

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Факультет економіки та екології моря

Кафедра екології та природоохоронних технологій

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри

« 16 » червня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Оцінка рівня екологічних ризиків в басейні річки Інгулець

Виконала студентка 4 курсу, групи 4287ст

(підпис)

Печенюк І.О.

Керівник роботи:

доцент кафедри екології та

природоохоронних технологій

к.т.н, доцент

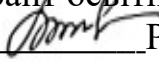
(підпис)

Магась Н.І.

Миколаїв 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Факультет: економіки та екології моря
Кафедра: екології та природоохоронних технологій
Спеціальність: 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
Освітня програма: Технології захисту навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ
Гарант освітньої програми
 Ремешевська І.В.
«__» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студентці Печенюк Ірині Олександрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оцінка рівня екологічних ризиків в басейні
річки Інгулець

керівник роботи: Магась Наталія Іванівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора № _____ від «_____» _____ 2025 р.

2. Термін подання роботи: 16.06.2025

3. Вихідні дані по роботі: стандарти, норми, правила, інструкції та методики оцінки якості води та визначення рівня екологічних ризиків в басейні річки, матеріали статистичної звітності про рівень використання водних ресурсів, скиди стічних вод, дані моніторингу за якість поверхневих вод.

4. Перелік питань, що належать до розробки: виконати коротку фізико-географічну характеристику басейну річки Інгулець, охарактеризувати основні напрямки використання вод річки, виконати оцінку якості води та оцінити гідроекологічний стан річки, виконати аналіз результатів оцінки якості вод річки р. Інгулець.

5. Перелік презентаційних матеріалів:
Презентація – 16 аркуш А4

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Маринець О. М., к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання 04.02.2025 р.

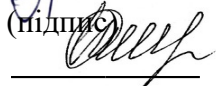
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер етапу	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел за темою дослідження, актуальність дослідження якості поверхневих вод та екологічних ризиків	27.02.25	Виконано
2	Матеріали та методики оцінки якості поверхневих вод та екологічних ризиків	17.03.25	Виконано
3	Оцінка впливу господарської діяльності на водні ресурси в басейні річки інгулець	08.04.25	Виконано
4	Аналіз та оцінка сучасного стану та рівня забруднення поверхневих вод	29.04.25	Виконано
5	Оцінка екологічного ризику недосягнення доброго екологічного стану поверхневих вод	12.05.25	Виконано
6	Подання КР на допуск до захисту	16.06.25	Виконано
7	Захист КР	24.06.25	Виконано

Студент


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

Печенюк І.О.

(прізвище та ініціали)

Магась Н.І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Печенюк І.О. Оцінка рівня екологічних ризиків в басейні річки Інгулець. У кваліфікаційній роботі розглянуто питання оцінки та аналізу якості поверхневих вод та ризиків недосягнення доброго екологічного стану в басейні річки Інгулець. Дане дослідження виконано на основі аналізу якості поверхневих вод річки за гідрохімічними показниками. Особливу увагу приділено відповідності якості води рибогосподарським нормам, які є одними з найчутливіших до змін екологічного стану річок.

Дослідження включають проведення оцінки якості річкових води за гідрохімічними показниками за даними спостережень за хімічним складом води, а також виявлення багаторічної тенденції змін якості води в окремих створах і в цілому в басейні р. Інгулець. Встановлено, що ризик недосягнення екологічних цілей в басейні р. Інгулець виникає через високий вміст у воді річки азоту амонійного, БСК₅, для яких відповідні фактичні значення перевищують критичні. За показниками азоту амонійного р. Інгулець віднесено до категорії «під ризиком» на всіх ділянках басейну від витoku до гирла. У нижній ділянці басейну за показником БСК₅ – до категорії «під ризиком». Через відсутність даних фактичних вимірювань за показниками рН та кисень (%) р. Інгулець відноситься до категорії «можливо під ризиком» антропогенного навантаження.

