

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри екології

доцент _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

«____» грудня 2025 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

освітнього ступеня «Магістр»

на тему: Якість питної води в сільській місцевості Криворізького залі-
зорудного басейну та рекомендації щодо її поліпшення

Виконав: студент 2 курсу, групи МгЕ–1-24
спеціальності – 101 «Екологія»

Магазінов Б.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник доцент Кацевич В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Дніпро – 2025

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра екології
Освітній рівень «магістр»
Спеціальність – 101 Екологія
Освітньо-професійна програма «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри екології

доцент _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

«__» жовтня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу студентів
Магазінову Богдану Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Якість питної води в сільській місцевості Криворізького залізорудного басейну та рекомендації щодо її поліпшення затверджена наказом по університету від «15» жовтня 2025 р. № 3074
2. Термін здачі студентом закінченої роботи: « 15 » грудня 2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: 1. Архів погодних умов. 3. Матеріали інженерно-геологічних вишукувань. 4. Перелік джерел потенційного впливу планованої діяльності на навколишнє середовище.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити) 1 Огляд нормативів якості питної води (ДСТУ, ВООЗ). 2. Характеристика території дослідження 3. Методика відбору проб води, призначеної для споживання людиною. 4. Аналіз результатів і порівняння з нормативами. 5. Рекомендації щодо покращення якості води. Вступ. Висновки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація в середовищі Power Point (актуальність, мета, об'єкт, предмет та задачі кваліфікаційної роботи) _____
6. Дата видачі завдання: «__» _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п.п .	Назва етапів дипломного роботи	Термін ви- конання етапів ро- боти	Примітка
1.	ОГЛЯД НОРМАТИВІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ (ДСТУ, ВООЗ)		
2.	ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ		
3.	МЕТОДИКА ВІДБОРУ ПРОБ ВОДИ, ПРИЗНАЧЕНОЇ ДЛЯ СПОЖИВАННЯ ЛЮДИНОЮ		
4.	АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ І ПОРІВНЯННЯ З НОРМАТИВАМИ		
5.	РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ		
6.	ВСТУП. ВИСНОВКИ.		
7.	ОФОРМЛЕННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ		

Здобувач _____ (Магазінов Б.А.)
(підпис)

Керівник роботи _____ (Кацевич В.В.)
(підпис)

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП	5
1. ОГЛЯД НОРМАТИВІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ (ДСТУ, ВООЗ)	8
1.1 Основні закони та положення	8
1.2 Порівняння гігієнічних нормативів якості питної води в Україні та за кордоном	13
2. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ	18
2.1 Характеристика рельєфу	18
2.2 Характеристика ґрунтового покриву	19
2.3 Гідрогеологічні умови	21
2.4 Екологічна характеристика	25
3. МЕТОДИКА ВІДБОРУ ПРОБ ВОДИ, ПРИЗНАЧЕНОЇ ДЛЯ СПО- ЖИВАННЯ ЛЮДИНОЮ	29
3.1 Загальні положення	29
3.2 Місця і мета відбору проб. Обладнання та матеріали	30
3.3 Методика відбору проб	31
4. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ І ПОРІВНЯННЯ З НОРМАТИВАМИ	34
4.1. Короткий опис об'єктів дослідження	34
4.2. Аналіз якості води у шахтних колодязях	36
4.3 Аналіз якості води у водозабірних свердловинах	39
4.4 Гідрохімічний аналіз води методом діаграми Пайпера	43
5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ	47
5.1 Загальні положення і пропозиції	47
5.2. Рекомендації з покращення якості води	49
ВИСНОВКИ	54
ЛІТЕРАТУРА	58

ВСТУП

Забезпечення населення якісною та безпечною питною водою є одним із ключових пріоритетів державної політики в галузі охорони здоров'я та екології. У селах населення частково або повністю забезпечується водою з локальних джерел (водозабірні свердловини, шахтні колодязі, криниці), що зазнають забруднення від антропогенних і природних джерел. За останні роки в цих регіонах фіксуються системні проблеми, пов'язані з підвищенням вмістом нітратів, випадками перевищень за показниками мікроелементів (наприклад, свинець, мідь), а також із загрозами сучасних забруднювачів (залишки вибухових речовин, лікарських препаратів, ПАР, ПФАС), які не завжди враховані в чинних локальних системах моніторингу. Це зумовлює потребу в комплексній екологічній оцінці якості питної води в сільській місцевості регіону та розробці обґрунтованих рекомендацій для її покращення [1].

Актуальність вибору теми підтверджується і нормативно-правовими підходами: на національному рівні вимоги до якості питної води визначені ДСТУ 7525:2014 та санітарними правилами [6], які встановлюють гігієнічні критерії, порядок контролю та методи аналізу показників якості води. Проте міжнародні стандарти (ВООЗ) та директиви ЄС містять оновлені рекомендації щодо пріоритетних забруднювачів і підходів до управління ризиком, що відображає необхідність порівняльної оцінки національних і міжнародних вимог при проведенні екологічних досліджень і розробці практичних заходів.

Практичні проблеми в сільській місцевості центральної України мають кілька основних джерел: інтенсивне застосування мінеральних добрив і негерметичні тваринницькі господарства, недостатнє централізоване водопостачання, старі або відсутні системи очистки та охайного поводження з відходами, а також геологічні особливості гідрогеологічних умов, які визначають чутливість ґрунтових і підземних вод до інфільтрації забруднювачів. Наслідком цього є підвищення ризику впливу на здоров'я населення (наприклад, ризик метгемоглобінемії у немов-

лят при вживанні води з високими рівнями нітратів). Регулярні моніторингові вибірки в деяких районах Кіровоградщини та сусідніх областях показують суттєві частки проб, що не відповідають нормативам за вмістом нітратів, що підкреслює територіальну актуальність дослідження [2].

Об'єктом дослідження є якість питної води в сільських населених пунктах Криворіжжя.

Предметом дослідження є екологічна оцінка якості питної води, визначення основних джерел та факторів забруднення, а також вплив цих чинників на здоров'я населення.

Мета цієї дипломної роботи – провести комплексну екологічну оцінку якості питної води у сільських населених пунктах Криворіжжя, порівняти результати з національними (ДСТУ, ДСанПіН) і міжнародними (ВООЗ, директива ЄС) нормами та сформулювати практичні рекомендації щодо поліпшення якості питної води та моніторингу.

Для досягнення поставленої мети у роботі поставлено такі завдання:

1. Проаналізувати правові й нормативні документи щодо якості питної води в Україні та міжнародні рекомендації (ВООЗ, директиви ЄС).
2. Оцінити сучасний стан джерел питної води в обраних територіях (структура джерел, характер забруднення за літературними та моніторинговими даними).
3. Провести аналіз проб питної води з типових сільських джерел (свердловини і шахтні колодязі) за основними фізико-хімічними (рН, мінералізація, нітрати, амоній, хлориди, сульфати, тощо).
4. Порівняти отримані результати з вимогами ДСТУ 7525:2014 та орієнтирними значеннями ВООЗ і директиви ЄС.
5. Розробити практичні рекомендації щодо місцевих заходів контролю, очищення води, усунення джерел забруднення та організації системи моніторингу.

Методологічно дослідження поєднує огляд літератури та нормативів, аналіз державних і регіональних звітів та моніторингових даних, інструментальний лабораторний аналіз відібраних зразків (з використанням методик, зазначених у

ДСТУ/ДСанПіН) та порівняльну інтерпретацію з міжнародними керівництвами. Аналітична частина передбачає застосування стандартних методів визначення фізико-хімічних параметрів, мікробіологічних методик та статистичних інструментів для обробки вибірових результатів (описова статистика, порівняння з нормативами, просторовий аналіз розподілу перевищень). При інтерпретації ризиків буде використано факторний підхід (врахування частоти перевищень нормативів та потенційного впливу на здоров'я).

Окрему увагу в роботі приділено порівняльному аналізу: українські нормативи (ДСТУ 7525:2014, [6]) забезпечують базові вимоги до безпеки питної води, тоді як керівництва ВООЗ і директиви ЄС мають більш структурований підхід до управління ризиками, оновлювані граничні значення для нових контамінантів та рекомендації щодо комплексного контеймент-контролю (Water Safety Plans). Порівняння норм дозволить виявити ключові розбіжності й визначити, наскільки національні вимоги відповідають сучасним міжнародним практикам та наскільки необхідні локальні посилення контролю в умовах сільської місцевості регіону [3].

Очікуваний практичний ефект від виконання роботи – формалізована оцінка поточного стану якості питної води в обраних селах Дніпропетровської та Кіровоградської областей, виявлення пріоритетних проблемних показників, обґрунтовані рекомендації для органів місцевого самоврядування та місцевих водопостачальних підприємств щодо заходів з очищення, заміни або захисту джерел, а також пропозиції щодо оптимізації моніторингових програм. Результати можуть бути використані при розробці проєктів модернізації локальних систем водопостачання та планах заходів з охорони підземних водних ресурсів.

1. ОГЛЯД НОРМАТИВІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ (ДСТУ, ВООЗ).

1.1 Основні закони та положення

Функціонування систем забезпечення населення питною водою в Україні, а також контроль її якості, здійснюються в межах цілісного правового механізму, сформованого сукупністю нормативних документів різного рівня, які визначають правила, обмеження та вимоги у сфері водного господарства. Ключовим регуляторним інструментом виступає Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» № 2918-III від 10 січня 2002 року, що встановлює базові принципи державного управління процесами водозабезпечення.

Зазначеним законом передбачено запровадження системи нормативного регулювання, яка диференціюється за напрямками впливу та охоплює регламентацію умов подачі питної води, визначення допустимих екологічних характеристик води джерел різних типів водопостачання, нормування технологічних режимів її використання, а також встановлення технічних вимог до проєктування, експлуатації та утримання водопровідних споруд і мереж у відповідності до положень статті 29 [5].

Законодавчо закріплено, що порядок розроблення, погодження та затвердження нормативів у сфері питного водопостачання належать до компетенції Кабінету Міністрів України, що забезпечує централізований та уніфікований підхід до регулювання відповідних відносин. Таким чином, зазначений Закон виконує системоутворюючу функцію, формуючи цілісні правові рамки управління водними ресурсами, які поєднують вимоги раціонального водокористування з імперативами санітарно-епідеміологічної та екологічної безпеки. Запровадження чітко структурованої нормативної бази забезпечує проведення комплексного контролю якості питної води на всіх стадіях водопостачального циклу — від формування та охорони джерел водозабору до транспортування, очищення та кінцевого споживання води населенням.

Вимоги [6] встановлюють чітку систему гігієнічних критеріїв для оцінки якості питної води, призначеної для споживання людиною [6]. Цей документ визначає перелік обов'язкових показників, які поділяються на мікробіологічні, хімічні, радіаційні та органолептичні. Для кожного з них встановлюються гранично допустимі значення (ГДЗ), що визначають межі безпечного рівня забруднення води для здоров'я населення. Дуже важливо, що вимоги стосуються як централізованого господарсько-питного водопостачання з поверхневих джерел так і господарсько-питного водопостачання із підземних джерел.

Мікробіологічні показники, зокрема колі-індекс, наявність кишкової палички, ентерококів тощо, відображають санітарно-бактеріологічний стан води. Їх перевищення є індикатором фекального забруднення, що в свою чергу для здоров'я людини є дуже небезпечним. Хімічні показники визначають вміст важких металів (ртуть, свинець, мідь, кадмій, цинк), сполук азоту (нітрати, нітрити, амоній), органічних речовин (феноли, нафтопродукти), а також сульфатів і хлоридів.

Важливими є також радіаційні показники (вміст радіонуклідів цезію, стронцію тощо) та органолептичні – смак, запах, колір, каламутність, які визначають сприйняття води споживачем. Для прикладу, в Україні встановлена норма для заліза – 0,3 мг/л (у деяких випадках допускається до 1,0 мг/л), а для нітратів – 45 мг/л, що узгоджується з рекомендаціями ВООЗ [7].

Таким чином, нормативна база забезпечує контроль усіх основних характеристик питної води. Вимоги ДСанПіН поширюються як на централізовані системи водопостачання, що використовують поверхневі джерела, так і на господарсько-питні водопроводи з підземних джерел.

Запровадження в Україні режиму воєнного стану внаслідок повномасштабних бойових дій актуалізувало необхідність трансформації механізмів санітарно-епідеміологічного нагляду з урахуванням нових загроз техногенного та соціального характеру. У межах реагування на зазначені обставини у 2022 році Міністерством охорони здоров'я України було ухвалено наказ № 683 від 22 квітня 2022

року, яким затверджено спеціальні Державні санітарні норми і правила, спрямовані на регламентацію показників безпечності та окремих параметрів якості питної води в умовах воєнного стану й інших надзвичайних ситуацій [7].

Запроваджені положення передбачають функціонування адаптованої системи санітарного нормування, що допускає використання тимчасово пом'якшених або спрощених вимог до якості питної води з метою зниження ризиків для здоров'я населення за умов обмежених технологічних, інфраструктурних і фінансових ресурсів водопровідних підприємств. Реалізація такого підходу створює можливість підтримання безперервного водозабезпечення населення водою допустимої санітарної якості навіть у випадках, коли дотримання повного спектра вимог чинних ДСанПіН є практично недосяжним.

Враховуючи реалії війни, норматив передбачає особливі процедури контролю: якщо повторна проба води відповідає гігієнічним нормативам, контроль здійснюється протягом 24 годин не менше трьох разів, що дозволяє оперативно виявляти відхилення. Такі норми спрямовані на забезпечення мінімального рівня безпеки в умовах, коли традиційні системи очищення можуть бути недоступні або пошкоджені.

Таким чином, нормативна система реагує на актуальні виклики, забезпечуючи гнучкість і стійкість у надзвичайних умовах.

У сучасних умовах регулювання водокористування особливе значення надається санітарно-гігієнічним критеріям оцінювання стану водних ресурсів, які забезпечують життєво необхідні потреби населення. Як засвідчують положення «Національної доповіді про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні за 2023 рік», чинні нормативи якості води водних об'єктів залишаються базовим інструментом державного контролю у сфері питного та господарсько-побутового водозабезпечення. Вказані вимоги, закріплені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 2 травня 2022 року № 721, зберігають регуляторну значущість в умовах зростаючого антропогенного навантаження, трансформації природного середовища внаслідок воєнних дій та посилення впливу кліматичних змін [8].

Нормативно-правове поле у сфері питного водопостачання сформовано так, аби охопити не тільки санітарні показники води, а й екологічні параметри стану джерел водозабору, незалежно від їхнього походження. Законодавством передбачено нормування якості води як для підземних, так і для поверхневих водних об'єктів, а також встановлення технологічних вимог до процесів забору, очищення та подальшого транспортування питної води. Визначення екологічних нормативів здійснюється з обов'язковим урахуванням державних гігієнічних і протиепідемічних критеріїв, що забезпечує узгодженість санітарно-епідеміологічного контролю з системою охорони водних ресурсів і сприяє зниженню потенційних ризиків для здоров'я населення [5].

За законодавством виділено кілька типів нормативів, які охоплюють обсяги, якість, умови надання послуг, тобто нормативи питного водопостачання. Ряд нормативів, які визначають якість джерел з точки зору екології. Нормативи, які становляють технологічні вимоги щодо використання питної води. А також технічні умови (проектування, підключення, водопровідні мережі).

