від термічної стратифікації та при спеціальних дослідженнях.

Змішану пробу у водосховищах, озерах та ставках відбирати не рекомендується тому, що в стоячих водах, внаслідок великої різниці між хімічним складом проб у різних місцях, окремі компоненти при змішуванні води можуть взаємодіяти між собою. Через це якість води не відповідатиме хімічному складу окремих проб, який був характерним до їх змішування.

**Атмосферні опади (дощ, сніг), лід.** Хімічний склад атмосфернихопадів формується в основному у повітрі, і після їх випадання на поверхню землі опади перетворюються у різновид природних вод.

Пробу дощової води вловлюють широкою лійкою (скляною або пластиковою). Якщо треба визначити середній хімічний склад дощової води, то її відбирають протягом усього часу випадання дощу. При необхідності визначити якість чистої дощової води пробу відбирають через 5-10 хвилин після початку дощу.

Сніг уловлюють у лійку або в широку та глибоку чашку і розморожують. Снігове покриття відбирають у тих місцях, де його шар найтовщий. Спочатку лопатою знімають верхній шар, який відкидають, а потім заповнюють снігом широкогорлий посуд.

Лід відбирають шматками з різних місць, очищують поверхню долотом або ножем, кладуть в чашку і витримують деякий час, а потім переносять у широкогорлий посуд, у якому розморожують при кімнатній температурі. Дрібні шматочки льоду насипають у лійку Бюхнера, змивають гарячою дистильованою водою і переносять у посуд для проби.

**7.3. Підготовка води до аналізу**

Для одержання достовірних результатів аналіз необхідно проводити якомога швидше. У воді відбуваються процеси окиснення-відновлення, фізико-хімічні, біохімічні, викликані діяльністю мікроорганізмів, сорбції, десорбції, седиментації тощо. Можуть змінюватися і органолептичні властивості води – запах, колір тощо. Деякі сполуки або йони окремих елементів здатні адсорбуватися на стінках посуду (Ферум, Алюміній, Купрум, Кадмій, Манган), а зі скла бутлів можуть вилуговуватися мікроелементи. Якщо неможливо дослідити воду у встановлені для відповідних показників терміни (табл. 10) її охолоджують або консервують.

Біохімічні процеси у воді можна уповільнити, охолодивши її до 4ºС. У цих умовах повільніше розкладається і більшість органічних сполук.

Після відбору проби іде її підготовка до аналізу, яка відбувається у декілька стадій:

* консервація, транспортування та зберігання проб води;
* визначення хімічних інгредієнтів у розчиненому стані, колоїдно-дисперсній формі та зависях;
* концентрування мікрокомпонентів;
* усунення речовин, що заважають аналізу.

**7.4. Консервація, транспортування та зберігання проб води**

Консервація проб води має на меті зберегти їх фізичні властивості та хімічний склад в такому стані, в якому вони були у момент відбору проби. Консервацію проводять у тих випадках, коли немає можливості виконати аналіз на місці відбору. Однак треба пам’ятати, що консервація проб води не може повністю запобігти зміні їхнього хімічного складу, яка зумовлена протіканням у воді різноманітних фізико-хімічних та біологічних процесів.

Універсального методу консервації природних вод немає, тому часто для визначення різних інгредієнтів відбирають окремі проби води і по-різному їх консервують.

Проби води не консервують їх не можна консервувати при визначенні багатьох показників: температури, Eh, CO2, HCO3–, кислотності, лужності, сульфідів, озону, хлору, біохімічного споживання кисню, смаку, запаху, кольоровості, розчиненого кисню, зависей, каламутності, щільності, прозорості, питомої електропровідності, розчинених речовин, рН, ароматичних вуглеводнів, жирних кислот, фенолів, Na+, K+, Ca2+, Mg2+, Cl–, SO42–, F–, боратів.

Найбільш поширеними консервантами води є такі:

* 1 см3 концентрованої сульфатної кислоти на 1 дм3 води;
* 5 см3 концентрованої нітратної кислоти на 1 дм3 води;
* 2 - 4 см3 хлороформу на 1 дм3 води.

Іноді застосовують спеціальні способи консервації, які пов’язані з хімічними властивостями визначуваного інгредієнта. Наприклад, для визначення загального вмісту феруму пробу консервують, додаючи 25 см3 концентрованої нітратної кислоти на 1 дм3 води. При цьому гідроксиди та інші малорозчинні сполуки ферум(II, ІІІ), а також їх комплекси з органічними речовинами природних вод розкладаються і всі форми феруму переходять в аква-йони Fe3+, які визначають фотометрично. Якщо потрібно окремо визначити вміст феруму(II) та феруму**(**ІІІ), то пробу води консервують сумішшю ацетатної кислоти з натрій ацетатом і зберігають, не допускаючи контакту з повітрям. Для визначення розчинених сульфідів пробу консервують, додаючи до 1 дм3 води 10 см3 10% розчину кадмій або цинк ацетату. При цьому осідають малорозчинні сульфіди цих металів, які тривалий час зберігаються і можуть бути потім визначені після їх розчинення в сульфатній кислоті.

Для транспортування проби води відбирають у скляний або поліетиленовий посуд з пробками і герметично закривають. Треба стежити за тим, щоб під пробкою не залишалися пухирці повітря. Проби води бажано зберігати в холодильнику при температурі 3-4°С. Аналізувати проби починають після того, як їх температура зрівняється з кімнатною.

