

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Природничий факультет**

**Кафедра ботаніки та екології**

«Допущено до захисту»

Реєстраційний № \_\_\_\_\_

Завідувач кафедри

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**БІОІНДИКАЦІЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД М. КРИВИЙ РІГ**

Кваліфікаційна робота студентки

групи ЕКО-18

ступінь вищої освіти бакалавр

спеціальності 101. Екологія

Ярошенко Альони Петрівни

Керівник: канд.пед.наук, доцент

Гнілуша Ніна Володимирівна

Оцінка:

Національна шкала \_\_\_\_\_

Шкала ECTS \_\_\_\_ Кількість балів \_\_\_\_\_

Голова ЕК \_\_\_\_\_

(підпис) (прізвище, ініціали)

Члени ЕК \_\_\_\_\_

(підпис) (прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище, ініціали)

## ЗАПЕВНЕННЯ

**Я, Ярошенко Альона Петрівна**, розумію і підтримую політику Криворізького державного педагогічного університету з академічної доброчесності. Запевняю, що ця кваліфікаційна робота виконана самостійно, не містить академічного плагіату, фабрикації, фальсифікації. Я не надавала і не одержувала недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і тестів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Криворізького державного педагогічного університету ознайомена. Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Ярошенко Альона Петрівна

---

підпис

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН І ГОЛОВНІ ПРОБЛЕМИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ РЕСУРСІВ КРИВОГО РОГУ	
1.1 Понятійний апарат проблеми дослідження .....	6
1.2 Становлення біоіндикаційних підходів якості поверхневих вод Кривого Рогу .....	10
1.3 Засоби і критерії оцінки стану якості поверхневих вод.....	16
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	
2.1. Характеристика моніторингових ділянок.....	23
2.2. Методика відбору, консервації, зберігання та дослідження проб води із поверхневих вод м. Кривий Ріг.....	25
2.3. Методика оцінки токсичності водних джерел за допомогою «Ростового тесту».....	26
РОЗДІЛ 3. БІОІНДИКАЦІЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД М. КРИВИЙ РІГ	
3.1. Результати дослідження якості поверхневих вод м. Кривий Ріг методами біоіндикації.....	31
3.2. Порівняльна характеристика результатів аналізу за різними показниками .....	32
3.3. Рекомендації щодо заходів поліпшення якості поверхневих вод м. Кривий Ріг.....	34
ВИСНОВКИ.....	40
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	42
ДОДАТКИ.....	47

## ВСТУП

За останні роки людство зробило великий крок вперед у розвитку екосистеми, землеробства й цивілізації. Зараз можливо стимулювати ріст рослин, вести боротьбу зі шкідниками й бур'янами, виводити нові сорти гібридів. Та поряд із цим актуальною є проблема забруднення навколишнього середовища, оскільки накопичення хімічних елементів в повітрі, воді і ґрунтах постійно збільшується [2,27,31].

Водні ресурси належать до відновлювальних природних ресурсів, проте, з огляду на зростаючий вплив господарської діяльності людини, зокрема, на інтенсифікацію забруднення води і фактичну відсутність можливості користування все більшою кількістю водних об'єктів, останнім часом саме поняття відновлюваності водних ресурсів стає умовним. Вона стає однією з головних цінностей на Землі [44].

Актуальність вибраної теми дослідження визначається тим, що Сучасний стан довкілля в Кривому Розі має чітко виражений техногенний характер, який сформувався внаслідок впливу роботи металургійного комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг» і великої кількості гірничо-збагачувальних і різноманітних промислових підприємств. Підприємства м. Кривий Ріг впливають на стан водних ресурсів, оскільки скидають стічні води. Таким чином, водний басейн міста також зазнає значного техногенного навантаження [9,35].

Водні об'єкти Кривого Рогу відіграють важливу роль у житті населення міста. Вони використовуються в промисловій цілях, а також як питна вода. Водні ресурси басейну річок Саксагань та Інгулець є важливим джерелом для забезпечення сталого розвитку підприємств різних галузей промисловості, комунального, сільського господарства і взагалі багатьох видів життєдіяльності людини на території Криворізького залізорудного басейну та за його межами.

За останні роки аналіз досліджень щодо ґрунтів і гідросфери свідчить, що в зоні впливу гірничо-металургійних підприємств Кривбасу склалися загрозові обставини, які потребують вагомих сучасних науково-технічних рішень, спрямованих на суттєве покращення екологічного стану як у самому місті, так і на прилеглих до нього територіях [7,32,46].

Для моніторингу якості природних водойм та оцінки токсичності забруднюючих речовин у водоймах, окрім даних гідрохімічного аналізу для більш якісної оцінки, необхідні й біологічні показники. Останнім часом все більшого значення набувають методи прямої оцінки токсичності водного середовища за допомогою біоіндикаторів. Особливості розвитку та фізіологія біоіндикаторів дозволяють виявити природні та антропогенні процеси й умови зміни середовища їх проживання. Біологічні індикатори підсумовують усі біологічні дані про навколишнє середовище і відображають його стан в цілому, оскільки дія токсичних речовин є поштовхом до різноманітних змін усередині екосистеми, компоненти якої тісно пов'язані один з одним. Крім того, біоіндикатори дають змогу оцінювати кумулятивні та віддалені ефекти дії токсикантів [5].

В якості тест-об'єктів використовують тварини і рослини, але останні є більш дешевим біологічним ресурсом, менш вибагливими до середовища існування і живлення оскільки, наприклад, насіння вже в собі містить достатню кількість поживних речовин. Загалом рослини – це найбільш зручні індикатори забруднення навколишнього середовища, тому що вони є первісними ланками трофічних ланцюгів і відіграють головну роль у поглинанні різного роду забруднювачів. Унаслідок цього, за допомогою рослин можна достатньо точно оцінити екологічну ситуацію на досліджуваній території. В дослідженнях досить широко використовують *Allium cepa* L., *Arabidopsis thaliana* L., *Hordeum vulgare* L., *Vicia faba* L. та інші [18].

Мета роботи – здійснити біоіндикаційну оцінку якості поверхневих вод м. Кривий Ріг.

Завдання роботи:

1. Оцінити сучасний стан і головні проблеми поверхневих вод Кривого Рогу.
2. Охарактеризувати об'єкт та методика дослідження.
3. Проаналізувати результати проведеного дослідження.

Об'єкт дослідження – поверхневі води м. Кривий Ріг.

Предмет дослідження – реакції тест-культур на якість поверхневих вод м. Кривий Ріг під впливом антропогенних чинників.

Методи дослідження. В процесі виконання кваліфікаційної роботи нами були використані наступні методи:

- аналізу – для узагальнення сучасного стану та головних проблем поверхневих вод Кривого Рогу;
- метод оцінки якості води та екологічного стану водойми (біоіндикація);
- порівняльний аналіз – для порівняння біопараметрів (висота рослин, довжина кореневої системи) рослинних тест-культур;
- дисперсійного аналізу – для встановлення фітотоксичності.

Дослідження проведене на основі аналізу методики «Ростового тесту» такої тест-культури як редис посівний (*Raphanus sativus* var. *Radicula* Pers.). Ділянки моніторингових досліджень – Кресівське водосховище, термінал «Перший ставок», площа Визволення та Сонячна галерея.

Практичне значення роботи: результати дослідження можна використовувати для виявлення екологічної оцінки водних об'єктів поверхневих вод Кривого Рогу.

Структура кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, 3-х розділів, 9-ти підрозділів, висновків, списку використаної літератури, додатків. Загальний обсяг роботи – 53 сторінки, основний об'єм - 46 сторінок, список використаної літератури – 55 джерел.

## РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН І ГОЛОВНІ ПРОБЛЕМИ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДНИХ РЕСУРСІВ КРИВОГО РОГУ

### 1.1. Понятійний апарат проблеми дослідження

На даний час все більшої уваги і занепокоєння громадськості та наукової спільноти викликає питання екологічного стану річок та їх водозбірних територій, адже вони є основними ключовими елементами природно-ресурсного потенціалу території України. Сучасний екологічний стан водозборів є індикатором антропогенного тиску, перш за все, на водні та земельні ресурси та відображенням їх нераціонального використання [1].

Збільшення антропогенного навантаження пов'язане, перш за все, із сільськогосподарським та промисловим освоєнням цих територій. Вони відмічають, що особливо суттєві антропогенні зміни стали проявлятися в останні десятиріччя [4].

Характерними є порушення екосистем річкових басейнів завдяки діяльності людини (господарській або безгосподарській), головними факторами якої є: створення штучних водоймищ, каналів, забір води і скид стічних вод, перекидання стоку, меліорація земель, зменшення залісненості, збільшення ступеня розораності, забрудненість, розвиток деградаційних процесів, збільшення ступеня селітебності [15].

Інтегральним показником стану навколишнього середовища водозбірної площі є стан геосистеми вцілому, гідрологічний режим території, водність та якість води у річці. Кінцевою ланкою в забрудненні цієї екосистеми є безпосередньо водний об'єкт, в якому відбуваються зміни фізико-хімічних параметрів середовища, надходження надмірної кількості біогенних, токсичних та радіоактивних речовин, масовий розвиток токсинопродукуючих видів водоростей, зменшення відтворної функції водної біоти, включення до біотичного кругообігу речовин токсичної природи, зміна

гідрохімічного складу, фізичних і біологічних властивостей води, забруднення джерел питного водопостачання [50].

Більшість річкових і озерних систем України активно використовуються у господарській діяльності. Вони одночасно є і джерелами водозабезпечення, і приймальниками промислових, комунальних, сільськогосподарських стічних вод. Майже половину всієї забраної з них води використовує промисловість. В Україні домінують водомісткі галузі промисловості – металургійна, хімічна, вугільна. Найбільш агресивними є стічні води хімічних виробництв. Загалом промислові підприємства скидають близько 85 % загального обсягу забруднених стічних вод. Решта забраної води приблизно порівну витрачається на потреби населення та сільського господарства, їхні стічні води істотно забруднюють водні об'єкти [7].

Як правило, стічні води комунальних підприємств попередньо очищують, однак у багатьох містах очисні споруди працюють неефективно. Сільські населені пункти практично не забезпечені очисними спорудами. Велика кількість забруднювальних речовин змивається також безпосередньо із забудованих територій міст [23].

З сільськогосподарських угідь внаслідок вимивання до поверхневих водних об'єктів надходить значна кількість азото- і фосфоровмісних сполук, які входять до складу мінеральних добрив. Дренажні води зрошувальних систем забруднюють природні води отрутохімікатами та мінеральними солями. До основних забруднювачів, що надходять з тваринницьких комплексів, належать сполуки азоту, фосфору, органічні речовини. На сьогодні близько 24 % каналізаційних мереж через фінансові труднощі перебувають в аварійному стані. Упродовж року в середньому відбувається 2 аварії на 1 км мережі, що значно перевищує відповідний показник у країнах Європи [37].

