

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра цивільної інженерії, технології будівництва та захисту довкілля

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри цивільної
інженерії, технології будівництва і захисту довкілля
професор _____ Вікторія ВОЛКОВА

« ____ » _____ 2025 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Бакалавр»

на тему: «Аналіз антропогенного впливу та обґрунтування заходів із
захисту поверхневих водних ресурсів Криворізького району
Дніпропетровської області»

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу,

групи ТЗНС-1-21

спеціальності - 183 «Технології захисту

навколишнього середовища»

Освітньо-професійної програми «Технології захисту

навколишнього середовища»

ЧУБАКОВ І.С. _____

Керівник: ГАПІЧ Г.В. _____

Рецензент _____

Дніпро-2025

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва і захисту довкілля
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
Освітня програма 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. Кафедрою цивільної інженерії,
 Технологій будівництва і захисту довкілля
 _____ Вікторія ВОЛКОВА
 «___» _____ 2025р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» здобувачу
 вищої освіти

Чубакову Ігорю Сергійовичу

1.Тема роботи: «Аналіз антропогенного впливу та обґрунтування
 заходів із захисту поверхневих водних ресурсів Криворізького району
 Дніпропетровської області»

керівник роботи Гапіч Геннадій Васильович доцент

затверджена наказом по ДДАЕУ від «___» _____ 2025 р. № ____.

2. Термін здачі здобувачем вищої освіти закінченої роботи: «___» _____ 2025р.

3.Вихідні дані до роботи: матеріали, отримані при проходженні виробничої
 технологічної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх
 належить розробити) 1. Огляд літератури. 2. Фізико-географічні умови
регіону дослідження. 3. Методи досліджень. 4. Результати досліджень та їх
обговорення. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6.
Економічна частина. Висновки. Список використаних джерел.

5. Дата видачі завдання: „___” _____ 2025 р.

Керівник роботи _____

Геннадій ГАПІЧ

Завдання прийняв до виконання _____

Ігор ЧУБАКОВ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Актуальність та аналіз літературних джерел	10.05.2025-11.05.2025	Виконано
2	Природні умови району проведення дослідження	11.05.2025-13.05.2025	Виконано
3	Характеристика об'єкту дослідження	14.05.2025-15.05.2025	Виконано
4	Антропогенний вплив та обґрунтування заходів із захисту поверхневих водних ресурсів	15.04.2025-18.05.2025	Виконано
5	Обґрунтування опріснення високо-мінеральних шахтних вод з балки Свистунова	14.06.2025-17.06.2025	Виконано
6	Охорона праці	18.05.2025-19.05.2025	Виконано
7	Еколого-економічна ефективність заходів захисту водних ресурсів	19.05.2025-31.05.2025	Виконано
8	Висновки	01.06.2025-07.06.2025	Виконано

Здобувач вищої освіти

_____ Ігор ЧУБАКОВ

(підпис)

Керівник роботи

_____ Геннадій ГАПЧ

(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ОБРАНОЇ ТЕМАТИКИ РОБОТИ.....	9
1.1 Актуальність теми дослідження	9
1.2 Обґрунтування актуальності проблеми забруднення поверхневих вод.....	10
1.3 Роль водних ресурсів у забезпеченні сталого розвитку регіону.....	11
1.4 Стан дослідження антропогенного впливу на водні об'єкти у науковій літературі.....	12
1.5 Огляд нормативно-правової бази у сфері охорони водних ресурсів.....	13
1.6 Аналіз попередніх досліджень у Криворізькому регіоні	15
2. ПРИРОДНІ УМОВИ РАЙОНУ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	17
2.1 Географічне розташування Криворізького району	17
2.2 Кліматичні особливості регіону	18
2.3 Гідрографічна характеристика.....	19
2.4 Геологічна та гідрогеологічна будова території.....	21
2.5 Ґрунтово-рослинний покрив та його взаємозв'язок із водними ресурсами.....	24
2.5.1 Вплив ґрунтів та рослин на водні ресурси.....	25
3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	26
3.1 Основні водні об'єкти Криворізького району.....	26
3.2 Стан водних ресурсів.....	27
3.3 Джерела водопостачання та водокористування	28
3.4 Проблемні ділянки з екологічної точки зору.....	30
3.5 Роль водних об'єктів у господарській діяльності району	32
4. АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ІЗ ЗАХИСТУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ РЕСУРСІВ.....	34
4.1 Основні джерела антропогенного навантаження.....	34
4.2 Аналіз типів забруднення	36
4.3 Наслідки антропогенного впливу на водні ресурси	37
4.4 Оцінка сучасного стану поверхневих вод.....	41
4.4.1 Індекс забруднення води для річки Інгулець.....	42
4.4.2 Індекс забруднення води для річки Саксагань	42

4.5 Екологічний моніторинг та результати дослідження	43
4.6 Заходи щодо зменшення навантаження та захисту водних ресурсів	44
4.6.1 Зменшення скиду шахтних вод	45
4.6.2 Стратегії заходів за планом «Мінприроди».....	47
4.8 Економічне та екологічне обґрунтування впровадження захисних заходів	48
4.8.1 Економічні вигоди завдяки впровадженню екологічних заходів	50
5. ОБґРУНТУВАННЯ ОПРІВСНЕННЯ ВИСОКО-МІНЕРАЛЬНИХ ШАХТНИХ ВОД З БАЛКИ СВИСТУНОВА	52
5.1 Загальна характеристика балки Свистунова	52
5.2 Джерела антропогенного забруднення.....	53
5.3 Основні екологічні проблеми балки Свистунова.....	54
5.4 Технологічне обладнання для опріснення мінеральних шахтних вод	56
6. ОХОРОНА ПРАЦІ	60
6.1 Нормативно-правове забезпечення охорони праці	60
6.2 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів	61
6.3 Безпека праці при проведенні польових досліджень	62
6.4 Вимоги до умов праці при лабораторних дослідженнях	63
6.5 Пожежна безпека	65
7. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ	67
7.1 Визначення вартості дослідницьких робіт	67
7.2 Оцінка вартості впровадження заходів із захисту водних ресурсів	68
7.3 Розрахунок економічної ефективності природоохоронних заходів	69
7.4 Порівняння витрат і можливих економічних втрат у разі бездіяльності.....	70
7.5 Оцінка економічної доцільності впровадження рекомендацій.....	72
ВИСНОВОК	75
ЛІТЕРАТУРА	77

ВСТУП

Водні ресурси є основою екологічної рівноваги та соціально-економічного розвитку будь-якого регіону. Для Криворізького району Дніпропетровської області, де зосереджено потужний промисловий потенціал України, проблема забруднення поверхневих вод набуває критичного характеру через інтенсивний антропогенний тиск.

Основні джерела забруднення включають промислові стічні води металургійних, гірничодобувних і хімічних підприємств, які містять значну кількість важких металів, таких як залізо, мідь, цинк, а також нафтопродукти. Крім того, до забруднювачів належать комунально-побутові стоки з органічними речовинами, які потрапляють у довкілля через низьку ефективність очисних систем.

Водні ресурси традиційно вважаються відновлювальними, однак через зростаючий вплив людської діяльності, зокрема інтенсифікацію забруднення водойм і обмеження доступу до багатьох водних об'єктів, їхній відновлюваний статус стає дедалі умовнішим. У наш час вода набуває значення однієї з найважливіших цінностей планети. [1].

Актуальність обраної теми дослідження обумовлена тим, що сучасний екологічний стан у Кривому Розі має яскраво виражений техногенний характер. Його формування зумовлено діяльністю металургійного комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг» та значною кількістю гірничозбагачувальних і промислових підприємств. Ці підприємства здійснюють істотний вплив на водні ресурси міста через скидання стічних вод, що призводить до значного техногенного навантаження на місцевий водний басейн.

Останні роки досліджень ґрунтів і гідросфери свідчать про загрозливу екологічну ситуацію в зоні впливу гірничо-металургійних підприємств Кривбасу. Це вимагає впровадження сучасних науково-технічних рішень, які

спрямовані на суттєве покращення екологічного стану як у межах міста, так і на прилеглих територіях. [2].

Для моніторингу якості природних водойм та оцінки токсичності забруднювачів, поряд із гідрохімічним аналізом, усе більшої ваги набуває використання біологічних показників для комплекснішої оцінки. Зокрема, останнім часом особливу увагу приділяють методам безпосередньої оцінки токсичності водного середовища за допомогою біоіндикаторів. Завдяки їхнім особливостям розвитку та фізіологічним характеристикам стає можливим виявлення як природних, так і антропогенних процесів, що впливають на умови довкілля. Біологічні індикатори акумулюють сукупність інформації про стан навколишнього середовища та дозволяють оцінити його в цілому, оскільки вплив токсичних речовин спричиняє комплексні зміни всередині екосистеми, елементи якої взаємопов'язані. До того ж біоіндикатори забезпечують можливість аналізувати кумулятивні та довготривалі ефекти впливу забруднювачів.

Метою дипломної роботи є проведення комплексного аналізу антропогенного впливу на поверхневі водні ресурси Криворізького району Дніпропетровської області, а також розробка обґрунтованих заходів для їх захисту та відновлення.

У дослідженні розглядається антропогенний вплив на водні ресурси Криворізького району, зокрема на поверхневі водні об'єкти, такі як річки Інгулець і Саксагань, а також балка Свистунова. Окрема увага приділяється оцінюванню ефективності як наявних, так і модернізованих систем очищення стічних вод. В ході роботи проводиться розрахунок індексу забруднення вод (ІЗВ), виконується аналіз основних джерел забруднення, оцінюється технічний стан очисних споруд та висувуються пропозиції щодо їх удосконалення, враховуючи як екологічні, так і економічні аспекти. Об'єкти дослідження:

- Поверхневі водні об'єкти Криворізького району (річки, ставки, водосховища), зокрема річки Інгулець, Саксагань та їх притоки.

- Джерела антропогенного навантаження: промислові підприємства, комунальні господарства, сільськогосподарські угіддя району.

- Система управління та моніторингу стану поверхневих вод у Криворізькому районі.

Ключові слова: технології захисту навколишнього середовища, очисні споруди, моніторинг якості, водні ресурси, поверхневі води, індекс забруднення вод (ІЗВ), стічні води.

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТА АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ОБРАНОЇ ТЕМАТИКИ РОБОТИ

1.1 Актуальність теми дослідження

Проблема охорони поверхневих водних ресурсів Криворізького району є надзвичайно актуальною через інтенсивний антропогенний вплив, зокрема, промислового забруднення, що негативно позначається на якості води, екологічному стані водойм та здоров'ї населення. Дослідження екологічного стану поверхневих вод із застосуванням сучасних методів оцінки, зокрема біоіндикації, дозволяє оперативно виявляти рівень токсичності та розробляти ефективні заходи захисту. Враховуючи важливість водних ресурсів для сталого розвитку регіону, наукове обґрунтування заходів із їхнього захисту має практичне і соціальне значення.

У науковій літературі, як вітчизняній, так і зарубіжній, широко використовуються біоіндикаційні методи оцінки якості води. Вони ґрунтуються на реакції живих організмів, таких як дафнії, звичайна цибуля чи редис, на забруднення (табл. 1.1) [3].

Таблиця 1.1 - Біоіндикаційні методи оцінки якості води

Метод біоіндикації	Організм	Переваги	Приклад застосування
Тест-культура рослин	Редис	Швидка оцінка токсичності, простота	Ярошенко, 2022
Водні безхребетні	Дафнії	Висока чутливість, оперативність	Дослідження вод Кривого Рогу
Рослини-індикатори	Цибуля звичайна	Візуальні зміни, швидкий ріст	Експерименти в лабораторіях

Методологічні підходи до дослідження якості води включають в себе ряд підходів (рис 1.1)

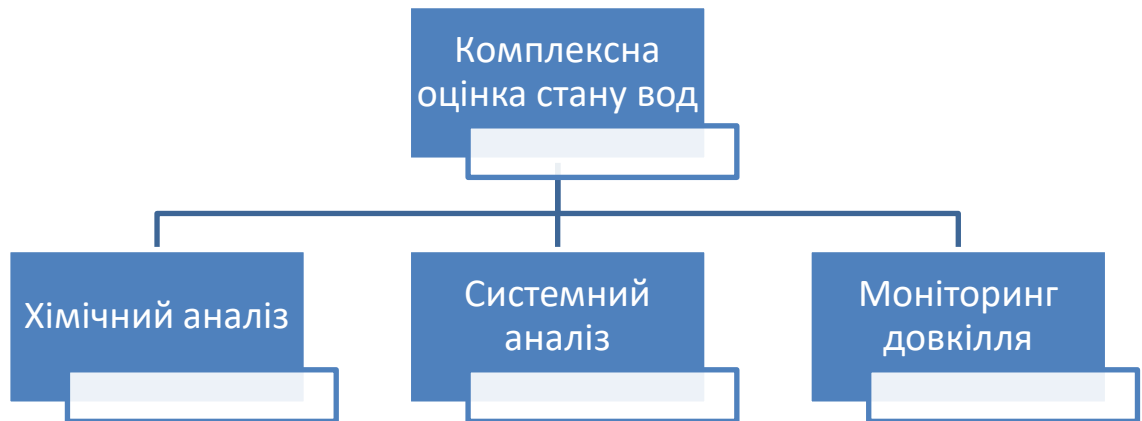


Рисунок 1.1 - Комплексний підхід до оцінки якості води

Деякі дослідження, проведені в межах Дніпропетровської області, зокрема в місті Жовті Води, демонструють ефективність застосування біоіндикації для оцінки екологічного стану зелених зон та водних об'єктів. При цьому екологічна ситуація у Кривому Розі залишається складною: за даними екоактивістів, вода з більшості джерел міста не відповідає санітарним нормам і потребує додаткових заходів очищення та захисту [4].

1.2 Обґрунтування актуальності проблеми забруднення поверхневих вод

Проблема забруднення поверхневих вод є надзвичайно актуальною для Криворізького району через значний антропогенний вплив, зокрема інтенсивну діяльність гірничо-металургійних підприємств, що призводить до погіршення якості водних ресурсів. Аналіз тенденцій забруднення показує

зростання негативного впливу на водні об'єкти, що підтверджується даними про збільшення концентрації шкідливих речовин у річках регіону.

У 2023 році, незважаючи на певне зменшення обсягів скидів забруднюючих речовин у поверхневі водойми порівняно з попередніми роками, загальний стан водних ресурсів залишається критичним через постійне надходження промислових та комунальних стоків, а також через ускладнення ситуації, спричинені військовими діями, зокрема руйнуванням Каховської ГЕС, що призвело до погіршення якості питної води.

Забруднення води проявляється не лише у хімічних показниках, а й у погіршенні органолептичних властивостей (забарвленість, каламутність, запах), що безпосередньо впливає на здоров'я населення. Високий рівень мінералізації та наявність токсичних металів у воді створюють додаткові ризики для екосистем і людей.

Наукові дослідження підкреслюють важливість використання комплексного підходу для оцінювання стану водних ресурсів, що включає як гідрохімічні, так і біоіндикаційні методи. Такий підхід дає змогу точніше визначити рівень токсичності та ідентифікувати джерела забруднення.

Таким чином, актуальність проблеми забруднення поверхневих вод Криворізького району обґрунтовується поєднанням факторів: високим рівнем антропогенного навантаження, негативними наслідками військових дій, недостатньою ефективністю існуючих заходів із захисту водних ресурсів та необхідністю впровадження сучасних методів моніторингу і управління якістю води. Це зумовлює потребу у науково обґрунтованих рішеннях для забезпечення екологічної безпеки і сталого розвитку регіону [5].