Таблиця 11

Консервування природних та стічних вод

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показники якості води | Термін зберігання з консервацією | Термін зберігання без консервації | Спосіб консервування і кількість консерванту на 1 дм3 води |
| Смак і присмак |  | 2 год | не консервують |
| Запах |  | 2год | не консервують |
| Прозорість |  | 4год | не консервують |
| Забарвленість |  | 6год | не консервують |
| рН | 1-2 доби | При відборі | 2-4 см3 хлороформу |
| Окиснюваність | 1 доба | 4 год | 50 см3 H2SO4 (1:3) (для перманганатної) або 10 см3 H2SO4 (1:3) (для дихроматної) |
| Твердість |  | 2 доби | не консервують |
| Сухий залишок | 1-2 доби | 6 год | 2 см3 хлороформу |
| Розчинений кисень |  | 3 год | не консервують |
| БСК |  | 1 доба | не консервують |
| Амоніак та амоній- йони | 1-2 доби | 4 год | 1 см3 H2SO4 (конц.) або 2-4 см3 хлороформу |
| Нітрати(V) | 1-2 доби | 4 год | те ж |
| Нітрати(III) | 1-2 доби | 4 год | 2-4 см3 хлороформу |
| Сульфати |  | 7 діб | не консервують |
| Гідроген сульфід і сульфіди |  | 1 доба | не консервують |
| Фосфати | 1 доба | 8 год | 2-4 см3 хлороформу |
| Хлориди |  | 7 діб | не консервують |
| Хлор (активний) |  | На місці відбору | не консервують |
| СПАР |  | 8 год | 2-4 см3 хлороформу |
| Феноли | 1-2 доби | 8 год | 4 г NaOH |
| Метал-йони | до 1 місяця | 1 доба | 3 см3 HCl чи HNO3 (pH 2) |

**7.5. Визначення хімічних інгредієнтів у розчиненому стані, колоїдно-дисперсній формі та в зависях**

У природних і стічних водах завжди містяться, розчинені і нерозчинені речовини. Тому визначення концентрації багатьох хімічних інгредієнтів у нефільтрованій та профільтрованій природній воді дає різні результати. Це особливо стосується сполук йонів металів, через те що вони значною мірою сорбуються на зависях та колоїдних частках. Тому часто виникає потреба визначити не тільки загальний вміст певних інгредієнтів, а також роздільно у зависях, в колоїдному та в розчиненому у воді стані. Наприклад, установлено, то токсичність води р. Дунай, яка є дуже каламутною, майже повністю зникає, якщо воду профільтрувати, це зумовлено сорбцією сполук токсичних металів, таких, як ртуть, кадмій, свинець, хром тощо на зависях та колоїдних частках.

Для виділення зависей із природних вод застосовують відстоювання проби води, фільтрацію, центрифугування та ультрафільтрацію (мембранну фільтрацію). Найбільш поширені останні два методи. Фільтрація крізь мембранні фільтри з діаметром пор 300-500 нм (0,3-0,5 мк) або центрифугування протягом 20-30 хвилин при 7-8 тис. об./хв забезпечує практично повне виділення зависей.

Щодо виділення колоїдів, які також є добрими сорбентами, немає єдиної точки зору. Деякі дослідники відносять до колоїдів частки розміром 1-200 нм, інші – частки, які затримуються на ультрафільтрах з діаметром пор 20-25 або 4-17 нм. У той же час встановлено, що через целофанові мембрани не дифундує до 90-95% високомолекулярних забарвлених органічних речовин природних вод. Проте їх не можна віднести до колоїдів, тому що вони мають головні ознаки істинно розчинених речовин, а саме: термодинамічно стабільні, в системі відсутня поверхня розділу фаз, вони є гідрофільними сполуками і не виділяються навіть при тривалому центрифугуванні. Однозначне розв’язання цієї проблеми неможливе через те, що колоїдні властивості диспергованих у водному середовищі часток зумовлені не тільки розмірами, але також їхньою структурою та хімічними властивостями, які впливають на їхню гідрофільність. Тому раціональним є такий підхід, який об’єднує дві характеристики колоїдних та істинно розчинених високомолекулярннх речовин – їхні розміри та молекулярну масу.

Суть такого підходу полягає в тому, що враховують як розміри, так і молекулярні маси зависей, колоїдів та розчинених речовин За цим підходом до зависей відносять частки, розмір яких перевищує 300 нм та з молярною масою, більшою за 300 тис а.о.м. Іх можна виділити фільтруванням природної води через мембранний фільтр з діаметром пор 300-500 нм. У гідрохімічній практиці для цього рекомендують використовувати ультрафільтри з діаметром пор 450 нм.

До колоїдів віднесені дисперговані у воді частки, розміри яких коливаються в межах 5-500 нм. Очевидно, що зависі та колоїди можна разом виділити фільтруванням проби води через мембранний фільтр з діаметром пор 5-10 нм. При цьому через фільтр не пройдуть також розчинені сполуки з молекулярною масою 100 тис. і більше а.о.м.

Істинно розчинені сполуки можна характеризувати їх молекулярною масою до 300 тис. а.о.м. або розмірами, що не перевищують 5-15 нм.

Тобто між зависями і колоїдно-дисперсними розчинами, а також між колоїдними й істинно розчиненими частками немає чіткої межі і зони їх існування за характеристиками розміру та молекулярної маси дещо перехрещуються.

Вміст певного хімічного інгредієнта в зависях, у колоїдній формі та в істинно розчиненому у воді стані визначають так. Спочатку пробу води обробляють кислотою або іншим реагентом для переведення всіх форм визначуваного інгредієнта в істинно розчинений стан і визначають його загальну концентрацію *Сзаг*. Потім другу порцію цієї ж води фільтрують через мембранний фільтр з розміром пор 450 нм і у фільтраті визначають концентрацію *С2.* Третю порцію води фільтрують через мембранний фільтр з розміром пор 10 нм і у фільтраті визначають *С3.*

Концентрацію визначуваного інгредієнта в кожній формі визначають за формулами

Сзависі = Сзаг – С1; Сколоїдні = С1 – С2; Срозчинені =С2.

**7.6. Концентрування мікрокомпонентів**

Концентрування мікродомішок неорганічних та органічних сполук доцільно проводити після попереднього фільтрування води або центрифугування, для того щоб позбутися нерозчинних сполук.

Для концентрування мікрокомпонентів використовують дві групи методів.

До **першої** з них належать випарювання та виморожування, які призводять до зменшення загального об'єму проби води і, як наслідок, до збільшення концентрації всіх інгредієнтів. Загальний недолік цих методів полягає в тому, що при .значній концентрації голошиїх йонів вони випадають в осад у вигляді солей, наприклад, кальцій карбонату або сульфату, тощо. При цьому на поверхні осаду здатні сорбуватись органічні та неорганічні мікродомішки, внаслідок чого хімічний склад і вміст розчинених компонентів змінюється.