Крім того, у багатьох містах не вирішено проблему так званих зливовоталих стоків, які безпосередньо відводяться у водні об'єкти і



забруднюють їх нафтопродуктами, отрутохімікатами та іншими хімічними речовинами, що змиваються з території міста. За ступенем хімічного забруднення зливовоталі води часто наближаються до комунально-побутових. Обсяг промислових стічних вод намагаються регулювати зменшенням водомісткості виробництва та впровадженням зворотної системи водопостачання [12].

Таким чином, основними причинами забруднення поверхневих вод є:

- скиди неочищених комунально-побутових і промислових стічних вод через систему міської каналізації;
- з'являються у процесі поверхневого стоку води із забудованих територій і сільгоспугідь;
- ерозія ґрунтів на водозабірній площі [9].

Екологічна оцінка стану водних об'єктів складається з біологічного моніторингу – контролю стану навколишнього природного середовища за допомогою живих організмів, біодіагностики – виявлення причин зміни стану середовища за допомогою видів-індикаторів, яка включає в себе біоіндикацію та біотестування.

Шалімов О.М. вважає, що оцінка стану середовища за допомогою живих об'єктів досить важлива. Живі об'єкти (або системи) – це клітини, організми, популяції, спільноти. З їх допомогою може проводитися оцінка як абіотичних факторів (температура, вологість, кислотність, солоність, вміст політантів тощо), так і біотичних (життєва здатність організмів, їх популяцій і угруповань) [53].

Біологічні методи оцінки якості води, які використовують біологічні особливості видів та показники структури угруповань біоти водойми, почали широко залучати до практики оцінки стану водойм лише у другій половині ХХ ст. Проте сьогодні вони набули широкого поширення та стрімко розвиваються. Біологічна оцінка якості води природних водойм проводиться за допомогою різних методів, серед яких головними є біотестування, біоіндикація та біомоніторинг.

Біотестування – процедура оцінки токсичності середовища за допомогою тест-об'єктів. У випадку оцінки якості води використовують реакцію певних видів живих організмів (або окремих органів, тканин чи клітин організму) на забруднення. До тест-організмів висувають певні вимоги: вони повинні мати високу чутливість до токсичних речовин та легко розмножуватися у лабораторних умовах. Ними можуть бути певні види найпростіших, пласких червів, моллюсків, ракоподібних, одноклітинних водоростей і навіть деякі види вищих водних рослин, проте основний масив інформації отриманий з використанням гіллястовусих рачків (насамперед дафній) як тест-об'єкту.

В свою чергу, біоіндикація – метод оцінки якості води та екологічного стану водойми за складом видів-індикаторів або структурними показниками угруповань. Іншими словами, біоіндикація – це спосіб оцінки антропогенного навантаження за реакцією на нього живих організмів та їхніх угруповань. Даний підхід базується на постулаті, що всі живі та неживі компоненти екосистеми тісно взаємопов'язані між собою, а, отже, екологічний стан водойми, забруднення та погіршення якості води в ній позначається на організмах, які тут мешкають: види-індикатори з'являються або зникають, змінюється їхнє видове багатство (кількість видів), чисельність, рясність, продукційні показники. Метод можна використовувати для оцінки якості води у водоймах, що мають розвинену власну біоту. І якщо біотестування дозволяє вивчити наслідки впливу забруднення на рівні організму, тканини, клітини, то біоіндикація дозволяє оцінити результат і забруднення на видовому, популяційному рівні, а також на рівні угруповань та екосистем. Біотестування дозволяє судити про стан води, що аналізується, біоіндикація – про стан екосистеми водойми [54].

Біоіндикація – це якісне оцінювання біотичної відповіді на екологічних стрес (наявність індикаторних організмів, їх морфологічні зміни, порушення у функціонуванні угруповань, відхилення від нормального розвитку тощо)

Термін «біоіндикація» частіше використовується в європейській

науковій літературі, а в американській його зазвичай заміняють аналогічним за змістом назвою «екотоксикологія». Біоіндикація базується на спостереженні за складом та чисельністю видів-індикаторів.

Метод біоіндикації заснований на вибірковому біологічному накопиченні речовин з навколишнього середовища організмами рослин і тварин.

Найбільш небезпечними для біотичних спільнот є антропогенні забруднення ґрунту та водойм важкими металами, радіонуклідами, деякими хлорорганічними похідними, оскільки накопичення цих речовин в живих організмах (як усім організмом, так і його окремими частинами) порушує нормальний метаболізм, впливає на біохімічні, цитологічні і фізіологічні процеси, та в цілому погіршує стан і відтворюваність популяції.

В свою чергу Цьось О.О. вважає, що «оцінка стану водойм біоіндикація дає більшу інформацію і проводити її значно дешевше, ніж реєстрацію хімічних та фізичних характеристик поверхневих вод у лабораторних умовах» [52].

За думкою Литвіненко А.В. «Біоіндикаційна оцінка природно-техногенної безпеки водної екосистеми дозволяє адекватно відобразити рівень впливу техногенного середовища на водойму, враховуючи комплексний характер забруднення та явище синергізму поллютантів» [27].

## 1.2 Становлення біоіндикаційних підходів якості поверхневих вод Кривого Рогу

Місто Кривий Ріг розташоване у степовій природній зоні, на землях з посушливим кліматом на злитті двох річок Інгулець та Саксагань. Згідно зі схемою гідрологічного районування, територія Криворіжжя знаходиться в межах Нижньобузько-Дніпровської гідрологічної області зони України з недостатньою водністю [9].

На території Криворіжжя протікають 8 рік (всі входять до басейну Дніпра): Інгулець, з притоками – Саксагань, Зелена, Жовта, Бокова (з притокою Боковенька), Вербова (притока р. Вісунь, яка, в свою чергу, впадає в р. Інгулець), а також Кам'янка – притока р. Базавлук. Всі ріки, окрім Інгульця, відносяться до розряду малих річок [47].

З розбудовою промислового комплексу та зростанням населення міста з початку 30-х років ХХ ст. виникла необхідність у використанні великих запасів води. Тому на території міста було створено багато штучних водних об'єктів та змінено і зарегульовано річки. Це мало вплив не лише на природний ландшафт міста, а і на екологічний стан поверхневих вод. Більшість водойм мають позитивний вплив на мікроклімат території, адже розташовуються в житлових районах та слугують рекреаційними зонами. На зарегульованих річках виникає проблема стоку води, що призводить до заболочення водних об'єктів та погіршує їх екологічний стан [45].

Сьогодні водопостачання міста і Криворізького регіону здійснюється з двох основних джерел: Карачунівського водосховища (об'ємом 288,5 млн. м<sup>3</sup>), яке побудоване на річці Інгулець та Південного водосховища (об'ємом 57,3 млн. м<sup>3</sup>), яке створене штучно в 1961 р. для накопичення дніпровської води, що подається каналом Дніпро-Кривий Ріг з Каховського водосховища. Також для технічного водопостачання Криворізького басейну та зрошення сільськогосподарських земель використовують воду Іскрівського водосховища (споруджено 1958 року), Кресівського водосховища (створено на початку ХХ століття для гідроелектростанції) та Макортівського водосховища (створене у 1958) [40].

Таким чином, на Криворіжжі водні ресурси представлені водами рік і штучних водоймищ, підземними водами кількох водоносних горизонтів. У сільськогосподарській період розвитку регіону і невеликої чисельності населення запасів води для побутових потреб цілком вистачало. В балках велося будівництво невеликих ставків. Але з розвитком промисловості

картина змінилася на протилежну. Якщо побутові потреби у воді покривалися, промисловість зазнавала в ній дефіциту [22].

Для покриття водних потреб господарства ще у 30-х рр. ХХ. ст. на ріках Інгулець і Саксагань були споруджені кілька водосховищ, які у наступні роки розширювались. Таким чином, водні ресурси в регіоні з посушливим кліматом акумулювалися у водоймищах і раціонально використовувались [43,34].

На Криворіжжі водні ресурси представлені водами річок і штучних водоймищ, підземними водами кількох водоносних горизонтів. Водні ресурси поверхневих водних об'єктів зазнали значного зарегулювання поверхневого стоку (на річках Саксагань та Інгулець). На річках, у балках та подах м. Кривого Рогу створено 5 водосховищ і понад 100 ставків.

Територія м. Кривого Рогу належить до південної частини Українського басейну тріщинних вод (частини Широківського, Апостолівського, Криворізького, Софіївського і П'ятихатського районах). Цей басейн охоплює тріщинні води кристалічних порід Українського щита. Південна частина м. Кривого Рогу приурочена до північної частини Причорноморського артезіанського басейну, до якого входять горизонти артезіанських (напірних) вод в вапняках, пісках, глинах і мергелях відкладів неоген-палеогену кайнозойської ери [8].

На Криворіжжі протікає 8 річок, що відносяться до басейну річки Дніпро: Інгулець з притоками: Саксагань, Зелена, Жовта, Бокова (з притокою Боковенька), Вербова (притока річки Висунь, що впадає в р. Інгулець), а також Кам'янка – притока річки Базавлук. Річкова мережа регіону розвинена слабо. Щільність річкової мережі на півночі м. Кривого Рогу становить  $0,23 \dots 0,24$  км/км<sup>2</sup>, в центральній частині –  $0,23$  км/км<sup>2</sup>, а в басейні р. Кам'янка –  $0,21$  км/км<sup>2</sup>.

Інгулець, яка є джерелом водопостачання великих міст – Кривого Рогу, Миколаєва і Херсона. Вода цієї річки зазнає величезного навантаження

забруднювачів в районі м. Кривий Ріг, яке є потужним промисловим центром України (тут розташовані підприємства нафтової, коксохімічної, хімічної, металургійної промисловості та інші). Крім того, до річки потрапляє і велика кількість шахтних вод. Внаслідок цього вода забруднена сполуками важких та кольорових металів, продуктами переробки нафти, коксу тощо

Річка Інгулець бере початок на Придніпровській височині, з балки поблизу с. Топило Знам'янського району Кіровоградської області, до впадіння в р. Дніпро проходить по території Кіровоградської, Дніпропетровської, Миколаївської та Херсонської областей. Якість води в р. Інгулець на вході в місто Кривий Ріг вже не відповідає вимогам нормативних документів, так як має негативні чинники з боку підприємств міста Жовті Води та Кіровоградської області. Режим стоку річки Інгулець типовий для рівнинних річок і характеризується відносно високими весняними повеннями та літньо-осінніми та зимовими меженнями. У весняний період і при відлигах у зимовий період річка живиться талими водами. В іншу частину року стік річки підтримується ґрунтовими та дощовими водами, а також поверхневою притокою під час дощів і злив у басейні річки. Стік річки Інгулець зарегульований Олександрійським, Іскрівським та Карачунівським водосховищами [28].