1.3 Роль водних ресурсів у забезпеченні сталого розвитку регіону

Водні ресурси мають вирішальне значення для забезпечення сталого розвитку регіону, адже вони є основою задоволення життєвих потреб населення, підтримки промислових і сільськогосподарських процесів, а також

збереження екологічної рівноваги. У Криворізькому районі ці ресурси представлені великими водосховищами — Карачунівським, Іскрівським і Південним. Загальний об'єм їхніх вод перевищує 530 млн м³, при цьому близько 406 млн м³ із них можуть використовуватися для питних потреб.

Забезпечення якісною водою є критично важливим для промислових підприємств регіону, зокрема металургійного комплексу, що потребує значних обсягів води для технологічних процесів (60-70 млн м³ на рік). Водночас водні об'єкти відіграють значну екологічну роль, сприяючи збереженню мікроклімату, виконуючи функцію рекреаційних зон і підтримуючи біорізноманіття.

Раціональне використання та охорона водних ресурсів сприяють сталому соціально-економічному розвитку, зменшенню екологічних ризиків і підвищенню якості життя населення. В умовах посилення антропогенного навантаження, зокрема через промислові скиди, а також ускладнень, пов'язаних із дефіцитом питної води через зовнішні фактори (наприклад, руйнування Каховської ГЕС), ефективне управління водними ресурсами стає одним із пріоритетів розвитку регіону.

Таким чином, водні ресурси є стратегічним ресурсом, без якого неможливий сталий розвиток Криворізького району, що передбачає збалансоване поєднання економічного розвитку, екологічної стабільності та соціального добробуту.

1.4 Стан дослідження антропогенного впливу на водні об'єкти у науковій літературі

Сучасні наукові дослідження, присвячені антропогенному впливу на водні об'єкти, охоплюють широкий діапазон питань. Серед основних напрямків виділяються методи оцінки рівня забруднення, ідентифікація джерел впливу та розробка ефективних стратегій для мінімізації негативних наслідків. [6].

До основних напрямів досліджень відносять:

- Методи оцінки якості води - використання гідрохімічних показників (рН, БСК₅, концентрація важких металів) та біоіндикаційних методів (реакція тест-культур, аналіз біорізноманіття) для визначення токсичності води; застосування модифікованого індексу забрудненості води та аналіз кратності перевищення ГДК для моніторингу річкових систем.

- Джерела антропогенного впливу - промислові стічні води, зокрема, металургійні та гірничодобувні підприємства, які скидають важкі метали та нафтопродукти; комунально-побутові стоки: Недоочищені зворотні води з міст, що призводять до евтрофікації водойм; сільськогосподарська діяльність: Використання пестицидів і добрив, які потрапляють у водойми через поверхневий стік; військові дії: Руйнування інфраструктури (наприклад, гребель) та пряме забруднення водних ресурсів.

Для усунення даних проблеми можуть бути запропоновані такі заходи:

- Впровадження замкнутих циклів водокористування на промислових підприємствах для зменшення споживання прісної води
- Відновлення прибережних зон за допомогою фітотехнологій (наприклад, посадка верби для поглинання металів)
- Створення зон спеціального захисту навколо водозабірних ділянок із обмеженням господарської діяльності.

1.5 Огляд нормативно-правової бази у сфері охорони водних ресурсів

Регулювання водних ресурсів в Україні ґрунтується на принципах сталого розвитку, ефективного використання, екологічної безпеки, платності водокористування, попередження забруднення та відповідальності за збереження й відновлення водних об'єктів. Основна мета полягає у забезпеченні збереження та раціонального використання вод для потреб населення й економіки, відновленні водних ресурсів, захисті водних об'єктів

від забруднення, засмічення та виснаження, а також у гарантуванні дотримання прав водокористувачів.

Ключові нормативно-правові акти України які надають захист водним ресурсам [7]:

- Конституція України - гарантує право кожного на безпечне для життя і здоров'я довкілля та визначає обов'язки держави щодо екологічної безпеки
- Водний кодекс України - головний кодифікований акт, що регулює всі водні відносини, визначає водний фонд, встановлює режим водоохоронних зон, прибережних захисних смуг, вимоги до водокористування та охорони водних об'єктів
- Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" - визначає правові основи охорони довкілля, у тому числі водних ресурсів, і встановлює права та обов'язки суб'єктів господарювання та громадян
- Закон України "Про питну воду та питне водопостачання" - регулює якість питної води, вимоги до водопостачання та захисту джерел питного водозабору
- Закон України "Про меліорацію земель" - регламентує питання використання водних ресурсів для меліорації

Україна є стороною низки міжнародних угод у сфері охорони водних ресурсів. Міжнародне право відіграє важливу роль у формуванні стандартів сталого управління водними ресурсами, сприяє співпраці між державами та впровадженню екосистемного підходу до управління водними об'єктами.

Нормативно-правова база в сфері охорони водних ресурсів України сформована на багаторівневій основі. Вона охоплює національне законодавство, підзаконні акти, спеціальні охоронні режими та міжнародні договори, які забезпечують правові механізми для ефективного захисту й раціонального використання водних ресурсів. [8].

1.6 Аналіз попередніх досліджень у Криворізькому регіоні

Аналіз попередніх досліджень у Криворізькому регіоні свідчить про значну увагу науковців до вивчення водних ресурсів та їх стану під впливом антропогенних факторів.

Основні дослідження зосереджені на характеристиці водних ресурсів регіону, які представлені поверхневими водами річок Інгулець та Саксагань (табл 1.2)

Таблиця 1.2 - Основні показники якості річок Інгулець і Саксагань

Показник	Інгулець (2024)	Саксагань (2024)
Хлориди	В межах норм (лише поодинокі перевищення)	Перевищення в усіх пробах
Сульфати	В межах або знижуються	Значні перевищення
Сухий залишок	В межах норм	Високе, регулярні перевищення
БСК ₅ / ХСК	Нормальні показники	Перевищення у літній сезон
Розчинений кисень	В нормі навіть у спеку	Дефіцит у літній період
Біологічне забруднення	Невисокий	Індекс ЛКП – у 48× вище норми (240 000)
Колі-фаги та бактерії	Можлива присутність	Перевищення фекальних індексів

Водночас, зростання промислового навантаження, особливо металургійного комплексу, призвело до значного забруднення поверхневих вод, що відображено у численних гідрохімічних дослідженнях, зокрема щодо річки Саксагань. Аналіз гідрохімічних показників демонструє перевищення допустимих концентрацій важких металів та органічних забруднювачів, що негативно позначається на екосистемі водойм і стані води.

Дослідження екологічного стану водосховищ Дніпропетровської області, до яких належать і водосховища Криворізького району, проводяться із застосуванням комплексних методів оцінки якості води, включаючи статистичний та графічний аналіз гіdroхімічних даних.

Наукові дослідження також звертають увагу на вплив військових дій на стан водних ресурсів у регіоні. Зокрема, руйнування інфраструктури стає причиною додаткового забруднення та виникнення дефіциту питної води.

Отже, попередні дослідження в Криворізькому регіоні охоплюють широкий спектр проблем: від вивчення природних ресурсів і їх використання до оцінки антропогенного забруднення та розробки методів моніторингу і захисту водних об'єктів. Ці наукові напрацювання створюють міцну основу для подальшого аналізу і розробки заходів із збереження та відновлення поверхневих водних ресурсів району [9].

2. ПРИРОДНІ УМОВИ РАЙОНУ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Географічне розташування Криворізького району

Географічно район розташований у степовій зоні з переважно рівнинним, місцями хвилястим рельєфом, розчленованим ярами та балками (рис. 2.1). Північна частина району є відрогами Придніпровської височини, висота якої поступово знижується з північного заходу на південний схід. Через район протікають річки Інгулець, Саксагань, Бокова, Боковенька та Кам'янка, які є притоками Дніпра.

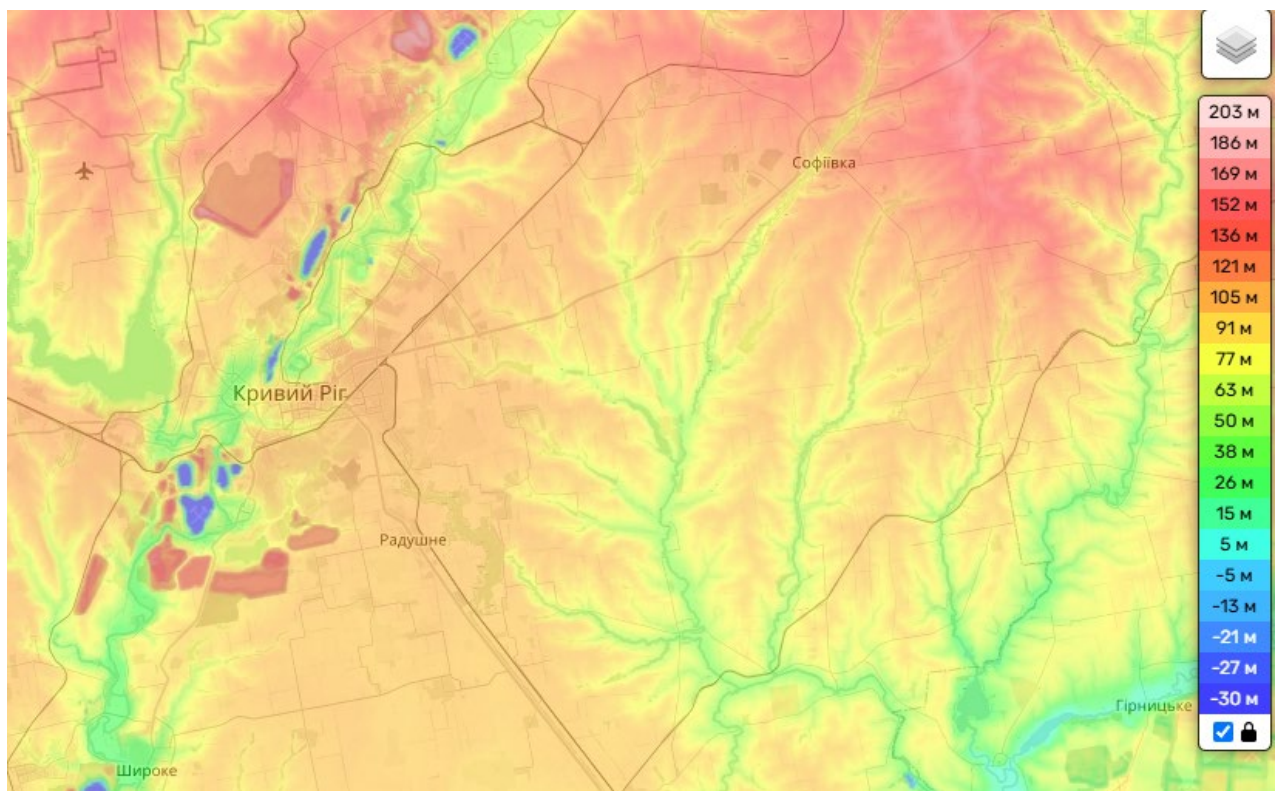


Рисунок 2.1 – Топографічна карта району

За географічними координатами район простягається приблизно від 47°28' до 48°19' північної широти та від 32°58' до 33°47' східної довготи. Довжина території з півдня на північ складає приблизно 96 км, а з заходу на

схід — близько 62 км. Район межує з П'ятихатським, Софіївським, Апостолівським і Широківським районами Дніпропетровської області, а також із прилеглими районами Миколаївської та Кіровоградської областей.

Клімат району помірно континентальний, а природні умови характеризуються наявністю родючих чорноземних ґрунтів і різноманіттям степової рослинності. Геологічна основа - Український кристалічний щит [10].

2.2 Кліматичні особливості регіону

Клімат Криворізького району характеризується як помірно-континентальний із вираженою континентальністю близько 56%. Середньорічна температура повітря становить приблизно $+8,5^{\circ}\text{C}$, середня температура січня – близько $-5,1^{\circ}\text{C}$, липня – $+22,2^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум температури сягає $+39,3^{\circ}\text{C}$, а абсолютний мінімум може опускатися до -35°C .

Річна кількість опадів коливається в межах 400–490 мм, з максимумом у період весни та початку літа. Вологість повітря в середньому становить близько 72%, з підвищенням у зимовий період (82–88%) і зниженням наприкінці літа (52–58%). Тривалість безморозного періоду становить близько 170–180 днів, що сприятливо для сільськогосподарського виробництва.

Клімат формується під впливом різних атмосферних баричних центрів, з переважанням антициклонального типу циркуляції близько двох третин року. Часті вітри північно-східного та східного напрямків можуть спричиняти заповишені бурі в посушливі періоди.

У межах міста Кривий Ріг спостерігається мікроклімат «острова тепла», де температура в середньому на $1,8^{\circ}\text{C}$ вища, ніж у навколишній місцевості, особливо помітно взимку. Через промислові викиди в зимовий період часто утворюються смоги, що знижують якість повітря і інсоляцію.

Таким чином, кліматичні умови Криворізького району відзначаються помірною континентальністю, достатньою тепловою забезпеченістю для сільського господарства, але мають і певні екологічні виклики, пов'язані з посушливістю, вітрами та антропогенним впливом на мікроклімат.[9]

2.3 Гідрографічна характеристика

Основною річкою району річкового басейну є Дніпро, який розділяє область на дві частини: лівобережжя та правобережжя. Русло річки представлено двома відокремленими ділянками, котрі розділені територією Запорізької області. Вона протікає через асиметричну долину із крутим правим берегом і пологим лівим.

Стік Дніпра зарегульований системою Дніпровських водосховищ. У межах області розташовані три з них: південна частина Кам'янського водосховища, північна частина Дніпровського водосховища (верхня частина першої ділянки), а також вихід до Каховського водосховища (друга ділянка). Між містами Кам'янське, у районі греблі Кам'янського водосховища, та Дніпро збереглася невелика природна ділянка русла Дніпра завдовжки близько 25 км.

Загальна протяжність річки Дніпро в межах області становить 261 км. З них 66 км припадають на Кам'янське водосховище, у тому числі 30 км уздовж лівого берега від межі області (головна насосна станція каналу Дніпро-Донбас) і ще 36 км – лише по правому берегу (межа вище села Мишурин Ріг). У межах Дніпровського водосховища річка займає 94 км, з яких 86 км тягнуться обома берегами – від річки Плоска Осокорівка до греблі Кам'янського водосховища, а 8 км – лише по правому берегу в районі села Федорівка Запорізької області. В межах Каховського водосховища річка охоплює 101 км вздовж правого берега, від нижньої частини села Червонодніпровка Запорізької області до села Нововоронцовка Херсонської області.

Дніпро інтегрує водообіг різного походження з різних ландшафтів у межах свого басейну, що зумовлює інерційність змін стану його екологічних систем під впливом кліматичних змін та зростання антропогенного впливу. На малих річках, які розташовані в межах одного ландшафту та мають невеликі витрати води, природні та господарські чинники проявляються швидше і чіткіше. Основною відмінністю малих річок від середніх і великих є більша залежність їхніх біологічних процесів від умов навколишнього середовища.

Серед основних притоків річки Дніпро, що мають витoki за межами області, можна виділити Оріль, Самару, Вовчу та Інгулець. Водночас, значними притоками Дніпра, басейни яких повністю знаходяться в межах правобережної частини області, є Саксагань, Мокра Сура та Базавлук (див. рис. 2.2).