Як підкреслюється у «Національній доповіді про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні» за 2020 рік, істотна частка підприємств водопровідно-каналізаційного господарства на сьогодні не володіє належними технічними та технологічними можливостями для забезпечення повної відповідності питної води чинним санітарно-гігієнічним нормативам [6]. Така ситуація викликана певними чинниками, які пов'язані між собою. Серед цих чинників провідне місце посідають моральне та фізичне старіння об'єктів водогосподарської інфраструктури, використання застарілих або малоефективних технологій водоочищення, критичний рівень зношеності водопровідних і каналізаційних мереж, а також хронічна недостатність фінансового забезпечення галузі. Сукупна дія зазначених факторів істотно ускладнює впровадження сучасних стандартів якості питної води та стримує модернізацію систем централізованого водопостачання.

Моніторинг поверхневих і підземних вод засвідчує, що екологічний стан водних джерел часто не покращується, а в окремих регіонах навіть погіршується через антропогенне навантаження. Основні чинники забруднення – сільське господарство (нітратне навантаження), промислові стоки, відсутність сучасних систем очищення, аварійний стан очисних споруд [4; 8].

Окрім цього, частина нормативів залишається морально застарілою, оскільки базується на радянських підходах. Зокрема, вони не враховують появу нових типів забруднень, таких як мікропластики, фармацевтичні залишки, нові органічні сполуки, що все частіше виявляються у водних об'єктах.

Таким чином, контроль якості – не лише встановлення нормативів, а їх впровадження, моніторинг, звітність.

Доповідь 2020 [4] містить таке зауваження: «...технології очистки та знезараження питної води в деяких випадках не спроможні очистити її до рівня нормативних показників» [4]. Моніторинг поверхневих і підземних вод показує, що екологічний стан не покращується.

В умовах бойових дій або надзвичайних ситуацій виникають специфічні ризики: руйнування мереж, порушення водозабезпечення, підвищення ризику бактеріального або хімічного забруднення, документ [7] саме спрямований на такі умови [9].

Україна має на меті наблизити свою нормативну базу до стандартів ЄС. У доповідях зазначено, що нормативи ДСанПіН враховують вимоги Директива 98/83/ЄС «Про якість води, призначеної для споживання людиною» [8]. Проте огляди вказують, що окремі показники українських нормативів є менш жорсткими, ніж в ЄС/ВООЗ (наприклад, свинець).

Отже, нормативно-правова база у сфері питної води в Україні є динамічною та адаптивною. Вона розвивається з урахуванням соціально-економічних змін, екологічних ризиків і надзвичайних ситуацій. Постійне оновлення гігієнічних вимог і впровадження сучасних механізмів контролю якості води сприяють в першу чергу підвищити рівень захисту здоров'я людей та наближенню вітчизняних стандартів до міжнародних.

Нормативна база України в сфері якості питної води є достатньо сформованою: існують закони, санітарні норми, спеціальні правила для надзвичайних умов. Проте реальний стан водопостачання та якості води часто не відповідає нормативам через технічні, екологічні та організаційні причини. Враховуючи стратегічну важливість води як ресурсу, посилення норм, модернізація систем, підвищення контролю та адаптація до сучасних викликів є ключовими пріоритетами.

1.2 Порівняння гігієнічних нормативів якості питної води в Україні та за кордоном

Стан питного водозабезпечення виступає одним із ключових індикаторів громадського здоров'я та екологічної стабільності територій, адже якісні характеристики води безпосередньо визначають рівень санітарно-епідеміологічної безпеки й адаптивну здатність соціально-природних систем. Як зазначає Всесвітня організація охорони здоров'я, щороку на глобальному рівні споживання води, що не відповідає вимогам безпечності або зазнала забруднення, призводить до смерті близько п'яти мільйонів людей, тоді як понад пів мільйона осіб страждають від інфекційних захворювань, зумовлених водним шляхом передачі [10]. Такі масштаби негативних наслідків свідчать про загальносвітовий характер проблеми доступу до безпечної питної води та обумовлюють необхідність безперервного оновлення і посилення нормативно-правових інструментів регулювання у сфері водопостачання.

В Україні ключовим нормативним документом, який визначає обов'язкові вимоги до якості питної води, є державні санітарні норми і правила, що регламентують гранично допустимі концентрації хімічних речовин, мікробіологічні, радіологічні та органолептичні показники безпечності води [6]. Зазначений документ охоплює понад 90 контрольованих параметрів, серед яких важливе місце посіда-

ють нітрати (не більше 45 мг/л), залізо (до 0,3 мг/л), свинець (до 0,03 мг/л), марганець (до 0,1 мг/л), а також мікробіологічні індикатори, зокрема колі-індекс, який не повинен перевищувати 3 у 1 дм³ води.

Водночас порівняльний аналіз національних та міжнародних підходів свідчить, що вітчизняні нормативи в окремих аспектах залишаються менш жорсткими порівняно з європейськими вимогами. Так, відповідно до положень Директиви 98/83/ЄС «Про якість води, призначеної для споживання людиною», допустима концентрація свинцю у питній воді не повинна перевищувати 0,01 мг/л, вміст нітратів обмежується рівнем 50 мг/л, а наявність колиформних бактерій у воді, що подається споживачеві, взагалі не допускається [11].

Суттєвою відмінністю між українською та європейською системами регулювання є також концептуальний підхід до контролю якості питної води. У країнах Європейського Союзу реалізується принцип «від джерела до крана», який передбачає безперервний моніторинг на всіх етапах водопостачального ланцюга — від формування та охорони джерел водозабору до транспортування та подачі води кінцевому споживачеві. В Україні ж система контролю переважно зосереджена на оцінюванні якості води на виході з водопровідної мережі, що не завжди дозволяє повною мірою відобразити фактичний технічний і санітарний стан водопостачальних систем та пов'язані з ними ризики.

У США регулювання питної води здійснюється на основі Закону про безпечну питну воду (Safe Drinking Water Act, SDWA), який запровадив Primary National Drinking Water Standards (обов'язкові) та Secondary Standards (рекомендовані) [4]. Перші визначають гранично допустимі концентрації речовин, що мають прямий вплив на здоров'я людини (радіонукліди, нітрати, пестициди, патогенні бактерії тощо). Другі стосуються естетичних властивостей води — запаху, кольору, смаку, корозійності та утворення накипу.

Загалом, американські норми є жорсткішими, ніж українські. Наприклад, у США встановлено обмеження на понад 90 хімічних сполук, серед яких 53 — органічні речовини (тригалометани, бензол, толуол тощо) [12]. Для порівняння, в українському [6] регламентовано лише 5 основних органічних показників. Водночас у

США не нормується показник жорсткості води, який вважається естетичним, а не гігієнічним.

У межах Європейського Союзу національні системи нормування якості питної води, зокрема у Франції, Нідерландах, Німеччині та Польщі, сформовані з урахуванням рекомендацій Всесвітньої організації охорони здоров'я та максимально наближені до них [10; 11]. У більшості країн ЄС реалізується комплексний, багаторівневий підхід до моніторингу систем водопостачання, який поєднує регулярні лабораторні дослідження фізико-хімічних і мікробіологічних показників, постійний санітарно-епідеміологічний нагляд, а також механізми відкритої публічної звітності перед населенням щодо результатів контролю якості питної води. Визначена система моніторингу забезпечує прозорість управління водними ресурсами та підвищує рівень довіри споживачів до постачальників води, що узагальнено представлено у таблиці 1.1.

Таблиця 1. 1 – Порівняння нормативів якості питної води в Україні і країнах ЄС
«

Показники	Одиниця вимірювання	Україна (ГДК, не більше)	ВООЗ (ГДК, не більше)	ЄС (ГДК, не більше)
Водневий показник	pH	6-9	—	6,5-8,5
Загальна мінералізація	мг/л	1000 (1500)	1000	1500
Жорсткість загальна	мг-екв./л	7,0 (10)	—	1,2
Окиснюваність перманганатна	мг/л	5,0	—	5,0
Нафтопродукти, сумарно	мг/л	0,1	—	—
ПАВ, аніонні	мг/л	0,5	—	—
Фенольний індекс	мг/л	0,25	—	—
Лужність	мгHCO ₃ -/л	—	—	30
Алюміній	мг/л	0,5	0,2	0,2
Азот амонійний	мг/л	2,0	1,5	0,5
Азбест	Милл. волокн/л	—	—	—
Барій	мг/л	0,1	0,7	0,1
Берилій	мг/л	0,0002	—	—
Бор	мг/л	0,5	0,3	1,0
Ванадій	мг/л	0,1	0,1	—
Вісмут	мг/л	0,1	0,1	—
Залізо	мг/л	0,3 (1,0)	0,3	0,2
Кадмій	мг/л	0,001	0,003	0,005

Показники	Одиниця вимірювання	Україна (ГДК, не більше)	ВООЗ (ГДК, не більше)	ЄС (ГДК, не більше)
Калій	мг/л	—	—	12,0
Кальцій	мг/л	—	—	100,0
Кобальт	мг/л	0,1	—	—
Кремній	мг/л	10,0	—	—
Магній	мг/л	—	—	50,0
Марганець	мг/л	0,1 (0,5)	0,5 (0,1)	0,05
Мідь	мг/л	1,0	2,0 (1,0)	2,0
Молібден	мг/л	0,25	0,07	—
Миш'як	мг/л	0,05	0,01	0,01
Нікель	мг/л	0,1	—	—
Нітрати	мг/л	45	50,0	50,0
Нітрити	мг/л	3,0	3,0	0,5
Ртуть	мг/л	0,0005	0,001	0,001
Свинець	мг/л	0,03	0,01	0,01
Селен	мг/л	0,01	0,01	0,01
Срібло	мг/л	0,05	—	0,01
Сірководень	мг/л	0,03	0,05	—
Стронцій	мг/л	7,0	—	—
Сульфати	мг/л	500	250,0	250,0
Хлориди	мг/л	350	250,0	250,0
Хром (Cr ³⁺)	мг/л	0,5	—	—
Хром (Cr ⁶⁺)	мг/л	0,05	0,05	0,05
Ціаніди	мг/л	0,035	0,07	0,05
Цинк	мг/л	5,0	3,0	5,0

.» [13]

Основною причиною відмінностей між українськими та європейськими стандартами якості питної води є використання в Україні застарілих нормативів, що сформувалися ще за радянських часів. Частина чинних вимог не враховує сучасних досягнень у сфері гігієни, екології та технологій очищення води, а також нові види забруднювачів, які вже давно контролюються у країнах ЄС. Така нормативна відсталість призводить до того, що система моніторингу якості води не відповідає міжнародним практикам. До моменту оновлення законодавчої бази та гармонізації

стандартів з європейськими, питання безпечності питної води значною мірою залишається на відповідальності самих споживачів, адже саме вони мають самостійно турбуватися відносно якості води, яку вони споживають.

Крім того, європейські норми активно враховують нові види забруднювачів, такі як мікропластики, фармацевтичні залишки, ендокринно-активні сполуки – чинники, які поки що не нормуються в українських документах. ВООЗ уже у своїй публікації [10] наголошує на необхідності постійного оновлення нормативів з урахуванням нових забруднень, змін клімату та антропогенних ризиків.

Таким чином, можна зробити висновок, що Україна має достатньо розвинену систему нормативного регулювання якості питної води, проте існує потреба у гармонізації з міжнародними стандартами. Для цього необхідно:

- удосконалити систему моніторингу якості води на всіх етапах її подачі;
- оновити [6] відповідно до положень Директиви 2020/2184/ЄС;
- включити у перелік контрольованих показників нові групи речовин;
- забезпечити прозорість результатів аналізів та підвищити обізнаність населення щодо ризиків.

Реалізація цих заходів сприятиме зменшенню захворюваності, підвищенню рівня екологічної безпеки та наближенню водної політики України до європейських стандартів.

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Характеристика рельєфу

Криворізький залізорудний басейн (Кривбас) розташований у центральній частині Українського кристалічного щита, переважно на території Дніпропетровської і частково – Кіровоградської областей [14].

Територія басейну лежить у межах Придніпровсько–Приазовської височини – на межі висотної і пластово-аккумулятивної рівнин [15].

Природний рельєф території – це переважно плато, сильно розчленовані яружно-балочною сіткою. Вододільні плато витягнуті з північного сходу на південний захід, мають загальний нахил у напрямку до Чорного моря та долин річок Інгулець і Саксагань. Абсолютні висоти на півночі досягають 173 м, на півдні знижуються до 75 м [15].

Долини річок глибоко врізані в породи кристалічного щита. Наприклад, ширина долини Інгульця – 0,5–4,5 км, а середня – 1,5 км. Глибина врізу в окремих місцях сягає 60 м [15]. Балки та яри мають високий рівень щільності: горизонтальне розчленування сягає 0,8–1,6 км/км² [15].

У південній частині Криворіжжя в умовах поширення неогенових вапнякових відкладів спостерігаються карстові явища: утворення лійок, западин, підземних порожнин [15].

Гірничодобувна діяльність спричинила суттєві зміни рельєфу. Форми рельєфу, які утворилися внаслідок антропогенної діяльності, такі як кар'єри, відвали, шламонакопичувачі, шахтні поля займають площу понад 389 км², що становить близько 56 % від площі рудовідводу [16]. Глибина деяких кар'єрів сягає понад 300 м. Висота відвалів – 50–100 м, площа – до 800 га [15].

Таке поєднання природних і техногенних чинників створює специфічний складний рельєф, де природні форми змінені або зруйновані. Це ускладнює процеси ґрунтоутворення, водного стоку, створює ризики зсувів і підтоплень [17].

Україна має на меті досягнення екологічної безпеки у регіоні шляхом рекультивації порушених земель, а також інвентаризації й контролю за змінами антропогенного рельєфу [17].

2.2 Характеристика ґрунтового покриву

Криворізький залізорудний басейн розташований у межах північної частини степової зони України. Регіон характеризується помірно континентальним кліматом з посушливими літами, середньорічною кількістю опадів 400–450 мм і середньорічною температурою $+8,5 \dots +9,0$ °С. Материнськими породами є червоно-бурі глини, лесовидні суглинки, леси, які зумовлюють чорноземний тип ґрунтоутворення [18; 19].

Ґрунотворними процесами виступають гумусоаккумулятивний, карбонатно-ілювіальний та, на зниженнях рельєфу, глейовий. На підвищених ділянках і вододілах поширені чорноземи звичайні, у пониженнях – чорноземи південні та лучно-чорноземні ґрунти [18].

Ґрунтовий покрив Кривбасу відзначається строкатістю, що обумовлена як природними, так і антропогенними чинниками. На основі ґрунтових зйомок і фізико-географічних описів [18; 19; 20] виділяються такі основні типи ґрунтів (табл. 2.1).

У межах природних територій переважають чорноземи з високим умістом гумусу та сприятливою структурою. В урбанізованих районах, де відбувається техногенний вплив, спостерігаються деградаційні процеси: ущільнення, засмічення уламковими породами, зменшення потужності гумусового горизонту, поява примітивних і насипних ґрунтів [20; 21].

Багаторічна діяльність гірничо-збагачувальних комбінатів та металургійних підприємств Криворізького басейну призвела до формування складного техногенного ландшафту. За оцінками Савосько В.М. та ін. [20], порушені землі становлять до 25–30 % площі міської агломерації.

