

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка

Природничо-математичний факультет

Кафедра хімії, технологій і фармації

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітній ступінь: магістр

на тему **«ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗНИКІВ
ЯКОСТІ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ У ПУНКТАХ ГОСПОДАРСЬКО-
ПИТНОГО І КУЛЬТУРНО-ПОБУТОВОГО
ВОДОКОРИСТУВАННЯ»**

Виконала: студентка 6 курсу,
групи 62

спеціальності 102 «Хімія»

Кононова В. І.

Науковий керівник:

доцент кафедри хімії, технологій та
фармації, кандидат біологічних наук

Смольський О.С.

Чернігів - 2024

Роботу подано до розгляду « 5 » серпня 20 24 р.

Студент(ка)

Кинь

Кононова В.І.

Науковий керівник

Смольський О.С.

Смольський О.С.

Рецензент

Драшук (О. Лукаш, О.В. Лукаш)

Кваліфікаційна робота розглянута на засіданні кафедри хімії, технологій та фармації. Протокол № 4 від « 11 » серпня 20 24 р.

Студент допускається до захисту в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

Курмакова І.М.

(підпис)

Курмакова І.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Природні води та води господарсько-побутового призначення характеризуються низькою показників, за якими можна встановити їх якість та можливу ступінь забруднення та, відповідно, можливість використання для господарсько-побутових потреб людини, а також оцінити екологічну безпеку для довкілля.

Метою даної кваліфікаційної роботи був порівняльний аналіз показників якості водних об'єктів у пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування.

В ході аналізу нормативних документів проведено порівняння показників якості та безпечності води різного призначення та їх допустимих меж. Показано, що у поверхневих водах не рекомендується визначення лише йонів Ca^{2+} у воді господарсько-побутового призначення, а для питної води з централізованого джерела та колодязів не регламентується визначення вмісту йонів Ca^{2+} та Mg^{2+} , карбонатної лужності та вмісту розчиненого кисню.

Для оцінки показників якості та безпечності питної води та поверхневих малозабруднених вод рекомендуємо використовувати методи кислотно-основного, окисно-відновного, осаджувального та комплексонометричного титрування, а для визначення показників токсикологічної групи – методи абсорбційної спектроскопії як більш точні та експресні.

Оцінку санітарно-токсикологічного статусу поверхневих вод проводили за вмістом розчиненого кисню та перманганатною окиснюваністю. Встановлено, що найменшим вмістом розчинного кисню характеризується вода р. Стрижень (м. Чернігів, р-н Білого моста), а найбільшим – зразки води р. Снов після ГЕС. За показником перманганатної окиснюваності найменш забрудненою органічними сполуками є вода колодязна (с. Перелюб) та р. Білоус (р-н водоспада), а найбільш забрудненими – р.Слот та р. Снов (після ГЕС) з відповідними показниками, що не відповідає вимогам ДСТУ 4808:2007.

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ТА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ТА ЇХ ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА.....	10
1.1. Якість питної води як передумова її безпечності та корисності.....	10
1.2. Органолептична та санітарно-гігієнічна характеристика питної води ..	11
1.3. Фізико-хімічні показники якості води.....	14
1.4. Токсикологічна оцінка якості природних вод	18
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПРИРОДНИХ ВОД.....	20
РОЗДІЛ 3. АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДИ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА.....	32
3.1. Хімічні методи аналізу та особливості їх застосування.....	33
3.2. Фізико-хімічні методи та їх застосування при аналізі природних вод.....	41
3.3. Інструментальні методи аналізу та їх значення при дослідженні природних вод.....	43
РОЗДІЛ 4. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	45
РОЗДІЛ 5. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ.....	48
5.1. Порівняльний аналіз показників якості та безпечності води та їх граничних норм.....	48
5.2. Кислотно-основні характеристики природних вод та їх аналіз.....	51
5.3. Методи редоксиметрії при аналізі якості поверхневих вод.....	52
5.4. Методи осаджувального титрування як критерій відповідності води вимогам якості.....	54
5.5. Методи комплексонометричного титрування при аналізі якості води.....	56
5.6. Фізико-хімічні методи аналізу води та особливості їх застосування....	58

ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
ДОДАТКИ.....	72

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ГДК – гранично-допустима концентрація

ГЕФ – глобальний екологічний фонд

ГСМОС/GEMS - глобальна система моніторингу стану навколишнього середовища

КПП – культурно-побутове призначення води

ПАР – поверхнево-активні речовини

ПО – перманганатна окиснюваність

ПОС - природні органічні сполуки

ОВП – окисно-відновний потенціал

РЗОК - розчинений загальний органічний карбон

ЦВП – централізоване водопостачання

pH – водневий показник

SUVA - показник ароматичності органічних речовин

ВСТУП

Вода є одним з найважливіших елементів навколишнього середовища та для людини має фізіологічне, санітарно-гігієнічне, виробниче та епідеміологічне значення. Вживання недоброякісної води може призводити до порушення санітарного режиму підприємств, випуску неякісної продукції, а також бути причиною виникнення інфекційних захворювань, харчових отруєнь, гельмінтозів та ін. [12].

Актуальним питанням сьогодення є якість поверхневих вод, яка погіршується внаслідок їхнього забруднення господарсько-побутовими, сільськогосподарськими і промисловими відходами. Суттєвим чинником антропогенного впливу є й екологічні наслідки бойових дій внаслідок військової агресії Росії проти України. Природні води та води господарсько-побутового призначення характеризуються низькою показників, за якими можна оцінити їх якість та можливу ступінь забруднення та, відповідно, можливість використання для господарсько-побутових потреб людини [34].

Вода для пиття повинна бути безпечною для споживання, гарантуючи збереження здоров'я людей. Критерії якості питної води повинні відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості і нешкідливий хімічний склад. Для створення питної води слід віддавати перевагу воді з підземних джерел питного водопостачання, які ефективно захищені від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення [7].

Гігієнічну оцінку безпечності та якості питної води проводять за показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитологічні), санітарно-хімічними (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні) та радіаційними показниками [42].

Ключові гігієнічні вимоги, що пред'являються до якості питної води – це епідемічна та радіаційна безпека, позитивні органолептичні властивості, нетоксичні хімічні складові. Безпечність та якість питної води за

органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками повинна відповідати гігієнічним нормативам [25].

Крім параметрів гігієнічної оцінки безпеки, критерії якості питної води включають групу фізико-хімічних та токсикологічних показників, серед яких слід виділити загальну мінералізацію, твердість та її види, лужність, кислотність, вміст хлорид-, нітрат-, сульфат-йонів, йонів амонію, нафтопродуктів, метали, ПАР, розчинені компоненти, що сприяють фізіологічній повноцінності [10].

Отже *актуальність* дослідження показників якості та безпечності води різних джерел водопостачання та її позитивний та негативний вплив на здоров'я людини та технологічні процеси обумовлює необхідність їх постійного моніторингу.

Мета дослідження - порівняльна характеристика показників якості водних об'єктів у пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування.

Об'єкт дослідження – критерії якості та безпечності природних вод.

Предмет дослідження - методи якісного та кількісного аналізу, які застосовують при оцінці якості та безпеки водних об'єктів у пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування.

Завдання дослідження:

1. Порівняльний аналіз критеріїв якості та безпечності водних об'єктів у пунктах господарсько-питного і культурно-побутового водокористування.
2. Оцінити значення методів титриметричного аналізу при аналізі якості води різного призначення.
3. Проаналізувати показники якості та безпеки водних об'єктів із застосуванням фізико-хімічних методів аналізу.
4. Надати рекомендації щодо доцільності застосування відповідних аналітичних методів при санітарно-гігієнічній оцінці якості природних вод.

Матеріали роботи представлені на Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю студентів, аспірантів і молодих учених (15 листопада 2024 р., м. Чернігів).

Публікації:

Герасимова В.І., Смольський О.С. Критерії якості та безпеки природних вод та аналітичні методи їх оцінки. *Крок у науку: дослідження у галузі природничо-математичних дисциплін та методик їх навчання: збірник тез доповідей* Чернігів : НУЧК імені Т. Г. Шевченка, 2024. С. 38-39.

РОЗДІЛ 1

ХІМІЧНІ ТА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ ТА ЇХ ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА

Природні води та води господарсько-побутового призначення характеризуються низькою показників, за якими можна оцінити їх якість та можливу ступінь забруднення та, відповідно, можливість використання для господарсько-побутових потреб людини [13].

1.1. Якість питної води як передумова її безпечності та корисності.

Якість води – це характеристика складу і властивостей води, яка визначає придатність її для конкретних видів водокористування та водоспоживання.

Критерії якості води – ознаки за якими проводиться оцінка якості води за видами водокористування і водоспоживання.

Гігієнічним критерієм називають обмеження водокористування або водоспоживання, які обумовлені забрудненням, небезпечним для здоров'я або яке погіршує санітарні умови життя населення.

Критерієм забруднення води є погіршення їх якості внаслідок зміни органолептичних властивостей і появи речовин шкідливих для людини, кормових і промислових організмів у залежності від виду водовикористання або водоспоживання, а також від підвищення температури води [15].

1.1.1. Гігієнічні норми якості питної води

Вода для пиття повинна бути безпечною для споживання, гарантуючи збереження здоров'я людей. Критерії якості питної води повинні відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості і нешкідливий

хімічний склад. Для створення питної води слід віддавати перевагу воді з підземних джерел питного водопостачання, які ефективно захищені від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення [25].

Для оцінки гігієнічної безпеки та якості питної води проводять аналіз бактеріологічних показників (мікробіологічних, паразитарних), санітарно-хімічних (органолептичних, фізико-хімічних, санітарно-токсикологічних), а також радіаційних показників, які вказані у додатках А-Д [18].

Ключові гігієнічні вимоги, що пред'являються до якості питної води:

- ✓ епідемічна та радіаційна безпека;
- ✓ позитивні органолептичні властивості;
- ✓ нетоксичні хімічні складові.

Крім параметрів гігієнічної оцінки безпеки, критерії якості питної води включають в себе цілий список показників, а саме загальну мінералізацію, загальну твердість, лужність, вміст нафтопродуктів, металів, поверхнево-активні речовини (ПАР), розчинені компоненти, що сприяють фізіологічної повноцінності тощо [11].

Показники якості води (рис.1.1) можуть бути систематизовані на групи за основними критеріями на фізичні, хімічні, біологічні та бактеріологічні.

До фізичних показників відносять групу органолептичних, а саме колірність, каламутність, запах, смак та температуру[24]. До хімічних, відповідно включають, кислотність, лужність, загальну мінералізація, вміст хлорид-, сульфат-, флюорид-йонів, загального заліза (ферума) та мангану, силіцію та розчинених газів, твердість та окиснюваність [28].

1.2. Органолептична та санітарно-гігієнічна характеристика питної води.

Вода питна, призначена для споживання людиною, повинна відповідати наступним гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості та нешкідливий хімічний склад. Для її виробництва перевагу надають воді

підземних джерел, надійно захищених від різних груп забрудників (біологічного, хімічного та радіаційного забруднення) [14].

Для проведення гігієнічної оцінки безпечності та якості питної води визначають показниками епідемічної безпеки (мікробіологічні, паразитологічні), санітарно-хімічні (органолептичні, фізико-хімічні, санітарно-токсикологічні) та радіаційні (Додаток А) [18].

Насьогодні гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною регламентуються новим документом - ДСанПіН 2.2.4-171-22, де внесені зміни щодо деяких термінів та понять [43].

Безпечність та якість питної води за органолептичними, фізико-хімічними та санітарно-токсикологічними показниками повинна відповідати гігієнічним нормативам, наведеним у Додатку А.

Під час вибору вододжерела та технології водопідготовки необхідно надавати перевагу джерелам та технологіям, що забезпечать виробництво питної води з оптимальним вмістом мінеральних речовин за показниками фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води (Додаток Б).

Отже, безпечність та якість питної води за мікробіологічними та паразитологічними показниками повинна відповідати гігієнічним нормативам, наведеним у Додатку В.

Якщо під час виробництва питної води проводиться знезараження, виробник повинен вжити заходів щодо мінімізації забруднення питної води побічними продуктами знезараження, а вміст у питній воді небезпечних речовин, не зазначених у Санітарних нормах, не повинен перевищувати їх гранично допустимих концентрацій (ГДК), визначених санітарними нормами для поверхневих вод [18].

Під час гігієнічної оцінки радіаційної безпечності питної води у місцях водозаборів поверхневих та підземних джерел питного водопостачання попередньо визначаються питомі сумарні альфа- і бета-активності за показниками, наведеними у Додатку Г.

При забрудненні питної води токсичними сполуками та хімічними речовинами для яких відсутні методи якісного та кількісного дослідження, рекомендується застосовувати допоміжний інтегральний (експресний) показник якості питної води - індекс токсичності питної води, розрахований за результатами біологічних тестів (біотестування) [18].

Індекс токсичності питної води, яка не містить неідентифікованих компонентів, не повинен перевищувати 50 % незалежно від використовуваних тест-об'єктів, якими можуть бути дафнії, інфузорії тощо [36].

Вимоги що до води централізованого питного водопостачання населення (водопровідна питна вода) полягають у тому, що при дослідженні мікробіологічних показників водопровідної питної води в її пробах визначають загальне мікробне число, загальні коліформи, E.coli, ентерококи. У водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел у місцях її надходження з очисних споруд у розподільну мережу додатково визначають наявність коліфагів [18].

Вода питна з бюветів, колодязів та каптажів джерел (нецентралізоване питне водопостачання населення) повинна відповідати таким вимогам: влаштування бюветів, колодязів та каптажів джерел слід здійснювати з урахуванням результатів лабораторних досліджень безпечності та якості підземної води, що планується використовувати, та санітарно-епідеміологічного обстеження території розміщення цих споруд, проведеного установами та закладами державної санітарно-епідеміологічної служби [18].

При цьому місця влаштування бюветів, колодязів та каптажів джерел слід розташовувати на незабрудненій та захищеній території, яка знаходиться вище за течією ґрунтових вод на відстані не менше ніж 30 м від магістралей з інтенсивним рухом транспорту та не менше ніж 50 м (для індивідуальних колодязів - не менше ніж 20 м) від вбиралень, вигрібних ям, споруд та мереж каналізації, складів добрив та отрутохімікатів, місць утримання худоби та інших місць забруднення ґрунту та підземних вод.

Санітарний паспорт оформляється власником бювету, колодзя чи каптажу джерела спільно з посадовою особою державної санітарно-епідеміологічної служби відповідної адміністративної території у двох примірниках та ними підписується (Додаток Д) [18]. Колодязі та каптажі джерел необхідно влаштувати з дотриманням вимог (Додаток Є).

1.3. Фізико-хімічні показники якості природних води.

В Україні якість природних вод визначається ДСТУ 4808:2007 [19]. До показників якості природних вод відносять наступні.

1. Завислі речовини — це тверді речовини, що складаються із частинок глини, піску, мулу, суспензних органічних та неорганічних речовин, планктону та різних мікроорганізмів. Вміст завислих речовин вимірюється у мг/дм³. Завислі тверді домішки мають умовний діаметр $>1 \cdot 10^{-4}$ мм [19].

2. Мутність та прозорість.

Мутність води викликана наявністю тонкодисперсних домішок, обумовлених нерозчинними чи колоїдними неорганічними і органічними речовинами. Мутність визначається візуально, її описують. Найчастіше вимірюють мутність за допомогою нефелометра — нефелометричні методи (НЕФ). Визначають по каоліну, якщо дуже мутні води — по фармозину.

Прозорість, міра прозорості — це висота стовпа води, при якій можна спостерігати білу пластину, що опускається у воду, що має певні розміри — диск Секки, або вирізають на певному папері шрифт певного розміру — шрифт Снелека [54].

3. Запах — визначається органолептично — за допомогою відчуттів людини. По характеру запах поділяють на дві групи:

- природного походження;
- штучного походження.

Інтенсивність запаху визначається по шестибальній шкалі (0 – запаху немає). Запахи штучного походження називають по речовині, що міститься у воді — наприклад, бензольний [53].

4. *Смак та присмак.* Інтенсивність визначається по ДСТУ і оцінюється по 6-бальній шкалі. Розрізняють чотири види смаку, а саме солоний, гіркий, солодкий, кислий [29]. Найбільш поширений солоний смак, зумовлений наявністю NaCl, що розчиняється у воді; гіркий — MgSO₄; кислий — надлишком вільного CO₂.