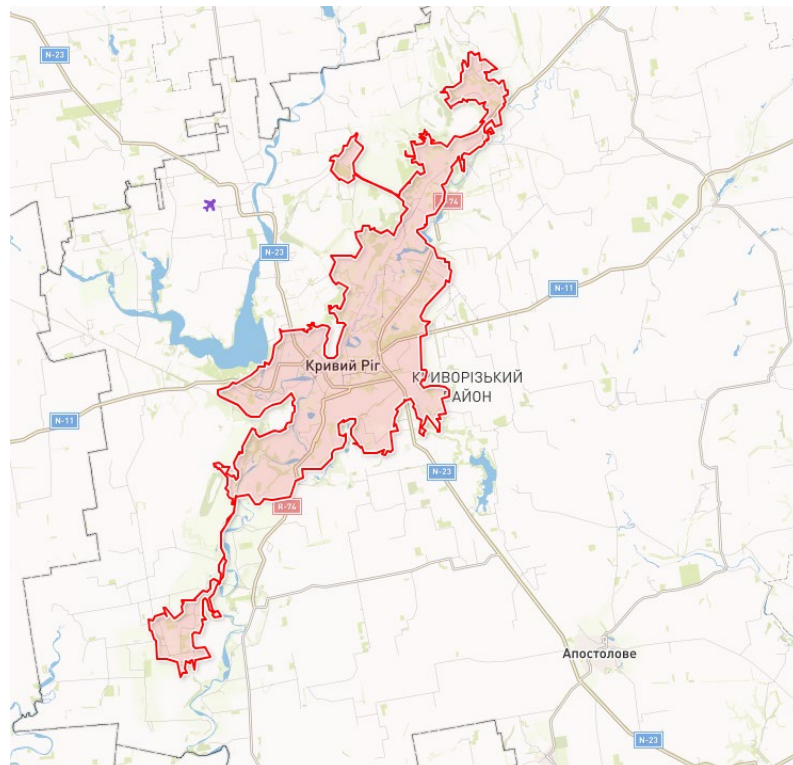


Рисунок 2.2 – Гідрографія Криворіжжя

Густота річкової мережі на території області варіюється. Найщільніша мережа спостерігається на Придніпровській височині, Орільсько-Самарській

та Самарсько-Вовчанській вододільних рівнинах, що пов'язано з різницею висот. Середня густота мережі дорівнює $0,27 \text{ км/км}^2$, водночас забезпеченість водними ресурсами становить 460 тис. м^3 на км^2 території. Однак ресурси місцевого стоку становлять лише 20 тис. $\text{м}^3/\text{км}^2$.

Гідрографічна система басейну річки Дніпро в межах області згідно з інвентаризаційними даними включає 291 річку завдовжки понад 10 км, 100 водосховищ, 3292 ставки та 1129 озер, серед яких лише 219 мають площу три гектари і більше.

Водні ресурси Дніпропетровської області у середньостатистичний рік за водністю складають 52,8 млрд м^3 . З них місцевий стік (тобто стік, який формується безпосередньо в межах області) становить 0,825 млрд м^3 , а підземні води — 0,381 млрд м^3 . Транзитний стік налічує 51,6 млрд м^3 , з яких щонайменше 15 млрд м^3 відводяться на санітарні потреби, а 37 млрд м^3 спрямовуються на підтримку рівнів у водосховищах та забезпечення водою промислових і сільськогосподарських підприємств як у Дніпропетровській, так і в сусідніх областях. Поверхневий стік малих річок дорівнює 1,6 млрд м^3 , з яких місцевий стік становить 0,83 млрд м^3 .

Оскільки розподіл водних ресурсів в області є нерівномірним, часткове вирішення проблеми дефіциту здійснюється через перекидання стоку річки Дніпро спеціальними каналами: Дніпро-Донбас, Дніпро-Кривий Ріг, Дніпро-Інгuleць, а також завдяки використанню регіональних водогонів.

2.4 Геологічна та гідрогеологічна будова території

Територія області, де поширені геологічні утворення майже всіх стратиграфічних систем — від архейських до четвертинних, має складну геологічну будову і входить до складу Східно-Європейської платформи. У межах області виділяються два структурні субрегіони першого порядку: південно-східна частина Українського щита, яка займає 65% площі області, та частина Дніпровсько-Донецької западини, що займає решту 35%.

Український щит охоплює правобережну територію області та південну частину лівобережжя. Його кристалічний фундамент знаходиться на глибині від кількох метрів до кількох десятків метрів під поверхнею.

На території щита виділяються такі мегаблоки: Кіровоградський на заході, Придніпровський у центральній частині та Приазовський на південному сході. Останні два мегаблоки розмежовує Кінсько-Ялинський грабен. Південніше від щита розташована Причорноморська западина. Мегаблоки розділені між собою глибинними розломами. Антиклінальні структури Українського щита можна умовно поділити на лінійні та куполоподібні. У них переважають метасоматичні гранітоїди, сформовані за умов амфіболітової і гранулітової фацій регіонального метаморфізму, а також пізньоорогенні мікроклінові граніти.

Дніпровсько-Донецька западина охоплює її південний борт, який відокремлений від Українського щита глибинними розломами. Тут кристалічні породи занурюються на глибину від 100 до 1500 метрів.(рис 2.3)



Рис. 2.3 – Картохема тектонічних структур території Дніпропетровської області

Тектонічні структури Придніпровського блоку УКЩ:

структурні зони (розломи): А – Оріхово-Павлоградська; Б – Криворізька (Криворізько-Кременчуцька); синклінальні та моноклінальні структури: 1 – Саксаганська; 2 – Славгородська; 3 – Чортомлицька; 4 – Софіївська; 5 – Верхівцевська; 6 – Сурська

Геологічні відклади у різних тектонічних областях мають унікальні особливості, що обумовлено відмінностями у їх геологічній історії розвитку. У південно-східній частині Українського щита докембрійський фундамент підвищується над рівнем моря на 100–150 метрів. Він часто оголюється, особливо вздовж річкових долин. Осадовий чохол щита невеликої потужності — зазвичай кілька десятків метрів. Тут переважають неоген-антропогенові відклади, частково — палеоген-антропогенові, які представлені вапняками, пісками, глинами, алевритами, залізистими кварцитами та іншими порідками. У річкових долинах виходять на поверхню корінні магматичні породи архею та протерозою, такі як гнейси, граніти, кварцити, діорити тощо. На схилах щита спостерігається потужніше нашарування осадових порід, але на поверхні переважно зустрічаються неогенові, міоценові та пліоценові відклади — глини, алеврити та піски. Антропогенові відклади репрезентовані плейстоценовими суглинками делювіального походження та лесами. У долинах Дніпра ці шари змінюються еоценовими, еолово-делювіальними та елювіальними відкладами. Безпосередньо на терасах Дніпра і його приток залягають алювіальні піски плейстоценового віку.

Гідрогеологічні умови Українського щита тісно пов'язані з його геологічною будовою, тектонічними процесами та низкою фізико-географічних чинників, серед яких ключову роль відіграють клімат, рельєф і гідрографія. У межах щита досліджено горизонти та комплекси підземних вод, що залягають у відкладах різного віку: антропогенових, пісках і вапняках неогену, піщаних відкладах палеогену, піщано-мергелистих утвореннях крейдової системи, а також у породах давньої кори вивітрювання кристалічних порід. Особливе значення для водокористування мають

підземні води, зосереджені у давній корі вивітрювання кристалічних порід та у верхній тріщинуватій зоні цих порід. В багатьох регіонах щита кристалічні породи перекриті продуктами їх руйнування, такими як жорства материнської породи і каолінові утворення. У річкових долинах і на схилах кора вивітрювання представлена грубоуламковими матеріалами і жорствою з дрібнозернистих частинок; у таких місцях каоліни часто відсутні. Товщина кори вивітрювання коливається від 1 до 130 метрів, однак зазвичай не перевищує 12–20 метрів. У районах занурення кристалічного фундаменту під осадові відклади сусідніх депресій товщина кори вивітрювання суттєво зменшується. Водонасиченість цих порід значно варіюється. На вододілах, де поширені переважно каолінізовані відклади, свердловини мають значно нижчу продуктивність порівняно зі схилами вододілів або річковими долинами, де кора вивітрювання переважно складається із жорстви. Крім того, на підвищених ділянках щита водонасичені шари кори зазнають інтенсивного дренажу річковою мережею, що призводить до їхньої безводності. У більшості випадків водоносний горизонт у породах кори вивітрювання характеризується безнапірним або слабонапірним режимом.

2.5 Ґрунтово-рослинний покрив та його взаємозв'язок із водними ресурсами

У Криворізькому районі переважають чорноземи звичайні середньогумусні, важкосуглинисті та глинисті, а також дерново-степові й лучно-чорноземні ґрунти. Вони формуються під різнотравно-типчаково-ковиловою степовою рослинністю, яка є типовою для регіону. Ґрунти району відзначаються високою родючістю, вмістом гумусу (3-5% у верхньому шарі) та значною водоємністю, що забезпечує сприятливі умови для сільськогосподарського використання.

Рослинний покрив представлений понад 1260 видами вищих рослин, серед яких домінують різнотравно-типчаково-ковилові степи. Рослинність

виконує функцію синтезу органічної речовини, використовуючи мінерали ґрунту та сонячну енергію.

2.5.1 Вплив ґрунтів та рослин на водні ресурси

Ґрунти району мають водостійку зернисто-грудковату структуру, що сприяє акумулюванню вологи, зменшує поверхневий стік і сприяє поповненню підземних вод.

Висока водоемність ґрунтів забезпечує поступове проникнення води до кореневої зони рослин, зменшуючи ризик ерозії та втрату води через випаровування.

Якість ґрунту впливає на фільтрацію та очищення води, що потрапляє у водойми, а також на її хімічний склад.

Рослинний покрив, особливо у прибережних захисних смугах, зміцнює ґрунт, запобігає розмиванню берегів та ерозії, фіксує ґрунт кореневою системою.

Рослини у прибережних зонах виконують роль природного фільтра, затримуючи пестициди, добрива та інші забруднювачі, що надходять із сільськогосподарських угідь, і сприяють очищенню води.

Ґрунтово-рослинний покрив і водні ресурси утворюють єдину екосистему, де кожен компонент впливає на інший. Збереження родючості ґрунтів і різноманіття рослинності є запорукою стабільного водного балансу, захисту від ерозії та підтримки біорізноманіття. Порушення цього взаємозв'язку (наприклад, внаслідок забруднення, надмірної розораності чи вирубки рослинності) призводить до деградації ґрунтів, зниження якості води та погіршення екологічного стану регіону.

Ґрунтово-рослинний покрив Криворізького району тісно пов'язаний із станом водних ресурсів. Збереження ґрунтової структури, рослинності та якісного водного режиму є основою для сталого розвитку, високої врожайності та екологічної безпеки регіону.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Основні водні об'єкти Криворізького району

Основні водні об'єкти Криворізького району представлені річками, водосховищами та ставками, які мають важливе значення для водопостачання, промисловості, сільського господарства та екологічної рівноваги регіону(табл 3.1) [11].

Таблиця 3.1 – Водні об'єкти району

№	Назва водного об'єкта	Тип	Довжина / Площа басейну	Призначення / Особливості
1	Інгулець	Річка	551 км / 13 700 км ²	Головна річка району, регульований стік (Карачунівське вдсх.), господарські потреби
2	Саксагань	Річка	144 км	Найбільша притока Інгульця, каскад водосховищ, зрошення, рекреація
3	Базавлук	Річка	157 км / 4 200 км ²	Природне та історичне значення
4	Бокова, Боковенька	Річки	61 км / 645 км ²	Малі річки, формують гідромережу
5	Кобильна	Річка	22 км	Ліва притока Інгульця
6	Жовта, Зелена, Вербова, Кам'янка	Річки	58-40-20-30 км / 490-200-100-150 км ²	Малі річки регіону
7	Карачунівське	Водосховище	35 км / 26,9 км ²	Найбільше, на Інгульці; водопостачання, промисловість, побут
8	Саксаганське	Водосховище	199,8 км ²	Каскад на Саксагані, зрошення, рекреація
9	Макортівське	Водосховища	13,3 км ²	Локальні об'єкти для забезпечення водопостачання
10	Ставки (понад 200)	Ставки	—	Зрошення, риборозведення, акумуляція води, рекреація

3.2 Стан водних ресурсів

Водний фонд району представлений річками, водосховищами та ставками. Загальний об'єм води у великих водосховищах (Карачунівське, Іскрівське, Південне та інші) становить близько 530,2 млн м³, з яких 406,5 млн м³ потенційно придатні для питного водопостачання. Карачунівське водосховище: площа 26,9 км², повний об'єм 308,5 млн м³, корисний об'єм 288,5 млн м³, довжина 35 км. Макортівське водосховище: площа 13,3 км², повний об'єм 57,9 млн м³, середня глибина 4,35 м, максимальна - 32,5 м. Кресівське водосховище: площа 2,1 км², об'єм 10,2 млн м³, середня глибина 1,8 м. На території району нараховується понад 30 ставків загальною площею 728 га.

Мінералізація води річки Інгулець вище Кривого Рогу - 983 мг/дм³; нижче міста - 1 408 мг/дм³ (при ГДК для питної води 1 000 мг/дм³). Вміст хлоридів у воді Інгульця вище Кривого Рогу - 123 мг/дм³, нижче міста - 287 мг/дм³; у період скидання шахтних вод може підвищуватися до 1 000–2 000 мг/дм³, що значно перевищує гранично допустимі концентрації. Вміст сульфатів: вище Кривого Рогу - 354 мг/дм³, нижче міста - 392 мг/дм³. Хімічний склад води Інгульця - сульфатно-гідрокарбонатний кальцієво-магнієвий тип. Вода з більшості джерел у Кривому Розі не придатна для споживання без додаткової фільтрації та знезараження. З 12 досліджених альтернативних джерел лише 3 умовно придатні для санітарно-побутових потреб. Якість води у водосховищах та ставках часто не відповідає санітарним нормам через високий рівень мінералізації, вмісту хлоридів, сульфатів, а також органолептичних показників (забарвленість, каламутність, запах)(рис 3.1).



Рисунок 3.1 – Річка Саксагань

Водні ресурси Криворізького району в цілому достатні для задоволення потреб населення, промисловості та сільського господарства, проте їхня якість залишається низькою через значний вплив людської діяльності, зокрема скиди шахтних і промислових вод. Основні проблеми полягають у підвищеній мінералізації, а також перевищенні концентрацій хлоридів і сульфатів, які періодично перевершують допустимі нормативи. Для забезпечення безпеки споживання води необхідно вжити заходів щодо додаткового очищення, регулярно проводити моніторинг та впроваджувати сучасні технології обробки стічних вод.

3.3 Джерела водопостачання та водокористування

До основних джерел водопостачання відносять:

Поверхневі води - головними джерелами є великі водосховища - Карачунівське, Іскрівське та Південне. Води Карачунівського та Іскрівського водосховищ використовуються для питного, промислового, побутового споживання, зрошення та ведення рибного господарства. Південне водосховище наповнюється дніпровською водою по каналу Дніпро–Кривий Ріг і також призначене для питних, побутових і сільськогосподарських цілей, а також розведення риби;

Підземні води - у регіоні використовуються свердловини, зокрема для забезпечення водою промислових вузлів і в окремих населених пунктах, але їхня частка у структурі водопостачання значно менша порівняно з поверхневими джерелами;

Малі водосховища та ставки - додаткове водопостачання забезпечується через понад 30 ставків загальною площею 728 га, які використовуються переважно для зрошення, риборозведення та акумулювання води для технічних потреб.