В межах міста Кривого Рогу на річці Інгулець створене Карачунівське водосховище, яке є останнім з каскаду. Площа водосховища 44,8 км<sup>2</sup>, повний об'єм 308,5 млн. м<sup>3</sup>, у тому числі корисний – 288,5 млн. м<sup>3</sup>, довжина 35 км, середня глибина 6,88 м, максимальна глибина – 19,1 м, середня ширина – 1,28 км, максимальна ширина – 5,3 км. Вода водосховища придатна для пиття, зрошення, промислового та побутового споживання, ведення рибного господарства. Вище по течії на р. Інгулець знаходяться Олександрійське та Іскрівське водосховища [35].

Річка Саксагань є лівою притокою річки Інгулець. Вона бере початок у с. Малоолександрівка Верхньодніпровського району Дніпропетровської області. Впадає вона в р. Інгулець ліворуч на 323 км від гирла. Річка

Саксагань переважно живиться талими та дощовими водами. Річний хід рівня води характеризується високим і інтенсивним підйомом у період весняної повені, низьким у літньо-осінній період. Сток річки Саксагань повністю зарегульований каскадом водосховищ: Макортівське, Кресівське та Саксаганське (колишнє Держинське). В межах міста Кривого Рогу на р. Саксагань збудовано 2 водосховища – Кресівське (1948р.), яке використовується для регулювання поверхневого стоку і Саксаганське (Держинське) (1952р.), яке використовується для трансформації максимальних обсягів стоку з басейну р. Саксагань в р. Інгулець. Кресівське водосховище має площу 5,2 км<sup>2</sup>, повний об'єм 10,22 млн. м<sup>3</sup>, середня глибина 1,96 м. Саксаганське (Держинське) водосховище – саме нижнє. Площа водоймища 1,5 км<sup>2</sup>, повний об'єм 2,6 млн. м<sup>3</sup>.

За межами Кривбасу розташоване Макортівське водосховище, яке є джерелом питного водопостачання м. П'ятихатки. Крім того, води цих водосховищ призначені для технічних цілей. Річка Саксагань на гирловій ділянці закрита в Саксаганський дериваційний тунель [7].

Таким чином, на Криворіжжі водні ресурси представлені водами річок і штучних водоймищ, підземними водами кількох водоносних горизонтів. Водні ресурси поверхневих водних об'єктів зазнали значного зарегулювання поверхневого стоку (на р. Саксагань і р. Інгулець).

Відповідно до питання антропогенного впливу на поверхневі водні ресурси міста Кривий Ріг відмітимо, що сучасна система водопостачання Кривого Рогу централізована, загальною продуктивністю 950000м<sup>3</sup>/доб..

Водозабезпечення здійснюють 2 підприємства: комунальне підприємство «Кривбасводоканал» та державне промислове підприємство «Кривбаспромводопостачання» [48].

Стічні води системою самопливних колекторів, насосних станцій і напірних трубопроводів надходять на очисні споруди з повною біологічною очисткою стічних вод. Сьогодні місто має одну з найскладніших в Україні систем водопостачання та водовідведення. На її роботу значний вплив мають

такі фактори як значна протяжність міста, великі перепади висот від 35 м до 130 м над рівнем моря, діяльність гірничо-металургійного комплексу та специфіка геологічної будови на території міста. При виході підприємств з державної власності і значному збільшенні вартості води відбулося суттєве скорочення споживання питної води і перехід на замкнутий цикл використання води в технологічних процесах. За останні двадцять років подача питної води в місто скоротилася з 14 млн. м<sup>3</sup> до 8 млн. м<sup>3</sup> на місяць [28].

Решта води що використовується в технологічних процесах береться з річок та використовується багаторазово в замкнутому циклі, а потім зливається у шламовідстійники. Більша частина води зі шламовідстійників випаровується, але частина вод просочується в ґрунтові води та потрапляє у річки, що призводить до підвищеної мінералізації води в річках [42].

На підприємстві «Кривбасводоканал» гостро постає проблема раціонального використання водних ресурсів. Для вирішення цієї проблеми існує служба технічного контролю та оптимізації режимів мереж і споруд водопостачання. Її основним завданням є контроль та регулювання оптимального тиску у водопровідній мережі, пошук несанкціонованих витоків води. Ця робота спрямована на раціональне постачання води та мінімізацію втрат.

На сьогодні екологічний фон міста залишається складним, тому охорона водних об'єктів та раціональне використання водних ресурсів повинні мати пріоритетне значення. Важливою є робота по вдосконаленню технологічних процесів на підприємствах з метою раціонального використання водних ресурсів. На підприємстві водопостачання та водовідведення першочерговим завданням є заміна обладнання та зношених трубопроводів на енергоефективне, таке що відповідає сучасним об'ємам використання води в місті [3].



### 1.3. Засоби і критерії оцінки стану якості поверхневих вод

Врахування якості природних вод разом з кількісною оцінкою їх ресурсів має велике значення при плануванні водогосподарських заходів. Це обумовлено тим, що в результаті господарської діяльності відбуваються зміни природного складу і властивостей вод під впливом стічних вод, що містять різні мінеральні і органічні сполуки, а також через надходження забруднювальних речовин з сільськогосподарських угідь, зі звалищ промислових і побутових відходів та з атмосфери [17].

Якість води – характеристика складу і властивостей води, що визначає її придатність для конкретних видів водокористування. Це співпадає з поняттям критеріїв якості води: критерії якості води – характеристики складу і властивостей води, що визначають її придатність для конкретних видів водокористування [26].

Однак, якість розглядуваної води не є її критерієм. Говорячи про якість вод, мають на увазі їх стан, про який судять за набором показників. Цей набір показників для різних користувачів може бути різним і залежить він від вимог, які ставить кожен користувач до складу й властивостей вод. Таким чином: якість природних вод – це їх стан, представлений набором показників, який відображає потреби користувачів у складі й властивостях вод. Основне призначення згаданого набору показників – оцінка якості вод. Вимоги, що ставляться різними користувачами до складу і властивостей вод, різні й часом суперечливі. Тому оцінити якість вод можна тільки для якогось конкретного користувача

При оцінці якості природних вод користуються трьома способами: фізико-хімічним, бактеріологічним і біологічним. Кожен з цих підходів дозволяє отримувати важливу інформацію, а при їх застосуванні разом – оцінювати водне середовище з екологічних позицій [29].

При фізико-хімічній оцінці якості води визначається її прозорість, концентрація завислих частинок (каламутність), іонний склад, загальна

мініралізація, наявність органічних і біогенних речовин, концентрація розчинених газів, активна реакція води (рН) та інші. Ці абіотичні характеристики дуже важливі, але недостатні для повного уявлення про стан водної екосистеми. Більш повну інформацію про відгук екосистеми на забруднення можна отримати, аналізуючи якісний і кількісний склад гідробіонтів, наявність чи відсутність в їхньому тілі небезпечних для життєдіяльності речовин.

Варто зазначити, що існують відповідні методики для визначення показників якості води, наприклад:

- методика визначення забарвленості у питній воді ГОСТ 3351-74 [11];
- методика визначення каламутності у питній воді ГОСТ 3351-74[12];
- методика визначення загальної жорсткості у питній воді ГОСТ 4151-72 [14];
- методика визначення хлоридів у питній воді ГОСТ 4245-72 [13];
- методика визначення сульфатів у питній воді ГОСТ 4389-72 [13];

Визначення біологічно значимих антропогенних навантажень на основі реакцій на них живих організмів та їх угруповань пов'язано з біотестуванням. Значимість рослинного покриву як індикатора стану екосистеми полягає в тому, що він дуже чутливо реагує на зміну екологічних факторів і така реакція в багатьох випадках фіксується візуально. Фітоіндикація - це головний метод біологічного моніторингу, тобто моніторингу біоти екосистеми. Цей метод є легкодоступний, достатньо інформативний, точний та не потребує великих затрат. Даний метод широко використовується у сучасних екологічних дослідженнях і дає змогу якісно оцінити фітотоксичність ґрунтового покриву [30].

Біологічні методи оцінки якості води базуються на оцінках відгуків планктону, бентосу, макрофітів та риб на надходження у водне середовище хімічних речовин мінерального і органічного походження. Ступінь забруднення водних об'єктів оцінюється за присутністю (або відсутністю) організмів-індикаторів, виходячи з порівняння видового різноманіття,

чисельності і біомаси населення забруднених і чистих зон. При такому порівнянні користуються абсолютними величинами та індексами видового різноманіття. мінералізація

Метод оцінки якості води (як середовища існування гідробіонтів) за видовим складом та показниками кількісного розвитку видів-індикаторів і структури утворених ними угруповань називається біоіндикацією. Біоіндикатори якості води – це організми, присутність, кількість або особливість розвитку яких є показниками природних процесів або антропогенних впливів, що змінюють склад і властивості води як середовища їх існування. За складом флори і фауни водних об'єктів, кількісним співвідношенням їх окремих представників можна судити про ступінь і характер забруднення та стан водних екосистем. Метод біоіндикації дозволяє оцінювати ефективність роботи очисних споруд та поширення забруднень при транскордонному перенесенні токсичних речовин.

Основою екологічної оцінки є класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв, побудована за екологічним принципом.

Вона включає загальні і специфічні показники, які характеризують якість води. До загальних показників належать сольовий склад і трофо-сапробність вод, які можуть змінюватись під впливом природних процесів і господарської діяльності. Специфічні показники характеризують вміст у воді забруднюючих речовин – токсикантів і радіонуклідів.

Комплексна екологічна класифікація якості поверхневих вод суші включає три групи спеціалізованих класифікацій, а саме: групу класифікацій за критеріями сольового складу, класифікацію за трофо-сапробіологічними (еколого-санітарними) критеріями і групу класифікацій за критеріями вмісту специфічних речовин (токсичної і радіоактивної дії), а також за рівнем токсичності води.

Характеристика вод за ступенем мінералізації та іонного складу дозволяє визначати галінність екосистем. За цими характеристиками можна передбачити, які гідробіонти переважатимуть у водному об'єкті. При високій

мінералізації води в екосистемі можуть нормально розвиватись галофільні організми.

Мінералізація та іонний склад води відображають природні умови формування якості води. У данному випадку мова йде про надходження солей з ґрунтів прилеглих територій і перехід їх у водне середовище. Але мінералізація та іонний склад води можуть змінюватись під впливом антропогенних чинників (надходження солей із стічними водами та з водозбірної площі). З метою оцінки такого впливу вводиться класифікація якості прісних гіпогалінних, олігогалінних та  $\beta$ -мезогалінних вод за критеріями забруднення компонентами сольового складу.

Таким чином, всі ці спеціалізовані класифікації характеризують якість води за критеріями сольового складу, виходячи з різної природи надходження солей у водойми та різного фонового їх вмісту у природних водах (поверхневі прісні, слабосолоні води суші та естуаріїв).

Друга група показників якості води об'єднує трофо-сапробіологічні (еколого-санітарні) критерії. Вона включає гідрофізичні показники, що характеризують прозорість води та наявність завислих речовин і гідрохімічні показники – рН, азот амонійний, нітритний, нітратний, фосфор фосфатів, розчинений кисень, перманганатна та біхроматна окисненість, БСК5. Ці показники характеризують абіотичну складову екосистеми та умови існування гідробіонтів.