При випарюванні проби води з неї можуть виділятись не тільки осади сольових компонентів, але також відганятись леткі органічні сполуки. Встановлено, наприклад, що в період «цвітіння» дніпровської води, коли вона насичена органічними сполуками, результати визначення хімічного споживання кисню у прокип’яченій протягом 15-20 хвилин воді можуть бути на 30-40% меншими від результатів аналізу некип’яченої проби води. Тобто випарювання природної води з метою концентрування мікродомішок може змінювати її хімічний склад, особливо концентрацію летких органічних речовин.

Метод виморожування з метою концентрування меншою мірою впливає на хімічний склад проби води. Виморожувати воду можна в холодильнику, але більш зручним і швидким є спосіб з використанням установки, зображеної на рис 2. При обертанні колби з пробою води з швидкістю 40-60 об/хв, яка занурена в охолодну суміш, на стінках колби утворюється лід, а концентрат розчинених речовин залишається всередині колби. За 30-40 хвилин виморожування об'єм проби можна зменшити у 5-6 разів. Проте слід мати на увазі, що при виморожуванні певна кількість розчинених у природній воді речовин переходить у фазу льоду, причому чим більший ступінь концентрування, тим значніші втрати концентрату. Через те виморожувати пробу води із зменшенням її об’єму більш ніж у 8-10 разів не рекомендується.

**До другої** групи належать методи концентрування,які ґрунтуютьсяна екстракції, сорбції, співосадженні або електрохімічному виділенні мікрокомпонентів без зміни загального об’єму проби води. Ці методи дозволяють не тільки концентрувати мікро-компоненти, але також відокремлювати їх від матриці та речовин, що заважають аналізу, тому вони є більш ефективними в порівнянні з випарюванням або виморожуванням.



Рис. 2. Установка для виморожування води

Екстракційне концентрування полягає в тому, що певний об’єм природної води (*Vво*д) енергійно збовтують у ділильній лійці з меншим об’ємом органічного розчинника (*Vо*рг.), який практично не змішується з водою, до встановлення рівноваги. Звичайно для цього потрібно не більше 3-5 хв. Мікрокомпоненти у вигляді органічних сполук або комплексів йонів металів, які у неводному розчиннику розчиняються краще, ніж у воді, переходять в органічну фазу. Розподіл компонента А між двома фазами описується коефіцієнтом розподілу:

,

де [А]орг. і [А]вод. – рівноважні концентрації *А* в органічній та водній фазі відповідно.

Якщо мікрокомпонент міститься у водному розчині або в органічній фазі в різних молекулярних чи йонних формах (наприклад, оцтова кислота у водному розчині міститься в формі НАс та Ас–, а у неводному – у вигляді димерів (НАс)2 та мономерів НАс, то [А]орг. та [А]вод. дорівнюють сумі всіх форм у кожній із фаз.

Повноту екстракції з практичної точки зору зручніше характеризувати через ступінь екстракції *R* (фактор вилучення), %:

,

де *СА* – загальна концентрація компонента *А* у водній фазі до екстракції.

Величини D та R пов’язані між собою рівняннями:

 

Співвідношення об’ємів водної та органічної фаз при практично повній екстракції дорівнює кратності концентрування.

Ступінь екстракції залежить не тільки від значення коефіцієнта розподілу, але також від співвідношення об’ємів водної та органічної фаз. Ця залежність показана на рис. 3, з якого видно, що при одноразовій екстракції > 99%-го вилучення речовини в органічну фазу при кратності концентрування <10 можна досягти лише в системах, у яких коефіцієнт розподілу D>1000. При менших значеннях D або при збільшенні співвідношення Vвод./Vорг. значна кількість речовини, що розподіляється, залишається у водній фазі.



Рис. 3. Залежність ступеня екстракції R, від кратності концентрування Vвод./Vорг. і коефіцієнта розподілу D.

У багатьох випадках для концентрування не вдається знайти екстракційних систем з високими значеннями *D.* У такому разі для практично повного вилучення речовини слід використовувати багаторазову екстракцію. Розрахунок кількості екстракцій n, необхідних для практично повною вилучення, можна провести за формулою:



де СА – загальна концентрація речовини А у пробі води до екстракції;

[А]вод. – рівноважна концентрація у водній фазі після екстракції;

r = Vвод./Vорг.

Для 99%-ї екстракції ця формула набирає вигляду:

n = lg100 / lg(D·r + 1)

Багаторазову екстракцію можна замінити методом екстракційної хроматографії, тобто екстракцією в динамічних умовах. Для цього органічний розчинник наносять на поверхню твердого сорбенту, яким заповнюють сорбційну колонку. При пропусканні проби через таку колонку відбувається багаторазовий перерозподіл речовин, які екстрагуються, між нерухомою фазою (органічним розчинником) та рухомою фазою (водою), що є адекватним багаторазовій екстракції. Внаслідок цього речовини, що екстрагуються, практично повністю переходять у колонці в органічну фазу. Після цього їх можна вилучити з колонки малим об’ємом групового реагенту. В разі потреби з використання цієї ж колонки можна провести хроматографічне розділення сорбованих речовин.

Екстракційне концентрування застосовують в основному для вилучення з природної води органічних сполук та йонів металів у вигляді їх комплексів з органічними лігандами. Ці інгредієнти можна потім визначити безпосередньо як в екстракті, так і після екстракції у водному середовищі.

**Сорбційне** концентрування проводять на молекулярних тайонообмінних сорбентах у статичних або динамічних умовах. При кон-центруванні в статичних умовах до проби природної води додають певну кількість сорбенту і витримують протягом 20-30 хв при інтенсивному перемішуванні.

Серед молекулярних сорбентів найчастіше використовують силікагель, алюміній оксид або активоване вугілля. Для сорбції катіонів та аніонів застосовують відповідно такі іоніти – катіоніти та аніоніти.

При концентруванні мікрокомпонентів на молекулярних сорбентах ізотерма сорбції у більшості випадків є прямолінійною або близькою до неї і описується рівнянням прямої, яка проходить через початок координат:

QA = Г·СА,

де Г – коефіцієнт Генрі.