Таблиця 2.1 - Основні типи ґрунтів Кривбасу та їх характеристика

Тип ґрунту	Зона поширення	Вміст гумусу, %	Характеристика
Чорноземи звичайні	Центральна й північна частини басейну	4,5–6,0	Потужний гумусовий горизонт, висока родючість, частково еродовані
Чорноземи південні	Південні ділянки, межа сухого степу	3,0–4,5	Менш гумусовані, з карбонатним горизонтом, нижча родючість
Лучно-чорноземні	Заплави Інгульця та Саксагані	5,0–6,5	Підвищена зволоженість, місцями засолені
Техногенні (рекультивовані) ґрунти	Промислові зони, відвали, кар'єри	<1,0	Формуються на породах і шлаках, містять важкі метали

Основні прояви техногенного впливу:

- Дегуміфікація: зниження вмісту гумусу у 5–10 разів порівняно з фоновими чорноземами; у техногенних відвалах він не перевищує 0,5–1,0 % [20].
- Хімічне забруднення: концентрації Fe, Mn, Pb, Zn, Cd перевищують ГДК у 2–10 разів. У середньому у ґрунтах відвалів вміст Fe становить 5–7 %, Mn – 0,15–0,2 %, Pb – 40–60 мг/кг [3].
- Фізичне ущільнення й зниження водопроникності через наявність техногенних часток і золи [21].

Найбільш забруднені ділянки зосереджені поблизу підприємств «Арселор-Міттал Кривий Ріг», Північного та Центрального ГЗК. У цих зонах уміст важких металів у ґрунтах перевищує регіональний фон у кілька разів [20].

У регіоні реалізуються програми технічної та біологічної рекультивації. Технічний етап включає планування відвалів, покриття їх шаром потенційно родючого субстрату (глини, суглинки), тоді як біологічний – фіторе mediaцію із застосуванням багаторічних трав (люцерна, еспарцет, костриця лучна) [21; 22].

В останні роки відмічено часткове покращення екологічного стану окремих рекультивованих територій: зростання вмісту органічної речовини в поверхневому шарі, зниження концентрацій Pb і Cd. Хоча рівень заліза та марганцю залишається стабільно високим [20].

Отже, ґрунтовий покрив Кривбасу формується під впливом поєднання природних і техногенних чинників, має складну мозаїчну структуру.

Основними типами ґрунтів є чорноземи звичайні, південні та лучно-чорноземні; у промислових районах – техногенні. Вміст гумусу в природних чорноземах становить 4,5–6,0 %, у деградованих – нижче 1 %. Тривала гірничо-металургійна діяльність спричинила накопичення важких металів (Fe, Mn, Pb, Cd), що становить потенційну загрозу агроландшафтам. Необхідні систематичні рекультиваційні заходи з використанням рослин-фіторемедіаторів і відновленням гумусового горизонту.

2.3. Гідрогеологічні умови

Криворізький залізорудний басейн розташований у межах південного сегмента Українського щита і вирізняється складною та багатокомпонентною геолого-гідрогеологічною структурою. Геологічна основа регіону сформована поєднанням кристалічних порід докембрійського віку, зокрема гранітів, гнейсів, сланців і кварцитів, а також товщ осадових відкладів палеогенового, неогенового та четвертинного періодів. Просторова й літологічна неоднорідність цих утворень зумовила розвиток кількох гідрогеологічних рівнів, у межах яких формуються водоносні горизонти з істотними відмінностями за глибиною поширення, умовами фільтрації, ступенем мінералізації та хімічним складом підземних вод [23, 24].

Гідрогеологічні умови Криворізького басейну формуються під впливом поєднання природних і техногенних чинників. Значну роль для живлення підземних вод в першу чергу відіграють атмосферні опади, поверхневий стік річок Інгулець і Саксагань, інфільтраційні процеси, а також діяльність гірничодобувних підприємств, що спричиняють підйом або пониження рівнів ґрунтових вод [23, 25].

У межах Кривбасу виділяються три основні водоносні горизонти: четвертинний (ґрунтові води), неоген-палеогеновий та докембрійський (тріщинуватий).

Четвертинний водоносний комплекс сформований у межах алювіальних та делювіально-алювіальних відкладів, літологічно представлених переважно піщаними, супіщаними й гравійними матеріалами. Потужність водоносної товщі є змінною та коливається в інтервалі від 6 до 16 м, тоді як рівень залягання ґрунтових вод фіксується на глибинах від 0,1 до 8,6 м від поверхні землі [25]. Формування ресурсів цього горизонту зумовлюється, головним чином, процесами інфільтрації атмосферних опадів, надходженням вод із поверхневого стоку, а також фільтраційним притоком із прилеглих схилів балкових форм рельєфу. Води здебільшого прісні або слабомінералізовані (сухий залишок – 0,5–1,0 г/дм³), із загальною жорсткістю 2,1–5,8 мг-екв/л [3]. У нижніх частинах алювіальних товщ іноді спостерігається підвищення мінералізації до 2–3 г/дм³. Цей горизонт є важливим джерелом місцевого водопостачання, особливо для приватних свердловин і колодязів. Водночас він найбільш чутливий до техногенного забруднення через близьке залягання до поверхні та високу проникність порід [23].

Неоген-палеогеновий водоносний горизонт поширений переважно у північній та центральній частинах басейну. Водовмісні породи представлені пісками, вапняками та мергелями. Глибина залягання горизонту становить 35–90 м, а потужність сягає 40 м [24]. Горизонт має напірний характер, живлення відбувається внаслідок інфільтрації в зонах виходу пісків на денну поверхню та через перетікання з ґрунтового горизонту. Мінералізація вод коливається в межах 5–12 г/дм³, що свідчить про слабосолону або солонувату природу [24]. У південній частині басейну зафіксовано підтоплення територій унаслідок підйому рівня підземних вод, площа якого перевищує 4300 га. Основними чинниками зміни режиму цього горизонту є фільтрація через відвали та хвостосховища, порушення природного дренажу та зміна напрямку підземного стоку [24, 25].

Глибокий водоносний горизонт пов'язаний із тріщинуватими зонами гранітів, гнейсів і сланців докембрійського фундаменту. Глибина його залягання сягає 100–150 м, а подекуди перевищує 200 м [23, 24]. Водовміщення визначається розвитком систем тріщин, зламів і зон вивітрювання. Води цього горизонту характе-

рижуються підвищеною мінералізацією ($10\text{--}15\text{ г/дм}^3$) і мають гідрокарбонатно-сульфатний або хлоридно-натрієвий склад. У деяких свердловинах виявлено підвищений уміст заліза та марганцю. Водоносність змінюється від високої до дуже низької залежно від густоти тріщинуватості [23]. Цей горизонт розглядається як перспективний для промислового водопостачання, але потребує спеціальних досліджень і контролю за мінералізацією [24].

Інтенсивна гірничодобувна діяльність у межах Кривбасу істотно змінила природний гідродинамічний режим підземних вод. Відкритий спосіб розробки родовищ залізних руд призвів до формування зон депресії навколо кар'єрів, підтоплення значних площ у зонах хвостосховищ, зростання мінералізації підземних вод (до $8\text{--}19\text{ г/дм}^3$ у неоген-палеогеновому горизонті), а також до розвитку суфозійних і карстових процесів у районах техногенного водонасичення [24, 25]. Для стабілізації ситуації необхідно здійснювати системний моніторинг рівнів і якості підземних вод, проводити рекультивацію порушених територій і створювати локальні дренажні системи.

Підземні води Криворізького басейну утворюють складну гідрогеологічну систему, що поєднує приповерхневі безнапірні горизонти та глибокі тріщинуваті комплекси. Їхній сучасний стан визначається взаємодією природних і техногенних факторів. Найбільш уразливими залишаються четвертинний і неоген-палеогеновий горизонти, які зазнають забруднення й підтоплення. Глибокі тріщинуваті горизонти мають потенціал для господарського використання, проте потребують контролю за мінералізацією та хімічним складом вод [23–25].

Відповідно до типізації території України за умовами формування ресурсів підземних вод, досліджувана ділянка віднесена до Українського басейну Східно-придніпровського району Інгуло-Інгулецького підрайону, який характеризується зоною нестійкого зволоження з переважно сезонним, а частково й цілорічним типом живлення підземних вод. Сукупність геологічних передумов, геоморфологічної будови та кліматичних характеристик території не створює сприятливих умов для формування та акумуляції значних запасів підземних вод, що особливо виразно проявляється у південній частині району.

Досліджувана територія розташована в межах центральної частини Українського щита, в геологічній структурі якого представлені водоносні горизонти та гідрогеологічні комплекси, приурочені як до осадових відкладів кайнозойського віку, так і до тріщинуватих порід кристалічного фундаменту. Така геологічна неоднорідність зумовлює складні умови формування, фільтрації та просторового розподілу підземних вод, а також їхню значну залежність від локальних природних і кліматичних чинників.

Основними областями живлення є вододільні ділянки, складені піщано-глинистими водопроникними породами невеликої потужності. Живлення неогенових і палеогенових горизонтів, що залягають у депресіях фундаменту, відбувається внаслідок перетікання тріщинних вод зі схилів депресій або підживлення їх знизу напірними тріщинними водами. Води алювіальних відкладів поповнюються під час весняних розливів і зливових дощів у літньо-осінній період. Рух підземних вод відбувається від вододілів до річкових долин, де відбувається їх природне дронування. Води осадових горизонтів іноді мають гідравлічний зв'язок із тріщинуватими водами кристалічних порід [26].

Більшість водоносних горизонтів району характеризуються невисокою водозбагаченістю. Значна частина території має несприятливі гідрогеологічні умови для створення потужного централізованого водопостачання. У південній частині переважають щільні слаботріщинуваті кристалічні породи та глинисті осадові утворення. Розчленований рельєф, кліматичні умови з невеликою кількістю опадів та значним випаровуванням зумовлюють обмежену забезпеченість підземними водами доброї якості.

За хімічним складом підземні води району доволі строкаті. Мінералізація коливається від 0,1 до 3,0 г/дм³ і більше. Тріщинні води докембрійського фундаменту місцями містять підвищену кількість радіоактивних елементів. У ґрунтових водах часто спостерігається підвищений уміст аміаку, нітратів і нітритів, що свідчить про небезпеку забруднення з поверхні [26].

Відповідно до геологічної будови, на досліджуваній території виділяються водоносні горизонти сучасних алювіальних, алювіально-делювіальних, середньо-верхньочетвертинних еолово-делювіальних і елювіальних відкладів, неогенових і палеогенових утворень (київської та бучакської світ), а також тріщинуватої зони кристалічних порід.

Водоносні горизонти мають переважно безнапірний характер і живляться інфільтрацією атмосферних опадів, підземним і фільтраційним притоком, а в техногенно навантажених районах – інфільтрацією із хвостосховищ і ставків-накопичувачів. Розвантаження підземних вод відбувається в долинах балок та річки Інгулець. Мінералізація змінюється в широких межах – від 2–3 до 25 г/дм³, а хімічний склад представлений переважно хлоридно-сульфатними та сульфатно-хлоридними водами. Для глибших горизонтів характерна наявність напору, значна варіативність мінералізації та залежність якості вод від умов живлення, глибини залягання та техногенного впливу [27].

Отже, підземні води Криворізького регіону формують складну багаторівневу гідрогеологічну систему з вираженим техногенним впливом. Умови живлення, хімічний склад і водозбагаченість визначаються взаємодією природних процесів і діяльності гірничодобувної промисловості, що потребує постійного моніторингу та заходів із охорони підземних вод.

2.4 Екологічна характеристика

На сьогоднішній день одним із найпотужніших джерел забруднення природного середовища Кривбасу є діяльність гірничовидобувних підприємств. Розробка залізорудних родовищ Криворізького басейну триває понад століття. За цей період видобуто понад 4,03 млрд т товарної залізної руди, з яких близько двох третин (2,6 млрд т) припадає на період найінтенсивнішої експлуатації родовищ у 1965–1990 рр. Нині видобуток залістих кварцитів здійснюється відкритим спо-

собом на 10 кар'єрах та підземним способом на 10 шахтах із подальшим збагаченням руди на п'яти гірничо-збагачувальних комбінатах: Північному, Центральному, Новокриворізькому, Південному та Інгулецькому. Загальна площа гірничого відводу становить близько 700 км², а площа гірничих робіт – 360 км² [28].

На Криворіжжі практично не залишилося природних ландшафтів: понад 80 % території трансформовано в природно-техногенні комплекси, що включають промислові зони, міські та сільські агломерації, численні кар'єри, відвали порід, шламосховища, зони обвалів і розгалужену транспортну інфраструктуру [29].

Накопичення відходів гірничо-збагачувального комплексу формує постійні осередки забруднення ґрунтів і підземних вод. Відходи накопичуються у вигляді хвостосховищ, відвалів, териконів і ставків-накопичувачів. Створення таких об'єктів суттєво змінило природний гідрологічний режим, оскільки інфільтрація високомінералізованих вод у нижче розташовані горизонти спричиняє вторинне засолення, підвищення мінералізації та порушення балансу підземного стоку [30].

Найбільш інтенсивне техногенне навантаження спостерігається в межах промайданчиків, хвостосховищ і ставків-накопичувачів, де формується штучне живлення підземних вод. Забруднення переважно охоплює перший від поверхні водоносний горизонт, приурочений до четвертинних відкладів (рис. 1.4).

Критичною проблемою залишається зношеність основних фондів. Слід відмітити, що значна частина обладнання гірничо-металургійного комплексу експлуатується понад нормативний строк. Так, строк служби агломераційних фабрик Кривбасу перевищує 35 років, тоді як у провідних промислових країнах (США, Німеччина) він обмежується 15 роками [31]. Експериментальні дослідження свідчать, що найбільші обсяги пилу й газоподібних викидів припадають саме на агломераційні фабрики та металургійні комбінати. Ефективність уловлювання шкідливих речовин є низькою, тому значна частина викидів потрапляє в атмосферу міста та навколишніх територій. Найбільш небезпечним з екологічної точки зору є агломераційне виробництво, що становить головне джерело забруднення повітряного басейну регіону [31].

Підприємства підземного видобутку руд завдають найменшого екологічного збитку – близько 0,4 %, тоді як частка відкритих розробок становить близько 70 %. Основну небезпеку становлять буро-вибухові роботи, кількість яких сягає 200 на рік. Розширення та поглиблення кар'єрів призводить до порушення санітарно-захисних зон: навіть у межах 500 м після вибухів концентрації пилу й газів перевищують гранично допустимі рівні [32].

Щорічно у відкриті водойми Кривбасу скидається до 65 млн м³ забруднених вод, з яких 62,5 млн м³ припадає на металургійний комбінат. В свою чергу це призводить до забруднення поверхневих водних об'єктів, що є значною екологічною проблемою. За результатами гідрохімічного аналізу, у стічних водах виявлено перевищення допустимих концентрацій: фенолів – до 45 ГДК, нафтопродуктів – 6–8 ГДК. Суттєво погіршує стан річки Інгулець скид шахтних високомінералізованих вод [33].