Гідробіологічні показники, які характеризують трофо-сапробіологічний стан екосистеми – це біомаса фітопланктону та індекс самоочищення-самозабруднення. Саме від первинної продукції залежить внутрішньоводоймне забруднення органічними речовинами. Тому такі показники, як біомаса фітопланктону, валова первинна продукція, відношення валової продукції до деструкції характеризують якість води та відгук водних екосистем на процеси евтрофікації.

До екологічних бактеріологічних показників належать чисельність бактеріопланктону та сапрофітних бактерій. До трофо-сапробіологічної

класифікації включений індекс сапробності, який дозволяє інтегрально оцінювати ступінь забруднення внаслідок надходження стічних вод, а також внутрішньоводоймного продукування органічної речовини. Важливу інформацію для екологічної класифікації якості вод дає біоіндикація сапробності з урахуванням індексів сапробності, отриманих за системами Пантле-Букка (за фіто- та зоопланктоном або зообентосом) і Гуднайта-Уітлі (за зообентосом).

Зростання антропогенного впливу на водні екосистеми призвело до того, що токсиканти зустрічаються практично в усіх водних об'єктах. В останні десятиріччя внаслідок випробування ядерної зброї та аварій на атомних електростанціях спостерігається підвищення рівня радіоактивності води.

У зв'язку з цим, введено класифікації за критеріями вмісту специфічних речовин радіоактивної та токсичної дії (ртуть, кадмій, мідь, цинк, свинець, загальний хром, нікель, загальне залізо, марганець, фториди, ціаніди, нафтопродукти, легкі феноли, поверхнево активні речовини). Крім встановлення вмісту токсичних речовин, оцінюється методом біотестування ступінь токсичності води. Як показник токсичної дії враховується смертність тест-об'єктів за певний проміжок часу (24,48,96 годин). Найбільш поширеними тест-об'єктами є планктонні ракоподібні-фільтратори *Daphnia magna* та *Ceriodaphnia affinis*. Цей метод відображає сукупну дію хімічних речовин незалежно від концентрації токсикантів і є інтегральним показником біологічної властивості води. Класифікація за еколого-токсичними показниками ґрунтується на градації величин вмісту токсикантів по відношенню до фонових значень, які звичайно зустрічаються у природі. При цьому приймається до уваги сумарний вміст їх розчинених форм. Концентрація токсичних речовин свідчить лише про потенціальну токсичність води, а їх дія на організм може залежати від багатьох факторів, зокрема, від того, в якій формі вони знаходяться (розчиненій, закомплексованій, завислій). Так, утворення комплексних сполук важких

металів з природними органічними лігандами або їх абсорбція на завислих частках у каламутній воді знижує її токсичність. Найбільшу токсичність виявляють вільні (гідратовані) іони. У цьому відношенні застосування методу біотестування істотно доповнює токсикологічну оцінку якості води з екологічних позицій.

Класифікація якості води за рівнем радіоактивного забруднення базується на виявленні найбільш небезпечних радіонуклідів, які набули поширення у водних об'єктах після випробувань ядерної зброї, при експлуатації атомних електростанцій та ядерних аваріях. Це в першу чергу стронцій-90 та цезій-137. Після аварії на Чорнобильській АЕС в Україні нормативними документами затверджені припустимі та рекомендовані граничні концентрації цих радіонуклідів. Для поверхневих вод вони більш жорсткі у порівнянні з робочими, і тому їх взято як основні при оцінці радіоекологічної ситуації.

Рівні радіоактивного забруднення води у класифікації якості води за критеріями специфічних показників радіаційної дії встановлені на основі значення робочих і рекомендованих граничних і припустимих величин сумарної бета-активності та концентрацій найважливіших в екологічному відношенні радіонуклідів.

Всі інші класифікації комплексної системи екологічної оцінки якості поверхневих вод суші та естуаріїв України побудовані за однаковим принципом – поділяють води на п'ять класів та сім підпорядкованих їм категорій. На основі елементарних і узагальнюючих ознак якості води визначаються класи та категорії стану вод, їх чистоти (забруднення), зони сапробності, ступені трофності. Визначені за цими ознаками класи і категорії якості вод відображають природний стан, а також ступінь антропогенного забруднення поверхневих вод суші та естуаріїв.

Таким чином, показники якості води представлені трьома групами:

- мікробіологічні, що визначають безпеку в епідеміологічному відношенні;

- токсикологічні, що характеризують безпечність хімічного складу;
- органолептичні, до яких відносяться: температура, прозорість, колірність, присмак та запах [38].

Баланс між всіма видами водокористування, особливо в умовах обмеженості водних ресурсів, знайти дуже важко. Єдиний вихід – використання багатофункціонального підходу до водних ресурсів конкретної території, регіону чи країн [55].

Висновок до розділу 1. Таким чином, в сучасних умовах розвитку органічного світу, забруднення відносять до одного з провідних факторів, який суттєво змінює функціонування живих систем. Особливу різноманітність моніторингу представляє біоіндикація, або біомоніторинг – облік стану природного середовища з особливою увагою до живих організмів. Біологічні методи оцінки якості води базуються на розумінні того, що абіотичні властивості води визначають спектр видів, здатних тут мешкати. Знаючи умови, за яких розвиваються ті чи інші види водних рослин і тварин, за складом біоти у водоймі можна, відповідно, визначити її екологічний стан. Під біологічною оцінкою якості води розуміють систематичне використання біологічних відповідей на зміни характеристик навколишнього середовища, тобто на зміни стану екосистеми. Найбільш важливу інформацію надає фітомоніторинг, що враховує зміни самих рослин.. Рослинні організми одні з найперших реагують на впливи різноманітних поллютантів, що проявляється у вигляді відповідних пристосувальних реакцій

## РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Характеристика моніторингових ділянок

Ситуація, яка склалася зі станом поверхневих водойм в місті викликає занепокоєння, у, поверхневі водойми міста потребують систематичного контролю тому, що вони розташовані в зоні впливу гірничих підприємств.

В рамках моніторингу сучасного стану поверхневих вод міста Кривий Ріг шляхом біологічного моніторингу було відібрано зразки води поверхневих водойм міста Кривий Ріг 20 квітня 2022 року. Місця відбору проб вод: 1 – парк Шахтарський (Кресівське волхновище), 2 – Термінал Перший ставок, 3 – площа Визволення (ріка Саксагань), 4 – Ставок «Сонячна галерея».

Місця відбору проб приведено на рис.2.1.

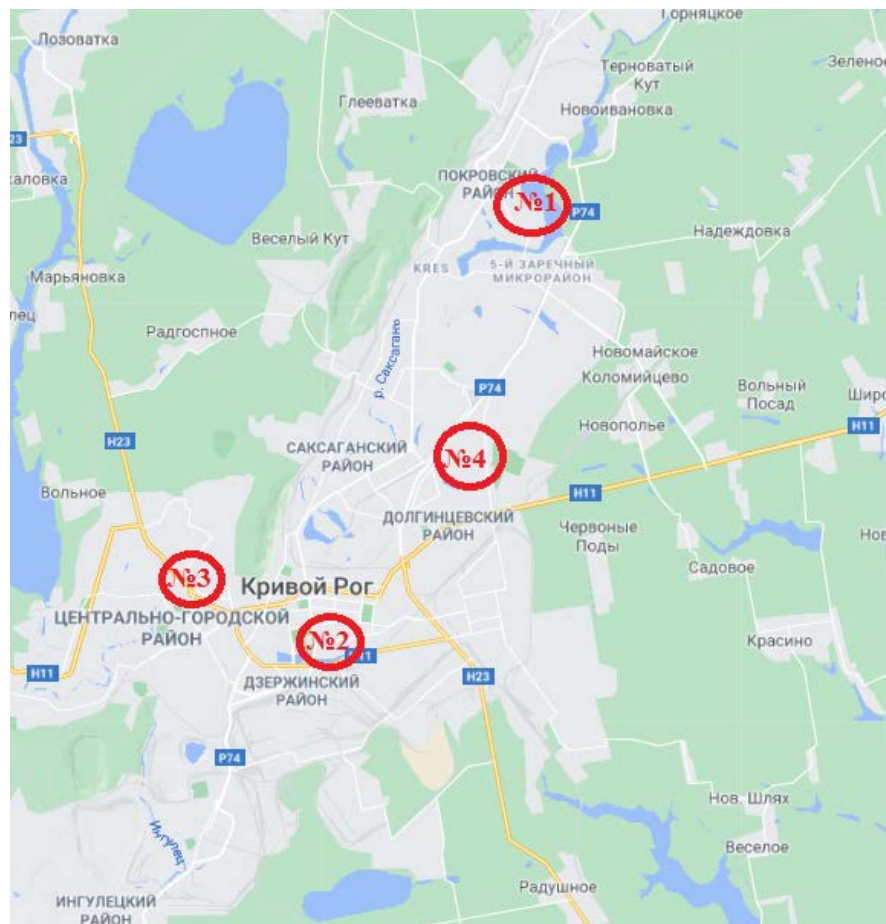


Рисунок 2.1 – Місця відбору проб вод: 1 – парк Шахтарський (Кресівське волхновище), 2 – Термінал Перший ставок, 3 - площа Визволення (ріка Саксагань), 4 – Ставок «Сонячна галерея»



Надамо коротку характеристику моніторингових ділянок.

Кресівське водосховище розташоване у північно-східній частині Кривого Рогу, в двох адміністративних районах – Покровському та Тернівському. Площа водосховища становить 2,1 км<sup>2</sup>, повний обсяг 10,2 млн м<sup>3</sup>, середня глибина – 1,8 м. Вода може використовуватися тільки в технічних цілях.

У Кресівське водосховище впадає кілька приток з балками Крута, Сухенька, Глєєвата, Солонувата, Рокувата. На берегах розташовані історичні та житлові райони КРЕС, Божедарівка, Окунівка, Рибасове, 129-й квартал, Суха Балка, Соколовка, 5-й Зарічний мікрорайон, селище Кресівський-2, а також великий парк Шахтарський з пляжем. Кам'яною греблею проходить автомобільна дорога, що сполучає селище КРЕС з Зарічним мікрорайоном.

Прибережна смуга Кресівського водосховища являє собою переважно антропогенні ландшафти типів селитебний, рекреаційний, сільськогосподарський, лісогосподарський, природний, дорожній. Фрагменти цих типів ландшафтів представлені невеликими територіями і змінюють один одного в залежності від форми рельєфу прибережної смуги і ґрунтів.