При достатньому надлишку сорбенту величина Г для даної речовини не залежить від наявності інших речовин, зокрема від присутності мікрокомпонептів природної води. Після практично повної сорбції мікрокомпонентів з великого об’єму води сорбент відокремлюють фільтруванням і обробляють його малим об’ємом розчину відповідного реагенту для десорбції. Ступінь або кратність концентрування дорівнює відношенню об'єму проби води до об’єму розчину, яким проводилась десорбція.

При концентруванні за допомогою йонообмінних сорбентів слід враховувати, що стан рівноваги розподілу йонів між розчином і сорбентом залежить не тільки від концентрації йонів, які поглинаються, а також від концентрації протийонів, які переходять у розчин при йонному обміні:

- концентрування на катіоніті в Н+-формі

zRH + K2+  R2K + zH+

- концентрування на аніоніті в ОН–-формі

zROH + A2+  R2A + zOH–

З наведених рівнянь йонообмінних реакцій видно, що при використанні катіонітів або аніонітів в Н+ та ОН--формах коефіцієнти розподілу йонів залежать відповідно від рН води, тобто від концентрації протийонів. На значення коефіцієнтів розподілу впливає також концентрація головних йонів, які складають матрицю природної води і які можуть бути конкурентами в реакціях йонного обміну при недостатньому надлишку йоніту. Окрім того, стан рівноваг залежить також від маси йонообмінного сорбенту, який містить певну «концентрацію» протийонів. Тому коефіцієнт розподілу виражається формулою:



де *R* – ступінь сорбції (вилучення),%;

 *v* – об’єм природної води, см3;

 *m* – маса йонообмінного сорбенту, г.

При визначенні коефіцієнтів розподілу йонів треба вказувати концентрацію протийону. оскільки він впливає на значення Кd.

Коефіцієнт розподілу даного йону не залежить від присутності інших йонів (крім протийонів) при умові, якщо ємність взятої маси йонообмінного сорбенту перевищує загальну кількість всіх катіонів чи аніонів, які знаходяться в природній воді. Ємність більшості синтетичних катіонів та аніонів складає приблизно 5-10 ммоль екв/г. У прісних поверхневих водах максимальна сума катіонів або аніонів сольового складу дорівнює приблизно 10-15 ммоль екв/г. Таким чином, для забезпечення 2-3 кратної надлишкової ємності іонітів відносно вмісту головних йонів з метою запобігти їх конкуренції при сорбції мікрокомпонентів до 1 дм3 природної води досить додати 10-15 г йонообмінного сорбенту. При концентруванні мікродомішок йонів з більш солонуватих вод кількість йонообмінного сорбенту слід відповідно збільшити.

При невеликих значеннях Кd концентрування доцільно проводити на сорбційних колонках, тобто в динамічних умовах, як при методі екстракційної хроматографії. Після сорбції йонів мікрокомпонентів з великого об’єму природної води їх легко десорбувати промиванням катіоніту концентрованою кислотою або аніоніту розчином лугу. Це забезпечує практично повне вилучення мікрокомпонентів з колонки внаслідок зсуву вліво рівноваг реакцій.

Наприклад, на колонці з катіонітом можна сорбувати катіони з 10 дм3 природної води, а потім їх десорбувати промиванням колонки всього 10 мілілітрами хлоридної кислоти, тобто досягти ступеня концентрування 1000. В разі потреби на цій же колонці можна провести і хроматографічне розділення сорбованих йонів.

При катіонообмінному концентруванні та розділенні слід враховувати, що в природних водах йони металів значною мірою зв'язані в електронейтральні та аніонні комплекси, які не сорбуються катіонітами. Тому для забезпечення повної сорбції ці комплексні сполуки треба попередньо зруйнувати.

**Співосадження** застосовують в основному для концентруваннямікрокількостей йонів металів. Співосадження – це процес захоплення мікродомішок йонів певним осадом в умовах, коли ці йони самі не утворюють малорозчинних сполук. Наприклад, при осадженні сульфату барію з осадом співосаджується незначна кількість нітрату барію, хоча він є добре розчинною сполукою; при осадженні ферум(III) гідроксиду надлишком амоніаку в присутності купрум-йонів до фази осаду переходить певна кількість йонів купруму, хоча вони в умовах осадження утворюють добре розчинний амоніачний комплекс. Механізм співосадження найчастіше полягає в адсорбції або оклюзії мікродомішок твердою фазою осаду, який називається *колектором.*

При аналізі природних вод застосовують різні колектори – ферум(ІІІ) гідроксид, манган діоксид, магній гідроксид. Зручним колектором є магній гідроксид, який після відділення та розчинення практично не заважає подальшому визначенню співосаджених мікрокомпонентів фотометричними та іншими методами. Концентрат, одержаний на магній гідроксиді, можна також аналізувати методом емісійної спектроскопії, не переводячи осад у розчин.

**Інверсійна вольтамперометрія** з нагромадженням є ефективнимметодом концентрування та визначення мікрокількостей металів у природних водах. Концентрування йонів металів здійснюється попереднім електролізом на висячому ртутному краплинному електроді (стацйонарний ртутний електрод) або на твердих електродах (графітовий, ртутно-графітовий, скловуглецевий, платиновий, ртутно-срібний тощо). Електроліз проводять при інтенсивному перемішуванні розчину протягом 30-40 хвилин при потенціалі катоду значно від’ємнішому, ніж потенціали полярографічних напівхвиль визначуваних йонів металів. При цьому досягається практично повне виділення та концентрування на катоді йонів визначуваних елементів у вигляді атомів нульового ступеня окислення, твердих розчинів, хімічних або інтерметалічнпх сполук тощо. Після закінчення концентрування проводять електрохімічне (анодне) розчинення концентрату виділених металів з поверхні електроду шляхом поступового накладання на електрод змінного потенціалу і реєструють вольтамперну залежність. На полярограмі «Ідиф. – Е» з’являються мінімуми, потенціали яких якісно характеризують природу металу, а глибина мінімумів пропорційна їх концентрації. Таким чином, інверсійна вольтамперометрія є одночасно методом концентрування та якісного визначення переважно полярографічно активних йонів металів і дозволяє проводити багатоелементний аналіз.