Водокористування:

Питне та побутове водопостачання - основна частина питної води подається з Карачунівського, Іскрівського та Південного водосховищ. На одну людину в регіоні припадає близько 400 м³ питної води з цих трьох водосховищ. Загальний обсяг води, що потенційно може вважатися питною, становить 406,5 млн м³;

Промислове водокористування - води використовуються для технологічних процесів (наприклад, промивання, охолодження), а також для розбавлення стічних вод під час скиду. Основними споживачами є гірничо-металургійні підприємства, зокрема ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат» та інші. Для промислових потреб місту необхідно 60–70 млн м³ води на рік;

Сільське господарство - вода з водосховищ і ставків використовується для зрошення сільськогосподарських угідь (зокрема, площа зрошення з Південного водосховища - близько 2 тис. га);

Технічне водокористування - води саксаганських водосховищ використовуються переважно для технічних цілей, охолодження, пилозаглушення, а також для риборозведення й рекреації.

Особливістю сучасного водокористування є те, що водні ресурси Криворіжжя значною мірою зарегульовані: на річках і в балках створено водосховища і ставки для акумулювання води та раціонального її використання в умовах посушливого клімату. Також у зв'язку з руйнуванням Каховської ГЕС і обмілінням Каховського водосховища у 2023 році, для наповнення Південного водосховища будується водовід від річки Інгулець.

Промислові підприємства мають дозволи на спеціальне водокористування, здійснюють забір води з поверхневих джерел і скидають очищені виробничі води після промивання та інших технологічних процесів.

Отже головними джерелами водопостачання Криворізького району є великі водосховища (Карачунівське, Іскрівське, Південне), підземні води (свердловини), а також численні ставки. Водокористування охоплює питні, побутові, промислові, сільськогосподарські та технічні потреби, причому найбільшими споживачами води є промислові підприємства та система зрошення аграрного сектора.

3.4 Проблемні ділянки з екологічної точки зору

1. Промислове забруднення водних об'єктів
2. Забруднення атмосферного повітря та вплив на водні екосистеми
3. Руйнування інфраструктури водопостачання
4. Вплив кліматичних змін
5. Пожежі та деградація природних територій

У 2024 році в Криворізькому районі зафіксовано значну кількість пожеж, що спричиняє деградацію природних екосистем і додаткове забруднення водних об'єктів(рис 3.2)



Рисунок 3.2 – Екологічні проблеми району

Отже проблемними ділянками з екологічної точки зору в Криворізькому районі є басейни річок Інгулець та Саксагань, ставки-накопичувачі шахтних вод, території з інтенсивним промисловим навантаженням, а також зони з пошкодженою інфраструктурою водопостачання. Основними викликами залишаються високий рівень мінералізації та токсичності вод, недостатнє виконання природоохоронних заходів підприємствами, забруднення атмосферного повітря та наслідки кліматичних змін. Для покращення екологічної ситуації необхідне посилення контролю за дотриманням екологічних норм, модернізація очистних споруд та впровадження заходів із відновлення природних водних екосистем.

3.5 Роль водних об'єктів у господарській діяльності району

Водні об'єкти Криворізького району - річки, водосховища, ставки - є стратегічною основою для функціонування всіх ключових секторів господарства регіону.

Головною метою використання водних ресурсів є забезпечення населення питною водою та задоволення побутових потреб міст і селищ. Це узгоджується із загальнонаціональними стандартами, які встановлюють норму водоспоживання в межах 290–350 літрів на добу на одну особу.

Водосховища та річки слугують джерелом для централізованого й децентралізованого водопостачання, а також забезпечують воду для санітарних, лікувальних і оздоровчих установ.

Водні ресурси відіграють важливу роль у функціонуванні гірничо-металургійного комплексу, який залишається найбільшим споживачем води в регіоні. Вода необхідна для технологічних процесів, таких як охолодження, промивання та транспортування руди, а також для розведення і відведення стічних вод.

З метою зниження навантаження на природні водні ресурси впроваджуються системи оборотного і повторного водоспоживання, що дозволяє повторно використовувати до 97% води у промислових циклах.

Водні ресурси району забезпечують полив сільськогосподарських культур, особливо в умовах посушливого клімату. Система зрошення базується на використанні води з річок і водосховищ, що є вирішальним для стабільного врожаю та розвитку аграрного сектору.

Ставки та дрібні водосховища використовуються для зрошення, напування худоби та риборозведення.

Водні об'єкти району надаються в оренду для ведення рибного господарства, зокрема для розведення риби й інших біоресурсів, що підтверджується практикою спеціального водокористування.

Ставки та водосховища використовуються для аквакультури, вилову риби, а також для підтримки біорізноманіття водних екосистем.

Водні об'єкти мають важливе значення для організації відпочинку населення, розвитку рекреаційних зон, туризму, спорту та оздоровчих заходів. Водосховища, ставки й прибережні території використовуються для купання, риболовлі, водних видів спорту і зеленого туризму.

У районі водні об'єкти можуть використовуватися як джерело гідроенергії, а також як транспортні шляхи для перевезення вантажів і пасажирів, хоча ці функції мають обмежене значення порівняно з іншими напрямками.

Водні об'єкти Криворізького району слугують основою для стабільної діяльності промисловості, сільського господарства, комунального господарства, рибництва, рекреації та забезпечення населення водними ресурсами. Їх ефективне використання та захист є важливою умовою економічної стабільності, екологічної безпеки та соціального добробуту регіону [12].

4. АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ІЗ ЗАХИСТУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

4.1 Основні джерела антропогенного навантаження

Основні джерела антропогенного навантаження на довкілля Криворізького району охоплюють промислові підприємства, шахти, сільське та комунальне господарство. Кожна з цих сфер формує специфічний комплекс негативних впливів на поверхневі та підземні водні ресурси, ґрунти, атмосферу та біоту(рис 4.1).

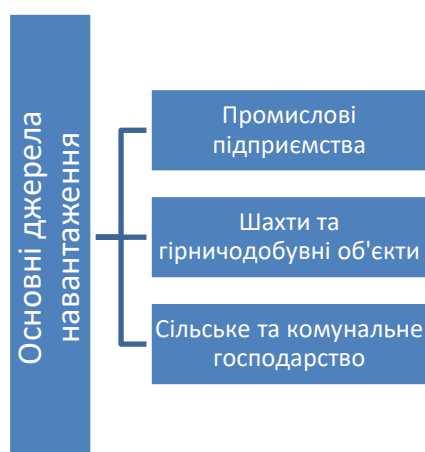


Рисунок 4.1 – Джерела антропогенного навантаження району

Промислові підприємства Кривого Рогу є важливою складовою гірничо-металургійного комплексу, який вважається одним із найбільших промислових центрів України. Основу цього комплексу формують металургійний комбінат "АрселорМіттал Кривий Ріг", коксохімічний завод та гірничо-збагачувальні комбінати, до яких належать Північний, Центральний, Південний і Новокриворізький. Інфраструктура комплексу включає також численні кар'єри, відвали, хвостосховища та шламосховища. Водночас діяльність цих підприємств створює значне екологічне навантаження на

регіон. У довкілля потрапляють забруднювальні речовини через скиди високомінералізованих шахтних і промислових стічних вод. Ці скиди містять важкі метали, нафтопродукти, феноли, хлориди та сульфати, що негативно впливають на якість води, ґрунтів та повітря в регіоні.

Хвостосховища та відстійники є значними джерелами забруднення водних ресурсів. Вони відводять забруднені води, що містять залишки рудозбагачення, шахтні оборотні води та частково очищені побутові стоки. Це завдає шкоди екосистемам, спричиняючи забруднення річок, підвищення мінералізації води, розвиток евтрофікації та підтоплення прилеглих територій.

Шахти та гірничодобувні об'єкти регіону включають десятки залізородних шахт, численні кар'єри, відвали розкривних порід, провальні території та шламосховища. Під час їхньої роботи здійснюється відкачування шахтних вод, які скидаються в поверхневі водойми, сприяючи зростанню мінералізації та забрудненню вод хімічними речовинами й важкими металами. Збільшення площ зрошуваних земель спричиняє деградацію водно-болотних угідь, засолення ґрунтів, виснаження водних ресурсів, порушення природного водостоку та зміни клімату в регіоні.

Комунальне господарство є одним із вагомих джерел антропогенного впливу. Комунальні підприємства часто скидають до річок і ставків частково очищені або зовсім неочищені побутові та дощові води, що зумовлює забруднення водойм органічними речовинами та бактеріями. Це, своєю чергою, підвищує споживання кисню у водному середовищі та погіршує загальний санітарний стан водойм. Додаткові проблеми викликає зношена інфраструктура водопостачання й водовідведення. Мережі, що перебувають в аварійному стані, та нерегламентовані скиди значно підвищують ризики забруднення як поверхневих, так і підземних вод.

Аграрний сектор споживає близько 70% води, що видобувається з підземних горизонтів, річок і озер. Серед основних чинників впливу можна виділити застосування мінеральних добрив і пестицидів, накопичення гною,

а також ерозію оброблюваних земель. Усі ці процеси спричиняють забруднення водними ресурсами фосфатами, нітратами, пестицидами та нафтохімічними речовинами. Це своєю чергою сприяє евтрофікації та зміні структури водних екосистем.

Розширення зрошуваних територій спричиняє деградацію водно-болотних угідь, засолювання ґрунтів, виснаження водних ресурсів, а також зміну природного водостоку та клімату в регіоні.

З цього слідує, що головними джерелами антропогенного навантаження у Криворізькому районі є гірничо-металургійні підприємства, численні шахти й кар'єри, сільськогосподарське виробництво з інтенсивним використанням добрив і пестицидів, а також комунальні господарства із систематичними скидами стічних вод. Сукупна дія цих факторів зумовлює високий рівень забруднення водних ресурсів, деградацію ґрунтів, зміну гідрологічного режиму та екологічну напругу в регіоні [13].

4.2 Аналіз типів забруднення

Водні ресурси Криворізького району зазнають значного антропогенного навантаження, що обумовлено високою концентрацією промислових підприємств, шахт, розвиненою інфраструктурою та сільськогосподарською діяльністю. Наслідком цього є різноманітні форми забруднення водних об'єктів, які загрожують як екологічній стабільності, так і водозабезпеченню населення. Основні типи забруднення вод включають хімічне, фізичне та біологічне, кожен з яких має свої джерела, специфіку речовин-забруднювачів та негативні наслідки для водних екосистем. Нижче представлено узагальнену характеристику цих видів забруднення (табл 4.1).

Таблиця 4.1 – Основні типи забруднення

Тип забруднення	Основні джерела	Приклади речовин / чинників	Екологічні наслідки
Хімічне	- Промислові стоки- Комунально-побутові стоки- Шахтні води- Поверхневий стік з полів і міст	- Важкі метали (Pb, Cd, Zn)- Мінеральні солі (хлориди, сульфати)- Нафтопродукти- Феноли, пестициди	- Токсичність для водної фауни- Погіршення якості питної води- Кумуляція шкідливих речовин у біосфері
Тип забруднення	Основні джерела	Приклади речовин / чинників	Екологічні наслідки
Фізичне	- Ерозія ґрунтів- Викиди ТЕС, АЕС- Будівництво, пил	- Тверді частки (пісок, мул)- Зола, пил- Підігріті води- Радіонукліди	- Занесення водойм- Тепловий стрес для гідробіонтів- Радіоактивне забруднення
Біологічне	- Комунальні стоки- Відходи тваринництва- Харчова та деревообробна промисловість	- Мікроорганізми, гельмінти- Надлишок водоростей- Органічні речовини	- Евтрофікація- Зменшення кисню у воді- Гибель риби, поширення хвороб

4.3 Наслідки антропогенного впливу на водні ресурси

Наслідки людського впливу на водні ресурси та екосистему Криворізького району є суттєвими та різнобічними. Це спричинено як інтенсивною промисловою діяльністю, так і недостатньою ефективністю заходів з охорони довкілля. До чинників впливу на водні ресурси можна віднести хімічне, біологічне забруднення, деградація водних екосистем, соціальні наслідки та екологічна криза

1. Хімічне забруднення.

Промислові відходи, зокрема важкі метали (ртуть, мідь, свинець, кадмій, хром), хімічні сполуки, нафтопродукти та феноли, потрапляють у довкілля через діяльність гірничорудної промисловості, металургійних комбінатів та хімічних підприємств. Це викликає токсичне забруднення,

призводить до накопичення шкідливих речовин у донних відкладах і організмах, руйнування екосистем та біоценозів.

Викиди від гірничо-збагачувальних комбінатів, таких як Південний ГЗК і Інгулецький ГЗК, збагачують води річок Інгулець і Саксагань залізом, міддю, цинком та марганцем, часто перевищуючи допустимі норми. Наприклад, у водах Саксагані концентрація лактозопозитивних кишкових паличок перевищує норму в 50 разів, а колифагів – у 175 разів.

Важкі метали, такі як свинець, кадмій, ртуть, мідь, цинк, нікель, марганець та хром, надходять переважно зі стічними водами гірничо-металургійних підприємств. Вони накопичуються в організмах водних мешканців, руйнують тканини, спричиняють отруєння, знижують біорізноманіття й провокують небезпечні захворювання в людей, зокрема онкологічні й неврологічні розлади.

Нафтопродукти забруднюють водойми через аварії, витоки чи промислові скиди. На поверхні води вони утворюють плівку, яка перешкоджає газообміну, спричиняє загибель риб та інших водних організмів і порушує хімічний та біологічний баланс у водоймах.

Високомінералізовані шахтні води з хвостосховищ (наприклад, ставка-накопичувача балки Свистунова) спричиняють підвищення мінералізації води в річці Інгулець до 1 408 мг/дм³ при гранично допустимій концентрації 1 000 мг/дм³. Це робить воду непридатною для пиття та зрошення.

Мінеральні солі (хлориди, сульфати, нітрати та сполуки азоту й фосфору) надходять із шахтними, промисловими й сільськогосподарськими стоками. Їх накопичення призводить до засолення води, зниження її смакових якостей та врожайності на оброблюваних землях. Це також сприяє евтрофікації водойм і розростанню водоростей.

Стічні води комунального та промислового походження містять неорганічні (кислоти, луги, мінеральні солі) й органічні речовини (нафту, мийні засоби, пестициди). До них також входять патогенні мікроорганізми, як-от кишкова паличка чи збудники гепатиту, дизентерії та холери. Наявність

таких домішок погіршує санітарний стан водойм, може спричинити спалахи інфекційних захворювань і зменшити біорізноманіття.

Пестициди, гербіциди й добрива змиваються із сільськогосподарських угідь у водойми. Вони викликають отруєння водних організмів, накопичуються в трофічних ланцюгах і призводять до генетичних мутацій та зниження репродуктивної здатності живих істот.

2. Біологічне забруднення.

Кишкові інфекції виникають внаслідок забруднення водойм побутовими стоками, викликане, зокрема, поривами каналізаційних систем, сприяє потраплянню фекалій у водні ресурси. У річці Саксагань було знайдено бактерії, здатні викликати такі захворювання, як гепатит, дизентерія та холера.

Органічні забруднювачі та мікроорганізми потрапляють через побутові та комунальні стоки та зазвичай можуть бути джерелом патогенних мікроорганізмів, включаючи кишкову паличку та збудників гепатиту, дизентерії й холери. Їх наявність не лише провокує спалахи інфекційних хвороб, але й суттєво погіршує санітарно-гігієнічний стан водойм.