Небезпеку для Кресівського водосховища становлять стоки, сміттєзвалища та близькість приватного сектору селища «Соколовка» та м-ну Зарічний. Води Кресівського водоймища призначені виключно для технічних цілей, хоча на їх берегах і розвинуті рекреаційні об'єкти – лісопарки, пляжі, профілакторії. Води також йдуть на зрошення дач та інших сільськогосподарських угідь, розвинуте рибальство

Наступний об'єкт відбору проб – термінал Перший ставок – невелике озеро поруч з вулицею Нікопольське шосе. Ще одна точка моніторингового дослідження – річка Саксагань є лівою притокою р. Інгулець. Витік р. Саксагань знаходиться близько с. Малоолександрівка, Дніпропетровської області, у р. Інгулець вона впадає в межах міста Кривий Ріг. Довжина річки 141 км, площа водозбору 2048,3 км<sup>2</sup>. Саксагань відноситься до малих рік з прибережною захисною смугою 25 м. Саксагань бере початок на північний

схід від села Малоолександрівки, що неподалік від міста Верхівцевого. Тече переважно на південний захід (місцями на захід). Впадає до Інгульця у південно-західній частині міста Кривого Рогу. Річка Саксагань є лівою притокою річки Інгулець. Річка живиться переважно талими та дощовими водами. Остання точка відбору – ставок, що знаходиться біля ТРЦ «Сонячная галерея».

Всі місця відбору проб води знаходяться під значним антропогенним навантаженням.

## 2.2. Методика відбору, консервації, зберігання та дослідження проб води із поверхневих вод м. Кривий Ріг

Відбір проб води є дуже важливою частиною її аналізу. Якщо допущена помилка при відборі, то її виправити неможливо. Загальні принципи, які потрібно застосовувати при плануванні та проведенні відбору поверхневих вод для проведення їх аналізу викладені в Наказі Державної служби України з надзвичайних ситуацій №30 від 19.01.2016 р. «Про затвердження Інструкції з відбирання, підготовки проб води і ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу гідрометеорологічними станціями і постами», а також «ДСТУ ISO 5667-6-2001 Якість води. Відбір проб. Частина 6» [33].

Відбір проб води здійснюється тільки досвідченими, кваліфікованими робітниками, які несуть безпосередню відповідальність за результати аналізу [35].

Відбір проби, транспортування і збереження її повинно проводитися так, щоб не пройшло зміни в складі компонентів або властивостях води, які визначаються при аналізі. Об'єм проби повинен бути достатнім і відповідати методиці аналізу, що застосовується. Як правило, для неповного аналізу відбирається 1 л, для детального аналізу – 2 л води, для повного аналізу – ще більший об'єм води.

Зупинимося на питанні посуду для відбору і збереження проби. Найчастіше використовуються скляні бутлі з гумовим або скляним корком або зі спеціальним корком, який має пружинне кріплення, з гумовим ущільнення і т.п. Можуть застосовуватись поліетиленові бутлі, термоси.

Додаткові проби для проведення деяких визначень, що потребують спеціальної обробки, відбирають в менші бутлі або кисневі склянки. Посуд попередньо старанно миється концентрованою сірчаною кислотою (технічною), для знежирення використовують синтетичні миючі засоби, або хромову суміш. Повне знежирення досягається пропарюванням посуду водяною парою. Вимитий посуд споліскують дистильованою водою. Перш ніж взяти пробу, посудину необхідно сполоснути декілька разів водою, що відбирається [39].

Відбір проб із водосховищ, озер і ставків: відбір проб здійснюється з човна у руслі річки. Не рекомендується брати середню пробу із водосховища, тобто одержувати пробу змішуванням однакових порцій води, взятих у різних місцях водосховища. Не можна відбирати пробу в місцях з густими зарослями водних рослин.

Відбір проб із річок і струмків: пробу води відбирають у місці найсильнішої течії, краще у фарватері течії. Категорично заборонено відбирати пробу в стоячій воді. Пробу беруть у верхній третині загальної глибини (як правило 20-30 см до поверхні). Проби відбираються одноразово або серійно, прості і змішані. При скиданні стічних вод у річку проби відбираються на відстані 500 м – на великих, 300 м – на середніх, 100 м – на малих річках нижче скиду [10].

Відбір проб води проводили в стерильні скляні пляшки з притертими пробками об'ємом 500 мл., на яких позначали дату і номер відібраної проби. Для отримання достовірних результатів відбір проб води проводили при стійких погодних умовах між 8 та 16 годинами на відстані 0,5-1,5 м від урізу води [49].

Консервація проб проводиться з метою недопущення змін у воді в процесі транспортування та збереження. Консервація проб проводиться для визначення тільки окремих показників якості вод. Транспортування проб повинно здійснюватися швидко і обережно. Бажано, щоб проби були доставлені в лабораторію в день відбору і під наглядом її працівника. Проби рекомендується зберігати в холодильнику і виймати тільки перед початком аналізу. До аналізу приступають після того, як температура води порівнюється з кімнатною. Після проведення аналізу проби не зберігають [11].

### 2.3. Методика оцінки токсичності водних джерел за допомогою «Ростового тесту»

Для моніторингу якості природних водойм та оцінки їх токсичності, окрім даних гідрохімічного аналізу необхідні інтегральні, біологічні показники завдяки яким можна оцінити токсичність або мутагенність водних джерел. Тому, сьогодні, все більшого значення набувають методи прямої оцінки токсичності водного середовища за допомогою біоіндикаторів [19].

У лабораторних умовах вивчали загальну токсичність води за методикою оцінки токсичності водних джерел за допомогою «ростового тесту» на основі обліку змін морфометричних показників проростання індикаторної культури, вирощеної на досліджуваних пробах води. Як відомо, цей метод біотестування ґрунтуються на вивченні особливостей зворотної реакції тест-організмів на комплексну дію негативних факторів і дозволяють визначити рівень екологічної безпеки, встановити ступінь токсичності середовища, а також оцінити не тільки пригноблюючу дію різних забруднювачів на рослини, але й стимулювальну [6].

Сутність ростового тесту полягає в обліку змін показників проростання індикаторної культури, вирощеної на досліджуваних зразках води. Цей метод

дозволяє оцінити не тільки пригноблюючу дію різних забруднювачів на рослини, але і стимулюючий ефект [16].

Перевагу віддають тест-культурам, які швидко проростають та є характерними для даного регіону. Наприклад, у регіонах з дерново-підзолистими ґрунтами в якості тест-культури використовують овес і горох; у регіонах зі степовими ґрунтами – пшеницю, люцерну, боби і квасолію. Найбільш розповсюдженими тест-культурами є пшениця, огірок та салат.

Найбільш зручними культурами для тестування у чашках Петрі є рослини з дрібним насінням – редис, гірчиця, цибуля звичайна. Ми вирішили використати таку культуру як редис посівний (*Raphanus sativus var. Radicula Pers.*) [41].

При оцінці токсичності водних зразків (стічних та природних вод, питної води тощо) в чашку Петрі кладуть аркуш фільтрувального паперу, зволожують його 5–7 мл водної проби і висаджують по 30–50 насінин. Через кожні шість годин проводять провітрювання чашок шляхом відкривання на декілька хвилин. Експеримент триває 72–96 годин. Контрольним субстратом є кип'ячена відстояна питна вода [24].

Після закінчення експерименту рослини обережно виймають з чашок Петрі (при необхідності змивають з них ґрунт) та вимірюють довжину кореневої і стеблової системи паростків, а також сиру масу десяти найбільш типових проростків. Потім рослини поміщають у паперові пакети і висушують протягом декількох днів, після чого визначають їхню суху масу. Дослідження всіх варіантів проводять у трьох повторностях.

**Обробка результатів ростового тесту.** Після проведення вимірювань для кожного з досліджуваних варіантів обчислюють середню довжину надземної і кореневої частин  $x \pm m$ , де  $m$  – помилка середнього арифметичного,

яку визначають так:

$$m = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}}, \quad (1.1)$$

де  $N$  – кількість результатів;  $\sigma^2$  – дисперсія, яку визначають за виразом

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^2}{N} \quad (1.2)$$

Достовірність різниці середніх арифметичних  $t$  розраховується за критерієм Стьюдента-Фішера:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \quad (1.3)$$

$\bar{x}_1, \bar{x}_2$  – середнє арифметичне значення показника в контрольному та досліджуваному створі

$m_1$  – помилка середнього арифметичного в контрольному досліді;  $m_2$  – те ж у досліджуваному варіанті.

Якщо фактично встановлена величина  $t$  більше або дорівнює критичному (стандартному) значенню  $t_{st}$  роблять висновок про існування статистично достовірної різниці між середніми арифметичними у досліджуваному та онтрольному варіанті. Якщо ж фактична величина  $t$  менша за  $t_{st}$ , різницю між середніми вважають статистично недостовірною. Відсутність статистично достовірної різниці між середніми значеннями біопараметра у контрольному та досліджуваному варіанті свідчить про відсутність значних змін ростових процесів у біоіндикаторів, в порівнянні з контрольним варіантом. Тобто ґрунт або вода у досліджуваному варіанті майже такої ж якості, як і в контрольному досліді та не має токсичних властивостей. І навпаки, статистично достовірна різниця між варіантом та контрольним дослідом вказує на те, що досліджуваний зразок (вода, ґрунт) мають фітотоксичні властивості.

Фітотоксичний ефект ( $\Phi E$ , %) визначають у відсотках до довжини кореневої системи за формулою 1.4

$$\Phi E = \frac{L_0 - L_x}{L_0} \cdot 100\%, \quad (1.4)$$

де  $L_o$  – середня довжина кореня рослини, вирощеної на контрольному середовищі;  $L_x$  – середня довжина кореня рослини, вирощеної під впливом токсичного фактору. Оцінювання токсичності субстратів проводять за п'ятибальною шкалою

Таблиця 1

## Шкала рівнів токсичності [25]

Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), %	Рівень токсичності
0–20	Відсутність або слабкий рівень.
20,1–40	Середній рівень.
40,1–60	Вище середнього рівня.
60,1–80	Високий рівень.
80,1–100	Максимальний рівень

Після чого роблять висновок щодо токсичності води, що досліджувалися.

Висновок до розділу 2. В рамках моніторингу сучасного стану поверхневих вод міста Кривий Ріг шляхом біологічного моніторингу було відібрано зразки води поверхневих водойм міста Кривий Ріг 20 квітня 2022 року. Ділянки моніторингових досліджень – Кресівське водосховище, термінал «Перший ставок», площа Визволення та Сонячна галерея. Всі місця відбору проб води знаходяться під значним антропогенним навантаженням. Дослідження проведене на основі аналізу методики «Ростового тесту» такої тест-культури як редис посівний (*Raphanus sativus var. Radicula Pers.*). Сутність ростового тесту полягає в обліку змін показників проростання індикаторної культури, вирощеної на досліджуваних зразках води. Цей метод дозволяє оцінити не тільки пригноблюючу дію різних забруднювачів на рослини, але і стимулюючий ефект.

### РОЗДІЛ 3. БІОІНДИКАЦІЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД М. КРИВИЙ РІГ

#### 3.1. Результати дослідження якості поверхневих вод м. Кривий Ріг методами біоіндикації

При оцінці токсичності водних зразків (в чашку Петрі кладуть аркуш фільтрувального паперу, зволожують його 5–7 мл водної проби і висаджують по 30 насінин. Через три дні заміряли довжину пророчого стебла і повторили це на п'ятий та сьомий день. Результати проведення оцінки токсичності водних зразків з використання тест-культури редис посівний (*Raphanus sativus var. Radicula Pers.*) наведено в додатку А.