Поріг сприйняття сольового розчину (відчуття солі):

Речовина	Розмірність, мг/дм ³
NaCl	165
CaCl ₂	470
FeCl ₂	0.35
MgSO ₄	250
FeSO ₄	1.6
NaHCO ₃	450

5. *Кольоровість* — характеризує інтенсивність забарвлення води. Виражається у градусах платиново-кобальтової шкали. Кольоровість природних вод зумовлена головним чином наявністю гумусових речовин і сполук Fe(III).

При цвітінні водойм, в залежності від видів організмів, вода може мати різний колір:

- світло-зелений — розвиток водоростей із групи протокових;
- зеленувато-бурий — діатомові водорості;
- темно-бурий — пирідинові водорості;
- ізумрудно-зелений — синьо-зелені водорості .

6. *Мінералізація* — сумарний вміст всіх знайдених при хімічному аналізі води мінеральних речовин [29].

Межа прісних вод — 1 г/дм³ встановлюється у зв'язку з тим, що при мінералізації більше цього значення смак води неприємний.

7. Електропровідність — числове вираження здатності водного розчину проводити електричний струм [52].

8. Твердість води — зумовлена наявністю у воді йонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} . Загальний вміст Ca^{2+} і Mg^{2+} більший, ніж інших йонів, тому враховуються лише їх йони [52].

Твердість буває карбонатна — тимчасова (усувається кип'ятінням та хімічними методами) та некарбонатна або постійна. Карбонатна твердість обумовлена наявністю гідрокарбонатів, постійна — сульфатів та хлоридів. В Україні нормується загальна твердість води, яка виражається у ммоль/дм³. Міжнародні норми якості не нормують твердість, а нормують загальний вміст Ca^{2+} і Mg^{2+} .

9. Лужність — сумарна концентрація аніонів слабких кислот і гідроксильних йонів, що містяться у воді. Лужність виражається у ммоль/дм³ [28].

В залежності від наявних аніонів слабких кислот розрізняють лужність бікарбонатну, карбонатну, гідратну, фосфатну, силікатну, гуматну. В природних водах майже завжди лужність визначається бікарбонатами, тому для таких вод загальну лужність приймають рівною карбонатній твердості.

10. Іонізовані домішки природних вод [32]

- Йони Na^+ та K^+ не утворюють розчинних солей, не підлягають гідролізу — відносяться до важкорозчинних у воді.
- Йони Ca^{2+} і Mg^{2+} визначають твердість, мінімальна їх кількість у воді — 100 мг, максимальна — 200 г.
- Йони NH_4^+ у воді утворюються при розпаді органічних речовин, поступають у воду із стічних вод.

Присутність висококонцентрованого кисню O_2 призводить до окиснення сполук азоту у воді до нітрат-йонів; при недостатчі кисню — відновлення азотвмісних речовин до йонів NH_4^+ .

- Йони Fe^{2+} і Fe^{3+} знаходяться у підземних водах, Fe^{3+} — у поверхневих водах.

- Йони Mn^{2+} — схожі на іони Fe^{2+} . Ці іони знаходяться у воді посезонно.
- Бікарбонат йони HCO_3^- — одні з найважливіших йонів, що знаходяться у воді. З ними пов'язане поняття «вуглекислотна рівновага».
- Хлорид йони;
- Сульфат йони — при високій концентрації органічних речовин і важкому доступі до кисню сульфат йони легко відновлюються до елементарної сірки (S) або H_2S . Вода тут має неприємний запах і загниває.
- Кремнієва кислота — поширена у природних водах. У підземних водах силікатів більше, ніж у поверхневих.

11. Окислювально-відновний потенціал (ОВП) – міра хімічної активності елементів і їх сполук в оборотних хімічних процесах, які пов'язані зі зміною зарядів іонів в розчинах. [40].

Значення ОВП природної води знаходиться в межах від -400 до +700 мВ, що пояснюється протіканням в воді різних окисно-відновних реакцій та в деякій мірі характеризує хімічний склад води. Залежно від значення ОВП розрізняють кілька основних ситуацій, що зустрічаються в природних водах:

1. Окислювальна. Характеризується значеннями ОВП $\geq 100-150$ мВ, присутністю у воді вільного кисню, а також цілого ряду елементів у вищій формі своєї валентності (Fe^{3+} ; Mo^{6+} ; As^{5+} ; V^{5+} ; U^{6+} ; Sr^{4+} ; Cu^{2+} ; Pb^{2+}). Дана ситуація найчастіше зустрічається в поверхневих водах.

2. Перехідна окислювально-відновна. Визначається величинами ОВП від 0 до +100 мВ, нестійким геохімічним режимом і перемінним вмістом сірководню і кисню. У цих умовах протікає як слабе окислювання, так і слабе відновлення цілого ряду металів.

3. Відновлювальна. Характеризується значеннями ОВП < 0 . Типова для підземних вод, де присутні метали низьких ступенів валентності (Fe^{2+} ; Mn^{2+} ; Mo^{4+} ; V^{4+} ; U^{4+}), а також сірководень.

ОВП залежить від температури і взаємопов'язаний з рН. ОВП є в певних ситуаціях *параметром контролю якості води*. Зокрема тому, що дозволяє оцінити ефективність знезараження води.

11. Природні органічні сполуки (ПОС)

ПОС — є важливим компонентом природних вод. ПОС можуть контролювати рух слідових металів. ПОС заважають осадженню колоїдних частинок; вони є їжею для мікроорганізмів; ПОС при дезинфекції води утворюють токсичні хлор-органічні сполуки [40]. Видалення ПОС як прекурсору вторинних продуктів забруднення води мають велике значення, так як глибина видалення ПОС визначає так звану біологічну стабільність води.

Вміст органічних речовин в природній воді визначається за наступними інтегральними показниками:

- хімічне споживання кисню (ХСК) — визначається з використанням біхромату калію — біхроматна окисненість або перманганату калію — перманганатна окисненість. Розмірність — $\text{мгО}/\text{дм}^3$.

- біохімічне споживання кисню (БСК) — визначає зниження органіки у воді в результаті біохімічних процесів протягом 5 днів (БСК-5) або 20 днів (БСК-20). Розмірність — $\text{мгО}_2/\text{дм}^3$.

- вміст загальної органіки — визначається згорянням зразка води.

Розмірність — $\text{мгС}/\text{дм}^3$.

При оцінці вмісту ПОС необхідно мати дані про розподіл фракцій по масі, яка частка ароматичних сполук в складі ПОС, відношення гідрофільного-гідрофобного балансу, що можна визначити по так званій SUVA. Величина SUVA — величина абсорбції при довжині хвилі 254 нм поділена на вміст загального органічного вуглецю. Параметр SUVA є показником *ароматичності* органічних речовин.

1.4. Токсикологічна оцінка якості природних вод.

Аналіз гідрохімічного стану поверхневих вод проводиться за результатами досліджень в основних створах за величинами показників якості вод, які порівнюються з гранично допустимими концентраціями

(ГДК) забруднюючих речовин (ЗР) для водойм рибогосподарського водокористування [28].

Визначення хімічних та фізико-хімічних показників якості води регламентується «Постановою Кабінету Міністрів України» № 758 від 19.09.2018 і включає 23 показники. Всю інформацію про стан рік області зокрема та України в цілому можна знайти на сайті Держводагентства України, зайшовши за посиланням «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України» (рис.1.4.1) [16].

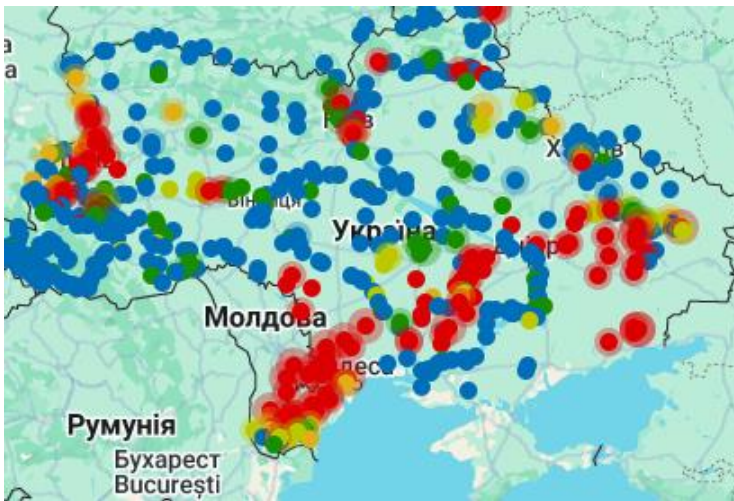


Рис.1.4.1. Мапа моніторингу забруднень поверхневих вод України

Норми гідрохімічних показників для визначення якості води з відповідними даними ГДК наведені у Додатку Ж (таблиця 7), де можна побачити, що вимоги щодо води рибогосподарського призначення є більш жорсткішими, та, відповідно характеризуються і меншими значеннями $ГДК_{рг}$, як для води господарсько-побутового використання

Таким чином існуючі та діючі нормативні документи в Україні регламентують показники якості та безпечності води, яка використовується для санітарно-побутових потреб людини, а також у рибогосподарської діяльності.

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ ХІМІЧНОГО СКЛАДУ ПРИРОДНИХ ВОД

Хімічні інгредієнти природних вод поділяються на п'ять основних груп [33]:

- 1) розчинені гази – O_2 , CO_2 , H_2S , CH_4 тощо.
- 2) головні йони (сольові компоненти) – HCO^- , CO^{2-} , Cl^- , SO^{2-} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} .
- 3) біогенні сполуки – NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- -йони, нітроген органічний ($N_{орг}$), фосфати та поліфосфати, фосфор органічний ($P_{орг}$), силікати, ферум (II,III).
- 4) мікроелементи – Mn, Cu, Zn, Co, Mo (біоеlementи), 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.

1. Кисень. Розчинений кисень знаходиться в природній воді у вигляді молекул O_2 . Його вміст у воді залежить від процесів абсорбції з атмосфери, виділення водною рослинністю в процесі фотосинтезу, надходження у водойми з дощовими і сніговими водами, які пересичені киснем. Швидкість абсорбції кисню підвищується зі зниженням температури, із підвищенням тиску і зниженням мінералізації [45].

Продуктування кисню відбувається в поверхневому прошарку водойми, глибина якогозалежить 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 Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_2^- , NH_4^+ , CH_4 , H_2S).

У поверхневих водах вміст розчиненого кисню варіює в межах – від 0 до 14 мг/дм^3 – і схильний до сезонних і добових коливань. Дефіцит кисню спостерігається у водних об'єктах із високими концентраціями забруднюючих органічних речовин і в евтрофікованих водоймах, що містять велику кількість біогенних і гумусових речовин. Мінімальний вміст розчиненого кисню, що забезпечує нормальний розвиток риби, складає біля $5 \text{ мг } \text{O}_2/\text{дм}^3$. Зниження його до 2 мг/дм^3 викликає масову загибель (замор) риби.

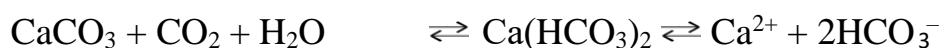
Визначення кисню в поверхневих водах включено в програми спостережень з метою оцінки умов існування гідробіонтів, у тому числі риби, а також як непряма характеристика оцінки якості поверхневих вод і регулювання процесу очищення стоків [56].

Таблиця 2.1.1.

Рівень забруднення води і клас якості

Рівень забруднення води і клас якості	літо, мг/дм^3	зима, мг/дм^3	% 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

2. 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 [38]:



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 CaCO_3 . Йонна форма (Ca^{2+}) характерна тільки для мало мінералізованих природних вод [39].

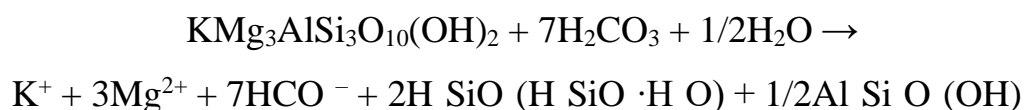
У річкових водах вміст Ca^{2+} -йонів рідко перевищує 1 г/дм^3 . Вміст Ca^{2+} -йонів в поверхневих водах схильний до помітних сезонних коливань. ГДК у воді Ca^{2+} складає 180 мг/дм^3 [38].

Досить жорсткі вимоги до вмісту Кальцію подаються до вод, що живлять парові установки, оскільки з карбонатів, сульфатів і ряду інших аніонів кальцій утворює тривкі накипи [50].

3. Магній. У поверхневій воді 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 1 до $50 \text{ мг у } 1 \text{ дм}^3$ [38].

Вміст магнію в поверхневих водах схильний до помітних коливань: як правило, максимальні концентрації спостерігаються в меженний період, мінімальні - у період паводків. ГДК Mg^{2+} - йонів складає 40 мг/дм^3 [34].

4. Силіцій. Силіцій є постійним компонентом хімічного складу природних вод. Його основним джерелом є процеси хімічного вивітрювання і розчинення мінералів, що містять Силіцій, наприклад алюмосилікати:



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 виробляють керамічні, цементні, скляні вироби, силікатні фарби тощо [38].

Частина Силіцію знаходиться в розчиненому стані у вигляді силікатної кислоти і полісилікатних кислот (табл. 2.1.2):



Таблиця 2.1.2.

Співвідношення форм похідних силікатної кислоти у воді в залежності

від значень рН ($K_1 = 1,41 \cdot 10^{-10}$)

Форма	рН			
	7	8	9	10
$[\text{H}_4\text{SiO}_4]$	99,9	98,6	87,7	41,5
$[\text{H}_3\text{SiO}_4]^-$	0,1	1,4	12,3	58,5

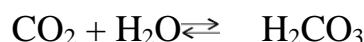
Силіцій міститься в природних водах у вигляді колоїдів типу $x\text{SiO}_2 \cdot y\text{H}_2\text{O}$.

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. Крім того, силікатна кислота як більш слабка витісняється з розчину карбонатною кислотою [55]:



Це сприяє нестійкості Силіцію в розчині і схильність силікатної кислоти переходити в гель. ГДК Силіцію у воді дорівнює 10 мг/дм³.

6.Карбон діоксид. Міститься у воді в основному у виді розчиненихмолекул CO_2 і лише невелика частка (близько 1%) при взаємодії з водою утворює карбонатну кислоту:



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



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. Зменшення вмісту карбон діоксиду у воді відбувається також у результаті його виділення в атмосферу [38].

Концентрація карбон(IV) оксиду в природних водах коливається від декількох десятих часток до 3-4 мг/дм³, зрідка досягає 10-20 мг/дм³. При високих концентраціях СО₂ води стають агресивними стосовно металів і бетону в результаті утворення розчинних гідрогенкарбонатів, що порушують структуру цих матеріалів.

Гідрогенкарбонат- і карбонат- йони виносяться у водойми зі стічними водами підприємств хімічної, силікатної, содової промисловості тощо.

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 [38].

6. Нітроген загальний. Це сума мінерального й органічного Нітрогену в природних водах. 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(III) і нітратного(V) Нітрогену.

Амоніак. У природній воді амоніак утворюється у процесі розкладу органічних речовин. ГДК амоніаку складає 40 мг/дм^3 , ГДК в.р – $0,08 \text{ мг/дм}^3$ (лімітуюча ознака шкідливості – токсикологічна).

Амоній-йони. Вміст йонів амонію в природних водах варіює в інтервалі від 10 до 200 мкг/дм^3 у перерахунку на Нітроген. Присутність у незабруднених поверхневих водах йонів амонію пов'язано головним чином із процесами біохімічної деградації білкових речовин [38].

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/дм^3 амонію, у побутових стоках – $2-7 \text{ мг/дм}^3$; із господарсько-побутовими стічними водами в каналізаційні системи щодоби надходить до 10 г амонійного азоту (у розрахунку на одного мешканця).

ГДК у воді водойм господарсько-питного і культурно-побутового водокористування встановлена в розмірі 2 мг/дм^3 за Нітрогеном або $2,6 \text{ мг/дм}^3$ у виді NH_4^+ -йона.

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 [5].

Нітрат(V)-іони. Наявність нітрат(V)- іонів у природних водах пов'язана з днутрішніми процесами у водоймах (нітрифікацією амонійних йонів за участю кисню під дією нітрифікуючих бактерій), атмосферними опадами, що поглинають нітроген оксиди, які утворюються при атмосферних електричних розрядах, (концентрація нітратів в атмосферних опадах досягає $0,9-1 \text{ мг/дм}^3$), промисловими і господарсько-побутовими стічними водами особливо після біологічного очищення, коли їх концентрація у стоках досягає 50 мг/дм^3 ,

стоками із сільськогосподарських угідь і зі стоками води зі зрошуваних полів, на яких застосовуються азотні добрива [38].