Результати дослідження можна використовувати для аналізу умов, що визначають склад води, створення схем розрахунків для подальшого прогнозу їхнього складу, а також для створення бази даних про якість води за всі роки спостережень.

Ключові слова: масиви поверхневих вод, оцінка якості води, гідрохімічні показники, антропогенне навантаження, екологічний ризик, екологічний стан.

SUMMARY

Pechenyuk I.O. Assessment of environmental risks in the Ingulets River Basin. The qualification work presents the results of analyzing environmental problems, assessment and analysis of the quality of surface water and the risks of not achieving good environmental status in the basin of the Ingulets River. This study is based on the analysis of the quality of surface waters of the river by hydrochemical indicators. Particular attention is paid to the compliance of water quality with fishery standards, which are among the most sensitive to changes in the ecological status of rivers.

The research includes assessing the quality of river water by hydrochemical indicators based on observations of the chemical composition of water, as well as identifying long-term trends in water quality in individual and in the Ingulets River basin as a whole. It has been established that the risk of not achieving environmental objectives in the Ingulets River basin arises from the high content of ammonium nitrogen and BOD5 in the river water, for which the corresponding actual values exceed the critical ones. According to the ammonium nitrogen indicators, the Ingulets River is classified as “at risk” in all sections of the basin from the source to the mouth. In the lower section of the basin, BOD5 is classified as “at risk”. Due to the lack of actual measurement data for pH and oxygen (%), the Ingulets River is categorized as “at risk”. Ingulets River is classified as “possibly at risk” of anthropogenic load.

The results of the study can be used to analyze the conditions that determine water composition, create schemes calculations for further forecasting their composition, and create a database of water quality data for all years of observation.

Keywords: surface water massifs, water quality assessment, hydrochemical indicators, anthropogenic load, environmental risk, environmental status.

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ р. ІНГУЛЕЦЬ	10
1.1 Географічне положення та рельєф	10
1.2 Особливості кліматичних умов	15
1.3 Гідрогеологічні особливості	17
1.4 Геологічна будова	20
1.5 Гідрографічна характеристика	22
1.6 Особливості гідрологічного режиму	24
1.7 Сучасні джерела забруднення водних ресурсів басейну р. Інгулець	29
РОЗДІЛ 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ТА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ	33
2.1 Характеристика системи моніторингу за якістю води у р. Інгулець	33
2.2 Методика оцінки рівня забруднення поверхневих вод	33
2.3 Методика оцінки екологічних ризиків недосягнення екологічних цілей для МПВ	35
2.4 Мережа моніторингу та матеріали дослідження	38
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ВПЛИВУ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ВОДНІ РЕСУРСИ В БАСЕЙНІ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ	42
3.1 Аналіз водогосподарської діяльності в басейні р. Інгулець	42
3.2 Оцінка впливу скидів забруднюючих речовин у водні об'єкти	47
РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД	53
4.1 Результати оцінки просторової динаміки фізико-хімічних показників якості води р. Інгулець	53
4.2 Результати оцінки якості поверхневих вод в басейні р. Інгулець	65
4.3 Результати оцінки ризиків недосягнення доброго екологічного статусу р.Інгулець за гідрохімічними показниками	68

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ В ЛАБОРАТОРІЯХ ОБРОБКИ ТА	
АНАЛІЗУ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ	71
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які діють на	
працівника лабораторії обробки даних щодо стану поверхневих вод	71
5.2 Вимоги до організації робочих місць користувачів ПК	73
5.3 Розробка заходів техніки безпеки	75
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ	82

ВСТУП

Рівень забезпечення водними ресурсами України значно нижчий, ніж середні показники у світі та Європі. За обсягом внутрішніх запасів прісної води на душу населення Україна займає одне з найнижчих місць серед європейських країн. У маловодний рік середній показник річного стоку на одного мешканця України становить 0,67 тис. м³/рік, а для мешканців Миколаївської області – 0,26 тис. м³/рік (за рахунок місцевого стоку) та 2,15 тис. м³/рік (з урахуванням сумарного стоку). Основним джерелом водопостачання для населення України є річковий стік. Водночас, у багатьох районах півдня України існує гострий дефіцит прісної води, що вирішується шляхом перекидання води через канали, будівництвом водосховищ та іншими технічними заходами.