Зменшення біорізноманіття яке виникає внаслідок надлишку фосфатів і нітратів у стічних водах сільськогосподарського походження, сприяє інтенсивному заростанню водойм. Це негативно позначається на стані екосистем, призводячи до втрати рідкісних видів риб і рослин.

3. Фізична деградація водних екосистем.

Замулення і заростання причина внаслідок якої понад 30% ставків району замулюються через ерозію ґрунтів, що знижує їхню водозберігаючу функцію.

Теплове забруднення виникає через скиди підігрітих вод від промислових об'єктів порушують термічний режим річок, що впливає на розмноження водних організмів.

4. Економічні та соціальні наслідки.

Збитки для сільського господарства через засолення ґрунтів значно позначаються на врожайності. Використання мінералізованої води для зрошення сприяє цьому процесу. Як приклад, у басейні річки Інгулець щороку втрачаються тисячі гектарів орних земель через осолонцювання.

Забруднення води спричиняє захворювання серед населення (онкологія, нервові розлади, захворювання шкіри), збільшуючи навантаження на медичну систему.

5. Екологічна криза.

Руйнування прибережних зон розповсюджується через вирубку рослинності вздовж річок, а забудова прибережних смуг погіршує природне самоочищення водойм.

Важкі метали (свинець, кадмій) накопичуються в організмах риб, що становить загрозу для здоров'я людей тим самим накопичує токсини у ланцюзі живлення

Антропогенний вплив на водні ресурси Криворізького району спричинив системну екологічну кризу, що становить загрозу як для стабільності екосистем, так і для соціально-економічного розвитку регіону. Для запобігання негативним наслідкам необхідно впровадити замкнені цикли водокористування на підприємствах, відновити прибережні зони та забезпечити суворий контроль над скидами стічних вод.

Найбільшу небезпеку для екосистем водних ресурсів створюють важкі метали, нафтопродукти, мінеральні солі, пестициди, органічні забруднювачі та патогенні мікроорганізми. Ці речовини спричиняють зниження біорізноманіття, призводять до деградації водних екосистем, погіршують якість води та становлять серйозну загрозу для здоров'я людини.

Таким чином, комплексне забруднення річок Криворізького району хімічними, органічними, мікробіологічними та фізичними забруднювачами призводить до деградації екосистем, зниження біорізноманіття, погіршення якості води і загрози здоров'ю людини [14].

4.4 Оцінка сучасного стану поверхневих вод

Стан поверхневих вод України продовжує залишатися критичною проблемою через значний антропогенний вплив. Згідно з даними державного моніторингу 2025 року, у 90% проб, взятих із Дніпра, було виявлено перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК).

Для комплексної оцінки якості використовують індекс забруднення вод (ІЗВ). Індекс забруднення вод (ІЗВ) є комплексним кількісним показником, який застосовується для визначення рівня забруднення поверхневих вод низкою хімічних сполук. Основна його функція — забезпечити можливість швидкого порівняння ступеня забруднення між різними водними об'єктами або аналіз змін стану одного об'єкта в різні часові періоди.

ІЗВ узагальнює інформацію про перевищення концентрацій кількох найважливіших речовин щодо їх гранично допустимих концентрацій (ГДК). Тобто, він показує, наскільки вода забруднена в порівнянні з нормою для питного або господарсько-побутового використання.

$$ІЗВ = \frac{1}{n} \sum \frac{C_i}{ГДК_i} \quad (4.1)$$

C_i - фактична концентрація i -го забруднювача у воді, мг/дм³; $ГДК_i$ - гранично допустима концентрація цієї речовини, мг/дм³; n - кількість досліджуваних компонентів.

Шкала оцінки води:

$ІЗВ < 1$ — вода чиста

$1 \leq ІЗВ < 2$ — слабо забруднена

$2 \leq ІЗВ < 4$ — помірно забруднена

$ІЗВ \geq 4$ — сильно забруднена

4.4.1 Індекс забруднення води для річки Інгулець

Таблиця 4.2 – Розрахунок ІЗВ для р. Інгулець

Забруднююча речовина	Середня концентрація, мг/дм ³	ГДК, мг/дм ³	$C_i/\text{ГДК}_i$
Залізо	1,2	0,3	4,0
Сульфати	320	100	3,2
Марганець	0,5	0,1	5,0
Нітрати	50	45	1,11
Фосфати	3,0	1,0	3,0

$$\text{ІЗВ} = \frac{1}{5} \sum \frac{1,2}{0,3} + \frac{320}{100} + \frac{0,5}{0,1} + \frac{50}{45} + \frac{3,0}{1,0} = \frac{4,0 + 3,2 + 5,0 + 1,11 + 3,0}{5} = 3,66$$

У даному випадку для річки Інгулець ІЗВ ≈ 3.66 , що свідчить про помірний рівень забруднення, близький до високого. Це вимагає впровадження заходів щодо покращення очищення стічних вод та моніторингу джерел забруднення.

4.4.2 Індекс забруднення води для річки Саксагань

Таблиця 4.3 – Розрахунок ІЗВ для р. Саксагань

Забруднююча речовина	Середня концентрація, мг/дм ³	ГДК, мг/дм ³	$C_i/\text{ГДК}_i$
Залізо	1,6	0,3	5,33
Сульфати	280	100	2,8
Марганець	0,45	0,1	4,5
Амонійний азот	2,1	1,0	4,2
Фосфати	2,5	1,0	2,5

$$\begin{aligned} \text{ІЗВ} &= \frac{1}{5} \sum \frac{1,6}{0,3} + \frac{280}{100} + \frac{0,45}{0,1} + \frac{2,1}{1} + \frac{2,5}{1,0} = \frac{5,33 + 2,8 + 4,5 + 4,2 + 2,5}{5} \\ &= 3,87 \end{aligned}$$

У даному випадку $ІЗВ \approx 3.87$ свідчить про помірне забруднення, дуже близьке до високого рівня. Основними джерелами впливу є промислові стоки підприємств металургійного комплексу та неочищені побутові стоки.

4.5 Екологічний моніторинг та результати дослідження

Моніторинг якості води у річках Інгулець та Саксагань у Кривому Розі здійснюється з 2017 року в рамках Міської екологічної програми. Фінансове забезпечення проєкту надається міським фондом охорони навколишнього природного середовища. Проби води відбираються у різних районах міста, зокрема в Центральній-Міській, Інгулецькій, Тернівській, Покровській та Саксаганській. До проведення досліджень залучають як лабораторії, так і громадськість.

В результаті моніторингу отримали те, що вода в річці Саксагань на вході в місто вже не відповідає встановленим нормам щодо вмісту сульфатів, хлоридів і сухого залишку, що вказує на підвищену мінералізацію у верхній течії. В окремих місцях рівень мінералізації суттєво перевищує допустимі показники.

У річці Інгулець зафіксовано перевищення концентрації важких металів (зокрема цинку), хлоридів та інших забруднювальних речовин, особливо в зонах впливу промислових відходів та шахтних вод. Санітарно-мікробіологічні показники води залишаються незадовільними через незаконне скидання побутових стоків, що негативно позначається на її якості та здоров'ї місцевого населення.

Для покращення гідрологічного стану річки Саксагань реалізується подача води з Карачунівського водосховища, яка забезпечує проточність і сприяє відновленню водних ресурсів. Проведені екологічні дослідження виявили присутність фармацевтичних препаратів, пестицидів та промислових забруднювачів, що вказує на складний і багатокомпонентний характер забруднення.

Щороку проводяться сезонні моніторингові дослідження навесні і влітку, які відображають динаміку змін якості води, допомагаючи коригувати заходи з охорони довкілля. Дані моніторингу підтверджують значний антропогенний вплив на водні ресурси річок Інгулець і Саксагань, зокрема через промислові, шахтні та побутові стоки. Перевищення хімічних і санітарно-мікробіологічних показників свідчать про необхідність впровадження комплексних заходів очищення, поліпшення водності та контролю забруднення. Регулярні дослідження є ключовим інструментом оцінки ефективності цих заходів і гарантування екологічної безпеки регіону.

4.6 Заходи щодо зменшення навантаження та захисту водних ресурсів

Основними запропонованими заходами щодо зменшення навантаження та захисту водних ресурсів Криворізького району включають декілька комплексних заходів.

Безперебійне постачання води каналом Дніпро–Інгулець до Карачунівського водосховища забезпечило підтримку водного балансу річки Інгулець та сприяло ліквідації наслідків руйнування Каховського водосховища. У 2024 році через канал було подано понад 204 млн м³ води з Дніпра, значну частину витрат на що профінансували державний бюджет і промислові підприємства міста.

Оздоровлення річок Інгулець та Саксагань передбачає комплекс заходів, серед яких подача води з Карачунівського водосховища до річки Стара Саксагань (планується понад 228 тисяч кубометрів у 2024 році) і розчищення берегових зон. Наприклад, вже проведено роботи на 800 метрах берегової лінії річки Саксагань.

Скорочення скиду шахтних вод у річку Інгулець досягнуто шляхом перехоплення та повернення понад 20,5 млн м³ фільтраційних вод у систему

оборотного водопостачання промислових підприємств. Це дозволяє значно зменшити вплив на природні водні ресурси.

Оновлення водопостачальної та каналізаційної інфраструктури: заміна старих водопровідних і каналізаційних мереж, ремонт очисних споруд, встановлення нових насосів, що підвищує ефективність очищення стічних вод і зменшує несанкціоновані скиди.

Контроль за водоохоронними зонами та прибережними захисними смугами: проведено численні обстеження, виявлено і ліквідовано несанкціоновані витoki води, що сприяє збереженню природного стану берегових територій.

Включення заходів комплексного оздоровлення річок до державних програм та планів управління річковими басейнами (зокрема, Плану управління річковим басейном Нижнього Дніпра на 2025-2030 роки), що забезпечує системний підхід і фінансування заходів.

Розробка та реалізація Державної цільової програми комплексного водопостачання для територій, постраждалих від наслідків воєнних дій, на період до 2030 року, з врахуванням заходів, спрямованих на забезпечення безперебійної роботи водозабірних каналів Дніпро–Інгулець.

Розчистка русел річок та відновлення природного гідрологічного режиму, що сприяє покращенню екологічного стану водних об'єктів і відновленню біорізноманіття.

Ці заходи націлені на зниження антропогенного впливу, поліпшення якості води, відновлення водності річок Інгулець і Саксагань, а також на забезпечення стабільного водопостачання для населення і промисловості Криворізького району. [15].

4.6.1 Зменшення скиду шахтних вод

Для зменшення обсягів скидання шахтних вод у річку Інгулець у Криворізькому районі було реалізовано низку комплексних заходів.

Впровадження регламентованого, періодичного скиду надлишків шахтних вод. Розроблено й затверджено індивідуальні регламенти, які визначають порядок, обсяги та тривалість скиду зворотних вод зі ставка-накопичувача балки Свистунова у міжвегетаційний період (листопад–лютий). Це дозволяє уникати аварійних ситуацій на гідротехнічних спорудах і мінімізувати екологічний вплив, здійснюючи скид у контрольованих обсягах та у визначені терміни.

Регулярний контроль якості води в контрольних створах проводиться систематично. У період скидових заходів здійснюється моніторинг рівня забруднюючих речовин у дев'яти тимчасових контрольних створах на річці Інгулець. Це дозволяє швидко реагувати на зміни у стані води та забезпечувати дотримання встановлених нормативів.

Попуски води з Карачунівського водосховища проводяться для розбавлення шахтних вод. Під час регулярних скидів із ставка-накопичувача в річку Інгулець одночасно відбувається вивільнення додаткової води з Карачунівського водосховища. Це дозволяє розбавити високомінералізовані шахтні води та знизити концентрацію забруднювачів у річці.

Оновлення і коригування режиму скиду. На основі щорічних розрахунків і оцінки екологічного стану розробляються нові або коригуються чинні регламенти скиду, що враховують гідрологічні умови, обсяги накопичених вод, стан гідроспоруд і результати оцінки впливу на довкілля.

Розроблено альтернативні підходи до акумулювання та відведення шахтних вод. У рамках цього проведено науково-дослідні роботи та ініційовано громадські обговорення, спрямовані на впровадження нових методів управління надлишковими шахтними водами, що дає змогу знизити екологічний вплив на річку Інгулець.

Залучення підприємств до пайової участі у подачі води для розбавлення. Гірничорудні підприємства беруть участь у фінансуванні попусків води для розбавлення шахтних стоків, що дозволяє більш ефективно управляти водним балансом і якістю води в річці.

Завдяки вжитим заходам значно зменшили обсяги неконтрольованого скидання шахтних вод, знизили ризик аварійних ситуацій та покращили якість води в річці Інгулець. Однак проблема залишається актуальною та вимагає подальшого комплексного вирішення із залученням сучасних технологій очищення [16].

4.6. 2 Стратегії заходів за планом «Мінприроди»

План заходів Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України передбачає комплекс конкретних кроків, спрямованих на зниження навантаження на водні ресурси та їх захист. Ці дії інтегровані у Водну стратегію України до 2050 року і відповідають міжнародним зобов'язанням, згідно з таблицею 4.4 [17].

Таблиця 4.4 – План заходів Міністерства захисту довкілля

Напрямок заходів	Конкретні дії	Очікуваний результат
Досягнення сприятливого екологічного стану вод	- Спостереження за станом води - Інноваційні технології для її очищення - Реставрація та відновлення водних ресурсів	Підвищення якості поверхневих і підземних вод
Управління водними ресурсами	- Розмежування функцій- Створення «Вода України»- Реформування водозабезпечення- Кадастри ресурсів	Ефективне управління і контроль водних ресурсів
Очищення міських стічних вод	- Зниження нітрогену та фосфору	Зменшення евтрофікації, покращення санітарного стану водойм
Басейнове управління водними ресурсами	- Плани управління річковими басейнами- Визначення зон з нітратами- Кодекс сільськогосподарської практики	Мінімізація дифузного забруднення

Продовження таблиці 4.4

Екологічний контроль	- Контроль водоохоронних зон- Підвищення моніторингу за стандартами ЄС	Зменшення порушень природоохоронних норм
Технологічне вдосконалення виробництва	- Перехід на кращі доступні технології	Зменшення споживання води та забруднень
Питна вода і санітарія	- Забезпечення доступу до якісної води	Зменшення захворювань, покращення здоров'я населення
Моніторинг якості води	- Лабораторні дослідження- Оперативне реагування- Організація перехоплення вод	Своєчасне виявлення та усунення забруднень
Реконструкція інфраструктури	- Заміна аварійних ділянок- Модернізація очисних споруд- Нове насосне обладнання	Покращення ефективності систем водопостачання і водовідведення

4.8 Економічне та екологічне обґрунтування впровадження захисних заходів

У 2024 році вдалося досягти помітного зменшення антропогенного навантаження на водні об'єкти району. Так, завдяки заходам зі зменшення скидів шахтних вод у річку Інгулець, зокрема перехопленню 36,5 млн м³ фільтраційних вод, суттєво знизилася мінералізація води та концентрація важких металів, таких як мідь, цинк і залізо. Одночасно впровадження оборотного водокористування на підприємствах дало змогу оптимізувати використання водних ресурсів. Наприклад, ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» у 2024 році повторно використав 2,5 млн м³ стічних вод для технічних потреб, що дозволило зменшити споживання свіжої води на 20–30 відсотків.

Важливою складовою роботи стало відновлення водних екосистем. Подача 365,8 млн м³ води до річки Інгулець сприяла стабілізації

гідрологічного режиму, а також допомогла зменшити ефект так званого «острова тепла». Крім того, було проведено розчистку 800 метрів берегової лінії річки Саксагань, що покращило проточність річки та зменшило її замулення.