Особливо небезпечні ґрунтові води, що живлять криниці, оскільки у відкритих водоймах нітрати у значній мірі споживаються водними рослинами. При тривалому вживанні води з підвищеним вмістом нітратів у людини, особливо у немовлят, можливо виникнення хвороби водно-нітратної метгемоглобінемії [44], що викликає задишку та може викликати летальний ефект.

Нітроген – це один із першорядних біогенних (необхідних для життя) елементів, що обґрунтовує застосування його сполук як добрив [1]. Так, з одного гектара зрошуваних земель виноситься у водні системи 8-10 кілограм Нітрогену. ГДК 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) [41].

Нітрит(III)-іони – проміжний етап 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(III)-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.

Підвищений вміст нітритів вказує на посилення процесів розкладу органічних речовин, тобто є важливим санітарним показником [46]. ГДК нітрит(III)-іонів у воді водойм встановлена в розмірі 3,3 мг/дм³ у вигляді йона NO₂⁻ або 1 мг/дм³ у перерахунку на Нітроген нітрит(III)-іонів. Показник шкідливості – санітарно-токсикологічний.

Відповідно до вимог глобальної системи моніторингу стану навколишнього середовища (ГСМОС/GEMS) нітрит(III)- 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.

8. Фосфор загальний. 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 та надходить у водойми з водозбору: у вигляді мінеральних добрив із поверхневими стоками з полів (з гектара 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 [38].

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.

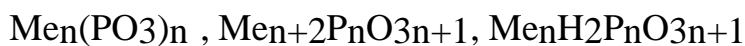
Органічні сполуки фосфору присутні в поверхневих водах у розчиненому, зваженому і колоїдному стані [38].

Фосфор мінеральний. Сполуки мінерального фосфору надходять у природні води в результаті вивітрювання і розчинення порід, що містять фосфати (апатити і фосфорити), 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.

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

Концентрація фосфатів у природних водах 0,01-0,07 мг Фосфору в 1 дм³, у забруднених водоймах вона може досягати 3-7 міліграмів в 1 дм³. Підземні води містять переважно не більш 100 мкг/дм³ фосфатів; виняток – води в районах залягання фосфоровмісних порід.

Поліфосфати. Характеризуються складом



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 [38].

9. 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.

До складу неорганічних та органічних сполук природних вод ферум може входити в ступенях окиснення +2 або +3. Сполуки феруму (II)

утворюються при низьких значеннях рН та E_h , 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(II) в таких умовах міститься переважно у формі Fe^{2+} -йонів, $[FeOH]^+$, $[FeCO_3]^0$ та комплексних сполук з органічними речовинами, здебільшого з фульвокислотами.

Ферум (II) необхідний в організмі людини для синтезу гемоглобіну (щодобова потреба 5–20 мг) і токсичну дію його не виявлено. Однак при концентрації іонів Fe^{2+} – йонів більше 0,5 мг/л вода набуває своєрідного металевого смаку, тому його наявність у водах є небажаною [38].

10. Мікроелементи. До цієї групи належать метали та деякі неметали (бром, йод, бор), вміст яких у поверхневих водах суші виявляється в межах кількох десятків і менше мкг/ дм³ (табл.3). Деякі з них – Манган, Цинк, Купрум, Молібден і Кобальт – біометали, які є каталізаторами і складовими частинами біохімічних процесів в організмі людини, тварин та рослин [38].

Таблиця 2.1.3

Характерні інтервали концентрації мікроелементів у поверхневих водах суші

Мікроелемент	Інтервали концентрацій, мг/дм ³	ГДК, мг/дм ³
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 і виявляють сильні токсичні властивості.

З табл. 2.1.4. випливає, що у водах для більшості йонів металів-мікроелементів, крім йонів мангану, найбільш характерним є утворення комплексів з органічними лігандами.

Таблиця 2.1.4

**Найбільш характерні розчинені форми мікроелементів
у поверхневих водах суші**

Мікроелемент	Форми існування та їх відносний вміст	
	pH 6,5	pH 8,5
Mn	$Mn^{2+} \gg [MnL_n]^{z-} \geq [MnHCO_3]^+ > [Mn(\Phi K)_n]^{z-} > [MnCO_3]^0$	$[MnCO_3]^0 > [Mn(\Phi K)_n]^{z-} > Mn^{2+} > [MnL_n]^{z-} \geq [MnHCO_3]^+$
Cu	$[Cu(\Phi K)_n]^{z-} \gg [CuL_n]^{z-}$	$[Cu(\Phi K)_n]^{z-} \gg [CuL_n]^{z-} \approx [CuCO_3]^0 > [CuOH]^+ \approx [Cu(OH)_2]^0$
Zn	$[ZnL_n]^{z-} \gg [Zn(\Phi K)_n]^{z-} > [ZnHCO_3]^+ > [ZnCO_3]^0 \approx [ZnOH]^+$	$[ZnCO_3]^0 > [Zn(\Phi K)_n]^{z-} \geq [ZnL_n]^{z-} > [ZnOH]^+ > [ZnHCO_3]^+$
Co	$[CoL_n]^{z-} > [CoHCO_3]^+ \gg Co^{2+} > [Co(\Phi K)_n]^{z-} \approx [CoSO_4]^0$	$[CoL_n]^{z-} \geq [CoHCO_3]^+ \geq [Co(\Phi K)_n]^{z-} > Co^{2+} > [CoSO_4]^0$
Ni	$[Ni(\Phi K)_n]^{z-} \gg [NiHCO_3]^+ > [NiL_n]^{z-} > Ni^{2+}$	$[Ni(\Phi K)_n]^{z-} \gg [NiL_n]^{z-} \approx [NiHCO_3]^+ \approx [NiCO_3]^0$
Cd	$[CdL_n]^{z-} \gg Cd^{2+} > [Cd(\Phi K)_n]^{z-}$	$[CdL_n]^{z-} \gg [Cd(\Phi K)_n]^{z-} \approx [CdOH]^+ > Cd^{2+}$
Pb	$[PbL_n]^{z-} > [Pb(\Phi K)_n]^{z-} > [Pb(\Phi K)_n]^{z-} > [Pb(OH)]^+ > Pb^{2+}$	$[PbL_n]^{z-} \gg [Pb(\Phi K)_n]^{z-} > [Pb(OH)]^+ \approx [PbCO_3]^0$
Hg	$[Hg(\Phi K)_n]^{z-}$ та $[Hg(\Gamma K)_n]^{z-}$	$[Hg(\Phi K)_n]^{z-}$ та $[Hg(\Gamma K)_n]^{z-}$

L_n – цитратні комплекси; ΦK – фульвокислоти;

HL – глутамінатні комплекси; ΓK – гумінові кислоти.

Комплексні сполуки йонів металів з органічними лігандами природних вод є досить стійкими ($K_c = 10^4-10^{12}$). Тому для одержання надійних результатів при визначенні валового вмісту йонів металів у воді необхідно усунути вплив органічних сполук [38].

Слід зауважити, що визначення концентрації окремих форм йонів металів у природних водах має важливе *еколого-токсикологічне значення* [38]. Так, встановлено, що токсичність незакомплексованих йонів та гідроксокомплексів важких металів для гідробіонтів 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, діетилхлориду плюмбуму тощо, значно вища за токсичність незакомплексованих йонів цих металів. Очевидно, що норми ГДК для важких металів є певною мірою умовними та

не враховують співвідношення між їх формами в залежності від фізико-хімічних та токсикологічних показників води.

10. Органічні речовини. 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, і їх вміст у природних водах треба ретельно контролювати [38].

Вміст органічних сполук у поверхневих водах суші можна охарактеризувати такими 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 $C_{\text{орг.}}$, тобто зв'язаного органічного Карбону в мг/дм³.

До другої групи показників, які характеризують органічну речовину природних вод, входять найбільш поширені органічні сполуки природного походження: гумінові та фульвокислоти, білковоподібні сполуки, вільні та зв'язані амінокислоти, аміни, карбонові та оксикарбонові кислоти, карбонільні сполуки, естери та вуглеводні.

Основну масу органічної речовини незабруднених та слабо забруднених поверхневих вод суші становлять карбонові кислоти, гумусові речовини, естери та карбонільні сполуки (1,5-30 С/дм³) [38].

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

РОЗДІЛ 3

АНАЛІТИЧНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДИ ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА

Як показано вище (розділ 1,2) при оцінці якості та безпеки як питної так і природної води значна частина відповідних показників досліджується з використанням різних аналітичних методів, підходів та вимагають використання відповідного обладнання, наприклад хімічного посуду, аналітичних терезів, відповідних реагентів, фізичних приладів тощо [26].

Особливістю хімічного аналізу природних вод є те, що в залежності від призначення води (санітарно-побутове або рибогосподарське) змінюються як критерії її токсичності (ГДК санітарно-побутова або ГДК рибогосподарська), так і нормативи щодо санітарно-гігієнічних показників (рН, лужність, кислотність, твердість, вміст розчинених аніонів тощо). Проте методи кількісного визначення по кожному показнику регламентуються відповідними нормативами та стандартами.

ДСанПіН 2.2.4-171-22 регламентує відповідні методики щодо визначення санітарно-гігієнічних, фізико-хімічних показників згідно відповідних нормативних документів. Нижче наведено перелік основних показників та відповідних нормативів (табл.3.1):

Таблиця 3.1.

Орієнтовний перелік методик та стандартів визначення показників безпеки та якості питної води

№ з/п	Показник	Нормативний документ
1.	Вода питна. Методи вимірювання масової концентрації загального заліза	ГОСТ 4011-72.
2.	Вода питна. Метод визначення загальної твердості	ГОСТ 4151-72
3.	Вода питна. Методи визначення вмісту хлоридів	ГОСТ 4245-72.
4.	Вода питна. Методи визначення вмісту нітратів	ГОСТ 18826-73
5.	Води мінеральні питні лікувальні, лікувально-їдальні та природні столові. Метод визначення перманганатної окислюваності	ГОСТ 23268.12-91.

6.	Якість води. Визначення рН (ISO 10523:1994, MOD)	ДСТУ 4077-2001.
7.	Якість води. Визначання заліза. Спектрометричний метод із використанням 1, 10 - фенатроліну (ISO 6332:1988, IDT)	ДСТУ ISO 6332-2003.
8.	Якість води. Визначання нітритів. Спектрометричний метод молекулярної абсорбції (ISO 6777:1984, IDT)	ДСТУ ISO 6777-2003
9.	Якість води. Визначання каламутності (ISO 7027:1999, IDT)	ДСТУ ISO 7027-2003
10.	Якість води. Визначання і досліджування забарвленості (ISO 7887:1994, IDT)	ДСТУ ISO 7887-2003
11.	Якість води. Визначення лужності. - Частина 1. Визначення загальної та часткової лужності (ISO 9963-1:1994, IDT)	ДСТУ ISO 9963-1:2007

3.1. Хімічні методи аналізу та особливості їх застосування.

Серед хімічних методів для оцінки якості та безпечності води застосовують методи гравіметрії та різні групи методів титриметричного аналізу

3.1.1. Визначення загальної твердості води методом комплексометричного титрування.

Твердість природних вод змінюється в широких межах та суттєво залежить від типу водойма, джерела водопостачання та інших чинників. Присутність у воді значної кількості солей кальцію або магнію робить воду непридатною для багатьох технічних цілей. Тому, цей показник якості води є необхідним інгредієнтом, при дослідженні водних об'єктів і води різного призначення.

У природних водах твердість води сильно коливається: болотні води мають твердість 0,5–0,8 ммоль/л, а ґрунтові 8–35 ммоль/л. Твердість води вище 6 ммоль/л згубно впливає на процеси життєдіяльності у водоймах. Оптимальні показники твердості води для коропових 1,8–4,3 ммоль/л (допустимо до 10 ммоль/л), для форелевих господарств 3–5 ммоль/л (допустимо до 7 ммоль/л) [6].

Загальну твердість виражають молярною концентрацією еквівалентів іонів кальцію і магнію (ммоль-екв / 1 дм³ води). За величиною показника твердості вода поділяється на такі групи (табл.3.1).

Таблиця 3.1.

Класифікація питної води за твердістю

№ з/п	Група води	Загальна твердість, ммоль-екв/ дм ³
1.	Дуже м'яка	< 1,5
2.	М'яка	1,5-4
3.	Середня твердість	4,0-8,0
4.	Тверда	8,0-12,0
5.	Дуже тверда	>12,0

В Україні норми загальної твердості для питної води визначено в ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», при цьому загальна твердість питної води має становити від 1,5 до 7 ммоль/ дм³, а у країнах Євросоюзу (ЄС) -1,2 ммоль/ дм³ [10].

Таблиця 3.2.

Нормативи загальної твердості води (ДСанПіН 2.2.4-171-10)

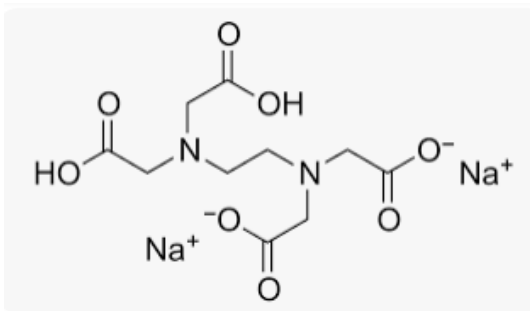
№ з/п	Вид води	Нормативи загальної твердості, ммоль-екв/дм ³	Нормативний документ
1.	Водопровідна вода	< 7,0	ДСанПіН 2.2.4-171-10
2.	Вода з колодязів	< 10,0	ДСанПіН 2.2.4-171-10
3.	Фасована з пунктів розливу та бюветів	< 7,0	ДСанПіН 2.2.4-171-10
4.	За фізіологічною повноцінністю мінерального складу питної води	1,5-7,0	ДСанПіН 2.2.4-171-10
5.	Вода підприємств банно-оздоровчого призначення (для басейнів)	< 7,2	ДБН В.2.2-11:2002

Згідно вимог ДСанПіНу 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» визначається загальна твердість води, а аналітичне визначення проводиться з використанням методу прямої

комплексометрії [21]. Метод комплексометричного титрування: визначення загальної, а також кальцієвої та магнієвої твердості води. Способом прямого титрування можливе визначення загального вмісту катіонів Ca^{2+} та Mg^{2+} (амоніачний буферний розчин, індикатор ЕХЧ-Т) та вмісту катіонів Ca^{2+} (лужне середовище, рН 12-13, індикатор мурексид). При цьому вміст катіонів Mg^{2+} визначається розрахунковим методом [27].

Комплексометрія – титриметричний метод аналізу, що базується на реакціях утворення водорозчинних полідентатних лігандів комплексонів із катіонами лужноземельних та важких металів [47].

З комплексонів найчастіше використовують трилон Б ($\text{EDTA-Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, мал.1):



Мал.3.1. Структурна формула трилону Б (комплексон-III, хелатон III)

Наприклад, $K_{\text{н}} [\text{CaEDTA}]^{2-} = 2,58 \cdot 10^{-11}$, $K_{\text{н}} [\text{CdEDTA}]^{2-} = 3,3 \cdot 10^{-17}$, $K_{\text{н}} [\text{MgEDTA}]^{2-} = 2,04 \cdot 10^{-9}$ [2].

В Україні показники загальної, тимчасової та постійно твердості води питної для населення регламентуються Державними санітарними нормами і правилами (ДСанПіН) 2.2.4-171-10 [44].

3.1.2. Визначення карбонатної лужності води

Під загальною лужністю води розуміють суму гідрокарбонатних HCO_3^- , карбонатних CO_3^{2-} , гідроксидних OH^- іонів та аніонів слабких кислот. Відповідно до цього розрізняють гідрокарбонатну, карбонатну та гідроксидну лужність [30].

Оскільки в більшості природних вод переважають вуглекислі сполуки (в основному іони HCO_3^-), звичайно враховують лише гідрокарбонатну і карбонатну лужність. При $\text{pH} \geq 8,3$, а також при застосуванні деяких методів очистки води (наприклад, вапняне або содово-вапняне пом'якшення) необхідно враховувати і *гідроксидну лужність*.

У річкових водах вміст гідрокарбонатних і карбонатних іонів коливається від 30 до 400 $\text{мгHCO}_3^-/\text{дм}^3$. В підземних водах їх вміст помітно зростає – 150...900 $\text{мгHCO}_3^-/\text{дм}^3$.