**7.7. Усунення речовин, що заважають аналізу**

Впливу речовин, що заважають аналізу, можна позбутися різними методами. Найбільш зручним є спосіб маскування, що використовується в основному при визначенні йонів металів оптичними або електрохімічними методами. Для цього йони, що заважають аналізу, зв’язують в стійкі комплексні сполуки, які не дають аналітичного сигналу, властивого визначуваному металу. У той же час доданий до розчину комплексоутворювальний реагент не повинен впливати на вимірюваний аналітичний сигнал, тобто не повинен практично зв’язувати визначуваний йон. Для дотримання цих умов потрібно, щоб константа стійкості комплексної сполуки визначуваного йона з маскуючим реагентом була значно меншою від константи стійкості йона, що заважає аналізу, з цим же реагентом. При аналізі природних вод таких умов досягти важко через те, що у водах завжди присутні неорганічні та органічні комплексоутворюючі сполуки, вилив яких на йони, що визначаються та заважають, врахувати практично неможливо. Тому для маскування тих йонів, що заважають аналізу, при можливості їх переводять у такий ступінь окислення, в якому вони не заважають аналізу, руйнують комплекси або попередньо відокремлюють йони металів екстракційним, сорбційним чи електрохімічним методами. У випадку, коли йони металів визначають у досить кислому розчині у вигляді стійких забарвлених комплексів, наприклад, при визначенні загального вмісту феруму у вигляді його комплексу з *о*-фенантроліном (Phen), зв’язування феруму в комплексні сполуки з природними лігандами води в більшості випадків не заважає аналізу.

Визначенню загальної концентрації йонів металів особливо заважають органічні високомолекулярні сполуки, які утворюють з йонами металів кінетично інертні стійкі комплекси, що маскують елементи, які необхідно визначати. Тому перед визначенням металів ці комплекси треба зруйнувати, тобто знешкодити вплив розчинених органічних сполук. Використовують методи «мокрого спалювання», фотохімічної деструкції органічних речовин

Для, яке полягає в окисленні органічних речовин природних вод, пробу води підкислюють сумішшю концентрованої сульфатної та нітратної кислот у співвідношенні 1:1 і випарюють до появи густих парів сульфатної кислоти. Після цього розбавляють дистильованою водою, додають розчин калій перманганату і кип’ятять 3-5 хв. Якщо розчин став безбарвним, тоді ще додають калій перманганат і знову кип’ятять. Залишок калій перманганат розкладають кип’ятінням з хлоридною кислотою або додаванням по краплинах розведеного розчину оксалатної кислоти до знебарвленого розчину. Для «мокрого спалювання» використовують кислоти особливої чистоти, в яких вміст важких металів незначний.

При аналізі профільтрованої природної води доцільно використовувати спосіб фотохімічної деструкції органічних речовин.

Фотохімічну деструкцію проводять за такою методикою. В склянку місткістю 50-100 см3 наливають проби природної води і додають декілька краплин розведеної сульфатної кислоти до рН 1. Потім проби розмішують під променями ртутної лампи потужністю 1000 Вт так, щоб відстань від лампи до поверхні води була не більшою 5-6 см. Склянки охолоджують, продуваючи повітря збоку вентилятором. Фотохімічну деструкцію проводять протягом 50-60 хв. При наявності каталізатора меркурій (ІІ) хлориду деструкція основної маси органічних сполук закінчується за 15-20 хв. Повноту деструкції контролюють визначенням ХСК окремої порції води, обробленої аналогічно.

Ультразвукове опромінювання проб води значно прискорює розклад органічних сполук.

При визначенні у природних водах органічних сполук їх при необхідності відокремлюють від компонентів, що заважають аналізу, і концентрують екстракційним або сорбційним методом.

**8. Водопідготовка**

**8.1. Методи очистки води**

Для подачі питної води населенню великих і малих міст використовується комплекс інженерних споруд, який називається господарсько-питним водопроводом. Усі сучасні міські водопроводи є централізованими, тобто з одного джерела забезпечується велика кількість користувачів. Вода поверхневих джерел водопостачання без спеціальної обробки є непридатною для пиття через значну каламутність і вищий, ніж це допустимо для питної води, вміст бактерій.

Тому перед подачею води в господарсько-питний водопровід на водопровідній станції у спеціальних спорудах проводиться водопідготовка.

Передусім освітлюють (вилучають завислі та колоїдні частинки) і знезаражують (звільняють від хвороботворних бактерій). Тобто очищують. Можуть виконуватися й інші види водопідготовки.

Необхідність елементарного очищення і знезараження води перед вживанням люди розуміли давно. Перші відомості про це містяться у написаній в Індії близько 4 тис. років тому на санскриті медичній книзі «Ісрупта Сангіта», де говориться: «Добре тримати воду в мідних ємкостях, виставляти її на сонячне світло і фільтрувати через дерев’яне вугілля». Давньогрецький лікар Гіппократ рекомендував з метою запобігання захворювань вживати кип’ячену воду.

Першу водопровідну станцію із застосуванням технологічних методів очищення (так звані повільні фільтри) було збудовано в Лондоні лише у 1829 р. У Києві перший централізований водопровід із забором води з Дніпра і очищення її на піщаних фільтрах був збудований у 1872 р.

Хоча природні запаси прісних вод значні, але з різних причин не всяка прісна вода придатна для пиття. Через це воду доводиться попередньо очищувати і тільки після цього використовувати.

Водопідготовка – це комплекс технологічних процесів обробки й очищення води, в результаті яких вона має відповідати вимогам споживачів (рис. 4).



Рис. 4. Технологічна схема очищення води, що збирається з водойм.

Перед використанням воду забирають з водойми за допомогою насосів (1), проціджують, щоб виділити великі предмети або часточки (2), потім проводять процес освітлення (3), (4), і (5). Суть цього процесу полягає у видаленні з води колоїдних мінеральних і органічних домішок, які забарвлюють її. Для освітлення воду обробляють коагулянтами – Al2(SO4)3, FeSO4, FeCl3 і флокулянтами – поліакриламідом, активованою H2SiO3, активованим вугіллям. Після цього у воді утворюється об’ємна пухка маса, що складається з гідроксидів і основних солей відповідних металів, вугілля, силікатної кислоти. Тому воду витримують у відстійниках (6) і вже потім пропускають крізь фільтр (7). Очищена вода збирається в окремому резервуарі (8), а звідти за допомогою насосних станцій другого підйому подається споживачам.