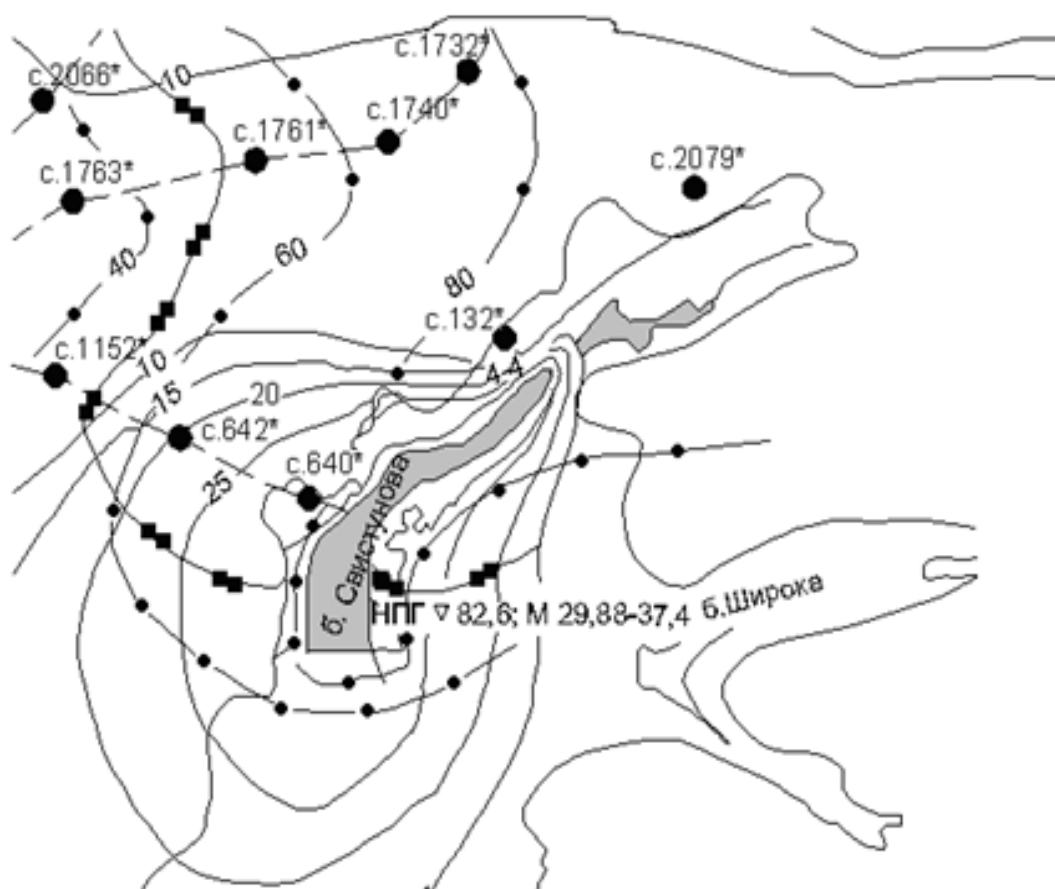


Рисунок 2.1 – Схема гідроізогіпс та мінералізації четвертинного водоносного горизонту.

Багаторічна розробка родовищ, розвиток водогосподарської інфраструктури, створення каскаду водосховищ та підтоплення відпрацьованих шахт і кар'єрів спричинили активізацію небезпечних геологічних процесів: зсувів, обвалів, підтоплення, фільтраційного розмиву дамб хвостосховищ. Зони деформацій займають близько 40 км², а відвали гірських порід – понад 100 км² [34]. Відвали, розташовані переважно на колишніх орних землях, акумулюють значні об'єми опадів, що сприяє розвитку підтоплення та вторинних зсувних процесів.

Отже, район досліджень належить до найбільш екологічно напружених територій Дніпропетровської області. З урахуванням геологічної будови осадового чохла можна стверджувати, що процеси підтоплення в регіоні зумовлені зміною водно-фізичних властивостей гірських порід під впливом техногенного навантаження та діяльності гірничо-збагачувальних підприємств [35].

3. МЕТОДИКА ВІДБОРУ ПРОБ ВОДИ, ПРИЗНАЧЕНОЇ ДЛЯ СПОЖИВАННЯ ЛЮДИНОЮ

3.1. Загальні положення

Контроль якості води, призначеної для споживання людиною, є ключовим елементом системи санітарно-епідеміологічного нагляду та екологічного моніторингу. Відбір проб є однією з найвідповідальніших стадій усього аналітичного процесу, адже навіть найсучасніші методи лабораторного аналізу не зможуть компенсувати помилки, допущені на етапі забору води. Саме тому методика відбору проб визначає достовірність, відтворюваність і репрезентативність результатів оцінки якості води.

Згідно з вимогами ДСТУ ISO 5667-1:2003 [36], основним завданням цієї процедури є отримання проби, яка максимально точно відображає фактичний стан водного об'єкта або системи водопостачання у момент відбору. Репрезентативність проби означає, що її хімічний і мікробіологічний склад відповідає реальним параметрам води у місці забору, без спотворення під впливом зовнішніх факторів чи помилок виконавця.

Метою відбору проб є забезпечення отримання зразків води, придатних для визначення всіх контрольованих показників якості відповідно до вимог [6, 37]. Згідно з цими документами, питна вода повинна бути безпечною за хімічним, мікробіологічним і радіаційним складом, не містити токсичних речовин, патогенних мікроорганізмів і радіонуклідів у кількостях, небезпечних для здоров'я людини [6, 36, 37].

Відбір проб проводиться з урахуванням низки чинників, серед яких: тип джерела (підземне, поверхнєве, водопровідна мережа), мета дослідження (моніторинг, санітарний контроль, аварійна перевірка), сезон року, умови експлуатації водоза-

бірних споруд, глибина і швидкість потоку. Всі ці фактори здатні впливати на коливання складу води, тому програма відбору проб має передбачати достатню кількість точок відбору та періодичність проведення вимірювань.

Важливим принципом є забезпечення репрезентативності проби, тобто відображення середнього складу води в певному об'ємі або на певній ділянці водойми. Для цього у багатьох випадках застосовують середні проби, що формуються шляхом змішування кількох разових зразків, відібраних у різних місцях і в різний час. Такий підхід особливо актуальний для поверхневих водойм, де якість води може змінюватися внаслідок гідродинамічних процесів, температурних коливань, біологічної активності та надходження забруднювачів із прибережних територій [38].

Не менш важливою є стабільність проби – здатність води зберігати свій первинний склад до моменту аналізу. Зміни можуть бути спричинені фізико-хімічними процесами (випаровування, окиснення, фотоліз), мікробіологічною активністю або реакцією компонентів із матеріалом тари. Тому на етапі відбору слід використовувати спеціальні методи консервації.

3.2. Місця і мета відбору проб. Обладнання та матеріали

З урахуванням типу джерела водопостачання відбір проб питної води здійснюється з різних об'єктів водогосподарської інфраструктури, зокрема з централізованих систем питного водопостачання, колодязів і свердловин індивідуального користування, відкритих водних об'єктів, що залучаються як джерела питного водозабору, а також з резервуарів, накопичувальних ємностей і елементів систем розподілу води. Такий диференційований підхід до відбору проб дає змогу отримати репрезентативну інформацію щодо якості води на різних етапах її забору, зберігання та транспортування до кінцевого споживача.

Розрізняють різні цілі відбору проб, зокрема:

1. Моніторинговий контроль – регулярне спостереження за якістю води відповідно до [37].

2. Санітарно-епідеміологічний контроль – на відповідності нормам [6].

3. Спеціальні дослідження – при аваріях, забрудненнях, або підозрі на відхилення якості [6].

Місце відбору має забезпечувати можливість отримання зразка, який не знає вторинного забруднення. Для мереж централізованого водопостачання проби беруть із кранів, що безпосередньо підключені до системи, після зливу води протягом 3–5 хв. Для відкритих водойм вибирають ділянки, де відсутній поверхневий стік, та відбір здійснюють на глибині 0,3–0,5 м нижче поверхні води [37].

Для відбору проб використовують стерильні поліетиленові або скляні пляшки об'ємом 0,5–1 л із герметичними кришками. Згідно з [40], матеріали тари не повинні адсорбувати компоненти води або вступати з ними в реакцію. Перед використанням ємності промивають досліджуваною водою не менше трьох разів. Для мікробіологічних аналізів застосовують стерильну тару, до якої додають 0,1 мл 10 % розчину тіосульфату натрію для нейтралізації залишкового хлору [40].

3.3 Методика відбору проб

Методика відбору проб води базується на положеннях чинних нормативних документів, що регламентують процедури польового відбору, транспортування та консервації проб для подальших лабораторних досліджень. Основним нормативним документом є ДСТУ ISO 5667 (частини 1, 3, 4, 5), який встановлює загальні вимоги до планування програм відбору, обладнання, методів збирання проб та забезпечення їхньої репрезентативності.

Відбір здійснюється згідно з [36, 39] і включають такі основні етапи:

1. Підготовка обладнання та тари. Перед виїздом проводять перевірку та підготовку обладнання, що включає калібрування переносних вимірювальних приладів (рН-метр, кондуктометр, термометр), підготовку стерильної або промитої хімічно інертної тари (поліетилен, скло), а також комплектування набору консервантів згідно з вимогами дослідження.

2. Промивання місця відбору. Перед відбором проби необхідно забезпечити промивання водорозбірного крана або шланга протягом 3–5 хвилин для видалення застійної води та вирівнювання гідравлічних умов системи. Відбір проби проводять після стабілізації параметрів води.

3. Наповнення тари до країв без утворення повітряних бульбашок. Тара наповнюється плавним потоком до країв, без утворення повітряних бульбашок. Для аналізів, чутливих до впливу кисню, використовують фіксуючі реагенти або спеціальні флакони з мінімальним залишковим об'ємом повітря. Для мікробіологічних досліджень тара повинна бути стерильною та містити необхідні нейтралізатори хлору.

4. Маркування проб із зазначенням дати, часу, місця, температури води. Етикетка та супровідна документація повинні містити повну інформацію щодо проби: ідентифікатор точки, номер проби, координати (за необхідності), глибину відбору, погодні умови, тип відбору та спосіб консервації.

5. Заповнення протоколу відбору проби. У протокол вносять інформацію про метод відбору, обладнання, виконавця, погодні умови, специфічні особливості об'єкта. Протокол є юридичною частиною документації та необхідний для підтвердження достовірності результатів. Обов'язково вказують аномалії (запах, каламутність, колір), які можуть впливати на результати.

Консервація здійснюється відповідно до [39]. Консервація має ключове значення для збереження фізико-хімічних та мікробіологічних властивостей проби в незмінному стані. Неправильна консервація може призвести до необоротної зміни складу проби. Для більшості показників проби зберігаються при температурі $+4 \pm 2$ °C не більше 24 годин.

Для окремих компонентів застосовують додаткову консервацію:

- для металів – додавання азотної кислоти до $\text{pH} < 2$. Додавання азотної кислоти стабілізує іони металів, запобігає їх адсорбції на стінках тари;
- для органічних речовин – охолодження без консервантів. Важливо забезпечити відсутність сонячного світла та підвищених температур, оскільки більшість органічних компонентів легко окислюються;

- для амонійного азоту – заморожування або консервація сірчаною кислотою.

Заморожування дозволяє уникнути мікробіологічного розкладу сполук.

Похибки можуть виникати через недотримання гідравлічних умов у системі, вторинне забруднення тари, тривале транспортування або недосконале маркування, порушення температурного режиму.

Для контролю точності застосовують: польові дублікати – для перевірки відтворюваності; порожні проби (бланки) – для контролю вторинного забруднення; калібрувальні криві та метрологічні перевірки приладів – перед та після відбору.

Для підвищення точності використовують комбіновані (середні) проби, що складаються з кількох точкових зразків, відібраних через рівні інтервали часу або з різних точок об'єкта [39].

Результати оформлюються у “Журналі відбору проб води”, де зазначаються: дата, час, місце, умови відбору; прізвище виконавця; тип проби (разова, середня); метод консервації; температура повітря і води; номер проби.

Документація повинна відповідати вимогам [40].

При роботі у природних водоймах необхідно дотримуватися вимог [41]. Використовують засоби індивідуального захисту, а відбір у потенційно небезпечних зонах здійснюють не менше ніж двома працівниками.

Методика відбору проб питної води є комплексом взаємопов'язаних процедур, які забезпечують отримання достовірних результатів аналітичного контролю. Дотримання вимог міжнародних та національних стандартів (ISO, ДСТУ, ДСанПіН) гарантує репрезентативність, точність і відтворюваність даних.

4. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ І ПОРІВНЯННЯ З НОРМАТИВАМИ

4.1. Короткий опис об'єктів дослідження

У межах роботи було досліджено якість питної води, що надходить із різних типів джерел водопостачання у сільській місцевості. Основним завданням було оцінити, наскільки досліджувані джерела забезпечують населення водою, безпечною за санітарно-гігієнічними показниками.

Об'єктами дослідження були:

1. Індивідуальні колодязі приватних домогосподарств, розташовані на відстані 10–25 м від житлових будівель. Колодязі мають різний ступінь захисту від поверхневих стоків: від повністю герметизованих до частково відкритих.
2. Артезіанські свердловини. Глибина свердловин становить у середньому 40–70 м, що забезпечує доступ до водоносних горизонтів, частково захищених від антропогенного впливу.

Вибір саме цих об'єктів зумовлений поширеністю їх використання в сільській місцевості та високою вірогідністю впливу на якість води аграрних, побутових і природних факторів. Особливу увагу було приділено населеним пунктам, у межах яких: відсутня централізована система каналізації; є високий рівень розораності території; активно застосовуються азотні добрива; існують вигрібні ями і тваринницьких господарств поблизу водозаборів.

Це створює потенційні ризики хімічного та мікробіологічного забруднення, що потребує детального аналізу.

Для формування репрезентативної вибірки протягом дослідження було відібрано 6 проб води з різних джерел водопостачання у 3 населених пунктах с. Гурівка (Кропивницький район Кіровоградської області), с. Лозуватка і с. Недайвода (Криворізький район Дніпропетровської області) (рис.4.1)

Загалом було проаналізовано шість проб води: три проби з колодязів, що дало змогу оцінити стан найпоширенішого джерела водопостачання в сільській місцевості, та три проби з малих приватних свердловин, які є найбільш вразливими до забруднення і потребують особливої уваги при оцінці якості води.