Особливу увагу приділено збереженню біорізноманіття. Охорона 14 об'єктів природно-заповідного фонду, серед яких є унікальні водно-болотні угіддя, забезпечує збереження численних рідкісних видів флори та фауни. Ці заходи допомагають підтримувати екологічну рівновагу в регіоні.

Поряд із цим проводяться роботи, спрямовані на запобігання можливим екологічним катастрофам. Зокрема, модернізуються гідротехнічні споруди. Так, ремонт греблі Карачунівського водосховища значно зменшив ризик проривів і можливого забруднення водойм токсичними речовинами.

Завдяки таким комплексним заходам вдалося досягти й економічних результатів. Заміна 24,5 кілометрів аварійних водопровідних мереж у 2024 році дозволила зекономити близько 45 тисяч м³ питної води на рік, що у грошовому вираженні становить орієнтовно 1,2 млн грн за чинними тарифами. Додатково, використання оборотних систем водопостачання на гірничозбагачувальних комбінатах скоротило витрати на водопостачання для промисловості на 15–20 відсотків.

Покращення якості води позитивно впливає і на стан здоров'я населення. Зниження рівня забруднення водних ресурсів сприяє зменшенню захворюваності на кишкові інфекції та онкологічні хвороби, що дозволяє заощаджувати до 50 млн грн на рік на медичних витратах. Якісна вода для зрошення позитивно позначається і на аграрному секторі: зменшення засоленості ґрунтів дозволяє підвищити врожайність на 10–15 відсотків, що забезпечує аграріям додатковий дохід у розмірі 30–40 млн грн щорічно.

Значні кошти вкладаються і в розвиток водної інфраструктури. Зокрема, у 10 громадах району будуються сучасні контейнерні станції очищення води. Загальна вартість цього проекту становить 120 млн грн, що в перспективі дозволить зменшити витрати на імпортування фільтрів та хімічних реагентів. Крім

того, модернізація очисних споруд КП «Кривбасводоканал» уже дала відчутний економічний ефект: після встановлення енергоефективних насосів витрати на електроенергію знизилися на 25 відсотків.

Важливо, що більшість цих заходів реалізуються за підтримки державних програм та міжнародних донорів. Завдяки включенню проєктів у Державну цільову програму до 2030 року, забезпечується фінансування з державного бюджету України, а також із фондів Європейського Союзу, Світового банку та інших міжнародних організацій.

4.8.1 Економічні вигоди завдяки впровадженню екологічних заходів

Впровадження захисних екологічних заходів приносить суттєві економічні вигоди.

Запобігання втратам природних ресурсів і збереження їхньої вартості є важливими завданнями. Інвестування в заходи з охорони природи допомагає уникнути деградації водних, земельних і біологічних ресурсів, що сприяє збереженню їхньої економічної цінності для майбутніх поколінь.

Зниження витрат на ліквідацію наслідків забруднення. Екологічні заходи зменшують потребу у дорогому відновленні довкілля, очищенні забруднених вод і ґрунтів, що значно скорочує фінансові витрати держави та підприємств.

Підвищення ефективності використання ресурсів. Впровадження замкнутих циклів виробництва, повторне використання води та утилізація відходів знижують витрати на сировину та енергію, збільшують продуктивність і конкурентоспроможність підприємств.

Розвиток нових робочих місць у «зелених» секторах економіки. Впровадження екологічних технологій і реалізація природоохоронних проєктів стимулюють соціальний прогрес, сприяють зростанню доходів населення та покращують якість життя.

Зменшення медичних витрат. Покращення якості води і повітря сприяє зниженню захворюваності, що економить кошти на лікування і соціальну підтримку.

Підвищення екологічної стійкості та конкурентоспроможності регіону. Чисте довкілля приваблює інвестиції, туризм і сприяє сталому розвитку.

Застосування принципів циркулярної економіки, таких як раціональне управління біомасою, переробка відходів та виробництво біоенергії, сприяє зменшенню залежності від невідновлюваних ресурсів і допомагає скоротити викиди парникових газів.

Таким чином, економічні вигоди від впровадження захисних екологічних заходів полягають у довгостроковій економії ресурсів і коштів, підвищенні продуктивності, створенні нових робочих місць і покращенні здоров'я населення, що разом забезпечує сталий розвиток і конкурентоспроможність регіону[18].

5. ОБҐРУНТУВАННЯ ОПРІВСНЕННЯ ВИСОКО-МІНЕРАЛЬНИХ ШАХТНИХ ВОД З БАЛКИ СВИСТУНОВА

5.1 Загальна характеристика балки Свистунова

Балка Свистунова — це одна з ключових гідрологічних структур Криворізького району Дніпропетровської області, яка відіграє важливу роль у водогосподарській системі регіону. Вона використовується як техногенний водний об'єкт для накопичення надлишків шахтних вод, що утворюються внаслідок видобутку залізної руди на підприємствах Кривбасу.

У балці розташований ставок-накопичувач, куди скидають шахтні води з глибоких шахт і кар'єрів. Основна функція цього об'єкта — акумулювати високомінералізовані шахтні води та здійснювати їх регульований скид у річку Інгулець, щоб уникнути затоплення шахт і втрати доступу до запасів залізної руди. Щорічно з метою гідрозахисту діючих шахт у балці Свистунова накопичуються значні обсяги води, що потребують подальшого скидання у міжвегетаційний період.

Балка Свистунова є об'єктом підвищеної техногенної небезпеки: термін експлуатації греблі ставка-накопичувача закінчився ще у 2020 році, а її аварійний стан становить потенційну загрозу для довкілля та місцевих жителів. У разі аварії можливі значні екологічні та гуманітарні наслідки — забруднення річки Інгулець, погіршення якості води, загроза підтоплення населених пунктів і сільськогосподарських угідь.

Державна та місцева влада неодноразово ухвалювали рішення щодо реконструкції та посилення контролю за станом інфраструктури балки, організації моніторингу якості води, впровадження заходів з очищення шахтних вод перед скиданням.

Окрім техногенного значення, балка має природоохоронну цінність: у її околицях планується створення ландшафтного заказника для збереження

цінних степових оселищ і рідкісних видів флори, зокрема ковили Лессінга, горицвіту весняного, сон-трави та інших ендеміків.

5.2 Джерела антропогенного забруднення

Одним із головних джерел забруднення водних ресурсів району залишаються стічні води гірничо-збагачувальних комбінатів. Щороку у водойми потрапляє близько 20–22 мільйонів кубометрів високомінералізованих шахтних вод із мінералізацією до 96 г/л. Основними забруднювачами тут є хлориди, сульфати, а також солі натрію, магнію та кальцію, концентрація яких перевищує гранично допустимі норми у 5–10 разів. Окрім шахтних вод, у великій кількості (18–20 мільйонів кубометрів на рік) надходять кар'єрні води, які характеризуються високим вмістом важких металів та солей. Існуючі відстійники та накопичувачі, зокрема ставок у балці Свистунова, не забезпечують належного очищення — вода у них лише відстоюється перед подальшим скиданням у річку Інгулець.

Додатковим джерелом забруднення є каналізаційні скиди з житлових масивів. У старих районах міста через зношену каналізаційну інфраструктуру частина побутових стоків потрапляє у водойми без достатнього очищення. Це призводить до зростання концентрації органічних речовин, нітратів та бактеріального забруднення, що суттєво погіршує якість води.

Не менш серйозною проблемою є несанкціоновані сміттєзвалища. Неконтрольоване накопичення побутових і промислових відходів створює ризик потрапляння токсичних речовин — зокрема важких металів і мікропластику — у ґрунтові води через вимивання дощовими та талі водами.

До забруднення спричиняється також поверхневий стік з автомобільних доріг. Під час опадів у водойми потрапляють залишки нафтопродуктів, важкі метали, серед яких свинець та цинк, а також зважені частки.

Додаткове антропогенне навантаження створюють атмосферні викиди пилу з промислових підприємств. Металургійні комбінати Кривбасу

викидають у повітря пил, що містить залізо, марганець, нікель. Ці частинки осідають на поверхні водойм і ґрунтів. Крім того, відвали гірничодобувних підприємств також є джерелом пилу та аерозолів, які містять токсичні сполуки.

Наслідки такого багаторічного забруднення вже дають про себе знати. Водойми втрачають здатність до природного самоочищення через хронічне надходження забруднюючих речовин. Суттєво зростає солоність води у річці Інгулець, що робить її непридатною для використання в сільському господарстві та для питного водопостачання. Екосистеми деградують: спостерігається масове цвітіння води, загибель риби, різке скорочення біорізноманіття.

5.3 Основні екологічні проблеми балки Свистунова

Евтрофікація балки Свистунова призводить до низки негативних наслідків для її екосистеми. Надлишок біогенних речовин (азоту, фосфору) спричинює бурхливий розвиток планктонних водоростей, що проявляється у явищі «цвітіння води». Це знижує прозорість води, обмежує проникнення сонячного світла, що призводить до загибелі донних рослин і організмів, які з ними пов'язані.

Під час нічних годин у верхніх шарах водойми кисень швидко витрачається через дихання водоростей і бактерій, що викликає кисневий дефіцит (так званий «літній замор») і загибель риби та інших водних тварин. Відмерлі організми осідають на дно, де їх анаеробне розкладання призводить до утворення токсичних речовин (фенолів, сірководню), що ще більше погіршує умови для життя.

Таким чином, евтрофікація у балці Свистунова спричинює деградацію водної екосистеми, знищення біорізноманіття, порушення кисневого режиму та погіршення якості води, що ускладнює її використання для господарських і питних потреб.

Забруднення важкими металами чинить негативний вплив на якість ґрунтів і підземних вод у цьому районі через низку ключових механізмів:

1) Деградація родючості ґрунтів: У ґрунтах відбувається накопичення важких металів, таких як свинець, кадмій, мідь, цинк і ртуть, що негативно впливає на їх фізико-хімічні властивості та біологічну активність. Це стає причиною зниження родючості, руйнування структури ґрунту і зменшення врожайності сільськогосподарських культур.

2) Токсичний вплив на мікроорганізми: Надлишок важких металів зменшує кількість і різноманітність ґрунтових мікробіоценозів, що порушує природні процеси розкладу органіки і кругообігу поживних речовин.

3) Проникнення у підземні води: Важкі метали здатні переноситися з ґрунту у водоносний шар, забруднюючи підземні води. Це призводить до погіршення якості питної води та становить загрозу для здоров'я людей через накопичення токсичних речовин в організмі.

4) Накопичення в харчових ланцюгах: Метали проникають у рослини, а через них — у тварин і людей, спричиняючи хронічні отруєння, порушення обміну речовин, негативний вплив на нервову систему та внутрішні органи. Особливо це становить загрозу для дітей.

5) Низька швидкість самоочищення: Ґрунти мають дуже повільну здатність до природного очищення від важких металів, що робить забруднення довготривалим і кумулятивним.

Отже, антропогенне забруднення важкими металами значно впливає на погіршення екологічного стану ґрунтів і підземних вод, спричиняє зниження продуктивності сільського господарства та становить серйозну загрозу здоров'ю людей і тварин.

5.4 Технологічне обладнання для опріснення мінеральних шахтних вод

Опріснення мінеральних шахтних вод є однією з найактуальніших екологічних і технологічних проблем для промислових регіонів України, зокрема Криворізького басейну. Висока мінералізація шахтних вод, зумовлена значним вмістом солей та важких металів, не лише ускладнює їх скидання у природні водойми, а й створює серйозні ризики для довкілля, сільського господарства та здоров'я населення. Традиційні методи очищення не забезпечують достатнього зниження мінералізації, тому впровадження сучасних технологій опріснення стає необхідною умовою для сталого розвитку регіону.

У світовій практиці найефективнішими визнано підходи, розроблені в Німеччині, Ізраїлі та Нідерландах. Вони базуються на використанні мембранних технологій, багатоступеневої обробки та комплексній утилізації розсолу, що дозволяє не лише отримувати якісну технічну або питну воду, а й зменшувати обсяг відходів і навіть отримувати додаткову економічну вигоду. Досвід цих країн може стати основою для розробки оптимальної моделі опріснення шахтних вод у вітчизняних умовах (табл 5.1)[19,20].

Таблиця 5.1 – Методи зарубіжних країн по опрісненню вод

Метод	Країна	Коротка суть	Переваги	Недоліки
Німецький метод: зворотний осмос (RO) + нанофільтрація (NF)	Німеччина	Комбіноване мембранне опріснення з високою ефективністю вилучення солей, важких металів та органічних забруднень	- Високий ступінь очищення- Можливість повторного використання води- Відносно компактні установки	- Високі енергетичні витрати- Потреба в утилізації концентрату- Дорогі мембрани

Продовження таблиці 5.1

Ізраїльський метод: багатоступенев а мембранна дистиляція (MSF) з використанням відновлюваної енергії	Ізраїль	Опріснення за рахунок випаровування з повторним конденсуванням за низького тиску, часто працює на сонячній енергії	- Низьке енергоспоживання при використанні сонячної енергії- Високий ступінь очищення- Стійкість до складних складів шахтних вод	- Висока вартість будівництва- Більш складна технічна експлуатація
Голандський метод: дезасалювання через іонний обмін і кристалізацію (Zero Liquid Discharge, ZLD)	Нідерланди	Повне видалення солей з мінімальним скиданням рідких відходів; видобуток технічної солі	- Отримання корисних компонентів із відходів- Мінімальний вплив на довкілля- Мінімізація об'єму стоків	- Дуже дорогий процес- Потребує висококваліфіковано го обслуговування

Порівняльний аналіз даних систем розглянуто за таблицею 5.2

Таблиця 5.2 – Порівняльна характеристика зарубіжних опріснюючих систем

Критерій	Німеччина	Ізраїль	Нідерланди
Ефективність	95% видалення солей	99.5% видалення солей	90% рециклінгу мінералів
Енерговитрати	Високі (RO)	Середні (3.1–4 кВт·год/м³)	Низькі (ED + кристалізація)
Економіка	Високі капітальні витрати	Масштабне виробництво	Дохід від продажу мінералів
Екологія	Зниження токсичності	Мінімум хімічних відходів	Повне утилізація розсолу

Зростаючий рівень мінералізації шахтних вод у Криворізькому районі становить значну екологічну загрозу для водних ресурсів і довкілля в цілому. Однак одним із перспективних шляхів розв'язання цієї проблеми є впровадження сучасних технологій опріснення. Вони здатні знижувати концентрацію солей і токсичних речовин у шахтних водах до безпечних показників. Сьогодні у світі використовуються різноманітні підходи до

опріснення таких вод, які різняться за вартістю, рівнем енергоспоживання, продуктивністю та ефективністю очищення від забруднень.

Розглянуто кілька актуальних методів, серед яких, Німецький метод (мембранні технології NF, RO) ізраїльські системи зворотного осмосу великої потужності, а також голландська технологія Zero Brine, що поєднує електродіаліз та кристалізацію. Їх порівняння дозволяє оцінити доцільність впровадження конкретних рішень для умов Криворізького регіону з урахуванням екологічних, економічних та технологічних чинників (табл 5.3).