Розрахункові таблиці оцінці токсичності водних зразків з використанням ростового тесту наведено в додатку Б.

Ростові процеси редиса посівного, пророщених на зразках досліджуваної води з різних моніторингових ділянок суттєво відрізнялись. Різні зразки о води, зважаючи на біометричні показники індикаторної рослини, неоднаково впливають на три основні процеси формування проростка пшениці: пророщення насіння, ріст проростка і координацію росту його органів.

Довжина стебла редису на моніторинговій ділянці №1 на 5-ий день дослідження становила 14,63 мм, в той час як на ділянці №2 – 12,27 мм, ділянці № 3 – 8,6, а ділянці № 4 – 10,4 мм. Вказане свідчить про різну якість цих варіантів води і, відповідно, різний рівень їх токсичного впливу на організм.

Фітотоксичний ефект, за яким визначався санітарний стан води на ділянках 1-4, складав відповідно 12,3; 12,2; 21,4 та 14,3 %.

Значення t-критерію в моніторингових ділянках 1,2 та 4  $t < 2,0$  свідчить, що отримані результати достовірно ут відрізняються від контрольного варіанту, отже, ростові процеси тест-рослин, що вирощувались на воді,



відібраних на цих ділянках, не пригноблені, а вода не має токсичних властивостей.

В той же час значення t-критерію на моніторинговій ділянці №3 (річка Саксагань)  $t > 2,0$  свідчить, що отримані результати достовірно відрізняються від контрольного варіанту, отже, ростові процеси тест-рослин, що вирощувались на воді, відібраних на цих ділянках, дійсно пригноблені, а вода має токсичні властивості.

### 3.2. Порівняльна характеристика результатів аналізу за різними показниками

З рамках моніторингу сучасного стану поверхневих вод міста Кривий Ріг в 2020 році було проведення дослідження хімічного складу поверхневих вод. Місця відбору проб вод аналічні моніторинговим ділянкам біотестування в 2022 році: 1 – парк Шахтарський (Кресівське волсховище), 2 – Термінал Перший ставок, 3 – площа Визволення (ріка Саксагань), 4 – Ставок «Сонячна галерея».

З рамках моніторингу сучасного стану поверхневих вод міста Кривий Ріг було проведення дослідження хімічного складу поверхневих вод. Вивчення хімічного складу природних вод дозволяє визначити можливість їх практичного застосування для водопостачання та водокористування. Значення гідрохімічних досліджень зростає у зв'язку зі збільшенням забруднення поверхневих вод.

В результаті проведеного дослідження при прийшли до висновку, що не зважаючи на значне антропогенне навантаження на поверхневі води на території міста Кривий Ріг, всі проби води відповідають нормативним значенням відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 Вода питна водопровідна.

Таблиця 3.1. Оцінка якості поверхневих вод міста Кривий Ріг в точках моніторингового дослідження

№ п/п	Назва показника	1	2	3	4	Значення параметрів за ДСанПіН 2.2.4-171-10 Вода питна водопровідна
2	Колір	Безбарвна рідина, без відтінку	Безбарвна рідина, без відтінку	Безбарвна рідина, без відтінку	Безбарвна рідина, без відтінку	Безбарвна рідина, без відтінку
3	Каламутність, мг/дм <sup>3</sup>	-	-	-	-	≤1
4	Забарвленість, градуси	6,5	7,3	7,8	7,6	≤ 20
5	Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	5,2	6,48	5,25	4,1	≤ 7,0
6	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	187,21	176,54	198,85	193,85	≤ 250
7	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	79,49	51,32	88,25	80,53	≤ 250
8	Водневий показник, рН	9,13	9,12	9,32	8,46	6,5-8,5
9	Загальна мінералізація, TDS (мг/дм <sup>3</sup> )	201	490	602	263	-

Але якщо зрівняти отримані значення оцінки якості з проведеним біотестуванням, то зробимо висновки про токсичність води в річці Саксагань, та максимальним значеннях таких показників якості води як забарвленість, загальна жорсткість, хлориди, сульфати, водневий показник та загальна мінералізація з поміж всіх відібраних зразків води.

Нагадаємо, що річка Саксагань – ліва притока р.Інгулець протікає по території Верхньодніпровського, Криничанського, П'ятихатського, Софіївського, Криворізького районів та міста Кривий Ріг. Природний режим річки сильно змінений регулюючим впливом дамб, скиданням шахтних і промислових вод, а також відбором води на технічні потреби. Екологічний стан річки Саксагань оцінюється за більшістю показників як незадовільний

Таким чином, оцінка якості поверхневих вод міста Кривий Ріг в точках моніторингового дослідження підтверджується як фізико-хімічними методами дослідження, так і методом біотестування.

### 3.3. Рекомендації щодо заходів поліпшення якості поверхневих вод міста Кривий Ріг

Не зважаючи, на відносно задовільний стан досліджених поверхневих водних об'єктів доцільно розглянути заходи щодо поліпшення якості поверхневих вод міста.

Для створення сприятливого режиму водних об'єктів, попередження їх забруднення засмічення і вичерпання, знищення навколоводних рослин і тварин, а також зменшення коливання стоку вздовж річок, навколо озер, водосховищ та інших водойм встановлюються водоохоронні зони, в межах яких виділяються земельні ділянки по обидва боки річок та водойм вздовж урізу води під прибережні захисні смуги. Водоохоронні зони та прибережні захисні смуги є природоохоронними територіями з обмеженою господарською діяльністю, що регламентується Водним кодексом України. З метою реалізації природоохоронного заходу у місті Кривий Ріг розроблені проекти та встановленні в натурі (на місцевості) межі водоохоронних зон і прибережних захисних смуг річок Інгулець та Саксагань, що затверджені рішенням Криворізької міської ради від 28.05.2014 № 2728 "Про затвердження проекту землеустрою зі встановлення водоохоронних зон та прибережних захисних смуг уздовж річок Інгулець та Саксагань у місті Кривий Ріг Дніпропетровської області". В межах Довгострокової програми по вирішенню екологічних проблем Крив-басу та поліпшенню стану навколишнього природного середовища на 2011-2022 роки у місті вирішується ряд нагальних питань у сфері охорони та раціонального використання водних ресурсів. З метою доведення якості очищення стічних вод до нормативних показників протягом останніх років коштами місцевих бюджетів проводяться заходи щодо реконструкції загальноміських очисних споруд Центральної та Північної станцій аерації. Виконуються проектні роботи щодо реконструкції споруд біологічного очищення стічних вод Центральної станції аерації з втіленням технологій нітри-, денітрифікації та

дефосфатизації. Комплексно здійснюються заходи у сфері охорони та збереження водойм міста Кривий Ріг, а саме у частині розчищення та покращення гідрологічного стану річок та ставків. З метою покращення екологічного стану поверхневих водних об'єктів, поліпшення санітарно-гігієнічного та екологічного стану міста, створення безпечних для життя й здоров'я людини умов реалізуються проекти "Відновлення водності р. Стара Саксагань в Центрально-Міському районі м. Кривий Ріг Дніпропетровської області", "Протиповеневі заходи та поліпшення гідрологічного стану р. Інгулець у Дніпропетровській області" та "Відновлення гідрологічного режиму водойм Дзержинського району м. Кривий Ріг Дніпропетровської області", замовником яких є Дніпропетровське обласне управління водних ресурсів.

В рамках реалізацій проекту "Розчистка русла річки Стара Саксагань" протягом 2010-2012 років розчищено майже 5 км русла річки у ЦентральноМіському районі, створено умови для відпочинку мешканців і гостей міста. Для відновлення водних живих ресурсів проведено зариблення річки шляхом випуску у її русло більше однієї тонни дворічного товстолоба з Криничанського рибгоспу. В результаті реалізації заходу риба отримала нове поліпшене середовище свого існування, а річка – природню складову своєї екосистеми, яка в подальшому буде сприятливо впливати на її стан. Адже відомо, що деякі види риб, в тому числі товстолоб, здатні, фільтруючи через себе, очищувати воду від синьо-зелених водоростей, а також від надмірного збільшення очерету.

Протягом 2013-2015 років виконані роботи з реалізації проекту щодо відновлення водності річки Стара Саксагань, у рамках якого влаштований підвідний водогін для подачі води із Карачунівського водосховища у русло р. Стара Саксагань, що поліпшить її екологічний стан та дозволить запобігти замуленню розчищеної у 2012 році ділянки русла річки. Протягом 2014 - 2015 років у рамках реалізації проекту "Протиповеневі заходи та поліпшення гідрологічного стану р. Інгулець у Дніпропетровській області" виконувалися

заходи щодо поліпшення екологічного стану р. Інгулець на ділянках, визначених проектом, розчищення обмілілих, зарощених водною рослинністю ділянок. Так протягом двох років розчищено ділянку в районі "Парку ім. Федора Мершавцева" – 0,1 км, від залізничного мосту вул. Братиславської до вулиці Старовокзальної – 1,7 км у Центрально-Міському районі міста Кривий Ріг. На теперішній час розпочато реалізацію наважливішого етапу зазначеного проекту – будівництво підпірного шлюзу в руслі р. Інгулець в районі вулиці Старовокзальна. Данні заходи сприятимуть зниженню меженних рівнів води у річці, покращанню умови пропуску максимальних витрат води, зменшенню вірогідності тимчасового затоплення повеневидами водами прибережних садиб (вулиці Машинобудівників, Тургенєва, Рилєєва, Менделєєва, Тиха, Плеханова, Челюскіна). Крім того, передбачені проектом заходи спрямовані на поліпшення екологічних показників водного середовища, покращення екологічного і санітарного стану прибережних територій, які традиційно використовуються мешканцями міста для рекреаційних і спортивних цілей як місця відпочинку коло води з влаштуванням спортивних майданчиків та для аматорського рибальства. Розчищення також відновлює замулені плеса, що значно покращать умови існування гідро біонтів, у тому числі іхтіофауни.

З 2015 року у місті Кривий Ріг реалізується проект "Відновлення гідрологічного режиму водойм Держинського району м. Кривий Ріг Дніпропетровської області" з метою поліпшення екологічного стану водойм Металургійного (Держинського) району міста Кривий Ріг, яким передбачається розчищення обмілілих, зарощених водною рослинністю ділянок довжиною 3,9 км, берегоукріплення з геотекстилем (2,28 км), з монолітним залізобетоном (0,468 км). Роботи сприятимуть покращенню умови пропуску води, поліпшенню екологічного і санітарного стану прибережної території, відновленню її використання мешканцями міста для рекреаційних і спортивних цілей як місця відпочинку біля води. Щороку після регламентного скиду надлишків зворотних вод в річку Інгулець для

стабілізації гідрохімічного стану річки Інгулець та покращення якості води в Карачунівському водосховищі у весняно-літній період протягом 2011-2015 років здійснювалась її промивка, яка складалась зі скиду води з Карачунівського водосховища та паралельної подачі дніпровської води каналом Дніпро-Інгулець.