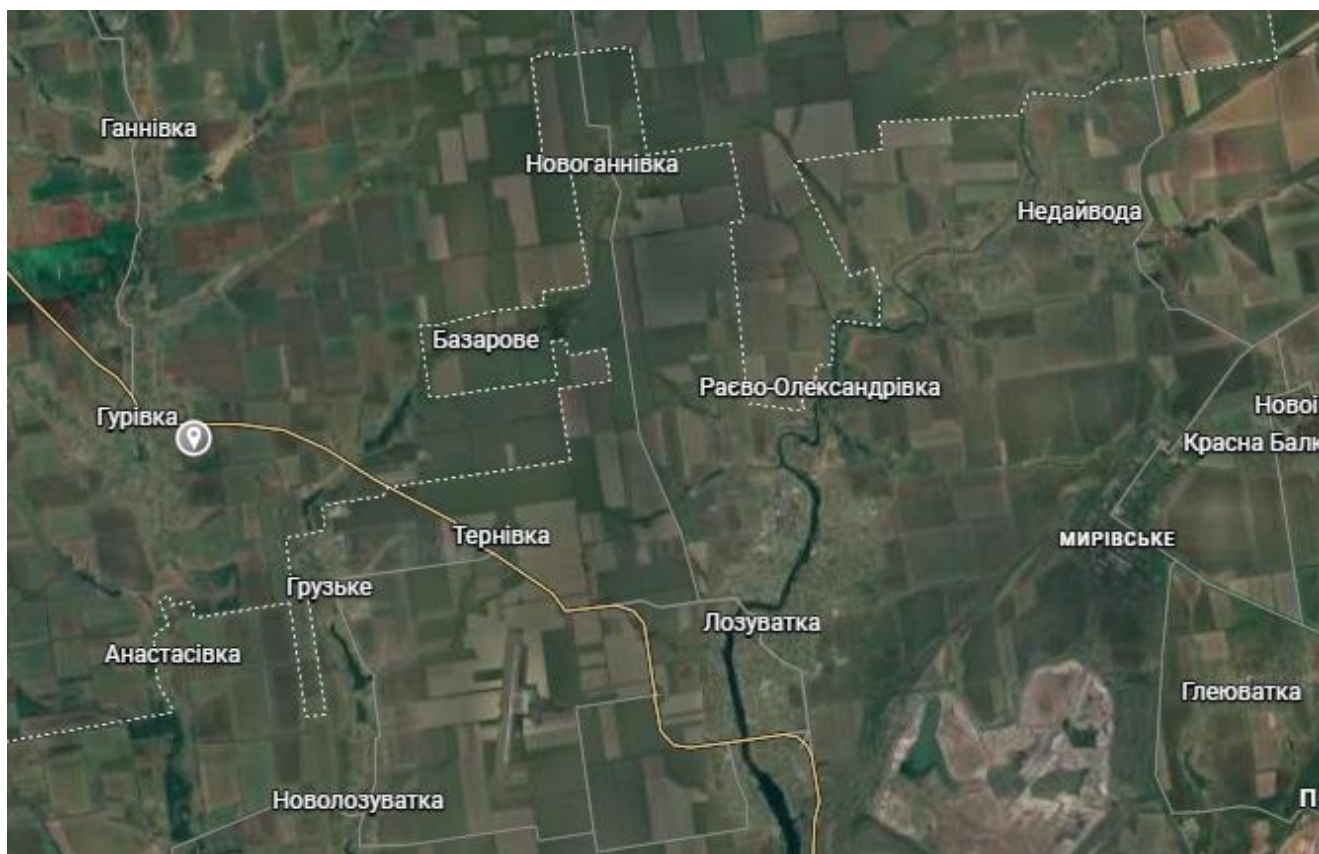


Рисунок 4.1 – Місцезорташування населених пунктів

Відбір проб проводився в літній період (серпень), який характеризується інтенсивним водоспоживанням та сезонним зниженням рівня ґрунтових вод. Це створює умови для підвищеної вразливості водоносних горизонтів до зовнішніх впливів і можливого погіршення якості води.

Для кожної проби було визначено: фізико-органолептичні показники; хімічний склад та мінералізацію; вміст біогенних речовин (нітрати, нітроти, амоній).

4.2 Аналіз якості води у шахтних колодязях

Оцінювання якості питної води з населених пунктів Гурівка, Лозуватка та Недайвода здійснювалося на основі зіставлення фактичних концентрацій хімічних показників із вимогами стандартів України, а також відповідних гігієнічних нормативів ВООЗ. Аналіз дозволив встановити ступінь відповідності води нормативним вимогам та визначити показники, що формують ризики для здоров'я населення.

Отримані дані були систематизовані у вигляді таблиць (табл.4.1-4.2).

Таблиця 4.1 – Результати аналізу підземних вод із шахтних колодязів

Показник	Одиниця виміру	Гурівка	Лозуватка	Недайвода
Водневий показник (рН)	од.рН	8,61	8,25	8,40
Сульфати (SO_4^{2-})	мг/дм ³	941,22	853,19	1044,74
Хлориди (Cl^-)	мг/дм ³	539,10	776,82	378,92
Залізо загальне	мг/дм ³	3,13	2,50	0,54
Сухий залишок	мг/дм ³	2391,0	1758,0	2485,0
Амоній сольовий NH_4^+	мг/дм ³	1,12	0,49	0,89
HCO_3^-	мг/дм ³	68,30	201,89	272,05
Na^+	мг/дм ³	624,23	813,35	619,34
Ca^{2+}	мг/дм ³	148,89	133,00	150,86
Нітрити (NO_2^-)	мг/дм ³	0,06	0,07	0,03
Нітрати (NO_3^-)	мг/дм ³	4,72	3,49	0,72
Ортофосфати (PO_4^{2-})	мг/дм ³	<0,05	0,28	0,01
Жорсткість загальна	мг-екв/дм ³	8,45	7,54	9,88
Лужність загальна	мг-екв/дм	1,12	3,31	4,46
Розчинений кисень	мг O_2 /дм ³	8,85	6,83	5,13
Магній (Mg^{2+})	мг/дм ³	12,52	10,38	28,60
Біологічне споживання кисню за 5 діб (БСК ₅)	мг O_2 /дм ³	2,04	1,05	0,97
Хімічне споживання кисню (ХСК)	мг O_2 /дм ³	82,06	107,60	30,39

Аналіз таблиці 4.1 свідчить, що усі три проби демонструють високу мінералізацію, підвищені концентрації сульфатів, хлоридів, натрію та жорсткість. Такі

значення свідчать про значне природне або антропогенне засолення підземних вод.

У досліджених пробах виявлено значні відхилення за основними показниками мінералізації – сульфатами, хлоридами, сухим залишком, натрієм та загальною жорсткістю. Також у кількох пробах зафіксовано підвищений вміст заліза та амонію. Ряд інших показників, зокрема нітрати, нітрити, БСК₅, ортофосфати та магній, відповідають нормам. Це свідчить про відсутність гострого органічного забруднення, але наявність природної або техногенної мінералізації підземних вод. Порівняльний аналіз наведено у табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Порівняльний аналіз якості води із шахтних колодязів

Показник	Гурівка	Лозуватка	Недайвода	Норма ДСТУ 7525:2014	Рекомендації ВООЗ	Висновок
pH	8,61	8,25	8,40	6.5–8.5	6.5–8.5	Проба 1 трохи вище норми
Сульфати (SO ₄ ²⁻), мг/л	931,12	851,19	1042,84	≤ 500	≤ 500	Значне перевищення у всіх пробах
Хлориди (Cl ⁻), мг/л	538,09	777,42	379,02	≤ 250	≤ 250	Перевищення у всіх пробах
Залізо загальне, мг/л	3,03	2,50	0,54	≤ 0.2	≤ 0.3	Сильне перевищення у всіх
Сухий залишок, мг/л	2391,0	1758,0	2485,0	≤ 1000	≤ 1000	Всі проби мають високу мінералізацію
Амоній (NH ₄ ⁺), мг/л	1,12	0,49	0,89	≤ 0.5	≤ 1.5	Проби 1 і 3 – перевищення
Гідрокарбонати HCO ₃ ⁻ , мг/л	68,30	201,89	272,05	Рекомендовані 30–400	–	Усі в межах природних значень
Натрій (Na ⁺), мг/л	624,23	813,35	619,34	≤ 200	≤ 200	Перевищення у всіх
Кальцій (Ca ²⁺), мг/л	148,89	133,00	150,86	≤ 150	≤ 200	Граничні значення; проба 3 трохи вище
Магній (Mg ²⁺), мг/л	0,05	0,07	0,02	≤ 50	≤ 50	Норма
Жорсткість, мг-екв/л	4,62	3,49	0,72	≤ 7	–	Перевищення (жорстка вода)
Лужність, мг-екв/л	<0,05	0,28	0,01	–	–	Не нормується
Нітрити (NO ₂ ⁻), мг/л	8,45	7,54	9,88	≤ 0.1	≤ 3	Норма
Нітрати (NO ₃ ⁻), мг/л	1,12	3,31	4,46	≤ 50	≤ 50	Норма

Ортофосфати, мг/л	8,74	6,80	5,03	—	—	В межах природних/низьких значень
Розчинений кисень, мг/л	12,41	10,41	28,59	>4	—	Усі проби достатньо аеровані
БСК ₅ , мгО ₂ /л	2,03	1,03	0,98	≤ 3	—	Норма, низьке органічне забруднення
ХСК, мгО ₂ /л	82,06	107,60	30,39	≤ 30	—	Перевищення у пробах 1–2

Отримані результати аналізу якості води свідчать про наявність у всіх трьох населених пунктах суттєвих відхилень від нормативів, передусім за показниками мінералізації та солевого складу. Найбільш проблемними параметрами є підвищений вміст сульфатів, хлоридів, натрію, сухого залишку, а також висока загальна жорсткість. Такі показники свідчать про надмірне насичення води мінеральними солями, що може мати як природне походження (особливості геологічної будови водоносного горизонту), так і антропогенне – насамперед через тривалий інтенсивний водозабір та можливе виснаження підземних вод.

Показники органічного забруднення (БСК₅, нітрити, нітрати) загалом перебувають у межах допустимих концентрацій. Данні результати говорять нам про те, що на підземні джерела не здійснюється значний антропогенний вплив, пов'язаний із скиданням органічних відходів чи побутових стічних вод. Однак у Гурівці та Лозуватці зафіксовано перевищення концентрацій заліза, що характерно для водоносних горизонтів, у яких вода контактує з залізистими породами. Така вода потребує додаткових процесів знезалізнення, оскільки високий вміст заліза негативно впливає на органолептичні властивості води та може призводити до корозії труб.

Порівняння трьох населених пунктів показало, що найбільші відхилення від нормативів спостерігаються в Недайводі та Гурівці. У Лозуватці ситуація дещо краща, однак вода також не відповідає стандартам за ключовими параметрами. У всіх пробах виявлено підвищену або високу загальну жорсткість, яка спричиняє утворення накипу в побутових системах гарячого водопостачання, зменшує ефективність роботи водонагрівачів та побутової техніки. Також жорстка вода може мати негативний вплив на людей із захворюваннями нирок та серцево-судинної системи.

Значний вміст сульфатів і хлоридів може вказувати як на природні процеси мінералізації, так і на можливі техногенні джерела – наприклад, інфільтрацію вод із промислових або сільськогосподарських територій, порушення водного режиму або зміни геохімічних умов зони живлення підземних горизонтів. Підвищені концентрації натрію та сухого залишку підтверджують загальну тенденцію до зростання мінералізації.

У сукупності ці фактори свідчать, що вода не відповідає встановленим нормам питної води за більшістю ключових показників. Її використання без попередньої підготовки є небажаним і може становити ризики як технічного, так і медико-біологічного характеру. Для доведення якості води до нормативної необхідно впровадження комплексу технологічних процесів очищення: демінералізації, пом'якшення, знесолення, знезалізнення, а також застосування сорбційних та фільтраційних технологій.

Отже, у всіх проаналізованих пунктах вода є непридатною для споживання без проведення попереднього комплексного очищення через суттєве перевищення показників мінералізації, жорсткості та вмісту заліза. Найбільші відхилення виявлені в Недайводі та Гурівці, тоді як у Лозуватці ситуація дещо краща, але все одно така вода не відповідає вимогам питної.

4.3 Аналіз якості води у водозабірних свердловинах

Комплексна оцінка якості підземних вод, що надходять із водозабірних свердловин, є одним із ключових етапів забезпечення санітарної надійності системи водопостачання та визначення придатності води для господарсько-питного використання населенням. Така оцінка ґрунтується на порівнянні фактичних гідрохімічних даних із гранично допустимими концентраціями (ГДК), установленими чинними нормативними документами України [6] та рекомендаціями Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ).

Підземні води артезіанських горизонтів традиційно вважаються більш стабільними за хімічним складом та набагато безпечнішими у санітарно-епідеміологічному відношенні, ніж води верхніх безнапірних горизонтів. Водночас поняття «захищеність» є відносним: навіть глибокі горизонти можуть зазнавати як природного, так і антропогенного впливу, що формує кінцевий хімічний склад води.

Геохімічні процеси, пов'язані з тривалим контактом води з мінералами гірських порід, зумовлюють: підвищення мінералізації (сухий залишок); зростання жорсткості; збільшення концентрацій заліза, марганцю, натрію, сульфатів та хлоридів; формування слабколужного середовища (підвищення рН).

Такі особливості характерні для підземних вод більшості регіонів степової та лісостепової зони України, де поширені гіпси, ангідрити та карбонатні породи.

Антропогенні чинники впливу. До основних джерел техногенного впливу належать: сільськогосподарське навантаження (надходження нітратів, амонію, фосфатів); побутові та промислові стічні води; несанкціоновані скиди та порушення санітарних зон водозаборів; інфільтрація поверхневих забруднень через тріщинуваті породи.

Органічні сполуки, наявність яких визначається показниками БСК₅ та ХСК, є індикаторами антропогенного забруднення води. Їхній підвищений рівень свідчив би про погіршення санітарного стану водоносного горизонту.

Зважаючи на те, що гідрогеологічні умови є динамічними, а потоки підземних вод реагують на сезонні та антропогенні зміни, систематичний лабораторний моніторинг дозволяє: оцінити поточну придатність води; виявити тенденції до погіршення чи стабілізації якості; попередити вторинне забруднення водоносних комплексів; обґрунтувати застосування технологій водопідготовки (знезалізнення, пом'якшення, зворотний осмос, сорбційна очистка).

Результати лабораторних досліджень якості води з водозабірних свердловин у населених пунктах Гурівка, Лозуватка та Недайвода наведені у таблиці 4.3.

На основі зіставлення отриманих даних із вимогами ДСанПіН та ВООЗ, можна зробити наступні висновки щодо якості води у розрізі населених пунктів:

Загальна мінералізація та сольовий склад. Однією з найсуттєвіших проблем є підвищена мінералізація води. За даними таблиці, у селах Гурівка (1075,95 мг/дм³) та Недайвода (1118,25 мг/дм³) сухий залишок перевищує норматив ДСан-ПіН (≤ 1000 мг/дм³). Така вода належить до високої мінералізації та має характерний солонуватий присмак, що може впливати на функціонування нирок і серцево-судинної системи при тривалому споживанні. У с. Лозуватка показник є нормативним (791,10 мг/дм³), що свідчить про менш виражене геохімічне навантаження.