Лужність не входить до числа жорстко обмежених за своїм значенням показників якості води, однак ДержСанПіН України рекомендує так звані показники фізіологічної повноцінності складу води, до яких входить і загальна лужність 0,5...6,5 $\text{мг-екв}/\text{дм}^3$.

Лужність води – важливий показник при проведенні багатьох процесів очистки води, особливо при обробці її коагулянтами та пом'якшенні.

Визначення лужності води ґрунтується на реакції іонів HCO_3^- із хлоридною кислотою в присутності індикатора – суміші бромкрезолового зеленого і метилового оранжевого [37]. На закінчення реакції вказує зміна кольору з зеленувато-блакитного на сірий.

Реакція проходить згідно рівняння: $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 \uparrow + \text{H}_2\text{O}$

Методика визначення лужності. В конічну колбу місткістю 250 см^3 наливають 100 см^3 води і додають 2-3 краплі розчину індикатору, перемішують і титрують розчином соляної кислоти (20 $\text{ммоль}/\text{дм}^3$) до зміни кольору. Розрахунок проводять за формулою:

$$L = \frac{v_1 \cdot C_1}{v_0}$$

3.1.3. Аргентометричне визначення вмісту хлорид-іонів у воді

У природній воді хлориди зустрічаються головним чином у вигляді хлористого натрію, хлористого кальцію та хлористого магнію. Вони можуть бути як органічного, так і мінерального походження [31].

Визначення хлоридів ґрунтується на реакції між хлором хлористих сполук з азотнокислим сріблом. При цьому утворюється хлористе срібло — майже нерозчинна сполука у вигляді білої каламуті або осаду:

Хід визначення. У польових умовах у пробірку налити 10 мл досліджуваної води, додати 2-3 краплі азотної кислоти для підкислення та 3-5 крапель 10 %-го розчину азотнокислого срібла. Вміст пробірки вимішати. Приблизний вміст хлоридів визначити, користуючись даними таблиці 4.11 (ст. 188).

У лабораторних умовах концентрацію хлоридів у воді визначають методом прямої аргентометрії (метод Мора) шляхом титрування аліквоти води (25 мл) 0,01 н розчином аргентум нітрату в присутності індикатору калію хромату.

Хід визначення. До 100 мл профільтрованої досліджуваної води додати 1 мл 5 %-го розчину хромату калію (K_2CrO_4) і титрувати титрованим розчином азотнокислого срібла до переходу лимонно-жовтого забарвлення в оранжево-жовте [23].

Нормативи. Відповідно до ДСТУ 4079-2001 у питній воді допускається наявність хлоридів органічного походження до 20-30 мг/л; хлоридів мінерального походження — до 350 мг/л.

3.1.4. Визначення перманганатної окиснюваності.

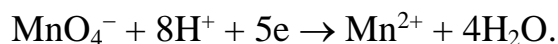
Перманганатна окиснюваність – величина, яка характеризує наявність у воді органічних і неорганічних речовин, що легко окислюються [35]. Оскільки для аналізу проби титрують розчином перманганату калію, цей вид окиснюваності називається перманганатною. Підвищена окиснюваність - ознака забруднення води.

Перманганатна окиснюваність є дуже зручним комплексним параметром, що дозволяє оцінити загальне забруднення води органічними речовинами. Лабораторний аналіз води питної здійснюється за нормативами згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [18]. Вода, що має перманганатну окиснюваність вище 4 мг O_2 /л, не рекомендується до вживання і потребує негайного очищення від органічних забруднень.

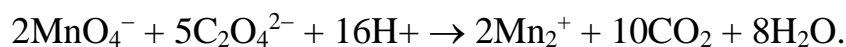
Методика визначення ґрунтується на принципі зворотного перманганатометричного титрування [9].

В конічну колбу місткістю 250 см³ наливають 100 см³ води, додають 5 см³ сірчаної кислоти (розведення 1:3) і розчин перманганату калію (молярна концентрація еквівалента $C_1 = 0,01$ моль/дм³) у кількості $v_{\text{п}} = 10$ см³. Накривши колбу воронкою кип'ять 10 хвилин від моменту закипання.

Перманганат калію, як сильний окислювач, реагує з присутніми у воді відновниками:



Оскільки перманганат додають з надлишком, його залишок забарвлює досліджувану пробу води і реагує з щавлевою кислотою, яку додають у кількості 10 см³ (молярна концентрація еквівалента 0,01 моль/дм³) у зняту з нагрівального приладу колбу:



Гарячий розчин після введення щавлевої кислоти втрачає колір. Щоб визначити залишок щавлевої кислоти пробу у колбі відразу титрують розчином KMnO_4 (молярна концентрація еквівалента 0,01 моль/дм³) до слабкорожевого кольору. Кількість витраченого розчину KMnO_4 позначаємо v_1 (перше титрування). Таким чином, на реакції з органічними речовинами досліджуваної води і 10 см³ щавлевої кислоти витрачено $(v_{\text{п}} + v_1)$ см³ розчину KMnO_4 (молярна концентрація еквівалента 0,01 моль/дм³).

Для визначення кількості розчину перманганату калію, який витрачається на титрування 10 см³ щавлевої кислоти (молярна концентрація еквівалента 0,01 моль/дм³), тобто для визначення титру КМnO₄, в ту саму колбу в ще гарячий розчин доливають 10 см³ розчину щавлевої кислоти і знову відтитровують перманганатом калію до слабкорожевого кольору, який зберігається протягом 1 хвилини. Кількість витраченого розчину КМnO₄ позначаємо v_2 (друге титрування). Об'єм розчину КМnO₄, який витрачено на реакції з органічними домішками досліджуваної води, становить $(v_n + v_1 - v_2)$ см³.

Перманганатну окиснюваність, O_k , обчислюють за формулою:

$$O_k = \frac{(v_n + v_1 - v_2) \cdot k \cdot e \cdot C_1 \cdot 1000}{v_0}, \text{ мг } O_2 / \text{ дм}^3,$$

де k – поправочний коефіцієнт: $k=10/V_2$

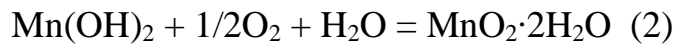
e – молярна маса еквівалента кисню, $e = 8$ г/моль;

v_0 – об'єм досліджуваної води, см³.

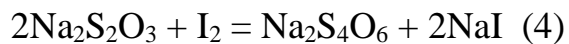
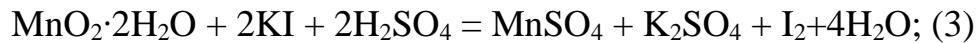
3.1.5. Визначення розчиненого кисню у воді методом йодометрії.

Природна вода знаходиться у постійній взаємодії з навколишнім середовищем. Вміст розчиненого кисню визначають переважно у чистій воді, або у стічних водах після очистки перед спуском у водоймище. Вміст кисню не повинен бути нижчим мінімально допустимої концентрації (МДК): 6 мг/л для риб вищої цінності або 4 мг/л для інших. Визначення вмісту кисню у стічних водах має значення також для оцінки їх корозійних властивостей. Вміст розчиненого у воді кисню можна визначити йодометричним методом ($C(O_2) > 0,2-0,3$ мг/л) [8].

Йодометричне визначення кисню . До проби, що аналізують, вводять сіль Mn (II) та луг, при цьому утворюється осад Mn (OH)₂, який окислюється киснем води:



Цей осад відновлюється та розчиняється в суміші H_2SO_4 та KI :



Індикатор крохмаль змінює колір від синього до безбарвного.

Методика йодометричного визначення кисню у поверхневих водах

Кисневу склянку ополіскують 2-3 рази і наповнюють досліджуваною водою з батометра за допомогою гумової трубки. Трубка при цьому повинна торкатися дна склянки. Продовжувати наповнення склянки доти, доки не виллється 250-300 мл води. Склянка повинна бути наповнена до країв і не мати у середині на стінках пухирців повітря. У склянку піпеткою додають 2 мл хлористого марганцю і 2 мл лужного розчину йодистого калію (при цьому необхідно користуватися окремими піпетками для кожного реактиву). Піпетку занурюють до половини склянки і по мірі виливання розчину піднімають догори. Склянку закривають корком, щоб не залишалося пухирців повітря і вміст перемішують.

Осаду, що утворився, дають відстоятися не менш 10 хв і не більше доби. Доливають 5 мл розчину сульфатної кислоти. Піпетку занурюють до осаду і повільно підіймають догори. Витиснута зі склянки прозора рідина для аналізу значення не має. Склянку закривають корком і вміст ретельно перемішують. Відбирають піпеткою 100 мл розчину і переносять його в колбу на 250 мл. Розчин титрують 0,02 н розчином тіосульфату доти, доки він не стане світло-жовтим. Потім додають 1 мл свіжоприготовленого розчину крохмалю і продовжують титрування до зникнення синього забарвлення.

Обчислення результатів вимірювання . Вміст розчиненого кисню у (мг О /л) визначають за формулою:

$$\bar{O}_n = \frac{V \cdot N \cdot 8 \cdot 1000}{100}$$

де: N – нормальність розчину тіосульфату,

V – кількість мл тіосульфату, витраченого на титрування ,

8 – атомарна маса Оксигену,

1000 – коефіцієнт об'ємного і масового перерахунку одиниць (із грамів у міліграми),

100 – об'єм досліджуваної проби води

3.2. Фізико-хімічні методи та їх застосування при аналізі природних води.

Серед фізико-хімічних методів при визначенні параметрів якості переважно застосовуються методи абсорбційної спектроскопії – фото- та спектрофотометрія.

3.2.1. Фотоколориметричне визначення загального ферума у воді роданідним методом

Природні води дуже часто містять залізо, причому вміст його коливається у широких межах: від слідів до кількох міліграмів і більше на 1 л води. Навіть значні кількості розчиненого у воді заліза не впливають шкідливо на здоров'я людей і тварин, але така вода не придатна для господарсько-побутових потреб (водопроводи, системи водяного опалення тощо) [31].

Якщо карбонату заліза міститься понад 0,2 мг/л води, він швидко окислюється киснем повітря і випадає в осад у вигляді Fe(OH)₃, спричинюючи забарвлення і каламуть води. Підвищений вміст заліза надає воді неприємного чорнильного присмаку, а в сполуці з гуміновими речовинами — болотного.

Визначення заліза ґрунтується на здатності роданистого калію (KCNS) або роданистого амонію (NH₄CNS) утворювати з ферум(III)-іоном інтенсивно забарвлену у червоний колір сполуку.

Хід визначення. У лабораторних умовах концентрацію заліза уводі визначають за допомогою фотоелектроколориметра. Для цього у мірну колбу на 100 см³ додаємо 50 см³ досліджуваної води, 10 см³ 20% сульфатної кислоти, 10 см³ 2,5 М розчину калію тіоціанату, 5 мг персульфату амонію та доводимо об'єм розчину до риски. Паралельно робимо дослід зі стандартним розчином ферум (III). Який готується з х.ч. Fe₂(SO₄)₃ · 9H₂O з концентрацією по ферум (III-йону 1,0 мг/дм³)

Оптичну щільність визначали на фотоелектроколориметрі в кюветах 10 мм при довжині хвилі 490 нм (зелений світлофільтр).

Нормативи. Незначний вміст заліза у воді не є санітарним показником. Збільшені концентрації заліза надають їй каламутності та знижують смакові якості. У воді рибних ставів допускається вміст до 0,1-0,3 мг/л загального ферума.

3.2.2. Визначення йонів амонію з використанням реактиву Неслера.

Амоніак міститься у воді у вигляді амонійних солей. У поверхневих водах амонійний азот утворюється на першій стадії мінералізації азотовмісних амонійних речовин. При перевищенні граничнодопустимого рівня, шкідливо позначається на стані здоров'я тварин [3].

Хід визначення: У польових умовах в пробірку налити 10 мл досліджуваної води додати п'ять крапель 50% розчину сигнетової солі та 3-4 краплі реактиву Неслера. Суміш вимішати і через 10 хв. після внесення реактивів визначити приблизний вміст аміаку таблиця 4.8. (див. додаток на ст.183). Порівнюють колір вмісту пробірки при розгляді її збоку і зверху через всю товщину стовпа суміші.

У лабораторних умовах концентрацію у воді амонійного азоту визначають на фотоелектроколориметрі згідно TS 7159 [22]. Для цього у мірну колбу на 50 см³ вносимо 20 см³ досліджуваної води, 2 см³ 1% розчину сегнетової солі (K,Na-тарtrat), 2 см³ реактиву Неслера та доводимо об'єм розчину до мітки. Для порівняння готуємо стандартний розчин йону амонію з

х.ч. солі амонію хлориду з концентрацією йону амонію 1 мг/ см^3 . Через 30 хв вимірюємо оптичну густину розчинів при довжині хвилі 400 нм .

Нормативи: У питній воді наявність аміачного азоту альбуміноїдного походження не допускається. Він вказує на забруднення води нечистотами. Аміачний азот сольового походження або з гумінових речовин не має санітарного значення.

3.3. Інструментальні методи аналізу та їх значення при дослідженні природних.

3.3.1. Визначення активної реакції середовища (рН) потенціометричним методом.

В лабораторних умовах рН води визначають потенціометричним методом за допомогою рН метра.

Потенціометричний метод визначення pH полягає у вимірюванні потенціалу зануреного у досліджуваний розчин індикаторного електрода, який є оборотним відносно іонів H^+ та OH^- , тобто його потенціал залежить від концентрації цих іонів. Індикаторними електродами можуть слугувати: водневий електрод (H^+ або $\text{OH}^- \mid \text{H}_2, \text{Pt}$), стибієвий (H^+ або $\text{OH}^- \mid \text{Sb}_2\text{O}_3, \text{Sb}$), хінгідронний (H^+ або OH^- , $\text{C}_6\text{H}_4\text{O}_2$, $\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH})_2 \mid \text{Pt}$) та скляний (H^+ або $\text{OH}^- \mid \text{скло} \mid \text{водний розчин HCl} \mid \text{AgCl}, \text{Ag}$).

Калібрування рН-метра проводять за опомогою так званих стандарт-титрів – буферних розчинів з певним значенням рН. В даному випадку використовуємо калій-фосфатний буфер з $\text{pH} = 7$, якій містить гідро- та дигідрофосфати калію у співвідношеннях, розрахованих за рівнянням Хендерсона-Хассельбаха:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log_{10} \left(\frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \right)$$

В приладах рН– метрах як індикаторний використовується скляний електрод. Оскільки рН розчину в скляній кульці є сталим, то потенціал цього індикаторного електрода залежить тільки від рН зовнішнього досліджуваного розчину [50].

Нормативи рН питної води та природної води згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 та ДСТУ 4808:2007 повинні бути в межах від 6,5 до 8,5 [11].

РОЗДІЛ 4

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Воду для досліджень відбирали на протязі вересня-листопада 2024 р. Зразки води для досліджень відбирали з 4-х точок м.Чернігова (ВНС-1,3 та 5).Аналіз поверхневих вод здійснювали шляхом відбору зразків води річок Десна, Стрижень, Білоус, Снов, Слот та Перелюбка. Аналітична повторність відбору проб $n=5$.

Проби поверхневих, колодязних вод та водопровідної води відбирали з урахуванням рекомендацій Малини В.В. та ін [31]. Так, для повного аналізу об'єм проби води має становити 5 л, для неповного – 2 л, спрощеним методом – 1 л. Бутлі повинні бути скляними чи пластиковими, чисто вимитими і споліснутими дистильованою водою.

Місце відбору проби води залежить від характеру джерела та мети дослідження. Якщо треба виявити вплив певного джерела забруднення проточної води, проби беруть вище цього джерела, проти нього і нижче за течією.

Відбір проб води з відкритих водойм (ставків та річок) регламентується ДСТУ ISO 5667–1–2003; ДСТУ ISO 5667–2–2003; ДСТУ ISO 5667–4–2003 [20]. Зокрема, воду відбирають на глибині 0,5–1 м від поверхні водойми, на відстані 1–2 м від берега. В неглибоких вододжерелах проби відбирають на глибині 10–15 см від дна.

Відбір проб води з відкритих водойм (криниць) регламентується ДСТУ ISO 5667– 4–2003 [20] З криниць проби води рекомендується відбирати на глибині 0,5–1 м від поверхні двічі на день – вранці, коли воду з нього ще не брали, і ввечері, коли вже закінчили брати воду.