Після регламентного скиду 2015-2016 років розпочато промивку річки на підставі розробленого та затвердженого "Регламенту промивки русла та екологічного оздоровлення річки Інгулець, поліпшення якості води у Карачунівському водосховищі та на водозаборі Інгулецької зрошувальної системи у 2016 році", яким враховано позитивний досвід та екологічний ефект від промивки 2015 року.

Таким чином, важливою проблемою сьогодення є забруднення водних об'єктів скидами із зворотними водами промислових підприємств, порушення гідрологічного та гідрохімічного режиму річок і забруднення підземних водоносних горизонтів. Управління екології виконкому Криворізької міської ради координує діяльність суб'єктів господарювання відносно виконання ними природоохоронних заходів у сфері охорони та раціонального використання водних ресурсів відносно припинення скидання у водні об'єкти недостатньо очищених стічних вод, зменшення впливу виробничої діяльності й гірничодобувних підприємств міста на поверхневі та підземні води, виконання робіт з екологічного оздоровлення річок Інгульця та Саксагані, інших водних об'єктів на території міста, упровадження технологій водопідготовки питної води; виконкомів районних у місті рад з питань додержання режиму використання водоохоронних зон і прибережних захисних смуг, виявлення джерел забруднення водних ресурсів.

Зі своєї сторони можемо запропонувати наступний перелік робіт, пов'язаних з оздоровленням водних ресурсів міста:

1. Проведення обстеження додержання режиму використання водоохоронних зон та прибережних захисних смуг на території міста з відбором проб води і їх дослідженням.

2. Виявлення несанкціонованих джерел забруднення водних ресурсів.
3. Аналіз результатів обсягів та якості скиду стічних вод підприємств у поверхневі водні об'єкти міста, лабораторних досліджень якості води поверхневих вод міста.
4. Будівництво, розширення та реконструкція очисних споруд, дренажних і зливових систем.
5. Розширення та реконструкція загальноміських каналізаційних очисних споруд (I–IV черги), придбання насосного й технологічного обладнання для заміни того, що вичерпало технічні можливості, на комунальних каналізаційних системах.
6. Проєктування, будівництво, розширення та реконструкція каналізаційних мереж і споруд на них, у тому числі в приватному секторі вздовж річок Інгульця та Саксагані.
7. Сприяння впровадженню нових технологій водопідготовки та очистки вод.
8. Заміна ветхих та аварійних ділянок водопровідної мережі.
9. Розчистка річок та інших водних об'єктів міста, заходи щодо відновлення та підтримки сприятливого гідрологічного режиму й санітарного стану річок, їх екологічне оздоровлення..
10. Реалізація проєкту "Протиповіневі заходи та поліпшення гідрологічного режиму р. Інгулець у Дніпропетровській області..
11. Реалізація проєкту "Поліпшення гідрологічного режиму та екологічного стану річки Саксагань у межах м. Кривого Рогу Дніпропетровської області – капітальний ремонт".
12. Відновлення водності р. Стара Саксагань у Центрально-Міському районі м. Кривого року (подача води).
13. Промивка русла р. Інгульця та покращення якості води в Карачунівському водосховищі

Висновки до розділу 3. Ростові процеси редиса посівного, пророщених на зразках досліджуваної води з різних моніторингових дялок суттєво

відрізнялись. Різні зразки о води, зважаючи на біометричні показники індикаторної рослини, неоднаково впливають на три основні процеси формування проростка пшениці: пророщення насіння, ріст проростка і координацію росту його органів. Фітотоксичний ефект, за яким визначався санітарний стан води на ділянках 1-4, складав відповідно 12,3; 12,2; 21,4 та 14,3 %. Ростові процеси тест-рослин, що вирощувались на воді на ділянці №3 пригноблені, вода має токсичні властивості. Якщо зрівняти отримані значення оцінки якості з проведеним біотестуванням, то зробимо висновки про токсичність води в річці Саксагань, та максимальним значенням таких показників якості води як забарвленість, загальна жорсткість, хлориди, сульфати, водневий показник та загальна мінералізація з поміж всіх відібраних зразків води. Таким чином, оцінка якості поверхневих вод міста Кривий Ріг в точках моніторингового дослідження підтверджується як фізико-хімічними методами дослідження, так і методом біотестування. Не зважаючи на відносно задовільний стан досліджених поверхневих водних об'єктів запропоновано заходи щодо поліпшення якості поверхневих вод міста.



## ВИСНОВКИ

1. В результаті проведення аналізу літературних джерел проблеми дослідження виявлено, що на Криворіжжі водні ресурси представлені водами річок і штучних водоймищ, підземними водами кількох водоносних горизонтів. Водні ресурси поверхневих водних об'єктів зазнали значного зарегулювання поверхневого стоку (на р. Саксагань і р. Інгулець). На сьогодні екологічний фон міста залишається складним, тому охорона водних об'єктів та раціональне використання водних ресурсів повинні мати пріоритетне значення
2. В процесі дослідження ми прийшли до висновку, що ситуація, яка склалася зі станом поверхневих водойм в місті викликає занепокоєння, у, поверхневі водойми міста потребують систематичного контролю тому, що вони розташовані в зоні впливу гірничих підприємств.
3. У лабораторних умовах досліджено загальну токсичність води за методикою оцінки токсичності водних джерел за допомогою «ростового тесту» на основі обліку змін морфометричних показників проростання індикаторної культури, вирощеної на досліджуваних пробах води. Сутність ростового тесту полягає в обліку змін показників проростання індикаторної культури, вирощеної на досліджуваних зразках води.

Цей метод дозволяє оцінити не тільки пригноблюючу дію різних забруднювачів на рослини, але і стимулюючий ефект. В рамках моніторингу сучасного стану поверхневих вод міста Кривий Ріг шляхом біологічного моніторингу було відібрано зразки води поверхневих водойм міста Кривий Ріг 20 квітня 2022 року. Місця відбору проб вод: 1 – парк Шахтарський (Кресівське волхновище), 2 – Термінал Перший ставок, 3 – площа Визволення (ріка Саксагань), 4 – Ставок «Сонячна галерея». Дослідження проведене на основі аналізу методики «Ростового тесту» такої тест-культури як редис посівний (*Raphanus sativus var. Radicula Pers.*).

Ростові процеси редиса посівного, пророщених на зразках досліджуваної води з різних моніторингових ділянок суттєво відрізнялись. Різні зразки води, зважаючи на біометричні показники індикаторної рослини, неоднаково впливають на три основні процеси формування проростка пшениці: пророщення насіння, ріст проростка і координацію росту його органів.

Довжина стебла редису на моніторинговій ділянці №1 на 5-ий день дослідження становила 14,63 мм, в той час як на ділянці №2 – 12,27 мм, ділянці №3 – 8,6, а ділянці №4 – 10,4 мм. Вказане свідчить про різну якість цих варіантів води і, відповідно, різний рівень їх токсичного впливу на організм. Фітотоксичний ефект, за яким визначався санітарний стан води на ділянках 1-4, складав відповідно 12,3; 12,2; 21,4 та 14,3 %. Значення t-критерію в моніторингових ділянках 1,2 та 4  $t < 2,0$  свідчить, що отримані результати достовірно ут відрізняються від контрольного варіанту, отже, ростові процеси тест-рослин, що вирощувались на воді, відібраних на цих ділянках, не пригноблені, а вода не має токсичних властивостей. В той же час значення t-критерію на моніторинговій ділянці №3 (річка Саксагань)  $t > 2,0$  свідчить, що отримані результати достовірно відрізняються від контрольного варіанту, отже, ростові процеси тест-рослин, що вирощувались на воді, відібраних на цих ділянках, дійсно пригноблені, а вода має токсичні властивості.

Таким чином, оцінка якості поверхневих вод міста Кривий Ріг в точках моніторингового дослідження підтверджується як фізико-хімічними методами дослідження, так і методом біотестування, біоіндикації.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антипчук А.Ф. Водна мікробіологія: навчальний посібник. Київ: Вид-во НАУ, 2010. 224 с.
2. Антонюк О.П. Прогнозування залежності рівня захворюваності населення міста Кривий Ріг від впливу техногенного забруднення. Економічний часопис-XXI. 2012. № 1. С. 59.
3. Багрій І.Д. Геоекологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі. Київ: Фенікс, 2012. 192 с.
4. Багрій І.Д., Гожик П.Ф. та ін. Гідроекосистема Криворізького басейну: стан і напрямки поліпшення. Київ: Фенікс 2015. 213 с.
5. Бешлей З.М. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів. Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія: Біологія. 2014. С. 97-102.
6. Бешлей З.М. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів. Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія біологія. 2014. Вип. 1 (31). С. 97-102.
7. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт. Д.: Національний гірничий університет, 2014. 76 с.
8. Глухов О.З. Індикація стану техногенного середовища за морфологічною мінливістю рослин. Промышленная ботаника, 2018. Вып. 8. С. 311.
9. ГОСТ 3351-74 Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности (Вода питна. Методи визначання смаку, запаху, забарвленості й каламутності).
10. ГОСТ 4151-72 Вода питьевая. Метод определения общей жесткости (Вода питна. Метод визначання загальної жорсткості).
11. ГОСТ 424572 Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов (Вода питна. Методи визначання вмісту хлоридів).
12. ГОСТ 4389-72 Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов (Вода питна. Методи визначання вмісту сульфатів).

13. Гриценко А.В. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. УкрНДІЕП, 2012. 37 с.
14. Гродзинський Д.М., Шиліна Ю.В. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії факторів різної природи. Київ: Фітосоціоцентр, 2016. 60 с.
15. Данильченко О. С. Оцінка антропогенного навантаження на басейни малих річок Сумського Придніпров'я. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2013. Т. 4. С. 79-89.
16. Данильченко О. С. Річка як індикатор ландшафтно-екологічної ситуації (на прикладі р. Сумки). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2011. Т.4. С. 179-188.
17. Джигирей В.С. Екологія то охорона навколишнього середовища: Навч. посібник: Для студ. вузів. Київ: Знання, 2000. 203 с.
18. Дідух Я.П. Основи біоіндикація. Київ: Наукова думка, Київ. 2012. 312с.
19. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. Київ: Наук.думка, 1994.280 с.
20. Дорошенко А. В. Антропогенний вплив на річкові басейни Лівобережного Лісостепу України: теоретико-методологічні аспекти. Таврійський науковий вісник. Сільськогосподарські науки. 2017. С. 217-228
21. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води Підручник. Київ: Вища школа, 2005. 671 с.
22. Злобін Ю.А., Кочубей Н.В. Загальна екологія. Навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2003. 414 с.
23. Казаков В.Л., Паранько І.С., Сметана М.Г., Шипунова В.О., Коцюруба В.В., Калініченко О.О. Природнича географія Кривбасу. Кривий Ріг: Видавничий дім, 2005. 151с.
24. Клименко М.О. Моніторинг довкілля: підручник. Київ: Академія, 2006. 360 с.