Знезараження води є обов’язковим процесом водопідготовки на водопровідних станціях. Як правило, перед цим проводиться освітлення води, в результаті чого вона звільняється від завислих частинок, які утруднюють знезараження, і від частини бактерій (при фільтруванні затримується 98 – 99% усіх бактерій). Знезараження води може здійснюватися за допомогою спеціальних реагентів і без них.

**8.2. Реагентні методи знезараження води**

***Реагентними методами*** називаються такі, за яких для знезараження води використовуються речовини, від яких мікроорганізми гинуть. Такими речовинами є багато окисників (хлор, озон). А також солі деяких важких металів (в основному Арґентуму і Купруму). Солі Купруму через свою отруйність для організму людини використовуються лише для води, яка йде для технічних потреб (боротьба з наростами на поверхні труб).

За безреагентних методів знезараження вода підлягає впливу ультрафіолетових променів, які мають бактерицидні властивості, чи високої температури (кип’ятіння). Вивчаються можливості використання для знезараження води ультразвукових хвиль, струму високої частоти та інших фізичних агентів.

Найпоширенішим у водопровідній практиці методом знезараження води, якому вже понад 100 років, є ***хлорування рідким хлором***, але можуть застосовуватися і препарати, що містять активний хлор (хлорне вапно, кальцій- і натрій гіпохлорити, хлораміни, хлор діоксид та ін.). Може застосовуватися ***активний хлор***, отриманий методом електролізу на місці використання. Збудники холери, тифу, дизентерії й бруцельозу є дуже чутливими до хлору, їх клітини руйнуються навіть під дією невеликих його доз.

Бактерицидний ефект хлору значною мірою залежить від його початкової дози, тривалості контакту з водою, а також наявності у воді завислих частинок як органічного, так і мінерального походження.

На руйнування клітин мікроорганізмів затрачається лише незначна частина хлору. Більша його частина йде на реакції з різноманітними органічними і мінеральними речовинами, які містяться у воді (відбувається так зване хлоропоглинання води). На практиці при визначенні необхідної дози хлору виходять із загальної потреби хлору для води. Це включає її хлоропоглинання і деякий надлишок хлору, який забезпечує протягом певного часу бактерицидний ефект. Надлишок хлору необхідний для запобігання повторного бактеріального забруднення води під час проходження водопровідною мережею.

Після хлорування в основному гинуть мікроорганізми, окиснюються і руйнуються органічні речовини, в результаті чого вода стає прозорішою, зникають запахи, поліпшуються інші показники, які пов’язані з наявністю у воді органічних речовин. Але відомі випадки, коли хлорування призводить до утворення продуктів, що мають сильний запах. Особливо стійкими і неприємними є хлорофенольні запахи і присмаки. Вони виникають при хлоруванні води, забрудненої стічними водами, що містять феноли та інші ароматичні сполуки.

Хлорування сприяє очищенню води від сполук Феруму, Мангану і деяких токсичних речовин. При хлоруванні води великими дозами відбувається перехід частини карбонатної твердості в не карбонатну. Таким чином, хлорування води, поряд із знезараженням, відіграє велику роль також як чинник, що поліпшенню процесів коагулювання, відстоювання і фільтрування.

Основні особливості хлору – висока ефективність знезаражувальної дії, можливість консервувати оброблену воду протягом тривалого часу, а також відносна доступність і дешевизна – зумовили широке використання методу хлорування на водопровідних станціях у всьому світі. Але як показують сучасні дослідження, за умов значного вмісту органічних речовин у воді при її обробці активним хлором можуть утворюватися небезпечні для здоров’я людини хлорорганічні сполуки. Зокрема, це хлороформ (має канцерогенну активність); дихлоробромометан, хлоробромометан, трибромометан (мають мутагенні властивості): 2,4,6-трихлорофенол, дихлорацетонітрил, хлоропіридин, полі хлоровані біфеніли (є імунотоксичними та канцерогенними). Можлива поява шкідливих для здоров’я людини високотоксичних хлорорганічних сполук у питній воді є основним недоліком методу хлорування води, виявлена наприкінці ХХ ст.

Заходами, які рекомендуються для попередження появи цих небезпечних речовин під час хлорування природних вод при водопідготовці, є: усунення основної маси органічних речовин з води коагулюванням і адсорбцією до хлорування; зменшення концентрації хлору в зоні реакції; скорочення тривалості контакту з вільним хлором; заміна попереднього хлорування озонуванням.

Широкомасштабне застосування на міських водопровідних станціях для знезараження великих об’ємів води інших окисників (озону, йоду, брому, калій перманганату, гідроген пероксиду та ін.) як основних реагентів стримується їх дефіцитом, високою вартістю, слабкою консервуючою дією. Так, лише озонування недостатньо для підтримання рівня надійного знезараження питної води під час її руху водопровідною мережею через дуже малий період після озонування. Озонування ефективно застосовується в комбінації з хлоруванням для деструкції органічних, токсичних чи важкоокиснюваних речовин.

Озонування води ґрунтується на властивості озону розкладатися у воді з утворенням атомарного кисню (О3 → О2 + О), який руйнує ферменти системи мікробних клітин, окиснює деякі сполуки, що надають воді неприємного запаху (наприклад, гумінові основи). З позиції гігієни озонування є одним з найкращих способів знезараження води. У воді при цьому не утворюються додаткові сполуки. Крім зазначених вище обставин, які стримують широке застосування озону, є ще лімітуючі технічні умови. Озонування води є відповідальним технологічним процесом, який потребує великої кількості електроенергії, застосування складних приладів і висококваліфікованого технічного складу, оскільки концентрований озон – надзвичайно отруйний газ (більше, ніж чадний газ СО). За літературними даними, у світі діє понад 3 тис. озонаторних установок різної потужності.

Бактерицидні властивості срібла свого часу знайшли своє втілення у використанні срібного посуду. Механізм бактерицидної дії срібла пояснюється тим, що воно викликає порушення обміну речовин у клітинах бактерій внаслідок блокування активних груп (–СООН та SH) деяких ферментів.