Таблиця 4.3 – Результати аналізу підземних вод із водозабірних свердловин

Показник	Одиниці вимірювання	Гурівка	Лозуватка	Недайвода
Водневий показник (рН)	од.рН	8,10	7,25	7,40
Сульфати (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ³	421,00	382,94	468,98
Хлориди (Cl ⁻)	мг/дм ³	243,15	350,01	169,96
Залізо загальне	мг/дм ³	1,98	1,65	0,36
Сухий залишок (розчинені речовини)	мг/дм ³	1076,901	790,99	1117,95
Амоній сольовий NH ₄ ⁺	мг/дм ³	0,50	0,22	0,40
HCO ₃ ⁻	мг/дм ³	30,74	90,85	122,42
Na ⁺	мг/дм ³	280,90	366,01	278,70
Ca ²⁺	мг/дм ³	67,00	59,85	67,89
Нітрити (NO ₂ ⁻)	мг/дм ³	0,02	0,03	0,01
Нітрати (NO ₃ ⁻)	мг/дм ³	2,09	1,58	0,33
Ортофосфати (PO ₄ ²⁻)	мг/дм ³	0,01	0,13	0,05
Жорсткість загальна	мг-екв/дм ³	3,80	3,39	4,45
Лужність загальна	мг-екв/дм ³	0,51	1,48	2,02
Розчинений кисень	мгO ₂ /дм ³	3,94	3,07	2,28
Магній (Mg ²⁺)	мг/дм ³	5,58	4,68	12,87
Біологічне споживання кисню за 5 діб (БСК ₅)	мгO ₂ /дм ³	0,91	0,46	0,44
Хімічне споживання кисню (ХСК)	мгO ₂ /дм ³	3,96	4,42	2,68

Сульфати у всіх трьох зразках зафіксовано значне перевищення нормативу (250 мг/дм³). Найвищий вміст виявлено у с. Недайвода (469,28 мг/дм³ – майже подвійне перевищення) та с. Гурівка (419,00 мг/дм³). Високий вміст сульфатів надає воді гіркого присмаку та викликає диспепсичні розлади (порушення травлення).

Хлориди. Норматив перевищено лише у с. Лозуватка (349,84 мг/дм³), що може свідчити про домішки вод із підвищеним вмістом натрію або про локальний техногенний вплив. У двох інших випадках показники відповідають стандартам.

Вміст заліза. Другим критичним показником якості води є вміст загального заліза (норматив $\leq 0,2$ мг/дм³).

У с. Гурівка та с. Лозуватка спостерігається суттєве перевищення норми – 1,97 мг/дм³ та 1,63 мг/дм³ відповідно (перевищення у 8–10 разів). Це робить воду непридатною для пиття без знезалізнання, погіршує її органолептичні властивості (металічний присмак, кольоровість) та сприяє заростанню труб. У с. Недайвода: вміст заліза - 0,35 мг/дм³, що є незначним відхиленням від норми, але все ж потребує корекції.

Санітарно-хімічні показники та органічне забруднення.

На відміну від мінерального складу, показники, що свідчать про антропогенне або органічне забруднення, знаходяться у задовільному стані:

Азотна група - вміст амонію, нітритів та нітратів у всіх пробах значно нижчий за гранично допустимі концентрації (ГДК). Це свідчить про відсутність свіжого фекального забруднення або потрапляння добрив у водоносний горизонт.

Показники хімічного (ХСК: 2,68–4,42 мгО₂/дм³) та біологічного споживання кисню (БСК₅: 0,44–0,91 мгО₂/дм³) є низькими і відповідають нормативам для чистої води. Це вказує на відсутність значного органічного забруднення.

Жорсткість води у всіх зразках становить від 3,39 до 4,45 мг-екв/дм³, що відповідає фізіологічним нормам (вода середньої жорсткості) і не потребує пом'якшення.

Узагальнена порівняльна оцінка якості води у водозабірних свердловинах наведена у табл. 4.4.

Дані наведені у табл. 4.3 і 4.4 свідчать, що води всіх трьох свердловин не відповідають вимогам чинного законодавства України за показниками мінерального складу, зокрема: сульфати – перевищення у всіх зразках; залізо – критичне перевищення у Гурівці та Лозуватці; сухий залишок – перевищення у Гурівці та Недайводі; хлориди – перевищення у Лозуватці.

Водночас санітарно-хімічний стан води задовільний, а показники органічного забруднення та азотовмісних сполук відповідають нормам.

Таблиця 4.4 – Порівняльна оцінка якості води

Показник	Од. вим.	Норма Ук-раїни	Рекомендації ВООЗ	Гурівка	Лозува-тка	Недай-вода
Залізо загальне	мг/дм ³	≤ 0,2	≤ 0,3 (естетична)	1,97 ✗	1,63 ✗	0,35 ⚠
Сульфати (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ³	≤ 250	≤ 250 (смак) ≤ 500 (шлук)	419,00 ✗	383,04 ✗	469,28 ✗
Хлориди (Cl ⁻)	мг/дм ³	≤ 250	≤ 250 (смак)	242,14 ✓	349,84 ⚠	170,56 ✓
Сухий залишок (мінералізація)	мг/дм ³	≤ 1000	< 1000 (прийнятна)	1075,95 ⚠	791,10 ✓	1118,25 ⚠
Нітрати (NO ₃ ⁻)	мг/дм ³	≤ 50,0	≤ 50,0	2,08 ✓	1,57 ✓	0,32 ✓
Амоній (NH ₄ ⁺)	мг/дм ³	≤ 0,5	Не нормується (запах > 1,5)	0,50 ⚠	0,22 ✓	0,40 ✓
рН (кислотність)	од. рН	6,5 – 8,5	6,5 – 8,5	8,10 ✓	7,25 ✓	7,40 ✓
Жорсткість	мг-екв/дм ³	≤ 7,0	~ 200 мг/л CaCO ₃ *	3,80 ✓	3,39 ✓	4,45 ✓
Органіка (ХСК)	мгО ₂ /дм ³	≤ 5,0 (перманг.)	Не нормується**	3,96 ✓	4,42 ✓	2,68 ✓

Отже, вода потребує доочищення. Для питних потреб рекомендовано застосування методів знезалізнення та зворотного осмосу (для зниження рівня сульфатів та загальної мінералізації). Бактеріологічна та органічна безпека води, судячи з показників азотної групи та ХСК, є задовільною.

4.4 Гідрохімічний аналіз води методом діаграми Пайпера

Оцінка хімічного складу природних вод є одним із ключових етапів гідрохімічних досліджень, оскільки саме іонний склад визначає основні властивості

води, її придатність для господарсько-питного, технічного та екологічного використання. Серед графічних методів інтерпретації гідрохімічних даних широке застосування має діаграма Пайпера, яка дозволяє наочно класифікувати хімічний тип води та визначити провідні гідрохімічні процеси в системі «вода – порода – середовище».

Діаграма Пайпера складається з двох трикутників (катіонного та аніонного) та центрального ромбоподібного поля. У трикутниках відображається відносний вміст основних катіонів (Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$) та аніонів ($\text{HCO}_3^{-}+\text{CO}_3^{2-}$, SO_4^{2-} , Cl^{-}), виражений у відсотках еквівалентних концентрацій. Подальша проєкція даних у центральному полі забезпечує інтегральну характеристику води, дозволяючи: визначити гідрохімічний тип (гідрокарбонатний, сульфатний, хлоридний тощо та відповідний катіонний тип); порівняти різні проби між собою, визначити подібність або відмінність у їхньому складі; виявити тренди еволюції вод, такі як змішування різних джерел, вплив техногенного забруднення чи природні процеси обміну іонів; оцінити ступінь мінералізації та ступінь агресивності води щодо порід або інженерних споруд опосередковано через домінуючі іони.

У межах проведеного дослідження побудова діаграми Пайпера (рис.4.1) дала змогу виявити структурні закономірності у складі вод та провести класифікацію проб.

Аналіз побудованого графіка свідчить, що досліджені підземні води зі свердловин і шахтних колодязів у селах Гурівка, Недайвода та Лозоватка належать до натрієво-калієвого хлоридно-сульфатного гідрохімічного типу. На катіонному трикутнику діаграми Пайпера домінують іони натрію та калію ($\text{Na}^{+}+\text{K}^{+}$), тоді як на аніонному – хлориди (Cl^{-}) та сульфати (SO_4^{2-}). У центральному полі діаграми проби чітко групуються в зоні sodium–potassium chloride–sulphate type, що характерно для вод із підвищеною мінералізацією та може свідчити про значний зовнішній вплив – як антропогенний, так і природний.

Детальніший аналіз графіка дозволяє припустити, що формування натрієво-калієвого хлоридно-сульфатного типу вод може бути частково зумовлено дією антропогенних факторів. До таких впливів належать:

- Сільськогосподарська діяльність – застосування мінеральних добрив (особливо хлоридних і сульфатних форм), засобів захисту рослин, що сприяє інфільтрації у ґрунт розчинених солей та збагаченню підземних вод іонами Cl^- і SO_4^{2-} .
- Фермерські господарства та тваринницькі комплекси – можливе надходження органічних і мінеральних сполук у зону живлення водоносних горизонтів внаслідок нераціонального поводження з відходами.
- Несанкціоновані сміттєзвалища та побутові стоки – просочування інфільтратів, багатих на хлориди, натрій та інші солі, що підвищує мінералізацію вод.

Господарсько-побутове використання земель – змив солей із територій приватної забудови (дренаж, господарські стоки, мийні засоби), які можуть також змінювати іонний склад підземних вод.

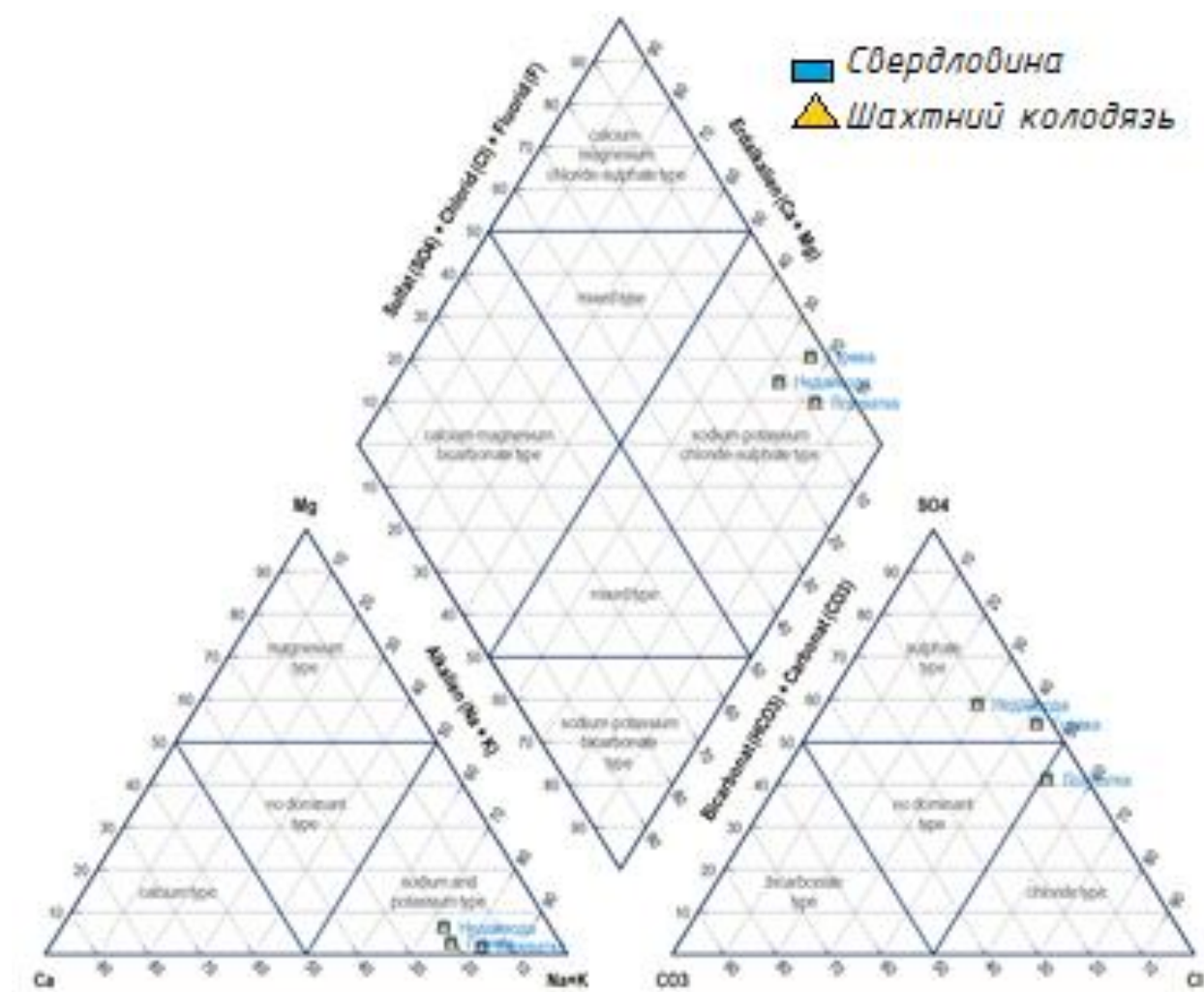


Рисунок 4.2 - Діаграма “Пайпера”

Сукупність цих чинників може пояснювати підвищення концентрацій Na^+ , K^+ , Cl^- та SO_4^{2-} та групування проб у полі sodium–potassium chloride–sulphate type на діаграмі Пайпера. Виявлені ознаки свідчать про можливу деградацію природної якості вод під впливом господарської діяльності та підтверджують необхідність контролю за станом зон живлення водоносних горизонтів.

Виявлено, що підземні води з різних водоносних горизонтів мають подібний гідрохімічний тип, що вказує на можливий гідравлічний зв'язок між горизонтами та активний водообмін у межах дослідженої території. Загалом води характеризуються натрієвим типом та можуть бути використані для господарсько-побутових і технічних потреб за умови проведення відповідної підготовки та очищення, спрямованої на зниження мінералізації та коригування сольового складу.

Таким чином, застосування діаграми Пайпера забезпечило науково обґрунтовану інтерпретацію хімічного складу вод, дозволило встановити їхній домінуючий гідрохімічний тип, простежити можливі механізми формування та оцінити потенційні зміни якості води під впливом природних і техногенних факторів. Це робить діаграму Пайпера ефективним інструментом комплексної оцінки якості води в рамках дипломного дослідження.

5. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

5.1 Загальні положення і пропозиції

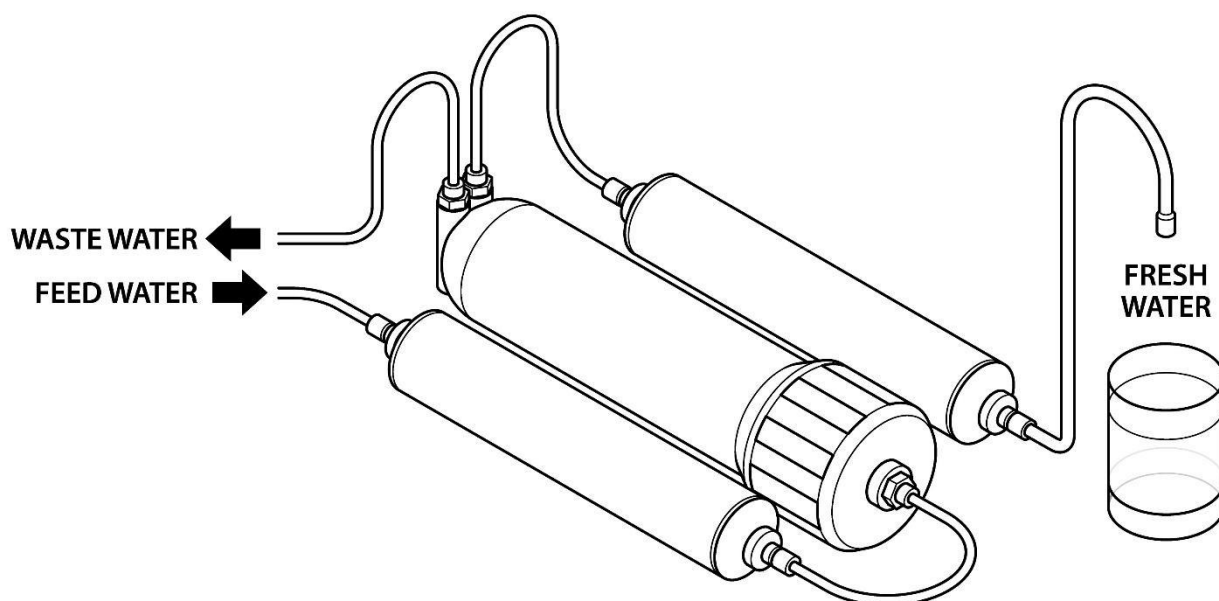
На основі аналізу води (високий вміст заліза, сульфатів та загальної мінералізації при нормальній жорсткості), звичайні методи (кип'ятіння, відстоювання) або найпростіші фільтри-глечики будуть неефективними.