25. Кравчинський Р. Л. Екологічний стан поверхневих вод басейну р. Інгулець як головний чинник визначення рекреаційного потенціалу території. Географія та туризм. 2010. С. 141-146.
26. Лаврик В.І., Скуратівська І.А. Математичне моделювання та оцінка впливу площі водозбору на кисневий режим водних екосистем в умовах їх евтрофікації Біологія та екологія. 2016. Т. 54. С. 46-50.
27. Литвиненко А.В. Біоіндикаційна оцінка якісної і кількісної складової природно-техногенної безпеки водних екосистем: маг. дис. ... освітнього рівня «магістр» спеціальності 101. Екологія. Київ, 2018. 100с.
28. Максимова Н. М. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну річки Інгулець в середній течії. Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету. Технічні науки. 2019. С. 137-145.
29. Малахов І.М. Техногенез у геологічному середовищі. Кривий Ріг. ОктантПринт, 2013. 252 с.
30. Мальцев В.І., Карпова Г.О., Зуб Л.М. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. Київ: Науковий центр екомоніторингу та біорізноманіття мегаполісу НАНУ, Недержавна наукова установа Інститут екологіх (ІНЕКО) Національного екологічного центру України, 2011. 112 с.
31. Мальцев В.І., Карпова Г.О., Зуб Л.М. Визначення якості води методами біоіндикації. Київ: НЦЕБМ НАН України, ІНЕКО. 2011. 112 с.
32. Маслова О.В. Біоіндикація водного середовища за допомогою вищої водної рослинності Вісник Запорізького національного університету. № 1, 2011.С. 111-117.
33. Мошель М.В., Шевченко О.О. Раціональне використання та охорона водних ресурсів. Курс лекцій. Чернігів: ЧДІЕУ, 2011. 365 с.
34. Мусієнко, М. М. Екологія. Охорона природи: словник-довідник. Знання, 2002. 550 с.
35. Никифоров В.В. Біоіндкація та біотестування: навчальний посібник. Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В., 2016. 76 с.

36. Ольхович О.П., Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фітомоніторинг.- Київ: Фітосоціоцентр, 2005. 64 с.
37. Орлінська О.В. Оцінка якості поверхневих вод в гірничо-видобувних регіонах Дніпропетровської області. докл. междунар. науч. симп., Каменское, 10-13 апреля 2017 г. Каменское: ДГТУ, 2017. С.316-319.
38. Остроушко М. В. Проблеми водозбереження в місті Кривий Ріг. Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: Львів: Західно-Український Консалтинг Центр (ЗУКЦ), ТзОВ, 2021. С. 266.
39. Паранько І.С., Сіворонов А.О., Євтехов В.Д. Загальна геологія. Навчальний посібник. Кривий Ріг : Мінерал, 2003. 464 с.
40. Петрук Р. В. Метод біоіндикації екологічно забруднених територій. Екологічні науки. 2015. №. 16-17. С. 16-23.
41. Плотніков О.В. Зміни екологічного стану гідросфери півдня криворізького басейну. Пошукова та екологічна геохімія. 2014. № 12. С. 19-26.
42. Прищеп Л. В., Денісов Ю. І., Новохатько О. В. Дослідження впливу Кременчуцького НПЗ на токсичність ґрунтів за ростовим тестом. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. 2006. No 6-1(41). С. 117-119.
43. Романенко В.Д. Основи гідроекології: посібник. Київ: Обереги, 2011. 728 с.
44. 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.
45. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, 3-тє видання, стереотипне. Львів: «Новий Світ-2000», 2006. 248 с.

46. Сметана О.М. Зооіндикація антропогенного навантаження на степові біоценози Криворіжжя Еколого-біологічні дослідження: наукова конференція. Кривий Ріг, 2012. С. 390-396.
47. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод: Підручник.- Київ: Ніка-Центр, 2001. 264 с
48. Федоренко О.І. Моніторинг навколишнього середовища: підручник. Київ, 2016. С. 306-318.
49. Хільчевський В.К. Гідрохімічний словник. Київ.: ДІА, 2022. 208 с.
50. Хільчевський В.К. Гідрохімія річок Лівобережного лісостепу України: навчальний посібник. Київ: Ніка- Центр, 2014. 230 с.
51. Хільчевський В.К., Гончар О.М., Забокрицька М.Р. Гідрохімічний режим та якість поверхневих вод басейну Дністра на території України. Київ: Ніка-Центр, 2013. 255 с.
52. Цьось О.О. Фітоіндикація в системі моніторингу екологічного стану приток верхів'я р. Прип'ять: автореф. дис. ... канд. сільськогосподарських наук. Рівне, 2021. 27 с.
53. Шалімов М.О. Біоіндикація: конспект лекцій Одеса: Наука і техніка, 2011. 124 с.
54. Щербак В.І. Методи досліджень фітопланктону Методичні основи гідробіологічних досліджень водних екосистем. Київ, 2012. С. 41- 47.
55. Юрасов С.М. Методи оцінки якості природних вод: Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2011. 92 с.

ДОДАТКИ  
ДОДАТОК А



Рис. А1. Пророслі рослини *Raphanus sativus L* в контролі – надземна частина



Рис. А2. Пророслі рослини *Raphanus sativus L* в контролі – підземна частина





Рис. А3. Пророслі рослини *Raphanus sativus* L на зразку відібраному подлизу ст.. Червона – підземна та надземна частини частина

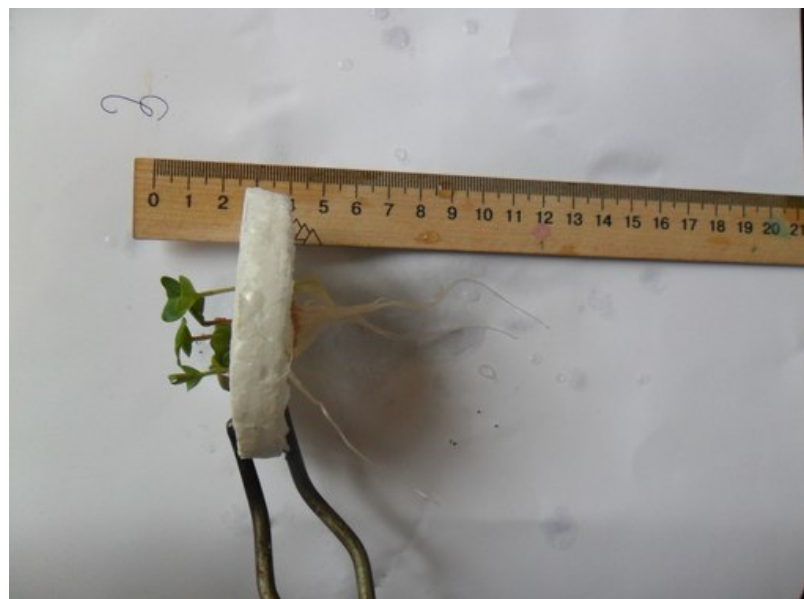


Рис. А4. Пророслі рослини *Raphanus sativus* на зразку відібраному подлизу адміністративної споруди Криворіжелектромонтаж – підземна та надземна частини частина

## ДОДАТОК Б

Таблиця 1

Морфометричні *Raphanus sativus* var. *Radicula Pers.* Моніторингова ділянка №1

№ п/п	Довжина стебла редиски день №3, мм	Довжина стебла редиски день №5, мм
1	0	5
2	10	10
3	4	13
4	10	15
5	13	20
6	4	10
7	11	15
8	15	20
9	0	7
10	7	15
11	15	18
12	0	10
13	3	10
14	11	13
15	5	18
16	10	18
17	6	18
18	16	19
19	11	20
20	11	21
21	10	13
22	0	13
23	3	17
24	3	10
25	3	14
26	1	15
27	5	10
28	11	11
29	10	18
30	10	23
Сума	218	439
М	7,27	14,63
N	30	30
Max	16	23
Min	0	5
m	0,90	0,82
S <sup>2</sup>	24,13	20,10
S	4,91	4,48
V%	67,60	30,64
P%	12,34	5,59

Морфометричні показники *Raphanus sativus* var. *Radicula* Pers.).  
Моніторингова ділянка №2

№ п/п	Довжина стебла редиски день №3, мм	Довжина стебла редиски день №5, мм
1	3	10
2	2	10
3	7	15
4	17	18
5	2	10
6	0	7
7	1	7
8	0	8
9	7	10
10	3	15
11	18	20
12	1	21
13	1	24
14	1	18
15	5	9
16	2	5
17	0	3
18	2	11
19	11	18
20	2	18
21	3	10
22	3	11
23	17	21
24	17	17
25	2	9
26	2	9
27	1	9
28	1	8
29	2	11
30	2	9
<b>Сума</b>	<b>135</b>	<b>371</b>
<b>М</b>	<b>4,5</b>	<b>12,37</b>
N	30	30
Max	18	24
Min	0	3
m	1,02	1,02
S <sup>2</sup>	31,22	31,22
S	5,59	5,59
V%	124,17	45,18
P%	22,67	8,25

Морфометричні показники тест-культури *Raphanus sativus var. Radicula Pers.*). Моніторингова ділянка №3

№ п/п	Довжина стебла редиски день №3, мм	Довжина стебла редиски день №5, мм
1	3	10
2	3	10
3	0	2
4	1	7
5	10	15
6	0	5
7	0	3
8	3	7
9	0	2
10	10	11
11	7	10
12	10	14
13	1	15
14	0	10
15	15	20
16	3	8
17	8	9
18	8	10
19	3	7
20	10	15
21	10	11
22	1	9
23	0	6
24	1	6
25	3	6
26	3	7
27	0	1
28	3	8
29	0	2
30	10	12
<b>Сума</b>	<b>126</b>	<b>258</b>
<b>М</b>	<b>4,2</b>	<b>8,6</b>
N	30	30
Max	15	20
Min	0	1
m	0,79	0,82
S <sup>2</sup>	18,92	19,97
S	4,35	4,47
V%	103,58	51,97
P%	18,91	9,49

Таблиця 4

Морфометричні показники тест-культури *Raphanus sativus var. Radicula Pers.*). Моніторингова ділянка №4

№ п/п	Довжина стебла редиски день №3, мм	довжина стебла редиски день №5, мм
1	10	15
2	10	13
3	1	12
4	4	15
5	11	15
6	15	21
7	15	18
8	15	18
9	15	18
10	3	10
11	0	4
12	0	5
13	3	9
14	5	10
15	5	10
16	8	11
17	3	9
18	3	9
19	3	8
20	1	11
21	1	8
22	0	4
23	0	1
24	1	8
25	2	8
26	7	12
27	10	11
28	0	3
29	8	8
30	3	8
<b>Сума</b>	<b>162</b>	<b>312</b>
<b>М</b>	<b>5,4</b>	<b>10,4</b>
N	30	30
Max	15	21
Min	0	1
m	0,93	0,87
S <sup>2</sup>	25,90	22,66
S	5,09	4,76
V%	94,25	45,77
P%	17,21	8,36