Відбір проб води з водопроводів регламентовано ДСТУ ISO 5667–4–2003 Вода повинна протекти через кран не менше 10–15 хвилин. Відібрані проби води варто негайно доставляти у лабораторію, особливо влітку. Фізико-хімічні дослідження необхідно проводити не пізніше ніж через добу після взяття

проби, а в окремих випадках (залежно від якості води) у межах 42–72 годин у разі зберігання зразків води у спеціальних термосах з льодом.

Для аналізу та оцінки придатності води для споживання визначали наступні показники:

1. *Загальну твердість води* визначали методом прямої комплексометрії з використанням в якості титранту 0,01 н розчину трилону Б. Для визначення загального вмісту йонів кальцію та магнію аліквоту води титрували в середовищі амоніачного буферного розчину в присутності індикатору хромогену (ЕХЧ). Для визначення кальцієвої твердості аліквоту води титрували у сильно-лужному середовищі шляхом додавання 10% розчину NaOH в присутності індикатору мурексиду [27].

2. *Лужність гідрокарбонатну (твердість карбонатна) методом прямої ацидиметрії.* Для цього аліквоти води (25 мл) титрували 0,01 н розчином хлоридної кислоти в присутності індикатору метилового оранжевого [37].

3. *Вміст хлорид-йонів* визначали методом прямої аргентометрії (метод Мора) шляхом титрування аліквоти води (25 мл) 0,01 н розчином аргентум нітрату в присутності індикатору калію хромату [23].

4. *Вміст йонів амонію* визначали фотоколориметричним методом з використанням реактиву Неслера. Для цього до 2,0 мл досліджуваної води додавали 0,2 мл 1% розчину калію-натрію тартрату (сегнетова сіль) та 0,2 мл реактиву Неслера. Через 30 хв вимірювали оптичну густина розчинів. Стандартний розчин йонів амонію готували з розрахунку 10,0 мг $\text{NH}_4^+/\text{дм}^3$. Оптичну густина розчинів визначали при 400 нм [22].

5. *Вміст загального заліза води* визначали методом фотоколориметрії. Для цього у пробірку вносили 2,0 мл води, 0,5 мл 20% розчину сульфатної кислоти, 0,5 мл 2,5 М розчину калію тіоціанату та вимірювали оптичну густина розчинів при довжині хвилі 490 нм. Титр стандартного розчину Fe^{3+} 0,01 мг/мл [31].

6. *Вміст розчиненого кисню визначали за Вінклером [8].* Слід відмітити, що при відборі зразків води у ємність, що заповнена водою, послідовно вносять 2 мл 0,1 н розчину манган (II) сульфату та 4 мл 3 % розчину калію йодиду, що готується на 1 н розчині натрію гідроксиду. При цьому рН середовища повинно бути більше 11, тому при аналізі різних природних вод з різною буферною ємністю слід провести попередній дослід на підбір об'єму лужного розчину калію йодиду. Отриманий зразок може бути досліджений на протязі доби.

Безпосередньо у лабораторії у воду, що містить лужний розчин калію йодиду вноситься згідно рекомендації 10 мл 20% розчину сульфатної кислоти з утворенням розчину з рН 1-2, після чого відповідну аліквоту води (20 або 25 мл) відтитруємо 0,01 н стандартизованим за калію біхроматом розчином натрію тіосульфату у присутності свіжоприготованого 0,5% розчину крохмалю. Титрування проводимо до зникнення синього забарвлення розчину.

7. *Перманганатну окиснюваність визначали із застосуванням методу зворотної перманганатометрії.* Визначення перманганатної окиснюваності ґрунтується на окисненні органічних речовин, що присутні у пробі води, перманганатом калію в кислому середовищі з кип'ятінням [9].

8. *рН води визначали потенціометричним методом з застосуванням рН-метру MW 804 виробництва «Milwaukee» [51].*

Статистичну обробку отриманих даних проводили за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel загальноприйнятими методами варіаційної статистики з використанням t-критерію Ст'юдента [49].

РОЗДІЛ 5

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

5.1. Порівняльний аналіз показників якості та безпечності води та їх граничних норм

Перед виконанням експериментального дослідження показників якості та безпечності води різного призначення був проведений порівняльний аналіз показників, їх допустимих меж на основі аналізу нормативних документів (табл. 5.1.).

Таблиця 5.1.

Порівняльний аналіз показників та їх допустимих меж

№ з/п	Показник, од. вимірювання	Документ, що визначає показник та його вміст у воді	Вид водопостачання			
			Вода питна централізованого водопостачання (ЦВП)	Вода колодязна	Вода поверхнева рибогосподарського призначення (КПП)	Вода поверхнева культурно-побутового призначення (КПП)
1.	Загальна твердість води (ммоль-екв/дм ³)	ДСТУ ISO 6059-2003	< 7,0	< 10,0	< 6,0	< 6,0
2.	Вміст іонів Ca ²⁺ (мг/дм ³)	ДСТУ ISO 5667:2003.	Не визначається	Не визначається	< 180,0	Не регламентується
3.	Вміст іонів Mg ²⁺ (мг/дм ³)	ДСТУ ISO 11885:2005	Не визначається	Не визначається	< 40,0	< 50,0

4.	Лужність гідрокарбонатна (ммоль-екв $\text{HCO}_3^-/\text{дм}^3$)	ДСТУ ISO 9963- 2:2007	Не визначається	Не визначається	0,5-6,5	0,5-6,5
	(мг $\text{HCO}_3^-/\text{дм}^3$)				30-400	30-400
5.	Вміст хлорид- йонів (мг/дм ³)	ДСТУ ISO 9297:2007	< 250	< 350	< 300	< 350
6.	Вміст загального ферума (мг/дм ³)	ГОСТ 4011-72	< 0,2	< 1,0	< 0,1	< 0,3
7	Вміст йонів амонію (мг/дм ³)	ДСТУ ISO 7150- 1:2003	< 0,5	< 2,6	< 0,5	< 2,0
8	Вміст розчиненого кисню	ДСТУ ISO 5813:2004	Не визначається	Не визначається	> 4,0	> 4,0
9	Перманганатна окиснюваність	ДСТУ ISO 8467:2021	< 4,0	< 4,0	2,0-8,0	2,0-8,0
10.	pH води	ДСТУ 4071-2001	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5

Перш за все слід відмітити, що нормативні документи, що регламентують кількісно показники визначаються методом кількісного аналізу. Наприклад, визначення pH - ДСТУ 4071-2001- регламентує визначення шляхом потенціометрії, вміст розчинного кисню - ДСТУ ISO 5813:2004 –

йодометричне титрування, вміст йонів амонію - ДСТУ ISO 7150-1:2003-фотоколориметричний метод з використання реактиву Неслера.

Вміст загального ферума (заліза) регламентується ГОСТ 4011-72, а саме фотоколориметричний метод із застосуванням калію тіоціанату. ДСТУ ISO 9297:2007 рекомендує визначення вмісту хлорид-йонів аргентометрично за методом Мора. Гідрокарбонатна лужність за ДСТУ ISO 9963-2:2007 визначається методом прямої ацидиметрії (кисотно-основне титрування) з використанням суміші індикаторів бромкрезолового зеленого та метилового червоного -рН у точці еквівалентності становить 5,4 (проте теорія кислотно-основних індикаторів не виключає використання індивідуального індикатору метилового оранжевого з рТ = 4,5).

Щодо загальної твердості води та характеристики її окремих компонентів (йонів Ca^{2+} та Mg^{2+}), то незважаючи на різні нормативні документи, метод аналізу застосовується один – пряма комплексонометрія в амоніачному та лужному середовищі з використанням металохромних індикаторів, відповідно хромогену та мурексиду.

Що стосується самих показників то можна відмітити, що для питної води з централізованого джерела та колодязів не регламентується визначення вмісту йонів Ca^{2+} та Mg^{2+} , карбонатної лужності та вміст розчиненого кисню.

У поверхневих водах не рекомендується визначення лише йонів Ca^{2+} у воді господарсько-побутового призначення, оскільки ця вода не має прямого харчового застосування, а вміст йонів кальцію залежить від морфології ґрунтів та інтенсивності біологічних процесів у воді.

Для аналізу показників якості та безпеки води різного призначення була застосована група методів хімічного та фізико-хімічного аналізу, які регламентовані нормативними документами [17]. Був проведений порівняльний аналіз водопровідної води централізованого водопостачання, коодязної води та поверхневої води деяких річок Чернігівської області, яка має культурно-побутове водокористування і може бути використаня для купання, годування худоби, поливу сільгоспділянок тощо.

5.2. Кисотно-основні характеристики природних вод та їх аналіз

В даному дослідженні методи кислотно-основного титрування рекомендовані для визначення карбонатної лужності води. Оскільки цей показник є складовою показника загальної твердості води, то, ймовірно, його значення будуть мати динаміку, як при аналізі твердості води.

Встановлені відмінності у показниках к питної води, так і поверхневих вод (табл.5.2.1-5.2.2). При аналізі води питної м. Чернігова з групи централізованого водопостачання (табл. 5.2.1.), незважаючи на те, що даний показник для води питної не регламентований, нами встановлено, що він не виходить за межі гігієнічних норм (0,5-6,5 ммоль-екв $\text{HCO}_3^-/\text{дм}^3$)

Таблиця 5.2.1.

Показники лужності води (не регламентований ДСанПіН)

Вода водопровідна				
Джерело води	вул. І.Мазепи (р-н ДК Хіміки) ВНС-1 «Ялівщина», Бучакський горизонт (Pg) 95-120 м., Нижньокрейдвий горизонт 705-750 м.	вул. Г. Полуботка,53 (НУЧК) ВНС-3 «Бобровиця», Бучакський горизонт (Pg) 117-139 м., Нижньокрейдвий горизонт 720-750 м.	вул. Пухова (Епіцентр) ВНС-3 «Бобровиця», Бучакський горизонт (Pg) 117-139 м., Нижньокрейдвий горизонт 720-750 м.	вул. І. Мазепи, 100 ВНС-5 «Хімволокно», Бучакський горизонт (Pg) 100-120 м
Загальна лужність води, ммоль-екв/дм ³	4,78±0,32	4,21±0,28	3,77±0,24	5,74±0,41

Що стосується води поверхневої (табл.5.2.2), то встановлено, що всі показники відповідають нормативним вимогам, при цьому найменші значення

характерні для р.Слот, р.Перелюбка та р. Снов до ГЕС. В усіх трьох варіантах показники карбонатної лужності не перевищували 2,0 ммоль-екв $\text{HCO}_3^-/\text{дм}^3$ води. Певним чином, ймовірно, це пов'язане із найменшими значеннями загальної твердості води. Тобто вода р. Слот, Перелюбка та Снов характеризується найменшими показниками загальної мінералізації.

Таблиця 5.2.2.

Показники лужності води (норматив до 6,5 ммоль-екв/дм³)

Вода поверхнева								
Джерело води	р..Білоус	р.Десна	р. Стрижень	р.Снов (до ГЕС) с. Седнів	р.Снов (після ГЕС) с.Седнів	р. Перелюбка	р. Слот	Колодязь с.Перелюб
Загальна лужність води, ммоль-екв/дм ³	4,83±0,32	3,68±0,26	4,06±0,34	1,91±0,12	1,99±0,14	1,64±0,09	1,17±0,07	0,93±0,05

5.3. Методи редоксиметрії при аналізі якості поверхневих вод

В даній роботі для аналізу якості та безпечності води було використано дві методики, які охоплюють групу методів редоксиметрії. А саме йодометричне визначення загального кисню за Вінклером та перманганатометричне визначення окисненості води.

Перш за все, при відборі води була зроблена фіксація кисню шляхом додавання до зразків солей мангану (II) та лужного розчину калію йодиду. В подальшому, як показано і Розділах 3 та 4 цю води ми використовували для визначення вмісту розчинного кисню.

У табл. 5.3.1. показані дані щодо вмісту кисню у поверхневих водах, оскільки санітарні норми не вимагають визначення даного показника у питній воді централізованого водопостачання.

Таблиця 5.3.1.

Вміст розчинного кисню у воді (норматив не менш 6,0 мгО₂/дм³)

Вода поверхнева								
Джерело води	р. Білоус	р. Десна	р. Стрижень	р. Снов (до ГЕС) с. Седнів	р. Снов (після ГЕС) с. Седнів	р. Перелюбка	р. Слот	Колодязь с. Перелюб
мгО ₂ /дм ³	8,57±0,64	9,81±0,72	6,37±0,53	9,44±0,65	10,03±0,68	7,97±0,57	6,81±0,48	8,92±0,63
Рівень забруднення води і клас якості	Помірно забруднена, III клас	Помірно забруднена, III клас	Забруднена, IV клас	Помірно забруднена, III клас	Помірно забруднена, III клас	Забруднена, IV клас	Забруднена, IV клас	Помірно забруднена, III клас

Встановлено, що всі досліджувані зразки відповідають вимогам щодо вмісту розчинного кисню, при цьому найбільше значення - 10,03 мгО₂/дм³ - характерне для р. Снов після ГЕС, яка підвищує даний показник з 9,44 мгО₂/дм³. Найменш забезпечені киснем р. Стрижень (6,37 мгО₂/дм³) та р. Слот (6,81 мгО₂/дм³).

Слід відмітити, що вміст кисню у р. Десна після нещодавніх забруднень (вересень 2024 р.) стабілізувався та становить 9,81 мгО₂/дм³, хоча у вересні за даними хімлабораторії КП «Водоканалу» цей показник становив 5,9 мгО₂/дм³.

Також нами проаналізовані класи якості води за вмістом розчинного кисню. Встановлено, що всі зразки відповідають III-IV класам якості води та можуть бути охарактеризовані як «помірно забруднені води» та «забруднені».

При аналізі води на вміст легкоокиснюваних речовин (перманганатна окиснюваність) також аналізувались зразки поверхневих вод, оскільки цей показник також не є нормативним щодо питної води.

Встановлені відмінності по перманганатної окиснюваності по поверхневим водам (табл. 5.3.2.).

Таблиця 5.3.2.

Перманганатна окиснюваність(норматив для поверхневих вод 2,0-8,0 мгО₂/дм³)

Вода поверхнева								
Джерело води	р..Білоус	р.Десна	р. Стрижень	р.Снов (до ГЕС) с. Седнів	р.Снов (після ГЕС) с.Седнів	р. Перелюбка	р. Слот	Колодязь с.Перелюбка
мгО ₂ /дм ³	5,54±0,35	-	-	8,88±0,58	9,05±0,62	6,91±0,43	9,54±0,71	3,51±0,24

Встановлено забруднення води р. Снов та р. Слот легкоокиснюваними органічними та неорганічними сполуками, при цьому у р. Снов перевищення є як до, так і після ГЕС. р. Слот має перевищення за даним показником межі норми на 19,28 % . Щодо р. Снов перевищення відповідно становить 11,0 та 11,6 %.

5.4. Методи осаджувального титрування як критерій відповідності води вимогам якості

Для оцінки якості та безпечності води методом прямого аргентометричного титрування (метод Мора) було визначено загальний вміст хлорид-йонів, основну частку з яких становлять неорганічні хлорид-йони.

Показано (табл. 5.4.1-5.4.2.) суттєві відмінності за цим показником між питною та поверхневою водою.

Встановлено, що вода ВНС 1,2 та 3 м. Чернігова дуже якісна з точки зору вмісту хлоридів, причому найбільш тверда вода – ВНС-5 – характеризується найменшим значенням солоності – 9,45 мг/дм³.

Таблиця 5.4.1.

Вміст хлорид-йонів у воді (норматив до 250 мг/дм³)

Вода водопровідна				
Джерело води	вул. І.Мазепи (р-н ДК Хіміки) ВНС-1 «Ялівщина», Нижньокрейдний горизонт 705-750 м.	вул. Г. Полуботка,53 (НУЧК) ВНС-3 «Бобровиця», Нижньокрейдний горизонт 720-750 м.	вул. Пухова (Епіцентр) ВНС-3 «Бобровиця», Нижньокрейдний горизонт 720-750 м.	вул. І. Мазепи, 100 ВНС-5 «Хімволокно», Бучакський горизонт (Pg) 100-120 м
мг/дм ³	23,79 ±1,85	28,05 ±2,14	27,34 ±1,97	9,45 ±0,76

Останнє може бути пов'язане з геологічними особливостями Бучакського горизонту (глибина 100-120 м).

Поверхневі води теж відрізняються вмістом хлорид-йонів (табл.

Таблиця 5.4.2.