Збагачення води йонами Арґентуму досягається кількома способами: методом контакту води з розвинутою поверхнею металу (посріблені кільця Рашига, пісок Краузе тощо); безпосереднім розчиненням у воді препаратів Арґентуму електролітичним методом. Найбільшу практичну цінність має електролітичний метод. Він забезпечує можливість швидкого отримання необхідних концентрацій Арґентуму у воді, дає змогу за допомогою приладів точно дозувати і регулювати процес. «Срібна вода», яку одержують внаслідок електролітичного розчинення срібла, має високі бактерицидні властивості і з успіхом може бути використана для очищення води від шкідливих мікроорганізмів, дезінфекції та консервування продуктів харчування, для лікувальних цілей тощо. Завдяки мізерним концентраціям Арґентуму вона є зовсім не шкідливою. Стаціонарні й переносні вітчизняні установки різної продуктивності для отримання електролітичної срібної води були розроблені в Інституті колоїдної хімії та хімії води НАН України під керівництвом Л.А. Кульського.

Негативну дію світла на розвиток більшості бактерій теж було помічено давно. Але механізм дії світла тривалий час залишався невідомим. За детальнішого вивчення цього явища наприкінці ХІХ ст. було встановлено, що бактерицидну дію має переважно короткохвильова частина спектра, тобто ультрафіолетове проміння. Воно впливає на білкові молекули і ферменти цитоплазми клітин мікроорганізмів, спричиняє їхню загибель.

Знезараженню ультрафіолетовим промінням краще за все піддається очищена прозора вода, оскільки завислі та колоїдні частинки розсіюють світло і заважають проникненню ультрафіолетового проміння. Установки для знезараження води ультрафіолетовими променями застосування для обробки порівняно невеликих об’ємів питної води. Використання методу обмежується високою вартістю обробки води й відсутністю післядії. Короткочасність знезаражувального ефекту виключає час застосування методу, якщо існує небезпека повторного зараження води.

Після короткого розгляду різних методів знезараження питної води зазначимо, що у 90-ті роки в установах НАН України була розроблена концепція поліпшення якості питної води в країні згідно з прийнятою урядом 1991 р. науково-соціальною програмою «Питна вода». Концепція передбачає розробку і впровадження технологій отримання якісної питної води на водопровідних станціях з використанням озону, гідроген пероксиду, що у перспективі виключатиме застосування хлору в технології очищення води і запобігатиме утворенню високотоксичних хлорорганічних сполук, сприятиме раціональному використанню водних ресурсів.

Запитання.

1. Аномальні фізичні властивості води.
2. Аномальні біологічні властивості води.
3. Роль води в життєдіяльності людини.
4. Назвіть головні йони, що зумовлюють мінералізацію води.
5. Класифікація природних вод за О.А. Алекіним
6. Гідрохімічний індекс забруднення води (***ІЗВ***), його розрахунок та характеристка вод за цим індексом.
7. Інтегральні та індивідуальні показники якості води.
8. Головні показники якості води.
9. Фактори, які впливають на формування складу природних вод.
10. Основні нормативні документи якості питних вод, що діють в Україні.
11. Розшифруйте поняття ГДК та ЛД50.
12. Хімічний склад поверхневих вод.
13. Вкажіть загальні та сумарні показники вмісту природних та антропогенних компонентів, що застосовуються при спостереженнях за забрудненням і станом водних систем
14. Що таке «кислотні опади» та чим вони зумовлені?
15. Підземні води.
16. Морські та океанські води.
17. Що таке кислотність води, присутністю яких сполук вона зумовлена?
18. Що таке лужність води, присутністю яких сполук вона зумовлена?
19. Що розуміють під загальною та вільною лужністю води?
20. Як визначають різні форми лужності?
21. Хімічний склад підземних вод. Основні відмінності у складі від поверхневих вод.
22. Хімічний склад океанських вод.
23. Хімічний склад морської води.
24. Солоність морських та океанських вод.
25. Основні вимоги до якості питних вод.
26. Пробовідбір. Види проб.
27. Порівняйте методи концентрування мікрокомпонентів у воді.
28. Консервація проб води.
29. Реаґентні методи знезараження води
30. Основні особливості хлору.
31. Скільки см3 37%-ного розчину НСl (густиною 1,19 г/см3) потрібно взяти, щоб приготувати 200 см3 0,1н розчину НСl, що провести визначення лужності питної води? (1,7см3).
32. Скільки см3 2 н розчину NaOH потрібно взяти, щоб приготувати 500 см3 0,1 н розчину NaOH, для визначення кислотності природної води? (100см3)
33. Скільки грамів Na2B4O7·10H2O необхідно взяти для приготування 500 см3 розчину, що використовують для визначення концентрації приблизно 0,1н розчину НСl, щоб провести визначення лужності природної води? (9,55 г).
34. Скільки грамів H2C2O2·2H2O необхідно взяти для приготування 250 см3 розчину, що використовують для визначення концентрації приблизно 0,1н розчину НСl?
35. На титрування 20 см3 0,1н розчину NaOH пішло 25 см3 розчину НСl. Визначити молярну та нормальну концентрації розчину НСl, кількість грамів НСl, що міститься в 1 дм3 цього розчину.
36. Які значення рН (7, >7, <7) мають розчини таких речовин:

CH3COONa, CH3COOH, Na2CO3, NH4Cl, NaCl? Вкажіть, які робочі розчини потрібно використовувати під час титрування означених розчинів за методом нейтралізації, які індикатори треба застосовувати в кожному окремому випадку для визначення точки еквівалентності?

1. Скільки грамів CH3COOH міститься у розчині, якщо на його титрування витрачено 15 см3 0,1 н розчину NaOH.
2. При визначенні кислотності стічних вод на титрування 100 см3 води (за фенолфталеїном) витрачено 10 см3 0,1н розчину NaOH. Чому дорівнює кислотність води?
3. На титрування 100 см3 досліджуваної води витрачено за метилоранжем 5 см3, а за фенолфталеїном 2 см3 0,1н розчину HCl. Визначити вільну і загальну лужність води.
4. рН води дорівнює 6. Які показники якості води можна визначити методом нейтралізації?

Література.