Таблиця 5.3 – Оцінка вартості систем опріснення

Метод опріснення	Приблизна капітальна вартість установки	Продуктивність (м³/добу)	Оцінка експлуатаційних витрат (USD/м³)
Німецький метод (мембранні технології NF, RO)	1–2 млн USD за установку середнього масштабу	1,000–10,000	0.8–1.2
Ізраїльський метод (зворотний осмос RO)	0.5–1.5 млрд USD для великих заводів (потужністю сотні тисяч м³/добу)	50,000–550,000	0.6–1.0
Голландський метод (Zero Brine: ED + кристалізація)	1.5–2 млн USD за пілотні установки середнього масштабу	500–5,000	0.4–0.7

Таким чином, вибір методу опріснення слід базувати не лише на початкових витратах, а й на довгостроковій економічній ефективності та екологічних перевагах. Голландський метод Zero Brine (рис 5.1), незважаючи на вищі капіталовкладення, пропонує інноваційний підхід із частковим поверненням інвестицій через видобуток корисних мінералів. Ізраїльський метод є найбільш збалансованим за витратами та ефективністю, особливо при масштабних проєктах. Німецький підхід доцільний для комплексної обробки високомінералізованих вод із застосуванням додаткових технологій.



Рисунок 5.1 – опріснююча голландська установка Zero Brine

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Нормативно-правове забезпечення охорони праці

Законодавче регулювання охорони довкілля в Україні спирається на низку основоположних актів. Основним документом є Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» (1991 року), який визначає загальні принципи захисту довкілля. У ньому окреслюються ключові напрями діяльності — проведення наукових досліджень, нормування впливів господарської діяльності, здійснення контролю за станом довкілля та встановлення відповідальності за порушення екологічних норм.

Важливим елементом державної системи контролю є Закон України «Про державний екологічний контроль» (2020 року), що встановлює правові та організаційні засади здійснення перевірок дотримання екологічних вимог. До завдань державного контролю належать і перевірки дотримання правил охорони праці під час виконання робіт, пов'язаних з охороною довкілля.

Практична сторона організації екологічних досліджень регламентується, зокрема, типовими правилами охорони праці. Одним із прикладів такого нормативного документа є постанова Кабінету Міністрів України № 1264 «Про затвердження Типових правил охорони праці під час виконання екологічних досліджень». Хоча у відкритих джерелах повного тексту цієї постанови може не бути, проте аналогічні документи визначають основні вимоги до безпеки персоналу. Зокрема, вони передбачають обов'язкове використання засобів індивідуального захисту — респіраторів, рукавиць, захисного одягу та окулярів, особливо при роботі з токсичними речовинами чи забрудненими зразками води, ґрунту або повітря.

Особливу увагу приділяють дотриманню технологічних інструкцій на всіх етапах — від відбору проб до їх транспортування, зберігання та аналізу. Це дозволяє мінімізувати контакт з небезпечними речовинами і знизити

ризика для здоров'я працівників. Обов'язковим є проведення спеціального навчання та регулярних інструктажів з питань охорони праці, правил безпеки та порядку дій у разі надзвичайних ситуацій.

Організація робіт завжди враховує попередню оцінку ризиків, а також передбачає постійний медичний контроль стану здоров'я співробітників. Дотримання екологічних стандартів і вимог охорони праці перебуває під контролем державних органів, насамперед Державної екологічної інспекції України.

6.2 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час виконання екологічних досліджень працівники стикаються з низкою небезпечних чинників, які потребують особливої уваги до безпеки. Робота з хімічними речовинами є однією з найбільш ризикованих. До особливо небезпечних належать сполуки ртуті, свинцю, кадмію, а також речовини на зразок хлору, аміаку, синильної кислоти, фосгену чи сірчаного ангідриду. Вони можуть викликати як гострі отруєння, так і хронічні захворювання, впливати на дихальні шляхи, шкіру, очі, а також призводити до канцерогенних, мутагенних і алергічних наслідків. Навіть менш токсичні, але дратівливі речовини, як-от ацетон, оксиди азоту чи хлор, здатні викликати подразнення слизових оболонок і шкірних покривів. Особливу небезпеку становлять аварійні ситуації, коли відбуваються викиди чи розливи небезпечних хімікатів. Це може призвести до важких уражень серед людей і тварин, забруднення навколишнього середовища та значних пошкоджень інфраструктури.

Робота на водних об'єктах також супроводжується чималими ризиками. Зокрема, існує небезпека утоплення або травматизму, особливо під час відбору проб поблизу водойм, де слизькі або нестійкі береги можуть стати причиною падіння у воду. Крім того, контакт із забрудненою водою нерідко

призводить до зараження патогенними мікроорганізмами, паразитами чи вірусами. Щоб уникнути нещасних випадків, обов'язковим є використання рятувальних засобів, організація постійного спостереження, наявність рятувального поста та засобів першої допомоги.

Додаткові труднощі створює виконання робіт на відкритій місцевості. Фізичні чинники, як-от висока або низька температура, вітер, дощ, сніг, інтенсивне сонячне випромінювання, підвищена вологість чи навіть електромагнітні поля, можуть істотно ускладнювати роботу. Працівники ризикують отримати травми внаслідок падіння, порізів, укусів комах, контакту з отруйними рослинами чи тваринами, особливо під час роботи на висоті або на нестійких поверхнях. Пил, аерозолі та випари нерідко спричиняють подразнення дихальних шляхів, алергічні реакції й навіть розвиток хронічних захворювань органів дихання.

До небезпечних виробничих факторів належать також механічні, електричні та психофізіологічні загрози. Серед механічних — рухомі частини обладнання, гострі краї інструментів чи зразків, шершаві поверхні, що можуть стати джерелом травм. Робота з електрообладнанням іноді супроводжується підвищеною напругою, небезпекою ураження статичною електрикою або іонізуючим випромінюванням. Окрему групу ризиків становлять психофізіологічні чинники: висока відповідальність за результати досліджень, стресові ситуації, втома, монотонність, а також ізоляція або віддаленість робочих місць.

6.3 Безпека праці при проведенні польових досліджень

Забезпечення безпеки під час виконання екологічних досліджень потребує обов'язкового використання засобів індивідуального захисту. Працівники повинні бути оснащені спеціальним одягом, рукавицями, захисними окулярами, респіраторами або протигазами, особливо при роботі з хімічними речовинами чи забрудненими водними та ґрунтовими зразками.

Усі засоби індивідуального захисту мають бути закріплені за кожним працівником на весь період виконання робіт і відповідати властивостям речовин, з якими вони працюють. Перед початком робіт обов'язково проводяться інструктажі з охорони праці та пожежної безпеки, а також навчання безпечним методам виконання робіт.

Особливу увагу слід приділяти організації роботи біля водойм. Під час відбору проб на водних об'єктах необхідно суворо дотримуватись встановлених правил безпеки. Роботи виконуються групами не менше двох осіб із наявністю засобів порятунку, зокрема рятувальних жилетів та мотузок. Категорично забороняється працювати на слизьких або нестійких берегах без додаткових запобіжних заходів. Всі роботи повинні організовуватись так, щоб мінімізувати ризик падіння у воду, обов'язковою є наявність рятувального поста або призначеної особи, відповідальної за контроль безпеки під час проведення робіт.

Метеорологічні умови також мають важливе значення при плануванні робіт. Проведення польових досліджень у несприятливу погоду — під час шторму, грози, сильної спеки, холоду чи інших небезпечних погодних явищ — слід уникати. Працівників необхідно забезпечити захистом від сонячного випромінювання, вітру, дощу, організувати для них місця для відпочинку, харчування і укриття від несприятливих погодних впливів. Під час роботи на відкритій місцевості важливо постійно контролювати стан здоров'я персоналу, не допускати перевтоми, перегрівання або зневоднення організму.

6.4 Вимоги до умов праці при лабораторних дослідженнях

Для забезпечення безпечних умов праці в лабораторії особлива увага приділяється організації вентиляції. Лабораторія повинна бути оснащена припливно-витяжною вентиляційною системою з кратністю повітрообміну від 12 до 20 разів на годину. При роботі з отруйними речовинами ця кратність повинна досягати 15–20 разів. Використання локальних витяжних шаф

дозволяє ефективно видаляти шкідливі речовини безпосередньо з місця їх утворення, що суттєво знижує концентрацію токсичних парів і пилу в повітрі приміщення. Система вентиляції повинна забезпечувати постійний контроль чистоти повітря, температури та вологості, а також бути оснащеною датчиками, які контролюють рівень забруднення, температуру, вологість і тиск, з можливістю автоматичного регулювання параметрів. Для забезпечення безперервної роботи в разі виходу з ладу основної системи передбачаються резервні вентиляційні установки.

Організація освітлення в лабораторії також регламентується суворими вимогами. Освітленість повинна бути не нижче 200 люкс при роботі у три зміни. Необхідно передбачити загальне вертикальне освітлення приміщення, а також локальне освітлення безпосередньо на робочих місцях. При розташуванні лабораторії на південній стороні будівлі вікна повинні бути обладнані козирками для уникнення надмірного засвічення сонячними променями. Температурний режим у приміщенні лабораторії підтримується на рівні не нижче +18 °C взимку та +20...+22 °C у літній період.

Електричні мережі лабораторії повинні бути виконані з дотриманням усіх норм безпеки. Електропроводка повинна бути надійною, оснащеною заземленням, системами захисту від коротких замикань і перевантажень. Працівники лабораторії мають проходити інструктажі з безпечного користування електрообладнанням.

Всі роботи з хімічними речовинами проводяться у спеціально обладнаних місцях — витяжних шафах — із дотриманням технологічних інструкцій. Зберігання хімічних реагентів організовується в спеціальних шафах, при цьому речовини обов'язково розділяються за класами небезпеки. Під час роботи з хімікатами персонал використовує індивідуальні засоби захисту: рукавички, захисні окуляри, спеціальний одяг. У лабораторії категорично забороняється вживати їжу, пити напої чи палити. Особливої уваги потребує робота з токсичними речовинами — при виконанні таких

робіт обов'язково повинні бути під рукою засоби для надання першої допомоги.

6.5 Пожежна безпека

У лабораторних приміщеннях категорично забороняється використання відкритого вогню, особливо при роботі з легкозаймистими, горючими та вибухонебезпечними речовинами. Зберігання таких речовин дозволяється лише в спеціально обладнаних шафах, які забезпечують необхідний рівень пожежної безпеки. Обов'язково дотримується принцип роздільного зберігання за класами небезпеки та обмежується об'єм речовин добовою нормою зберігання.

Електронагрівальні прилади (електроплитки, кип'ятильники тощо) дозволяється використовувати лише у спеціально обладнаних місцях. Заборонено залишати без нагляду увімкнене електрообладнання, а також експлуатувати прилади з пошкодженими кабелями, розетками, вимикачами та іншими несправностями. Всі витяжні шафи повинні перебувати у справному стані, бути обладнані неушкодженим захисним склом та працюючою системою вентиляції. Забороняється зберігати у витяжних шафах сторонні речовини, що не стосуються поточних операцій.

У лабораторії суворо забороняється куріння. Місця для куріння визначаються адміністрацією та обладнуються за межами лабораторних приміщень.

У разі виникнення загоряння працівник повинен негайно повідомити про пожежу відповідальну особу та службу пожежної безпеки. Якщо дозволяє ситуація, слід використати первинні засоби пожежогасіння — вогнегасники, пожежні ковдри, пінні засоби — для локалізації полум'я. У разі неможливості самостійного гасіння необхідно негайно залишити приміщення за встановленими евакуаційними маршрутами, які завжди мають бути

вільними і незахаращеними. Забороняється користуватися ліфтами під час евакуації.

Виходячи з приміщення, потрібно зачинити двері для уповільнення розповсюдження диму і вогню. При сильному задимленні рекомендується рухатися якомога ближче до підлоги та дихати через змочену тканину. У разі отримання опіків або отруєння продуктами горіння необхідно одразу звернутися за медичною допомогою. Після евакуації забороняється повертатися у приміщення без дозволу пожежної служби.

7. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

7.1 Визначення вартості дослідницьких робіт

Вартість проведення екологічних досліджень складається з кількох основних компонентів (табл 7.1):

Таблиця 7.1 – складова екологічних досліджень

Складова	Опис	Орієнтовна вартість
Польові дослідження та відбір проб	Залежить від обсягу робіт, складності місцевості, кількості точок відбору, спеціального обладнання і транспорту. Один комплект обладнання для польових робіт коштує приблизно 6 000 грн. Транспортні витрати залежать від маршруту та виду транспорту.	~6 000 грн за одиницю обладнання + транспортні витрати
Лабораторні аналізи	Вартість залежить від типу аналізу. Окремі аналізи (вірусологічні, біохімічні) коштують від 80 до 1 500 грн. Комплексні пакети мають вищу ціну. Ціни варіюються залежно від типу забруднювача (важкі метали, пестициди, органічні речовини тощо).	Від 80 до 1 500 грн за аналіз (окремі), вищі — за комплексні пакети
Транспортні витрати	Включають перевезення персоналу, обладнання та зразків. Залежить від довжини маршруту, типу транспорту та дорожніх умов. Оптимізація маршрутів дозволяє знизити витрати.	Варіюється в залежності від умов

Вартість дослідницьких робіт є комплексною і залежить від обсягу польових робіт, типу і кількості лабораторних аналізів, а також транспортних і організаційних витрат. Для точного визначення необхідно скласти детальний кошторис з урахуванням особливостей конкретного проекту.

7.2 Оцінка вартості впровадження заходів із захисту водних ресурсів

Вартість реалізації заходів із захисту водних ресурсів залежить від масштабу, технологічної складності, зовнішніх умов та логістики. Основні напрямки включають будівництво і модернізацію очисних споруд, встановлення фільтраційних систем та рекультивацію забруднених територій (табл 7.2).

Таблиця 7.2 – Вартість заходів із захисту водних ресурсів

Напрямок	Опис	Орієнтовна вартість
1. Будівництво/модернізація очисних споруд	Повномасштабне будівництво з автоматизацією, жироловлювачами, пісколовками (100% нормативна очистка).	16–18 млн євро
	Реконструкція каналізаційних споруд, ліній обробки мулу, виробництво біогазу.	Понад 10 млн дол. США
	Модернізація автономних систем (септики "ТОПАС", "ТЕРРА") із компресорами, насосами.	46 500 – 71 500 грн
2. Встановлення фільтраційних систем	Побутові фільтри (механічні, зворотного осмосу) з можливістю додаткового обладнання.	Від 800 до 2 500 грн за одиницю
	Промислові системи (для видалення заліза, хімічних домішок) з індивідуальним розрахунком.	Від 50 000 грн і вище

Продовження таблиці 7.2

Напрямок	Опис	Орієнтовна вартість
3. Рекультивація забруднених територій	Відновлення земель після забруднення (бойові дії, хімічні речовини) з застосуванням біоре mediaції.	Від 10 000 до 500 000 грн за гектар
	Обробка мулу з інвестиціями у спеціалізоване обладнання, енергетичні рішення (когенерація біогазу).	Десятки мільйонів гривень

7.3 Розрахунок економічної ефективності природоохоронних заходів

1. Економічний результат (Р) включає:

Відвернені збитки (П) – різниця між збитками до (Z_{ϕ}) і після (Z_m) впровадження заходів (7.1):

$$П = Z_{\phi} - Z_m \quad (7.1)$$

Додатковий прибуток (D_d) - зростання доходів підприємства через поліпшення виробничих показників (наприклад, економія ресурсів).

2. Приведені витрати (З) обчислюються за формулою:

$$З = C + E_n * K \quad (7.2)$$

де C – річні експлуатаційні витрати; K – капітальні вкладення; E_n - норматив ефективності (0,15).

3. Чистий економічний ефект ($P_{\text{ч}}$)

$$P_{\text{ч}} = (П + D_d) - З \quad (7.3)$$

Розрахунок для покращення якості води.