У ситуації, що склалась доцільно розділити систему водопостачання на дві категорії: перша – для питного водопостачання (пиття, приготування їжі); друга для господарсько-побутових потреб (прибирання приміщень, санітарно-гігієнічних потреб, напування худоби, тощо).

Для питної води та приготування їжі єдиним надійним рішенням є влаштування системи зворотного осмосу.

Молекули сульфатів та хлоридів дуже малі, і звичайні вугільні фільтри їх не затримують. Тільки мембрана зворотного осмосу здатна відфільтрувати воду на молекулярному рівні, прибираючи до 98-99% солей.

Мембрана не пропускає залізо, хоча високі концентрації (як у Гурівці) можуть швидко її забити. Тому в системі осмосу обов'язково мають бути якісні попередні картриджі (поліпропілен).



Виходячи із вищевказаних міркувань конфігурація системи очистки води може бути сформульована у загальному вигляді так:

механічний префільтр (5 або 1 мкм) - затримує пісок та іржу.

вугільний картридж - захищає мембрану від органіки.

мембрана зворотного осмосу – це головний елемент, що прибирає солі та залізо.

Мінералізатор. Оскільки осмос робить воду майже дистильованою, для пиття її бажано наситити корисними мінералами (кальцієм, магнієм).

З огляду використання води для господарсько-побутових потреб головна проблема – залізо (особливо для Гурівки та Лозуватки, де воно перевищено у 8-10 разів). Сульфати для техніки не такі страшні, а вилучати їх на весі господарської потреби – це дуже дорого (потрібен промисловий осмос). Тому зосереджуємось на знезалізненні.

Варіант А: Комплексна система очищення. Це найбільш ефективний варіант для приватного будинку.

Тут використовується колона з засипкою типу "Еcomix" (або аналоги), яка одночасно прибирає залізо, марганець та органіку.

Проте такі системи часто також пом'якшують воду, хоча жорсткість (3,8–4,45) є нормальною. Потрібно налаштувати систему так, щоб вона не "перем'якнувала" воду, інакше її буде важко змивати з тіла (ефект "мильності").

При обслуговуванні потребує таблетованої солі для промивки (регенерації).

Варіант Б: Безреагентне знезалізнення (Аерація + Каталітичне вугілля).

За цим варіантом вода насичується киснем (через компресор або ежектор), залізо окислюється і випадає в осад, який затримується на засипці (наприклад, Birm або Centaur).

Переваги: Не потребує солі та витратних матеріалів для промивки.

Недоліки: Може бути дорожчим на етапі покупки обладнання.

На основі проведеного аналізу хімічного складу води та оцінки ризиків для побутових систем і здоров'я користувачів було сформовано оптимальний комплекс технічних рішень для різних населених пунктів.

5.2 Рекомендації з покращення якості води

Для забезпечення належної якості води для питних потреб в точці її безпосереднього споживання рекомендовано встановити систему зворотного осмосу, оснащену постфільтром-мінералізатором. Такий тип очищення є найбільш ефективним серед побутових методів доведення води до питних нормативів, оскільки забезпечує глибоке видалення практично всіх шкідливих домішок завдяки мембранній фільтрації з розміром пор 0,0001 мкм.

Встановлення системи зворотного осмосу дозволяє має такі переваги [45]:

1. Повне видалення надлишкового заліза та сульфатів, а також важких металів, нафтопродуктів, нітратів, органічних речовин, бактерій та вірусів. Це особливо важливо для водорозбірної точки, де вода використовується для пиття та приготування їжі.
2. Прибирання солоного присмаку, сторонніх запахів та гіркоти, що характерні для води з підвищеним солевмістом або наявністю сірководню. Мембранний елемент затримує майже всі розчинені солі, забезпечуючи нейтральний смак води.
3. Одержання безпечної та фізіологічно повноцінної питної води. Завдяки мінералізатору відбувається відновлення оптимальної концентрації кальцію, магнію та інших корисних мікроелементів, що покращує органолептичні властивості та забезпечує відповідність рекомендаціям ВООЗ.
4. Підвищення довговічності побутової техніки, що використовує очищену воду (чайники, кавоварки, пароварки), завдяки значному зниженню жорсткості та запобіганню утворенню накипу.

Типова схема установки з очищення води зворотним осмосом наведена на рис.5.1

Для господарсько-побутових потреб з метою забезпечення захисту сантехнічного обладнання від пошкоджень, спричинених характерними для регіону домішками у підземних водах, на ввіді до будинку рекомендується передбачити комплекс заходів попередньої підготовки води.

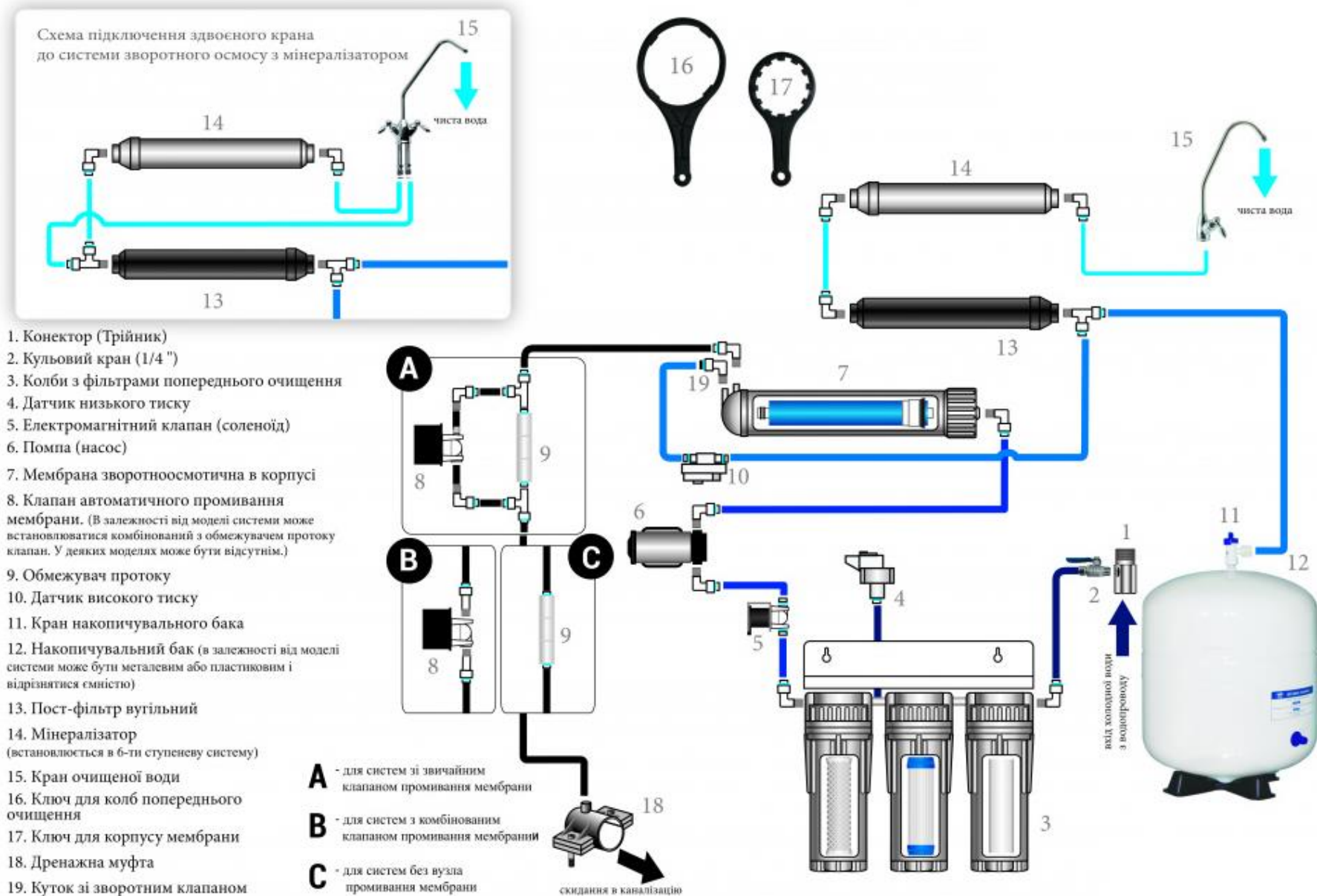
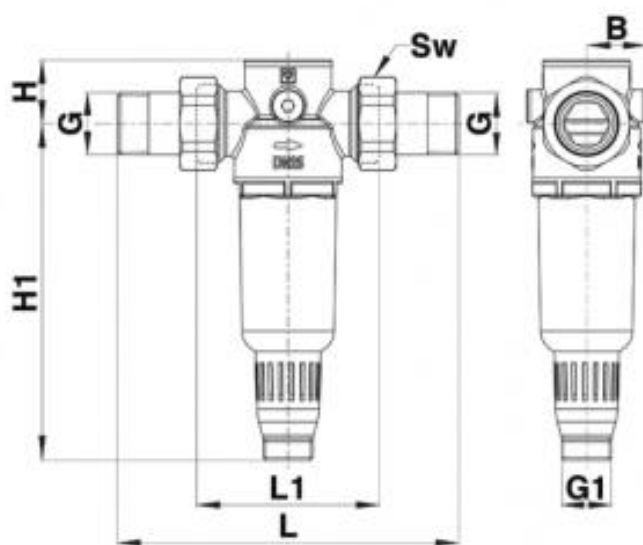


Рисунок 5.1 – Типова схема установки системи очистки води зворотним осмосом [46].

Обов'язковим є встановлення фільтра грубого очищення (особливо актуально для сіл Гурівка та Лозуватка) (рис.5.2). Його встановлюють першим елементом на вводі води у будинок. Він призначений – затримання основної маси механічних домішок (піску, мулу, окалини, продуктів корозії), які потрапляють у систему разом із водою. Використання грязьовика дозволяє: запобігти засміченню трубопроводів і змішувачів; зменшити навантаження на подальші фільтрувальні системи; продовжити ресурс насосного обладнання та водомірних вузлів; знизити ризик гідравлічних збоїв у внутрішній мережі.



Артикул	DN	PN	G	G1	L	L1	B	H	H1	Sw	Вага, кг
2301001	15	16	1/2"	3/4"	147	84	32	34	180	30	0,7
2301002	20	16	3/4"	3/4"	155	84	32	34	180	37	0,85
2301002	25	16	1"	3/4"	185	98	32	34	180	46	1,13

Рисунок 5.2 – Фільтр грубої очистки

Рекомендованим заходом є встановлення колони-зnezалізнення. Так у селах Гурівка та Лозуватка підземні води зазвичай характеризуються підвищеним вмістом двовалентного заліза, що проявляється у вигляді помірної або сильної забарвленості води, появи рудого нальоту на сантехніці та осадів в трубопроводах.

Використання колони-зnezалізнювача дозволяє: ефективно окиснювати та виводити залізо з води; запобігти утворенню бурих відкладень на сантехніці, пли-

тці, пральних машинах; значно продовжити строк служби бойлера та електричного нагрівального обладнання, зменшуючи ризик внутрішньої корозії; оптимізувати роботу системи пом'якшення та системи зворотного осмосу (у разі його встановлення).

Для населеного пункту Недайвода встановлено, що основним відхиленням якості підземної води є підвищений вміст сульфатів. За результатами хімічного аналізу, концентрація загального заліза становить близько $0,35 \text{ мг/дм}^3$, що лише незначно перевищує норматив, регламентований [6], згідно з яким гранично допустима концентрація заліза у питній воді становить $0,3 \text{ мг/дм}^3$.

Через мінімальне перевищення вмісту заліза та відсутність його негативного впливу на обладнання додаткові колонії-знезалізнювачі для села Недайвода не потрібні.

Остаточний вибір схеми очистки і потрібного обладнання потребує додаткових техніко-економічних обґрунтувань.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження дозволило оцінити якість підземних вод досліджуваних населених пунктів, визначити основні відхилення від нормативів та запропонувати ефективні заходи їх покращення. Отримані результати дозволяють оцінити придатність води для питних та господарсько-побутових потреб, а також обґрунтувати впровадження сучасних технологій очищення для забезпечення безпечного водопостачання.

1. Нормативно-правова база України у сфері питної води включає закони, санітарні правила та екологічні вимоги, однак фактична якість води часто не відповідає стандартам через зношеність інфраструктури та значний антропогенний вплив.

Українські гігієнічні нормативи в багатьох випадках є менш жорсткими порівняно зі стандартами ЄС та ВООЗ і не враховують нові типи забруднювачів. Попри це нормативна система поступово адаптується до сучасних викликів, зокрема в умовах воєнних дій, та вимагає подальшої гармонізації з міжнародними вимогами. Посилення контролю, оновлення стандартів та модернізація інфраструктури є ключовими кроками для забезпечення населення безпечною питною водою.

2. Територія Криворізького залізрудного басейну зазнала інтенсивної техногенної трансформації (понад 80 % площі), що проявляється у деградації ґрунтів, формуванні техногенного рельєфу та зміні гідрогеологічних умов. Водонасні горизонти характеризуються підвищеною мінералізацією та чутливістю до забруднення, особливо четвертинний і неоген-палеогеновий. Це потребує постійного моніторингу та впровадження природоохоронних заходів.

Екологічний стан регіону є напруженим через інтенсивну діяльність ГЗК і металургійних підприємств, що спричиняє забруднення повітря, ґрунтів, поверхневих і підземних вод, а також активізацію небезпечних геологічних процесів. Масштаб техногенної трансформації становить понад 80 % території.

У цілому територія дослідження є комплексом природно-техногенних ландшафтів із високим рівнем антропогенного навантаження, що потребує постійного моніторингу стану ґрунтів, підземних вод і геологічного середовища та реалізації природоохоронних і рекультиваційних заходів.

3. У розділі наведено методику відбору проб води, призначеної для споживання людиною, відповідно до вимог ДСТУ ISO 5667 та чинних санітарних нормативів. Відбір проб визначено як ключовий етап контролю якості води, адже саме правильність процедури забезпечує репрезентативність та достовірність лабораторних результатів. Описано загальні принципи формування програми відбору проб з урахуванням типу джерела, умов експлуатації, сезонності й гідродинамічних особливостей. Значна увага приділена вибору місць відбору, підготовці обладнання, вимогам до тари, маркуванню та веденню супровідної документації.