Вміст хлорид-йонів у воді (ГДК до 300 мг/дм³)

Вода поверхнева								
Джерело води	р..Білоус	р.Десна	р. Стрижень	р.Снов (до ГЕС) с. Седнів	р.Снов (після ГЕС) с.Седнів	р. Перелюбка	р. Слот	Колодязь с.Перелюб
мг/дм ³	26,36±2,12	18,19±1,14	64,79±5,53	21,3±1,76	22,72±1,84	37,63±2,14	13,85±1,12	30,89±2,27

Встановлено (табл.5.4.2.), що в усіх зразках вміст хлорид-йонів значно менше ГДК та коливається в межах 18-64 мг/дм³. Найбільшим вмістом хлорид-йонів характеризується р. Стрижень, що може бути пов'язане з її протіканням крізь м. Чернігів та можливість забруднення за рахунок інфраструктури міста.

5.5. Методи комплексонометричного титрування при аналізі якості води

Методом прямого комплексонометричного титрування встановлені відмінності у кількісному значенні як загальної твердості води, так і йонів Ca²⁺ та Mg²⁺ (табл. 5.5.1):

Таблиця 5.5.1

Показники загальної твердості води (норматив до 7,0 ммоль-екв/дм³)

Вода водопровідна				
Джерело води	вул. І.Мазепи (р-н ДК Хіміки) ВНС-1 «Ялівщина», Бучакський горизонт (Pg) 95-120 м., Нижньокрейдвий горизонт 705-750 м.	вул. Г. Полуботка,53 (НУЧК) ВНС-3 «Бобровиця», Бучакський горизонт (Pg) 117-139 м., Нижньокрейдвий горизонт 720-750 м.	вул. Пухова (Епіцентр) ВНС-3 «Бобровиця», Бучакський горизонт (Pg) 117-139 м., Нижньокрейдвий горизонт 720-750 м.	вул. І. Мазепи, 100 ВНС-5 «Хімволокно», Бучакський горизонт (Pg) 100-120 м
Загальна твердість води (ммоль-екв/дм ³)	2,85 ± 0,017	1,47 ± 0,011	1,85 ± 0,012	6,55 ± 0,032
Вміст йонів Ca ²⁺ (мг/дм ³)	17,20 ± 2,24	12,40 ± 1,75	17,00 ± 1,25	91,80 ± 7,24
Вміст йонів Mg ²⁺ (мг/дм ³)	24,0 ± 2,14	10,32 ± 0,97	12,0 ± 0,96	23,72 ± 1,86

Показано, що за показниками загальної твердості всі зразки відповідають нормативним вимогам, проте є суттєва різниця між різними ВНС м. Чернігова. Так, вода з ВНС-3 «Бобровиця» характеризується як дуже м'яка, проте зразки з ВНС-5 «Хімволокно» мають значення наближене до вищої межі – 6,55 ммоль-екв/дм³. Показники інших зразків дозволяють воду оцінювати як м'яку та корисну для користування в побуті в якості яку питної води, так і води для технічних потреб (пральні машини, котли опалення тощо). Вода з ВНС-5 «Хімволокно» потребує тривалого кип'ятіння та раніше нами вже показано [48], що для зниження загальної твердості з 6,5 до 1,5 необхідно 30 хвилин кип'ятіння.

Що стосується вмісту катіонів Ca^{2+} та Mg^{2+} , то їх вміст значно менше токсичних рівнів, а лише показник ВНС-5 «Хімволокно» при вмісті йонів кальцію 91,8 мг/дм³ може бути охарактеризований як найбільш небезпечний, оскільки це становить майже 50% від ГДК для водойм рибогосподарського призначення.

Цікава динаміка спостерігається при аналізі показників загальної, кальцієвої та магнієвої твердості при аналізі води поверхневої та колодязної (табл. 5.5.2.).

Встановлено, що більшість зразків поверхневих вод відповідають гігієнічним вимогам та не перевищують показник 7,0 ммоль-екв/дм³, за виключенням р. Білоус загальна твердість води якої перевищує граничне значення на 3 %, що є статистично невірогідним. Також загальна твердість води р. Стрижень має наближене до верхньої межі значення - 6,8 ммоль-екв/дм³. Воду інших річок та колодязну можна характеризувати як м'яку та середньої твердості. Це ж стосується й вмісту йонів Ca^{2+} та Mg^{2+} . Показники вмісту йонів кальцію становлять майже 50% від ГДК для води р.Білоус та р.Стрижень. Щодо вмісту йонів магнію, його найбільші показники також характерні для р.Білоус та р.Стрижень.

Таблиця 5.5.2.

Показники загальної твердості води (норматив до 7,0 ммоль-екв/дм³)

Вода поверхнева								
Джерело води	р.Білоус	р.Десна	р. Стрижень	р.Снов (до ГЕС) с. Седнів	р.Снов (після ГЕС) с.Седнів	р. Перелюбка	р. Слот	Колодязь с.Перелюб
Загальна твердість води, ммоль-екв/дм ³	7,21±0,54	4,8±0,43	6,8±0,61	4,44±0,33	4,40±0,29	3,15±0,22	2,1±0,17	3,03±0,23
Вміст йонів Са ²⁺ (мг/дм ³)	89,8±6,72	58,8±4,24	76,4±5,98	46,00±3,86	47,2±2,94	39,80±2,12	21,40±1,14	34,00±2,84
Вміст йонів Mg ²⁺ (мг/дм ³)	32,64±2,45	22,32±1,12	35,76±2,85	25,68±1,92	24,48±1,46	13,92±0,85	12,48±0,64	15,96±1,14

5.6. Фізико-хімічні методи аналізу води та особливості їх застосування

Серед фізико-хімічних методів регламентованих нормативними документами був застосований метод абсорбційної спектроскопії, а саме фотоколориметрія, а також потенціометричний метод аналізу. Ці методи був використані для визначення вмісту загального ферума, йонів амонію та рН водного середовища.

5.6.1. Фотоколориметричне визначення загального ферума у воді

Визначення загального ферума (заліза) регламентовано як для питної, так і поверхневої води.

Встановлені показники також представлені для питної води ЦВП (табл. 5.6.1.1) та поверхневих вод (табл. 5.6.1.2).

Таблиця 5.6.1.1.

Вміст загального ферума у воді (норматив до 0,2 мг/дм³)

Вода водопровідна				
Джерело води	вул. І.Мазепи (р-н ДК Хіміки) ВНС-1 «Ялівщина», Нижньокрейдвий горизонт 705-750 м.	вул. Г. Полуботка,53 (НУЧК) ВНС-3 «Бобровиця», Нижньокрейдвий горизонт 720-750 м.	вул. Пухова (Епіцентр) ВНС-3 «Бобровиця», Нижньокрейдвий горизонт 720-750 м.	вул. І. Мазепи, 100 ВНС-5 «Хімволокно», Бучакський горизонт (Pg) 100-120 м
мг/дм ³	0,157±0,012	0,297±0,032	0,219±0,015	0,203±0,025

Встановлено незначне перевищення показника допустимих норм на ВНС-3 «Бобровиця»: точка відбору НУЧК імені Т.Г.Шевченка (вул. Гетьмана Полуботка,53) на 48,5 %, точка відбору р-н ТК «Епіцентру» на 9,5% та невірогідне перевищення на ВНС-5 «Хімволокно» (вул. Мазепи, 100). ВНС-1 «Ялівщина» характеризується допустимим вмістом сполук ферума, що менше норми (0,157 мг/дм³).

Щодо поверхневої та колодязної води (табл. 5.6.1.2.) відмічаємо, що перевищення вмісту загального ферума мають місце для р. Снов (до та після ГЕС), р.Стрижень та р.Перелюбка.

Показники більшості річок та вода колодязна в межах норми, за виключенням р. Білоус, де вміст загального ферума перевищує ГДК на 8%. Також звертають увагу показники р.Снов, які у порівнянні до та після ГЕС збільшилися на 67,5%.

Таблиця 5.6.1.2.

Вміст загального ферума у воді(для поверхневих водойм госп.-побут. призначення ГДК 0,3 мг/дм³)(для колодязів ГДК 1,0 мг/дм³)

Вода поверхнева								
Джерело води	р. Білоус	р. Десна	р. Стрижень	р. Снов (до ГЕС) с. Седнів	р. Снов (після ГЕС) с. Седнів	р. Перелюбка	р. Слот	Колодязь с. Перелюб
мг/дм ³	0,324±	0,244±	0,265±	0,259±	0,434±	0,284±	0,275±	0,259±
	0,025	0,018	0,024	0,022	0,035	0,031	0,016	0,09

Ймовірно, це пов'язане із впливом технічних гідросистем ГЕС. Крім того, за впливу ГЕС показники перевищують ГДК на 44,7%.

5.6.2. Фотоколориметричне визначення йонів амонію у воді.

Як відмічене вище, вміст йонів амонію відбиває погіршення санітарного стану водного об'єкту, процесу забруднення поверхневих і підземних вод, у першу чергу, побутовими і сільськогосподарськими стоками [5].

Встановлені відмінності вмісту сполук амонію як в питної, так і поверхневій воді (табл. 5.6.2.1 та 5.6.2.2.).

Показано перевищення вмісту сполук амонію в усіх зразках питної води у 1,5, 2 та майже у 3 рази у воді ВНС-3 «Бобровиця» у обох варіантах точок відбору. Ймовірно це пов'язане із зношеністю каналізаційних мереж та вторинним забрудненням за рахунок корозії водогонів.

Таблиця 5.6.2.1.

Вміст йонів амонію у воді (норматив до 0,5 мг/дм³)

Вода водопровідна				
Джерело води	вул. І.Мазепи (р-н ДК Хіміки) ВНС-1 «Ялівщина», Нижньокрейдвий горизонт 705-750 м.	вул. Г. Полуботка,53 (НУЧК) ВНС-3 «Бобровиця», Нижньокрейдвий горизонт 720-750 м.	вул. Пухова (Епіцентр) ВНС-3 «Бобровиця», Нижньокрейдвий горизонт 720-750 м.	вул. І. Мазепи, 100 ВНС-5 «Хімволокно», Бучакський горизонт (Pg) 100-120 м
мг/дм ³	0,75±0,053	1,4±0,094	1,37±0,12	0,79±0,064

Останнє може призводити до погіршення органолептичних властивостей води і свідчити про можливість бактеріального зараження середовища, проте у глибоких підземних водах, можлива присутність амонію, що утворився за рахунок відновлення нітратів при відсутності кисню. В цьому випадку аміак не вказує на недоброякісність води [4].

Таким чином, у випадку води водопровідної м. Чернігова, яка добувається зі свердловин глибиною 100-750 м підвищення вмісту сполук амонію не свідчить про погіршення якості води. Результати досліджень поверхневих та колодязних вод показані на табл. 5.6.2.2.

Таблиця 5.6.2.2.

Вміст йонів амонію у воді (ГДК 2,6 мг/дм³)

Вода поверхнева								
Джерело води	р. Білоус	р. Десна	р. Стрижень	р. Снов (до ГЕС) с. Седнів	р. Снов (після ГЕС) с. Седнів	р. Перелюбка	р. Слот	Колодязь с. Перелюб
мг/дм ³	1,62±0,11	1,29±0,09	2,09±0,14	1,19±0,08	1,095±0,07	1,18±0,065	1,24±0,08	0,79±0,06

Щодо поверхневих вод та колодязної води не відмічене перевищень по даному показнику, що свідчить про відсутність у точках відбору проб змивів азотних добрив з полів, ферм, побутового забруднення, каналізаційних стоків.

5.6.3. Визначення рН води потенціометричним методом

Потенціометричний метод визначення рН відноситься к найбільш експресним. Даний аналіз можна виконувати під час відбору проб при наявності в рН-метрі термокомпенсатора.

Проаналізовані показники кислотності як питної, так і поверхневих вод, що регламентовано вимогами нормативних документів.

На табл. 5.6.3.1 показані результати дослідження рН водопровідної води м. Чернігова.

Таблиця 5.6.3.1.

Показники кислотності (рН) води (норматив 6,5-8,5)

Вода водопровідна				
Джерело води	вул. І.Мазепи (р-н ДК Хіміки) ВНС-1 «Ялівщина», Нижньокрейдвий горизонт 705-750 м.	вул. Г. Полуботька,53 (НУЧК) ВНС-3 «Бобровиця», Нижньокрейдвий горизонт 720-750 м.	вул. Пухова (Епіцентр) ВНС-3 «Бобровиця», Нижньокрейдвий горизонт 720-750 м.	вул. І. Мазепи, 100 ВНС-5 «Хімволокно», Бучакський горизонт (Pg) 100-120 м
рН	7,37±0,04	7,32±0,02	7,05±0,01	7,08±0,02

Встановлено, що всі показники відповідають нормам а мають слабо лужне середовище, що є нормальним та природним.

Таблиця 5.6.3.2.

Показники кислотності (рН) води (норматив 6,5-8,5)

Вода поверхнева								
Джерело води	р. Білоус	р. Десна	р. Стрижень	р. Снов (до ГЕС) с. Седнів	р. Снов (після ГЕС) с. Седнів	р. Перелюбка	р. Слот	Колодязь с. Перелюб
рН	7,58±0,03	7,64±0,05	7,26±0,04	6,76±0,03	7,16±0,03	7,69±0,05	7,52±0,04	7,75±0,03

Відмічаємо, що всі зразки відповідають вимогам, при цьому найменше значення мають показники р. Снов до та після ГЕС : 6,76 та 7,16. Усі інші характеризуються слабкою лужністю, що також є нормальним для поверхневих та колодязних вод.

ВИСНОВКИ:

1. Проведений порівняльний аналіз показників, їх допустимих меж на основі аналізу нормативних документів. Показано, що у поверхневих водах не рекомендується визначення лише йонів Ca^{2+} у воді господарсько-побутового призначення, а для питної води з централізованого джерела та колодязів не регламентується визначення вмісту йонів Ca^{2+} та Mg^{2+} , карбонатної лужності та вмісту розчиненого кисню.
2. За показниками твердості питна вода м. Чернігова характеризується як м'яка та помірної твердості, проте вода р. Білоус та Стрижень містить кількість солей кальцію та магнію на рівні близько 50% від ГДК, що може бути небезпечним для гідробіонтів.
3. Показники кислотності (рН) води та карбонатної лужності в усіх варіантах дослідження знаходяться у межах гігієнічних норм, при цьому найменшим значенням лужності та, відповідно, найбільшими значеннями рН характеризується вода колодязна.
4. Показники вмісту хлорид-йонів усіх досліджуваних вод характеризуються низькими значеннями, які суттєво не змінюються як у питній, так і поверхневій воді. Слід відмітити вододжерело ВНС-5 «Хімволокно» м. Чернігова, яке має найменший показник, що, ймовірно, пов'язане із геологічними особливостями Бучакського водоносного горизонту.
5. За вмістом загального феруму встановлено перевищення показника на 48,5% з ВНС-3 «Бобровиця» (точка відбору НУЧК імені Т.Г.Шевченка). Вода Білоус характеризується незначним перевищенням ГДК. Звертаємо увагу на показники р.Снов, які у порівнянні до та після ГЕС збільшилися на 67,5%. Крім того, за впливу ГЕС показники перевищують ГДК на 44,7%
6. Показано перевищення вмісту сполук амонію в усіх зразках питної води у 1,5, 2 та майже у 3 рази у воді ВНС-3 «Бобровиця» у обох варіантах точок відбору проб, при цьому показники поверхневих вод не перевищують ГДК, що

свідчить про відсутність у точках відбору проб змивів азотних добрив з полів, ферм, побутового забруднення, каналізаційних стоків.

7. Найменшим вмістом розчинного кисню характеризується вода р. Стрижень (м. Чернігів, р-н Білого моста), а найбільшим – зразки води р. Снов після ГЕС, що свідчить про наявність у воді надлишкової органічної складової.

8. За показником перманганатної окиснюваності найменш забрудненою органічними сполуками є вода колодязна (с. Перелюб) та р. Білоус (р-н водоспаду), а найбільш забрудненими – р. Слот та р. Снов (після ГЕС) з відповідними показниками, що не відповідають вимогам ДСТУ 4808:2007.