Збитки від забруднення води до заходів (Z_{ϕ}) = 2,000,000 грн/рік;
залишкові збитки після впровадження очисних споруд (Z_m) = 500,000 грн/рік;
додатковий прибуток від реалізації очищеної води (D_d) = 300,000 грн/рік;
капітальні витрати (K) = 1 500 000 грн.; експлуатаційні витрати (C) = 200,000 грн/рік.

Розрахунок:

1. Відвернені збитки:

$$\Pi = 2000000 - 500000 = 1,500,000 \text{ грн}$$

2. Приведені витрати:

$$З = 200000 + 0.15 \cdot 1500000 = 200000 + 225000 = 425,000 \text{ грн}$$

3. Чистий ефект

$$P_{\text{ч}} = (1500000 + 300000) - 425000 = 1,375,000 \text{ грн}$$

Висновок: За проведеними розрахунками визначили, що даний захід буде ефективним

Оцінка економічної ефективності природоохоронних заходів базується на врахуванні кількох важливих факторів. По-перше, зниження рівня забруднення призводить до зменшення витрат на лікування населення та економії ресурсів у сільському господарстві, наприклад, через підвищення врожайності. По-друге, до витрат враховують уникнення штрафів, які пов'язані зі сплатою за перевищення нормативів забруднення. Крім того, значну роль відіграють соціальні вигоди, серед яких покращення здоров'я населення і, як наслідок, зниження медичних витрат, а також підвищення туристичної привабливості регіону, що сприяє розвитку економіки.

Економічна ефективність природоохоронних заходів визначається шляхом зіставлення витрат на їх впровадження із відверненими збитками, які виникають через забруднення. Основними кроками цього аналізу є оцінка поточних та залишкових збитків, розрахунок приведених витрат, визначення чистого ефекту та порівняння варіантів для вибору оптимального рішення. Для повноти аналізу важливо враховувати не лише прямі економічні показники, а й соціальні вигоди, що мають важливе значення для сталого розвитку регіону.

7.4 Порівняння витрат і можливих економічних втрат у разі бездіяльності

Деградація водних ресурсів в Україні є наслідком незаконного та нераціонального використання, що призводить до порушення водних

екосистем, втрати біорізноманіття, забруднення водойм та виснаження запасів прісної води. Через надмірне водозабезпечення та вплив промислових, сільськогосподарських і побутових стоків більшість водних ресурсів перебуває у стадії деградації. Відсутність заходів із захисту спричиняє втрату здатності водойм до самовідновлення, що ускладнює їх подальше використання для господарських, сільськогосподарських і питних потреб.

Забруднення води викликає підвищення захворюваності на інфекційні та хронічні хвороби, що збільшує витрати на медичне обслуговування та соціальну підтримку населення. Особливо це стосується сільських районів, де вода є основним джерелом пиття. Недостатній контроль якості водних ресурсів підвищує навантаження на систему охорони здоров'я і негативно впливає на продуктивність праці.

Використання забрудненої або виснаженої води у сільському господарстві призводить до засолення ґрунтів, зниження врожайності та погіршення якості продукції. Це викликає втрати через зниження родючості земель і необхідність додаткових витрат на їх відновлення. Також забруднення водних ресурсів негативно впливає на рибальство і туризм, що зменшує доходи місцевих громад.

Фінансові втрати від порушень водоохоронного законодавства є суттєвими: за перше півріччя 2024 року збитки в Україні перевищили 21 млн грн, а сума поданих претензій — понад 26 млн грн. Відсутність профілактичних заходів веде до зростання штрафів, кримінальних справ та додаткових витрат на відновлення довкілля, що значно перевищує витрати на запобігання забрудненню(табл 7.3).

Таблиця 7.3 - Витрати на заходи і можливі втрати при бездіяльності

Показник	Витрати на захисні заходи (грн)	Можливі економічні втрати при бездіяльності (грн)	Примітка
Відновлення водних ресурсів	1 000 000 – 10 000 000	10 000 000 – 100 000 000+	Залежить від масштабу забруднення
Медичне обслуговування	500 000 – 5 000 000	20 000 000 – 50 000 000+	Витрати на лікування, соціальну допомогу
Втрати в сільському господарстві	200 000 – 2 000 000	5 000 000 – 30 000 000+	Зниження врожайності, деградація ґрунтів
Штрафи та санкції	0 – 1 000 000	20 000 000 – 50 000 000+	За порушення водоохоронного законодавства

Отже бездіяльність у сфері захисту водних ресурсів призводить до значних економічних втрат, що у багато разів перевищують витрати на впровадження природоохоронних заходів. Зокрема, деградація водних екосистем, зростання захворюваності населення, зниження продуктивності сільського господарства та накладення штрафів створюють серйозні фінансові та соціальні проблеми. Інвестиції у захист і відновлення водних ресурсів є економічно доцільними і необхідними для сталого розвитку регіонів і країни загалом.

7.5 Оцінка економічної доцільності впровадження рекомендацій

1 .Термін окупності (Payback Period).

Розраховується як співвідношення капітальних витрат до річного чистого прибутку(7.4):

$$TO = \frac{\text{Початкові інвестиції}}{\text{Річний чистий прибуток}} \quad (7.4)$$

Для даного проекту маємо такі данні:

Інвестиції у модернізацію очисних споруд – 10 млн грн.; річний економічний ефект (економія на штрафах, зниження витрат на воду) – 2,5 млн грн.

$$TO = \frac{10000000}{2500000} = 4 \text{ роки}$$

2. Рентабельність (ROI), визначається за формулою 7.5:

$$ROI = \frac{\text{Чистий прибуток}}{\text{Витрати}} * 100\% \quad (7.5)$$

Витрати на впровадження оборотного водокористування – 5 млн грн.; річний прибуток (економія ресурсів + зменшення штрафів) – 1,2 млн грн.

$$ROI = \frac{1200000}{5000000} * 100\% = 24\%$$

3. Вигоди для місцевих громад

Покращення якості води сприяє зниженню захворюваності на кишкові інфекції та алергічні реакції, що дозволяє суттєво зменшити медичні витрати. Для регіону економія може становити від 50 до 100 млн грн на рік. Відновлення та очищення водоєм також підвищує туристичну привабливість території, сприяючи розвитку рекреаційної інфраструктури та збільшенню доходів від туризму приблизно на 15–20%.

4. Вигоди для підприємств

Уникнення штрафів за перевищення нормативів забруднення дозволяє економити від 5 до 10 млн грн щорічно. Запровадження оборотного водопостачання знижує витрати на воду на 20–30%, що підвищує ефективність ресурсокористування. Крім того, застосування «зелених» технологій покращує імідж компанії, робить її більш конкурентоспроможною та сприяє залученню інвестицій.

Порівняльний аналіз ефективності наведено в таблиці 7.4

Таблиця 7.4 - Порівняльний аналіз ефективності

Показник	Модернізація очисних споруд	Впровадження фільтраційних систем	Рекультивація земель
Термін окупності	4–6 років	3–5 років	5–8 років
Рентабельність (ROI)	18–25%	20–30%	12–18%
Соціальні вигоди	Високі	Середні	Високі

Висновок:

Впровадження природоохоронних заходів є економічно доцільним за умови:

- Термін окупності не перевищує 5–7 років.
- Рентабельність перевищує 15% (середньогалузевий показник).
- Соціальні та екологічні вигоди (зменшення захворюваності, збільшення врожайності) компенсують інвестиційні витрати.

Рекомендації:

- Пріоритетність проєктів з швидким терміном окупності (наприклад, фільтраційні системи).
- Залучення державних субсидій та міжнародних грантів для зниження фінансового навантаження.
- Врахування непрямих вигод (покращення здоров'я, екологічна стабільність) у стратегії розвитку регіонів.

ВИСНОВОК

У процесі виконання дипломної роботи проведено комплексне дослідження стану водних ресурсів Криворізького району з урахуванням впливу гірничо-металургійного комплексу, промислових та комунальних стоків. Основними забруднювачами поверхневих вод стали важкі метали (залізо, марганець), сульфати, нітрати, фосфати, амонійний азот та нафтопродукти, що формують складне багатокomпонентне антропогенне навантаження на водні об'єкти району.

Встановлено, що головними чинниками забруднення вод є діяльність гірничо-металургійних підприємств, скиди недостатньо очищених стічних вод, поверхневий змив з територій промислових майданчиків і сільськогосподарських угідь. Спостерігається перевищення нормативних показників за такими речовинами, як залізо, нафтопродукти, нітрати, фосфати та важкі метали, що створює загрозу для довкілля і здоров'я населення.

У рамках дослідження було запропоновано низку природоохоронних заходів, серед яких: опріснення мінеральних шахтних вод. Економічне обґрунтування показало доцільність впровадження запропонованих заходів, оскільки вони суттєво пропонують інноваційний підхід із рециклінгом мінералів, що знижує екологічний вплив і частково компенсує вартість за рахунок продажу побічної продукції..

Для кількісної оцінки ступеня забруднення використано Індекс забруднення води (ІЗВ). за розрахунками по річкам отримали:

для річки Інгулець $ІЗВ = 3,66$; річка Саксагань $ІЗВ = 3,87$

Розрахунок економічної ефективності показав, що завдяки впровадженню природоохоронних заходів відвернені збитки склали 1500000грн на рік, що обумовлено зменшенням збитків із 2000000 грн до 500000 грн щорічно. Додатковий прибуток становить 300000 грн на рік.

Капітальні витрати на реалізацію заходів досягли 1500000 грн, а експлуатаційні витрати склали 200000 грн на рік. Розрахунок приведених витрат показав, що їх обсяг становить 425000 грн (з урахуванням нормативу ефективності 15%: $Z = 200\,000 + 0,15 \times 1\,500\,000$). В результаті чистий економічний ефект дорівнює 1375000 грн, що свідчить про високу економічну доцільність і ефективність впроваджених заходів.

У ході дослідження в розділі 5 було обґрунтовано доцільність впровадження систем опріснення високомінералізованих шахтних вод балки Свистунова, що є однією з найбільших екологічних проблем Криворізького регіону. За економічними розрахунками, впровадження німецької мембранної технології дозволяє досягти 95% ефективності видалення солей при досить високих, але прийнятних енерговитратах. Ізраїльські системи демонструють ще вищу ефективність (до 99,5%) з нижчим енергоспоживанням, а голландські установки дозволяють не лише очищувати воду, а й додатково утилізувати мінерали для реалізації, що створює додаткові джерела доходів.

У результаті аналізу встановлено, що економічна доцільність впровадження сучасних опріснюючих технологій базується не лише на безпосередньому зменшенні екологічного навантаження, але й на отриманні додаткового прибутку за рахунок реалізації побічної продукції, зменшенні штрафних санкцій за забруднення, зниженні витрат на лікування населення і покращенні екологічної безпеки регіону, в ході розгляду даних технологій, було взято до уваги голландську систему опріснення «Zero Brine»

Практичне значення дослідження полягає в тому, що його результати можуть бути використані органами місцевого самоврядування, екологічними службами та підприємствами для прийняття ефективних рішень у сфері охорони водних ресурсів.

Отримані результати свідчать про необхідність продовження досліджень у напрямку комплексної екологічної оцінки водних об'єктів та впровадження сучасних технологій очищення і сталого водокористування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сафонов А.І. Фітоіндикація забруднення важкими металами антропогенно трансформованого середовища Донбасу А.І. Сафонов: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук: 03.00.16. Дніпропетровський національний ун-т. Д., 2014. 22 с.
2. Сметана О.М. Зооіндикація антропогенного навантаження на степові біоценози Криворіжжя Еколого-біологічні дослідження: наукова конференція. Кривий Ріг, 2012. С. 390-396.
3. Електронний архів КДПУ. – Режим доступу:
<https://elibrary.kdpu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/6217>
4. У Кривому Розі вода з більшості джерел не придатна до вживання – дослідження. – Режим доступу: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/u-krivomu-rozi-voda-z-bilshosti-dzherel-ne-pridatna-do-vzhivannya-doslidzhennya>
5. 5. Клименко М.О. Моніторинг довкілля: підручник. Київ: Академія, 2006. 360 с.
6. Розвиток природокористування в контексті сталого розвитку : монографія. – Режим доступу:
http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/9116/1/RoshuDC_KRB_KEOD_2021.pdf
7. Правове регулювання охорони водних ресурсів. – Режим доступу:
<https://consultant.net.ua/consultant-article/9435>
8. Навчальні матеріали з екології. – Режим доступу:
https://learn.ztu.edu.ua/pluginfile.php/399976/mod_folder/content/0
9. Водні ресурси Криворіжжя. – Режим доступу:
<https://kdpu.edu.ua/pryroda-kryvorizhzhia/fizyko-heohrafichna-kharakterystyka/pryrodni-resursy/1309-vodni-resursy-kryvorizhzhia.html>
10. Криворізький район (1923–2020) – Вікіпедія. – Режим доступу:
[https://uk.wikipedia.org/wiki/Криворізький_район_\(1923–2020\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Криворізький_район_(1923–2020))

11. Річки Криворізького району – Вікіпедія. – Режим доступу:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Категорія:Річки_Криворізького_району
12. Екологічна доповідь Дніпропетровської ОДА за 2015 рік. – Режим доступу: <https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/uploaded-files/ekodopovid2015.pdf>
13. Розвиток Придніпровського регіону – монографія. – Режим доступу:
[https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/8023/1/Монографія_РОЗВИТОК%20ПРИДНІПРОВСЬКОГО%20РЕГІОНУ_2021%20\(4\)-234-248.pdf](https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/8023/1/Монографія_РОЗВИТОК%20ПРИДНІПРОВСЬКОГО%20РЕГІОНУ_2021%20(4)-234-248.pdf)
14. Забруднення річок України: причини та наслідки. – Режим доступу:
<https://ns-plus.com.ua/2019/07/10/zabrudnennya-richok-ukrayiny-prychyny-ta-naslidky>
15. Річка Інгул – екологія. – Режим доступу:
<http://proeco.visti.net/naturalist/ecology/ingul.htm>
16. Державна екологічна стратегія України до 2030 року. – Режим доступу: <https://me.gov.ua/download/eac52e87-c46b-488f-a5fa-4b7fb5f5b88c/file.pdf>
17. Звіт з виконання заходів міської програми вирішення екологічних проблем Кривбасу за 2023 рік. – Режим доступу:
<https://spilkuisia.kr.gov.ua/zvit-z-vykonannya-u-2023-roczy-zahodiv-miskoyi-programy-vyrishennya-ekologichnyh-problem-kryvbasu-ta-polipshennya-stanu-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovyshha-na-2016-2025-roky>
18. Звіт з виконання заходів міської програми вирішення екологічних проблем Кривбасу за 2024 рік. – Режим доступу:
<https://spilkuisia.kr.gov.ua/zvit-z-vykonannya-u-2024-roczy-zahodiv-miskoyi-programy-vyrishennya-ekologichnyh-problem-kryvbasu-ta-polipshennya-stanu-navkolyshnogo-pryrodnogo-seredovyshha-na-2016-2025-roky-nadali>
19. Яблонський А.В. Кваліфікаційна робота: Оцінка ефективності методів очищення шахтних вод. – Львів: ЛНАУ, 2017. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://repository.lnau.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/123456789/831/Яблонський%20А.В.%20Кваліфікаційна%20робота..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

20. ZSFOE. Master Plan for water desalination projects in Ukraine. Zurich: Swiss Federal Office for Environment, 2017. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zsfoe.org/wp-content/uploads/2017/07/2-7-17-Master-UA.pdf>