**Базова**

1. Набиванець Б.Й. Аналітична хімія природного середовища/ Б.Й. Набиванець, В.В.Сухан, Л.В. Карабіна. – К.: Либідь, 1996. – 304с.
2. Лурье Ю.Ю., Рыбникова А.И. Химический анализ производственных сточних вод/ Ю.Ю. Лурье , А.И. Рибникова. – М.: Химия, 1974. – 335 с.
3. Воробьева Л.А. Лекции по химическому анализу почв./ Л.А. Воробьева. – М: МГУ, 1978. –158 с.
4. Практикум по агрохимии/ под ред. Минева В.Г. –М.: МГУ, 1989. – 303 с.
5. Мислюк О.О. Основи хімічної екології Навчальний посібник / О.О.Мислюк. –К.: Кондор, 2012. – 660с
6. Клименко М.О. Моніторинг довкілля: Підручник / М.О. Клименко, А.М. Прищепа, Н.М.Вознюк. – К.: Академія, 2006 – 360 с.
7. Химия окружающей среды /Под ред. О.М. Бокриса. – М.: Химия, 1982.– 370 с.
8. Білявський Г.О. Основи загальної екології / Г.О. Білявський. – К.: Либідь, 1995. - 350 с.
9. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Якісний аналіз / А.С. Сегеда. – К.: ЦУЛ, 2002. – 524 с.
10. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз / А.С. Сегеда. – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 544 с.
11. Основы аналитической химии. В 2 кн. Под ред. Золотова Ю.А. – М.: Высш. шк., 2004. – Т. 1. – 361 с.
12. Основы аналитической химии. В 2 кн. Под ред. Золотова Ю.А. – М.: Высш. шк., 2004.–, Т. 2. – 503 с.
13. Алексеев В.Н. Количественный анализ / В.Н.Алексеев. – М.: Химия, 1972. – 504 с.
14. Пилипенко А.Т. Аналитическая химия / А.Т. Пилипенко, И.В. Пятницкий. – М.: Химия, 1990. – Т. 1. – 479 с.
15. Пилипенко А.Т. Аналитическая химия / А.Т. Пилипенко, И.В. Пятницкий. – М.: Химия, 1990.– Т. 2. – 845 с.
16. Логинов Н.Я. Аналитическая химия / Логинов Н.Я., Воскресенский А.Г., Солодкин И.С – М.: Просвещение, 1975. – 478 с.
17. Мінаєва В.О. Титриметричний аналіз: навчальний посібник для студентів ВНЗ / Т.С. Нінова, Ю.А. Шафорост. – Черкаси. Вид. від .ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2010. – 456 с.

**Допоміжна**

1. Справочник по аналитической химии/Ю.Ю. Лурьє. – М.: Химия, 1989. – 448 с.
2. Янсон Э.Ю. Теоретические основы аналитической химии / Э.Ю. Янсон. – М.: Высш. шк., 1987. – 304 с.
3. Мислюк О.О. Основи хімічної екології Навчальний посібник / О.О.Мислюк –К.: Кондор, 2012. - 660с
4. Математична обробка даних хімічного експерименту. Навч. посібник / Укладачі: В.О. Мінаєва, В.М. Бочарнікова, Т.А. Григоренко. – Черкаси: Вид. відділ ЧНУ ім. Б. Хмельницького, 2003. – 208 с.

**Цікаві факти**

* Вода основа життя на Землі. Океани і моря досі дуже мало вивчені, і ми не знаємо, що діється там, на глибині, яку ніколи не освітлює сонячне світло. Втім, це питання часу, допитливе людство рано чи пізно добереться до всіх таємниць природи, включаючи цю

* У світі налічується 63 моря і 4 океани.
* Найчистіше море морі Уеддела, що омиває узбережжя Антарктиди.
* Найглибше море Філіппінське, його максимальна глибина становить 10265 метрів.
* А Саргасове море займає найбільшу площу з усіх морів землі.
* Крім того, Саргасове море єдине, розташоване посеред океану.
* Найменше за площею море Біле.
* Найтепліше море Червоне. Воно ж найбрудніше.
* У Червоне море не впадає жодної річки.
* У морській воді міститься така кількість солі , що якщо її витягти, можна було б покрити нею всю сушу, причому багатометровим шаром.
* Морські хвилі можуть досягати висоти в сорок метрів. Особливо небезпечні для судна блукаючі хвилі.
* Найхолодніше море в світі Східно-Сибірське.
* Наймілкіше море Азовське, його глибина ніде не перевищує тринадцяти з половиною метрів.
* З усіх морів саме Середземне омиває найбільшу кількість держав.
* На морському дні є гарячі гейзери, що викидають нагріту до 300-400 градусів Цельсія воду, але вода не закипає через жахливий тиск.
* Моря і океани містять 99% всього життєвого простору Землі.
* [Блакитний кит](http://cikavosti.com/y-kaliforniyi-namagautsia-vriatyvati-blakitnogo-kita/) найбільша жива істота на землі, його серце порівняно з розмірами автомобіля.
* Життя вперше зародилася саме в море.
* Морський лід, якщо його розтопити, можна пити, він буде тільки трохи солонуватий.
* Моря і океани покривають 71 відсоток поверхні планети і містять 99 відсотків її водних запасів.
* Найдовша гірська гряда на Землі розташована під водою . Це Середньоокеанський кряж довжиною понад 50 тисяч кілометрів, він оперізує всю планету.
* У морській воді міститься близько 20 мільйонів тонн розчиненого в ній золота.
* Середня температура вод світового океану +3,5 Цельсія.
* 75 відсотків найбільших міст Землі знаходяться на узбережжі.
* 80 відсотків населення планети проживає на відстані не більше ста кілометрів від берега моря або океану.
* Колись територія, нині зайнята Середземним морем, була сушею, але потім через підвищення рівня світового океану води Атлантичного океану потрапили сюди через Гібралтарську протоку.
* Північне море і Балтійське не змішуються через різну щільність води в них.
* Поверхня Марса вивчена краще, ніж океанське дно на Землі.
* На дні морів і океанів знаходиться близько трьох мільйонів затонулих суден. Під Азією існує величезний підземний океан.
* На морському дні теж течуть річки. Вони складаються з пластової води і не змішуються з морськими водами

<http://cikavosti.com/tsikavi-fakti-pro-morya-ta-okeani/#hcq=FY9uu6r>