9. Для оцінки показників якості та безпечності питної води та поверхневих мало забруднених вод рекомендуємо використовувати методи кислотно-основного, окисно-відновного, осаджувального та комплексометричного титрування, а для визначення показників токсикологічної групи – методи абсорбційної спектроскопії як більш точні та експресні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Азот – як необхідний елемент для живлення рослин. URL: <https://agrotest.com/article/azot-yak-neobhidnyj-element-dlya-zhyvlennya-roslyn>.
2. Алексєєв С. О. Хімія комплексних сполук: навч. посіб. / С. О. Алексєєв. — К. ВПЦ «Київський університет», 2010. 159 с.
3. Аміак у питній воді. URL: <https://galycka-gromada.gov.ua/news/1667805463/>.
4. Амоній у питній воді та його вплив на людський організм. URL: <https://bogo-rada.gov.ua/?p=15869>
5. Бабієнко В.В., Мокієнко А.В. Гігієна води та водопостачання населених місць: навч. посіб. Одеса: Прес-кур'єр, 2021. С.300.
6. Біла Т.А., Ляшенко Є.В., Охріменко О.В. Комплексонометричний метод визначення загальної твердості поверхневих вод. *Водні біоресурси та аквакультура*. Вип. 1. Херсон: URL: www.wrajournal.ksauniv.ks.ua, 2020. – С. 103 – 110.
7. Боголюбов В.М., Клименко М.О., Мокін В.Б. та ін. Моніторинг довкілля: підручник. Вінниця: ВНТУ, 2010. 232 с.
8. Визначення вмісту кисню у воді. URL: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/390418/mod_resource/content/1/Визначення%20вмісту%20кисню%20у%20воді.pdf.
9. Визначення хімічних показників якості води. URL: <https://vseosvita.ua/library/embed/0100duet-d74f.docx.html#:~:text=Визначення%20лужності%20води%20грунтується%20на,з%20зеленувато-блакитного%20на%20сірій>.
10. Вимоги до якості питної води URL: <https://aquatoria.kiev.ua/uk/bloh/burinnia-sverdlovyn/1444-vymohy-do-iaкости-pytnoi-vody>.

11. Вимоги до якості питної води. URL: <https://ecosoft.ua/ua/blog/trebovaniya-k-kachestvu-pitevoy-vody/?srs>.
12. Вода є одним з найважливіших елементів довкілля. URL: <https://dpss-ks.gov.ua/novini>.
13. Герасимова В.І., Смольський О.С. Критерії якості та безпеки природних вод та аналітичні методи їх оцінки. *Крок у науку: дослідження у галузі природничо-математичних дисциплін та методик їх навчання* : збірник тез доповідей Чернігів : НУЧК імені Т. Г. Шевченка, 2024. С. 38-39.
14. Гігієна води. Вимоги до реалізації фасованої питної води. <https://dp.dpss.gov.ua/news/hihiiena-vody-vymohy-do-realizatsii-fasovanoi-pytnoi-vody#:~:text=Відповідно%20до%20ДСанПіН%202.2.4,властивості%20та%20нешкідливий%20хімічний%20склад>.
15. Горєв Л. М., Пелешенко В. І., Хільчевський В. К. Гідрохімія України: посібник. Київ: Вища школа, 1995. 307 с.
16. Державне агентство водних ресурсів України: Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України.. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index>.
17. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною"(ДСанПіН 2.2.4-171-10): Наказ Міністерства охорони здоров'я України 12.05.2010 N 400 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.
18. ДСанПіН 2.2.4-171-22: Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною/ URL: <https://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2022/05/2042.pdf> С.6-10.
19. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання URL: <https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id>.

20. ДСТУ ISO 5667-4:2003 Якість води. Відбирання проб. Частина 4. Настанови щодо відбирання проб із природних та штучних озер. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc.
21. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. Метод визначення загальної жорсткості. *Інформаційний бюлетень БУДСТАНДАРТ Online*. Вип.№4, 2023 р.
22. ДСТУ ISO 7150-1:2003 Якість води. Визначення амонію. Частина 1. Ручний спектрометричний метод (ISO 7150/1:1984, IDT. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc).
23. ДСТУ ISO 9297:2007 Якість води. Визначення хлоридів. Титрування нітратом срібла із застосуванням хромату як індикатору (метод Мора). URL: <https://csm.kiev.ua/nd/nd.php?b=1&l=33329>.
24. Експертний центр: Вимоги до якості питної води URL: <https://expertcentr.com.ua/uk/vymogu-do-yakosti-pytnoi-vody/> (дата звернення: 11.12.2023).
25. Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: підручник. Київ: Академія, 2006. 360 с.
26. Кур'янова С.О, Юрасов С.М. Рекомендації щодо вдосконалення оцінки (класифікації) якості вод господарсько-питного призначення за вітчизняними нормами на прикладі р. Дунай – м. Вилкове. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. №11. С. 34-44. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Uggj_2012_11_6.
27. Лалак Н., Походило Є. Аналіз методів визначення загальної твердості води. *Вимірювальна техніка та метрологія*. 2009. № 70. С. 179–180.
28. Ломницька Я.Ф., Василечко В.О., Чихрій С.І. Склад та хімічний контроль об'єктів довкілля: Навч. посібник. Ломницька Я.Ф., Василечко В.О., Чихрій С.І. – Львів: —Новий Світ-2000, 2013. – 589 с.
29. Лановенко О. Г., Остапішина О. О. Хімічний склад води: навч.-метод. посіб. Херсон: ПП Вишемирський В. С., 2013. 226 с.
30. Лужність води. URL: <https://himanaliz.ua/uk/luzhnist-vodi-norma>.

31. Малина В.В., Лясота В.П, Гришко В.А. Фізичні, хімічні та біологічні показники якості води: метод. вказівки . Біла Церква, 2014. С. 12-45.
32. Коновалова О. О., Андрейко Г. П. Мікроелементи та здоров'я: метод. посіб. Харків. ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2012. 40 с.
33. Мандрик Б.М., Чомко Д.Ф., Чомко Ф.В. Гідрогеологія. – Київ.: ВПЦ Київський університет. 2005. 243 с.
34. Мислюк О.О. Основи хімічної екології: навч. посіб. Київ: Кондор, 2012. 660 с.
35. На що вказує перманганатна окиснюваність. URL: <https://galyska-gromada.gov.ua/news/1688645899/>.
36. Наказ № 383 від 23.12.1996 Про затвердження Державних санітарних правил і норм "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання". URL: https://zakononline.com.ua/documents/show/185247_185312.
37. Національний стандарт України. Якість води. Визначання лужності. Частина 2. Визначання карбонатної лужності). ДСТУ ISO 9963-2:2007. Київ:Держспоживстандарт України, 2010. 6 с.
38. Нінова Т.С. Аналітична хімія навколишнього середовища: навч. посібник. Черкаси: Черкаськ. нац. ун-т імені Богдана Хмельницького, 2014. С.20-59.
39. Показники вмісту природних та антропогенних компонентів. URL:osvita.ua/vnz/reports/ecology/21231/.
40. Посудін Ю. І. Моніторинг довкілля з основами метрології: підручник. – К.: 2012. – С. 296-310.
41. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#Text>.
42. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною": Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12 травня 2010 року № 400. URL:

https://ips.ligazakon.net/document/re17747?an=2&scop=2&fcop=95920&ed=000_00_00.

43. Про внесення змін до наказу Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 р. URL: <https://drs.gov.ua/wp-content/uploads/2022/05/2042.pdf>
44. Ризик захворювання на водно-нітратну метгемоглобінемію. URL: <https://phc.org.ua/news/nadzichayna-situaciya-na-khersonschini-rizik-zakhvoryuvannya-na-vodno-nitratnu>.
45. Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксінюк О. П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. Київ : Символ, 1998. 28 с.
46. Севальнев А.І., Сушко Ю.Д., Торгун В.П та ін. Санітарно-гігієнічна експертиза: навч.-метод. посібник. Запоріжжя:ЗДМУ, 2014. 148 с.
47. Сегеда А.С. Аналітична хімія. Кількісний аналіз:навч. посіб. Київ: Фітосоціоцентр, 2006. 544 с.
48. Смольський О.С., Суханова М.О. Твердість як показник якості води та методи її визначення і усунення. *Modern technologies among us in the environment: Abstracts of XXIV International Scientific and Practical Conference, June 17-19, 2024, Rome,Italy*. Pp. 55-58.
49. Тарасова В.В. Екологічна статистика (з блочно-модульною формою контролю знань): навч. підр. Київ: Центр учбової літератури, 2008. 392 с.
50. Укрінтерн:Вода для системи опалення. URL: <https://ukrinterm.com.ua/ua/statti/52/715/>.
51. Фізична хімія: Методичні вказівки для самостійної роботи студентів напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія» усіх форм навчання / Уклад.: Г.А. Рудницька, Т.А. Каменська, Т.В. Кірсенко, І.О. Ренський. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. 60 с.
52. Хільчевський В. К., Пелешенко В. І. Методи визначення хімічного складу природних вод /. К. : Київ. нац. ун-т, 1993. — 98 с.

53. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії: [Архівовано 27 серпня 2021 у Wayback Machine.] Підручник. — К.: Ніка-Центр, 2012. 312 с.
54. Хільчевський В. К. Гідрохімічний словник. Київ: ДІА, 2022. 208 с.
55. Юрасов С. М. Збірник методичних вказівок з дисципліни «Методи оцінки якості природних вод» для студентів спеціальності «Екологія та охорона навколишнього середовища». Одеса : ОДЕКУ, 2011. 92 с.
56. Яцик А.В. Водогосподарська екологія. Т.3. Київ: Генеза,2004. 496 с.

Додаток А

Таблиця 1

Санітарно-хімічні показники безпеки та якості питної води

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води			Методики визначення згідно з додатком 5
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел	фасованої, з пунктів розливу та бюветів	
1	2	3	4	5	6	7
1. Органолептичні показники						
1	Запах: при t 20° С при t 60° С	бали	≤ 2 ≤ 2	≤ 3 ≤ 3	≤ 0 (2) ⁴ ≤ 1 (2) ⁴	пп. 2, 31
2	Забарвленість	градуси	≤ 20 (35) ¹	≤ 35	≤ 10 (20) ⁴	пп. 2, 39
3	Каламутність	нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм ³)	≤ 1,0 (3,5) ¹ ≤ 2,6 (3,5) ¹ - для підземного вододжерела	≤ 3,5	≤ 0,5 (1,0) ⁴	пп. 2, 38
4	Смак та присмак	бали	≤ 2	≤ 3	≤ 0 (2) ⁴	п. 2
2. Фізико-хімічні показники						
а) неорганічні компоненти						
5	Водневий показник	одиниці рН	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5 (≥ 4,5) ⁵	п. 28
6	Діоксид вуглецю	%	не визначається	не визначається	0,2 - 0,3 - для слабогазованої 0,31 - 0,4 - для середньогазованої 0,41 - 0,6 - для сильногазованої	п. 23
7	Залізо загальне	мг/дм ³	≤ 0,2 (1,0) ¹	≤ 1,0	≤ 0,2	пп. 3, 33, 64
8	Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	≤ 7,0 (10,0) ¹	≤ 10,0	≤ 7,0	п. 4
9	Загальна лужність	ммоль/дм ³	не визначається	не визначається	≤ 6,5	п. 41
10	Йод	мкг/дм ³	не визначається	не визначається	≤ 50	п. 43
11	Кальцій	мг/дм ³	не визначається	не визначається	≤ 130	п. 45
12	Магній	мг/дм ³	не визначається	не визначається	≤ 80	п. 45
13	Марганець	мг/дм ³	≤ 0,05 (0,5) ¹	≤ 0,5	≤ 0,05	пп. 11, 64

14	Мідь	мг/дм ³	≤ 1,0	не визначається	≤ 1,0	пп. 9, 64
15	Поліфосфати (за PO ₄ ³⁻)	мг/дм ³	≤ 3,5	не визначається	≤ 0,6 (3,5) ⁴	п. 19
16	Сульфати	мг/дм ³	≤ 250 (500) ¹	≤ 500	≤ 250	п. 10
17	Сухий залишок	мг/дм ³	≤ 1000 (1500) ¹	≤ 1500	≤ 1000	п. 12
18	Хлор залишковий вільний	мг/дм ³	≤ 0,5	≤ 0,5	< 0,05	п. 14
19	Хлориди	мг/дм ³	≤ 250 (350) ¹	≤ 350	≤ 250	пп. 7, 44
20	Цинк	мг/дм ³	≤ 1,0	не визначається	≤ 1,0	пп. 15, 64
б) органічні компоненти						
21	Хлор залишковий зв'язаний	мг/дм ³	≤ 1,2	≤ 1,2	< 0,05	п. 14
3. Санітарно-токсикологічні показники						
а) неорганічні компоненти						
22	Алюміній**	мг/дм ³	≤ 0,20 (0,50) ²	не визначається	≤ 0,1	п. 13
23	Амоній	мг/дм ³	≤ 0,5 (2,6) ¹	≤ 2,6	≤ 0,1 (0,5) ⁴	пп. 6, 37
24	Діоксид хлору	мг/дм ³	≤ 0,1	не визначається	не визначається	п. 54
25	Кадмій**	мг/дм ³	≤ 0,001	не визначається	≤ 0,001	п. 45
26	Кремній**	мг/дм ³	≤ 10	не визначається	≤ 10	п. 26
27	Миш'як**	мг/дм ³	≤ 0,01	не визначається	≤ 0,01	пп. 5, 66
28	Молібден**	мг/дм ³	≤ 0,07	не визначається	≤ 0,07	п. 18
29	Натрій**	мг/дм ³	≤ 200	не визначається	≤ 200	п. 45
30	Нітрати (по NO ₃)	мг/дм ³	≤ 50,0	≤ 50,0	≤ 10 (50) ⁴	пп. 6, 20
31	Нітрити**	мг/дм ³	≤ 0,5 (0,1) ³	≤ 3,3	≤ 0,5 (0,1) ⁷	пп. 6, 36
32	Озон залишковий	мг/дм ³	0,1 - 0,3	не визначається	не визначається	п. 17

33	Ртуть*	мг/дм ³	≤ 0,0005	не визначається	≤ 0,0005	пп. 27, 60
34	Свинець**	мг/дм ³	≤ 0,010	не визначається	≤ 0,010	п. 15
35	Срібло**	мг/дм ³	не визначається	не визначається	≤ 0,025	п. 15
36	Фториди**	мг/дм ³	для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5 ⁶ для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	п. 8
37	Хлорити	мг/дм ³	≤ 0,2	не визначається	не визначається	п. 44
б) органічні компоненти						
38	Поліакриламід* * залишковий	мг/дм ³	≤ 2,0	не визначається	< 0,2	п. 22
39	Формальдегід*	мг/дм ³	≤ 0,05	не визначається	≤ 0,05	п. 51
40	Хлороформ**	мкг/дм ³	≤ 60	не визначається	≤ 6	пп. 42, 50
в) інтегральний показник						
41	Перманганатна окиснюваність	мг/дм ³	≤ 5,0	≤ 5,0	≤ 2,0 (5,0) ⁴	п. 24

Додаток Б

Таблиця 2

Показники фізіологічної повноцінності мінерального складу питної води

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи	Методики визначення
1	Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	1,5 - 7,0	п. 4
2	Загальна лужність	ммоль/дм ³	0,5 - 6,5	п. 41
3	Йод	мкг/дм ³	20 - 30	п. 43
4	K ⁺	мг/дм ³	2 - 20	п. 26
5	Ca ²⁺	мг/дм ³	25 - 75	п. 45
6	Mg ²⁺	мг/дм ³	10 - 50	п. 45
7	Na ⁺	мг/дм ³	2 - 20	п. 45
8	Сухий залишок	мг/дм ³	200 - 500	п. 12
9	F ⁻	мг/дм ³	0,7 - 1,2	п. 8

Додаток В

Таблиця 3

Показники епідемічної безпеки питної води

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води			Методики визначення згідно з додатком 5
			водопровідної, з пунктів розливу та бюветів	з колодязів та каптажів джерел	фасованої	
1	2	3	4	5	6	7
1. Мікробіологічні показники						
1	Загальне мікробне число при t 37° С - 24 год*	КУО/см ³	≤ 100 (≤ 50)**	не визначається	≤ 20*****	пп. 48, 57
2	Загальне мікробне число при t 22° С - 72 год	КУО/см ³	не визначається	не визначається	≤ 100*****	
3	Загальні колиформи***	КУО/100 см ³	відсутність	≤ 1	відсутність	пп. 48, 56
4	E.coli***	КУО/100 см ³	відсутність	відсутність	відсутність	п. 48
5	Ентерококи***	КУО/100 см ³	відсутність	не визначається	відсутність	п. 58
6	Синьогнійна паличка (Pseudomonas aeruginosa)	КУО/100 см ³	не визначається	не визначається	відсутність	п. 52
7	Патогенні ентеробактерії	наявність в 1 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність	п. 48
8	Коліфаги****	БУО/дм ³	відсутність	відсутність	відсутність	п. 48
9	Ентеровіруси, аденовіруси, антигени ротавірусів, реовірусів, вірусу гепатиту А та інші	наявність в 10 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність	п. 47
2. Паразитологічні показники						
10	Патогенні кишкові найпростіші: ооцисти криптоспоридій, ізоспор, цисти лямблій, дизентерійних амеб, балантидія кишкового та інші	клітини, цисти в 50 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність	п. 49
11	Кишкові гельмінти	клітини, яйця, личинки в 50 дм ³	відсутність	відсутність	відсутність	п. 49

Додаток Г

Таблиця 4

Показники питомої сумарної альфа- і бета-активності питної води

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи	Методики визначення згідно з додатком 5
1	Сумарна альфа-активність	Бк/дм ³	≤ 0,1	п.п. 40, 53
2	Сумарна бета-активність	Бк/дм ³	≤ 1,0	п. 53

Таблиця 5

Радіаційні показники безпечності питної води

N з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи	Методики визначення згідно з додатком 5
1	2	3	4	5
1	Сумарна активність природної суміші ізотопів U	Бк/дм ³	≤ 1	п. 53
2	Питома активність ²²⁶ Ra	Бк/дм ³	≤ 1	п. 53
3	Питома активність ²²⁸ Ra	Бк/дм ³	≤ 1	п. 53
4	Питома активність ²²² Rn	Бк/дм ³	≤ 100	п. 53
5	Питома активність ¹³⁷ Cs	Бк/дм ³	≤ 2	п. 53
6	Питома активність ⁹⁰ Sr	Бк/дм ³	≤ 2	п. 53

Додаток Д

САНІТАРНИЙ ПАСПОРТ

(назва інженерної споруди нецентралізованого питного водопостачання населення
(бювет, колодязь чи каптаж джерела))

від "___" _____ 20__ року

Місцезнаходження споруди:

вулиця _____

населений пункт _____

район _____

область _____

1. Загальні відомості:

1.1 власник _____;

1.2 кількість водокористувачів _____;

1.3 дата введення в експлуатацію _____;

1.4 дата останнього ремонту _____.