4. Проведений аналіз хімічного складу води з шахтних колодязів та водозабірних свердловин населених пунктів Гурівка, Лозуватка та Недайвода показав наявність суттєвих відхилень від чинних нормативів якості питної води. Отримані результати свідчать про те, що досліджені підземні води мають характерне перевищення нормативів за мінералізацією, вмістом сульфатів, хлоридів, натрію та заліза, що є визначальними факторами їхньої непридатності для споживання без попереднього очищення.

У пробах з шахтних колодязів виявлено найбільші відхилення: концентрації сульфатів становлять 851–1042 мг/дм³ при нормі 500 мг/дм³, хлоридів – 379–777 мг/дм³ при нормі 250 мг/дм³, натрію – 619–813 мг/дм³ при допустимих 200 мг/дм³. Значним є й перевищення показника сухого залишку (до 2485 мг/дм³), а також заліза (0,54–3,03 мг/дм³ при нормі 0,2 мг/дм³). Жорсткість води також знаходиться вище нормативного значення, що додатково впливає на зниження якості.

У воді зі свердловин перевищення менш виражені, однак також суттєві. Сульфати сягають 383–469 мг/дм³, у деяких випадках спостерігається перевищення хлоридів (до 349 мг/дм³) та сухого залишку (до 1118 мг/дм³). Вміст заліза у свердловинах перевищує норматив у 2–10 разів. Загальна жорсткість у свердловинах

залишається в межах допустимих значень, що вказує на більш стабільний і захищений водоносний горизонт.

Показники азотної групи (нітрати, нітрити, амоній) та органічного забруднення (БСК₅, ХСК) переважно не перевищують нормативів, що свідчить про відсутність активного фекального чи побутового забруднення. Підвищені значення ХСК у колодязях зумовлені поверхневим надходженням органічних речовин, що характерно для неглибоких джерел.

Класифікація вод за діаграмою Пайпера показала, що всі досліджені проби належать до натрієво-калієвого хлоридно-сульфатного типу (Na–K–Cl–SO₄), що відображає схожі гідрохімічні умови формування водоносних горизонтів та підтверджує вплив як природних геологічних процесів (розчинення солей і гіпсів), так і техногенних факторів (сільськогосподарські стоки, засолені ґрунти, промислове навантаження).

Узагальнюючи результати, можна зробити висновок, що підземні води досліджуваних населених пунктів є переважно мінералізованими та засоленими, з характерним перевищенням вмісту іонів натрію, хлоридів, сульфатів та заліза. За такими показниками вода не відповідає вимогам до питної без належної підготовки. Використання цієї води у побутових потребах без очищення може становити ризики для здоров'я населення.

5. З урахуванням отриманих результатів сформовано комплекс технічно обґрунтованих рекомендацій. Для забезпечення якісної питної води доцільним є встановлення систем зворотного осмосу, здатних видаляти 98–99 % розчинених солей, заліза, органічних речовин та мікробіологічних забруднень. Додаткове використання мінералізатора дозволяє формувати фізіологічно повноцінний склад води відповідно до рекомендацій ВООЗ.

Для господарсько-побутових потреб рекомендовано встановлення систем попередньої очистки: механічного фільтра (5–1 мкм) для вилучення завислих частинок та продуктів корозії, а також колон знезалізнення у населених пунктах Гурівка та Лозуватка, де концентрації заліза перевищують норматив у 8–10 разів. Знезалізнюючі установки на основі засипок типу Ecomix, Virm або каталізованого

вугілля дозволяють стабілізувати роботу внутрішньобудинкових систем та забезпечити захист сантехнічного обладнання.

Для села Недайвода встановлення колони-знезалізнювача не є обов'язковим, оскільки перевищення вмісту заліза є мінімальним і не чинить значного технічного впливу. У цьому випадку достатнім є впровадження механічної фільтрації та використання зворотного осмосу для питних потреб.

Таким чином, запропонований комплекс рекомендацій є технічно та економічно обґрунтованим, повністю відповідає гідрохімічним умовам досліджуваних населених пунктів і забезпечує можливість стабільного отримання якісної, безпечної для здоров'я та придатної для побутового використання води.

ЛІТЕРАТУРА

1. Myronyuk, V., Danylenko, S., & Kucheruk, N. Quality and safety of tap water in selected Ukrainian regions // *Ukrainian Journal of Ecology*. – 2021. – Vol. 11, No 3. – P. 501–507. – DOI: 10.15421/2021_111.
2. Куницька І., Жикалова О. У Бобринці в криничній воді рівень нітратів у 8 разів вищий за норму // *Суспільне: Кропивницький*. – 02 лип. 2021. – URL: https://suspilne.media/kropyvnytskiy/144145-u-bobrinci-v-krinicnij-vodi-riven-nitrativ-u-8-raziv-visij-za-normu/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 22 10 2025).
3. World Health Organization. *Guidelines for Drinking-Water Quality : 4th ed.* – Geneva : World Health Organization, 2011. – 564 p. – ISBN 978-92-4-154815-1. – URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151> (дата звернення: 22.10.2025).
4. Міністерство розвитку громад та територій України. *Національна доповідь 2019 : про стан довкілля в Україні*. – Київ : Мінрегіон, 2019. – 184 с. – URL: <https://mindev.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/nacionalna-dopovid-2019.pdf> (дата звернення: 22.10.2025)
5. Кодекси України. Про питну воду та питне водопостачання. Стаття 29 // *Kodeksy.com.ua*. – URL: https://kodeksy.com.ua/print/pro_pitnu_vodu_ta_pitne_vodopostachannya/statja-29.htm?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 22.10.2025).
6. Державні санітарні норми і правила. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. - [На заміну ГОСТ 2874-82; чинні від 2010-07-01] - Міністерство охорони здоров'я України, 2010 – 49 с. – (Державні санітарні норми і правила). – Доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0452-10> (дата звернення: 22.10.2025).
7. Міністерство охорони здоров'я України. *Державні санітарні норми і правила: Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах*

воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру : наказ МОЗ України від 22 квітня 2022 р. № 683. – Київ : МОЗ України, 2022. – URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0564-22> (дата звернення: 22.10.2025).

8. Міністерство розвитку громад та територій України. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні: 2023 р. [Електронний ресурс] // М-рство розвитку громад та територій України. – Київ, 2023. – Режим доступу: <https://mindev.gov.ua/diialnist/napriamy/sfera-komunalnykh-posluh/tsentralizovane-vodopostachannia-ta-vodovidvedennia/natsionalna-dopovid-pro-iakist-pytnoyi-vody-ta-stan-pytnogo-vodopostachannia-ta-vodovidvedennia-v-ukraini-u-2023-r.pdf> (дата звернення: 17.10.2025).

9. Юридична класифікація (Водокористування. Якість питної води). [Електронний ресурс] // База даних «Законодавство України». – Київ, 2025. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/jj251> (дата звернення: 17.10.2025).

10. World Health Organization. *Guidelines for Drinking-water Quality* : 4th ed. incorporating the 1st addendum. – Geneva : WHO, 2017. – ISBN 9789241549950.

11. European Union. *Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption*. – Official Journal of the European Communities, L 330/32, 5 December 1998.

12. United States Environmental Protection Agency (EPA). *Safe Drinking Water Act and National Primary Drinking Water Regulations*. – Washington : U.S. EPA, 2021. – URL: <https://www.epa.gov/sdwa> (дата звернення: 22.10.2025).

13. Лабораторія «УкрХімАналіз». Нормативи на питну воду. Яка повинна бути вода? [Електронний ресурс] // HimAnaliz.ua. – Київ, 3 листопада 2017. – Режим доступу: <https://himanaliz.ua/uk/normativi-na-pitnu-vodu-yaka-povinna-bu/> (дата звернення: 22.10.2025).

14. Галецький Л. С. Криворізький залізорудний басейн, Кривбас / Л. С. Галецький // *Енциклопедія Сучасної України* : [електронна енциклопедія] / НАН України, Ін-т енциклопед. дослідж. НАН України. – Київ, 2023. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-655> (дата звернення: 22.10.2025).

15. Паранько І. С., Казаков В. Л., Калініченко О. О. Рельєф Криворіжжя / І. С. Паранько, В. Л. Казаков, О. О. Калініченко // *Природа Криворіжжя* : монографія. – Кривий Ріг : КДПУ, 2015. – Розділ: Фізико-географічна характеристика. – Режим доступу: <https://kdpu.edu.ua/pryroda-kryvorizhzhia/fizyko-heohrafichna-kharakterystyka/relief.html> (дата звернення: 22.10.2025).
16. Криворізький техногенний ландшафт як результат гірничо-промислової діяльності // *Матеріали науково-практичної конференції ЖДТУ*, 2016. – С. 42–46. – Режим доступу: https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/03/zbirnyk_tez_girnytstvo_zhdtu_2016.pdf (дата звернення: 22.10.2025).
17. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. Екологічна оцінка території Криворізького залізрудного басейну : інформаційний бюлетень. – Київ, 2021. – Режим доступу: <https://me.gov.ua/download/008e8cf9-7ee3-4c34-9f9a-f3fcda6d8e4d/file.pdf> (дата звернення: 22.10.2025).
18. Криворізький державний педагогічний університет. Природа Криворіжжя – Ґрунти [Електронний ресурс] / Криворізький ДДПУ. – Режим доступу: <https://kdpu.edu.ua/pryroda-kryvorizhzhia/fizyko-heohrafichna-kharakterystyka/hrunty.html>. – (Дата звернення: 22.10.2025).
19. Криворізький державний педагогічний університет. Земельні ресурси Криворіжжя [Електронний ресурс] / KDPU. – Режим доступу: <https://kdpu.edu.ua/pryroda-kryvorizhzhia/fizyko-heohrafichna-kharakterystyka/pryrodni-resursy/1308-zemelni-resursy-kryvorizhzhia.html>. – (Дата звернення: 22.10.2025).
20. Савосько В.М., та ін. The total content of macronutrients and heavy metals in the soil on devastated lands at Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine) [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/the-total-content-of-macronutrients-and-heavy-metals-in-the-soil-on-devastated-lands-at-kryvyi-rih-iron-mining-metallurgical>. – (Дата звернення: 22.10.2025).

21. Коптєва Т.С. Рослинний та ґрунтовий покрив Кривбасу [Електронний ресурс] / Т.С. Коптєва. – 2025. – Режим доступу: <https://dspace.hnpu.edu.ua/items/808f1e0b-bf04-4283-9d4f-e1f4b2524c72>. – (Дата звернення: 22.10.2025).
22. Ющук Є.Д. Мікроморфологічні дослідження ґрунтів Кривого Рогу [Електронний ресурс] / Є.Д. Ющук. – Кривий Ріг : КДПУ, 2020. – Режим доступу: https://elibrary.kdpu.edu.ua/bitstream/123456789/5188/1/Історичні%20відомості_мікроморф_досл_.pdf. – (Дата звернення: 22.10.2025).
23. Калініченко О. А. Підземні води Криворіжжя [Електронний ресурс] / Криворізький державний педагогічний університет. – Режим доступу: <https://kdpu.edu.ua/pryroda-kryvorizhzhia/fizyko-heohrafichna-kharakterystyka/vodni-heosystemy/1256-pidzemni-vody-kryvorizhzhia.html> (дата звернення: 22.10.2025).
24. Дніпропетровська обласна державна адміністрація. Оцінка впливу на довкілля (розділ «Гідрогеологічна характеристика»). – Режим доступу: <https://krrda.dp.gov.ua/storage/app/sites/169/%20з%20оцінки%20впливу%20на%20довкілля%207315.pdf> (дата звернення: 22.10.2025).
25. Полтавська обласна рада. Гідрогеологічна характеристика територій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://oblrada-pl.gov.ua/sites/default/files/field/docs/21_10.pdf (дата звернення: 22.10.2025).
26. Рубан С.А. Гідрогеологічні оцінки та прогнози режиму підземних вод України / С.А. Рубан, М.А. Шинкаревський // Монографія. – К.: УкрДГРІ, 2005. – 572 с.
27. Дослідження гідрологічного та гідрогеологічного режиму та визначення джерел забруднення р. Інгулець в районі діяльності підприємств Кривбасу у Дніпропетровській області. Звіт. Том 1 – Дніпропетровськ, «ДНПРОДІПРОВОДГОСП». 2007 – 120 с.
28. Гірничо-геологічна характеристика Криворізького басейну / За ред. В. І. Кузьменка. – Кривий Ріг: НМетАУ, 2018. – 240 с.
29. Касьянов, С. Г. Техногенні ландшафти Кривбасу: формування та екологічні наслідки. – Дніпро: Ліра, 2020. – 312 с.

30. Іваненко, О. М. Вплив хвостосховищ на підземні води промислових регіонів України // Екологічна безпека. – 2021. – № 1. – С. 25–33.
31. Петренко, В. І., Сафронов, А. П. Технічний стан агломераційних фабрик Кривбасу. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – 145 с.
32. Сидоренко, Л. І. Екологічні наслідки буро-вибухових робіт у кар'єрах Кривбасу // Вісник КНУ. – 2022. – Т. 45, № 3. – С. 41–48.
33. Державне агентство водних ресурсів України. Річний звіт про якість поверхневих вод басейну Інгульця за 2023 рік. – Київ, 2024. – 92 с.
34. Чумак, П. Г., Рябцев, О. В. Екзогенні процеси в умовах техногенного навантаження Кривбасу. – Кривий Ріг: НДІ геоекології, 2019. – 198 с.
35. Екологічний атлас Дніпропетровської області / За ред. Л. М. Тищенко. – Дніпро: Моноліт, 2021. – 156 с.
36. ДСТУ ISO 5667-1:2003. Якість води. Відбір проб. Частина 1. Настанови щодо розроблення програм відбору проб. – Київ : Держспоживстандарт України, 2004. – 20 с.
37. ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. – 36 с.
38. ISO 5667-5:2006. Water quality – Sampling – Part 5: Guidance on sampling of drinking water from treatment works and piped distribution systems. – Geneva : ISO, 2006. – 36 p.
39. ДСТУ ISO 5667-3:2001. Якість води. Відбір проб. Настанови щодо збереження і поводження з пробами. – Київ : Держстандарт України, 2002. – 28 с.
40. ISO 5667-14:2014. Water quality – Sampling – Part 14: Guidance on quality assurance and quality control of environmental water sampling and handling. – Geneva : ISO, 2014. – 29 p.
41. НПАОП 0.00-1.28-10. Правила охорони праці під час проведення наукових досліджень. – Київ : Держгірпромнагляд, 2010. – 44 с.
42. Кучерук, Д. Д. Методи контролю якості води. – Київ : Либідь, 2017. – 264 с.
43. Гончарук, В. В. Питна вода: проблеми, технології, нормативи. – Київ : Наук. думка, 2015. – 312 с.

44. Дудар, О. І. Екологічний моніторинг водних об'єктів. – Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2020. – 198 с.
45. ПершаВода. Топ-5 основних достоїнств зворотного осмосу / PershaVoda. – Режим доступу: <https://pershavoda.ua/ua/top-5-osnovnyx-dostoinstv-obratnogo-osmosa> (дата звернення: 21.11.2025).
46. Aqua-UA. Що таке система зворотного осмосу / Aqua-UA. – Режим доступу: <https://surl.li/mfynxw> (дата звернення: 21.11.2025 р.).