2. Технічні характеристики**2.1. Місце розташування водозабору:**

глибина (м) _____;

водоносний горизонт _____;

ємність чи об'єм камери накопичення (м³) _____;

дебіт (м³/добу) _____.

2.2. Влаштування бювету:

глибина статичного рівня води в свердловині _____;

зміна рівня води в свердловині протягом часу її експлуатації, характер, величина та можлива причина _____;

улаштування оголовка свердловини _____;

тип розподільної колонки, наявність павільйону тощо _____;

перелік обладнання та пристроїв, що використовуються, їх характеристика _____.

2.3. Влаштування шахтного колодязя:

наявність глиняного "замка" навколо колодязя, його розмір _____;

відведення стоку від колодязя _____;

огорожа _____;

навіс над колодязем _____;

зруб колодязя, його висота _____;

матеріал стінок колодязя _____;

ремонтні скоби _____;

ємність для забору води _____;

утеплення колодязя (матеріал) _____.

2.4. Влаштування трубчастого колодязя (свердловини):

глибина постійного рівня води від поверхні _____;

зміна рівня води протягом часу експлуатації, характер, величина та можлива причина _____;

матеріал стінок трубчастого колодязя, наявність фільтрів, матеріал фільтра _____;

улаштування оголовка _____;

спосіб підйому води (електричним чи ручним насосом) _____;

наявність глиняного "замка", водовідведення, підставки під ємність тощо _____.

2.5. Влаштування каптажу джерела:

наявність глиняного "замка" навколо каптажу, його радіус _____ ;
 відведення стоку від каптажу _____ ;
 огорожа каптажу _____ ;
 піддонник, кришка (люк) _____ ;
 висота горловини каптажної споруди _____ ;
 матеріал стінок, дна камери накопичення _____ ;
 технічний стан водорозбірної труби _____ ;
 переливна стіна у каптажній споруді _____ ;
 технічний стан переливної труби, водовідведення _____ ;
 ремонтні скоби, сходи _____ .

3. Санітарно-гігієнічна характеристика (на момент оформлення Санітарного паспорта):

3.1. Проведення дезінфекції споруди та знезараження води (дата, реагенти тощо)

3.2. Результати лабораторних досліджень води за мікробіологічними та санітарно-хімічними показниками, проведені установами та закладами державної санітарно-епідеміологічної служби (дата виконання, оцінка, П. І. Б. виконавця, назва лабораторії) _____

3.3. Рекомендації щодо утримання споруди, термін наступної дезінфекції, досліджень води

Власник споруди

_____ (П. І. Б.) _____ (підпис)

Посадова особа державної санітарно-епідеміологічної служби відповідної адміністративної території

_____ (найменування закладу,

_____ П. І. Б. посадової особи) _____ (підпис)

М. П.

**4. Державний санітарно-епідеміологічний нагляд за утриманням бювета, колодязя чи каптажу джерела (заповнюється щороку)
20__ рік**

4.1. Загальні дані (внести зміни по кожному пункту) _____

4.2. Технічна характеристика (внести зміни по кожному пункту)

4.3. Санітарно-гігієнічна характеристика інженерної споруди:

4.3.1. Проведення ремонтних робіт, чистки (обсяг, дата) _____

4.3.2. Проведення дезінфекції споруди та знезараження води (дата, реагенти тощо)

4.3.3. Результати лабораторних досліджень води за мікробіологічними та санітарно-хімічними показниками, проведені установами та закладами державної санітарно-епідеміологічної служби

(дата виконання, оцінка, П. І. Б. виконавця, назва лабораторії) _____

4.3.4. Рекомендації щодо утримання споруди, термін наступної дезінфекції, досліджень води

Власник споруди

_____ (П. І. Б.)

_____ (підпис)

Посадова особа державної санітарно-епідеміологічної служби відповідної адміністративної території

_____ (найменування закладу,

_____ П. І. Б. посадової особи)

_____ (підпис)

М. П.

Додаток Є

Вимоги до влаштування шахтних колодязів

Під час влаштування колодязів необхідно дотримуватись таких вимог:

1. Ізолювати колодязь від проникнення поверхневого стоку (дощових і талих вод).
2. Влаштування стінок колодязя проводити переважно монолітним залізобетоном, бетонними або залізобетонними кільцями, а за їх відсутності - керамікою, цеглою, каменем або деревом. Стінки колодязя повинні бути щільними, без шпарин.
3. Каміння для влаштування стінок колодязя повинно бути з міцних стійких порід та укладатись на цементний розчин.
4. У разі використання дерев'яних зрубів слід застосовувати колоди завтовшки не менше ніж 0,25 м, прямі, без глибоких шпарин і червоточин, не уражені грибок, витримані (заготовлені не менше ніж за 5 - 6 місяців до їх використання). При цьому перевагу необхідно надавати таким породам дерева, як модрина, вільха, в'яз чи берест, але можна застосовувати також дуб і сосну (дуб та сосна з початку експлуатації можуть надавати воді присмак та запах). Вінця надводної частини зрубу можна робити з колод або брусів сосни або ялини.
5. Підводну частину стінок колодязя потрібно заглиблювати у водоносний горизонт не більше ніж на один метр для кращого його розкриття та збільшення шару води. При слабкому водоносному потоці необхідно розширити зруб колодязя у нижній частині.
6. У разі влаштування колодязя в галькових, гравелистих ґрунтах або у скельних породах, що обвалюються, дно колодязя не закріплюють, а у стінках водоприймальної частини передбачаються створи діаметром 15 - 30 мм, розташовані у шахматному порядку через 0,2 - 0,3 м (дірчатий фільтр) для надходження води в колодязь.
У разі влаштування колодязя у піщаних ґрунтах на його дні влаштовують зворотний піщано-гравійний фільтр (із декількох шарів ретельно відмитого піску та гравію з укладанням у нижній частині фільтра дрібних фракцій 0,1 - 1,0 мм, у верхній - великих 2 - 10 мм, при цьому товщина кожного шару 0,1 - 0,15 м, загальна товщина - 0,4 - 0,5 м) або фільтр з пінобетону, а в стінках водоприймальної частини колодязя також влаштовують фільтри з пінобетону.
- У разі влаштування колодязя у відкритих котловинах на дні колодязя влаштовують гравійні фільтри.
7. Для опущення в колодязь людини з метою його чистки та ремонту в стінки колодязя необхідно вставити металеві скоби, розміщені у шахматному порядку на відстані 0,3 м одна від одної.

8. Наземна частина колодязя (оголовок), призначена для захисту шахти від забруднення та спостереження за водозабором, влаштовується не менш як на 0,8 м вище поверхні землі. З метою захисту від засмічення оголовок повинен щільно закриватись кришкою з металу чи дерева або мати залізобетонне перекриття з люком, який також закривається кришкою. Зверху оголовка влаштовують дашок, навіс або оголовок вміщують у будку.

Колодязі, закриті зверху, необхідно обладнати вентиляційною трубою, виведеною вище поверхні землі не менше ніж на 2 м, отвір слід захистити ковпаком із сіткою.

9. Для підйому води із колодязя слід застосовувати насоси (краще електрозанурювальні). Зливна труба насоса повинна мати гачок для підвішування відра. У разі неможливості застосування насоса допускається обладнання колодязя коловоротом або міцно прикріпленим "журавлем" з відром для загального користування.

Біля колодязя слід влаштовувати підставку для відер, навколо споруди повинні бути огорожа (радіусом не менше 2 м) з воротами (хвірткою) та стежка із твердим покриттям (від воріт до колодязя).

10. Для захисту колодязя від забруднення поверхневими стоками слід влаштовувати перехоплюючі канали, які відводять стоки від колодязя, навколо колодязя необхідно робити "замок" із гарно замішаної та пошарово утрамбованої глини чи масного суглинку (глибиною 2 м і шириною 1 м) або бетонувати (асфальтувати) майданчик радіусом не менше ніж 2 м на основі з щебеню товщиною 15 - 20 см та з ухилом від колодязя.

Навколо колодязя, розміщеного у водопроникаючих ґрунтах (піски, піщано-гравійні, піщано-галькові) з невеликим (2 м) покриттям супіску, суглинків, необхідно цементувати майданчик радіусом не менше ніж 2 м та з ухилом від колодязя.

Вимоги до влаштування трубчастих колодязів (свердловин)

1. За своєю будовою трубчастий колодязь є свердловиною, яка обладнана водяним фільтром, водопіднімальною трубою і насосом. Якщо ґрунт, в якому будують колодязь, дуже слабкий або глибина колодязя велика, свердловину необхідно укріпити обсадними трубами. Трубчасті колодязі бувають неглибокі та глибокі. Підйом води з трубчастого колодязя здійснюється за допомогою ручного або електричного насоса.

2. Оголовок трубчастого колодязя повинен бути вище поверхні землі на 0,8 - 1,0 м та герметично закритим, мати кожух та зливу трубу з гаком для відра. Навколо оголовка колодязя влаштовують відмостки, водовідведення та глиняний "замок", а також підставку для відер, як і для шахтного колодязя.

3. Неглибокі трубчасті колодязі (абіссінські) можуть бути індивідуального та громадського користування. Їх необхідно влаштовувати на ділянках, де рівень залягання ґрунтових вод не дуже глибокий - до 7 - 9 м. Такий колодязь є більш захищеним, ніж шахтний.

Глибокі трубчасті колодязі зазвичай слід використовувати, якщо глибина залягання водоносного шару перевищує 9 м.

Вимоги до влаштування каптажів джерел

Під час влаштування каптажів джерел необхідно дотримуватись таких вимог:

1. Забирання води з висхідного джерела здійснюють через дно каптажної камери, з низхідного - через отвори стін камери. Каптажні камери низхідних джерел повинні мати водонепроникні стінки (за винятком стіни з боку водоносного горизонту) і дно, що забезпечується влаштуванням глиняного "замка". У камерах висхідних джерел глиняний "замок" потрібно влаштовувати по всьому периметру стін. Матеріалом для стін та дна каптажу джерела повинні бути такі самі матеріали, як і для облаштування колодязів. Водоносний горизонт перекривають стінкою з отворами або пористою плитою з пінобетону.

2. З метою запобігання забрудненню води в каптажі джерела піском (частинками породи) необхідно передбачати засипку з гравію та піску із зростаючою за напрямком руху води

величиною зерен (від 0,2 до 10 мм) зі сторони потоку води, а також відстоювання води, для чого камеру каптажу розділяють переливною стінкою на два відділення, одне з яких - приймальне - для відстоювання води, а друге - для забору освітленої води, які обладнують трубопроводами спорожнення.

3. У камері каптажу освітленої води влаштовують водорозбірну та переливну труби діаметром 100 мм і більше, які розраховують на найбільший дебіт джерела. Переливна труба на кінці повинна мати щільну сітку та клапан-захлопку (на водорозбірній трубі наявність сітки не обов'язкова).

Водорозбірну трубу обладнують краном, гаком для підвішування відер та відводять на відстань 1 - 2 м від каптажу джерела. На поверхні землі, де закінчується труба, влаштовують забрукований лоток для відведення залишків води.

Воду із переливної труби необхідно відводити в інший від водорозбірної труби бік і під нею також обладнати лоток для відведення надлишків води. Переливна труба повинна сполучатися з відповідним лотком методом "розриву струменя".

4. Під краном з каптажу джерела слід влаштувати підставку для відер. Після відповідного переобладнання допускається використання для каптажу резервуара чистої води, обладнаного водорозбірною та переливною трубами тощо.

5. Каптажні камери повинні бути захищені від поверхневих забруднень, промерзання та затоплення поверхневими водами, для чого слід передбачити спорудження глиняного "замка", відвідних каналів та брукування біля каптажної споруди. Взимку камери утеплюють для захисту від промерзання такими самими матеріалами, як і шахтний колодязь.

Горловина каптажної камери з люком та кришкою повинна бути вища від поверхні землі не менше ніж на 0,8 м. Над камерою розміщують павільйон, а територію навколо неї огорожують. Огорожа повинна бути радіусом не менше ніж 2 м.

6. Для забезпечення можливості огляду, чистки та дезінфекції каптажу у стінці камери необхідно влаштовувати двері та люки, сходи або скоби. Вхід до камери слід розміщувати не над водою, а віднести його у бік, щоб забруднення не потрапляли у воду. Двері та люки повинні бути влаштовані над поверхнею землі не менше ніж на 0,4 м та мати надійні замикаючі пристрої.

Для вентиляції каптажу джерела необхідно облаштувати вентиляційні труби, виведені не менше ніж на 2 м вище поверхні землі, діаметром не менше ніж 100 мм з дефлектором чи ковпаком із сіткою.

Розміри і кількість стояків вентиляційної системи визначаються згідно з розрахунками у проектній документації.

Додаток Ж

Таблиця 5

Норми гідрохімічних показників для визначення якості води (ГДК)

№	Гідрохімічний показник	ГДК	
		Для водойм рибогосподарського призначення ¹ (ГДК _{РГ})	Для водойм господарсько- побутового використання ² (ГДК _{ГП})
1	Завислі речовини, мг/дм ³	15	0,25-0,75 від фонових значень
2	Розчинений кисень, мгО/дм ³	> 6,0	>4,0
3	Водневий показник, од.рН	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
4	БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³	-	3,0
5	ХСК, мгО/дм ³	-	15,0
6	Сума іонів, мг/дм ³	-	1000
7	Хлоридні іони, мг/дм ³	300	350
8	Сульфатні іони, мг/дм ³	100	500
9	Іони магнію, мг/дм ³	40	50
10	Іони кальцію, мг/дм ³	180	-----
11	Іони натрію, мг/дм ³	120	200
12	Азот амонійний, мг/дм ³	0,39	1,5
13	Азот нітратний, мг/дм ³	9,0	10,0
14	Азот нітритний, мг/дм ³	0,02	1,0
15	Фосфатні іони, мг/дм ³	-----	3,5
16	Мідь, мг/дм ³	0,001	1,0
17	Цинк, мг/дм ³	0,01	1
18	Марганець, мг/дм ³	0,01	0,1
19	Хром загальний, мг/дм ³	0,001	0,05
20	Свинець, мг/дм ³	0,1	0,03
21	Нікель, мг/дм ³	0,01	0,1
22	Кадмій, мг/дм ³	0,005	0,001
23	Залізо загальне, мг/дм ³	0,1	0,3
24	Нафтопродукти, мг/дм ³	0,05	0,3
25	СПАР, мг/дм ³	0,2	не нормується
26	Феноли, мг/дм ³	0,001	0,001