Проголошення курсу на євроінтеграцію Україною стало важливим стимулом для адаптації європейського досвіду в управлінні водними ресурсами. Впровадження положень „Директиви 2000/60/ЄС Європейського Парламенту та Ради” спрямоване на захист наземних поверхневих, прибережних та ґрунтових вод, що є пріоритетом для країн Європейського Союзу. Ця директива визначає рамкові положення водної політики ЄС та її стратегічні напрями.

Через зростання антропогенного впливу на річкові басейни, особливо малих та середніх річок Нижнього Подніпров'я, постає нагальна потреба в екологічному моніторингу стану річок та оцінці якості води. Зокрема, річка Інгулець є важливим об'єктом досліджень, адже її екологічний стан значною мірою залежить від впливу господарської діяльності.

Формування хімічного складу вод річки Інгулець є складним процесом, який значною мірою залежить від потужного антропогенного впливу. Значні скиди промислових і сільськогосподарських стічних вод, використання водних ресурсів для технічних потреб, а також інші види господарської діяльності створюють додаткове навантаження на екосистему річки. Ці фактори ускладнюються умовами глобального потепління, яке впливає на водний баланс басейну, зменшуючи природні можливості самоочищення води. Це

призводить до змін концентрацій основних хімічних складників і показників якості води.

У цьому контексті актуальним стає здійснення постійного моніторингу водних ресурсів, який дозволяє здійснювати систематичне спостереження за станом вод. Водночас необхідно своєчасно аналізувати просторові та часові зміни гідрохімічних показників, адже саме вони є ключовими для достовірної оцінки якості води. Застосування сучасних методик аналізу дозволяє не лише виявляти критичні зміни в екологічному стані водних об'єктів, але й формувати ефективні рішення для їхнього відновлення та охорони.

Метою кваліфікаційної роботи є оцінка якості поверхневих вод та екологічних ризиків недосягнення доброго екологічного стану в басейні річки Інгулець. Дане дослідження виконано на основі аналізу якості поверхневих вод річки за гідрохімічними показниками. Особливу увагу приділено відповідності якості води рибогосподарським нормам, які є одними з найчутливіших до змін екологічного стану річок.

Об'єктом дослідження є пониззя річки Інгулець, розташоване в районі м. Снігурівка.

Предметом дослідження є оцінка екологічних ризиків погіршення якості води в умовах порушеної господарською діяльністю екосистеми.

В якості вихідних даних в роботі використані дані літературних джерел, а також матеріали моніторингових спостережень за якістю поверхневих вод у 2019 – 2024 рр., надані Регіональним офісом водних ресурсів у Миколаївській області.

При виконанні роботи були поставлені такі завдання:

- виконати коротку фізико-географічну характеристику басейну річки Інгулець,
- охарактеризувати основні напрямки використання вод річки,
- виконати оцінку якості води та оцінити гідроекологічний стан річки,
- виконати оцінку екологічних ризиків недосягнення доброго стану в басейні річки.

РОЗДІЛ 1

ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ р. ІНГУЛЕЦЬ

1.1 Географічне положення та рельєф

Інгулець – це одна з річок, яка входить в десятку найбільших в Україні. Річка Інгулець є типовою рівнинною річкою України. Вона повністю знаходиться в межах України та протікає по південній території країни і є найнижчою правою притокою Дніпра та впадає в нього за 43 км від гирла. Річка протікає територією Кіровоградської, Дніпропетровської, Миколаївської та Херсонської областей. Довжина річки 557 км, площа водозбору охоплює 14 460 км². Свій початок Інгулець бере з заболочених місць, розташованих біля села Топило Знам'янського району Кіровоградської області (рис. 1.1) [5].

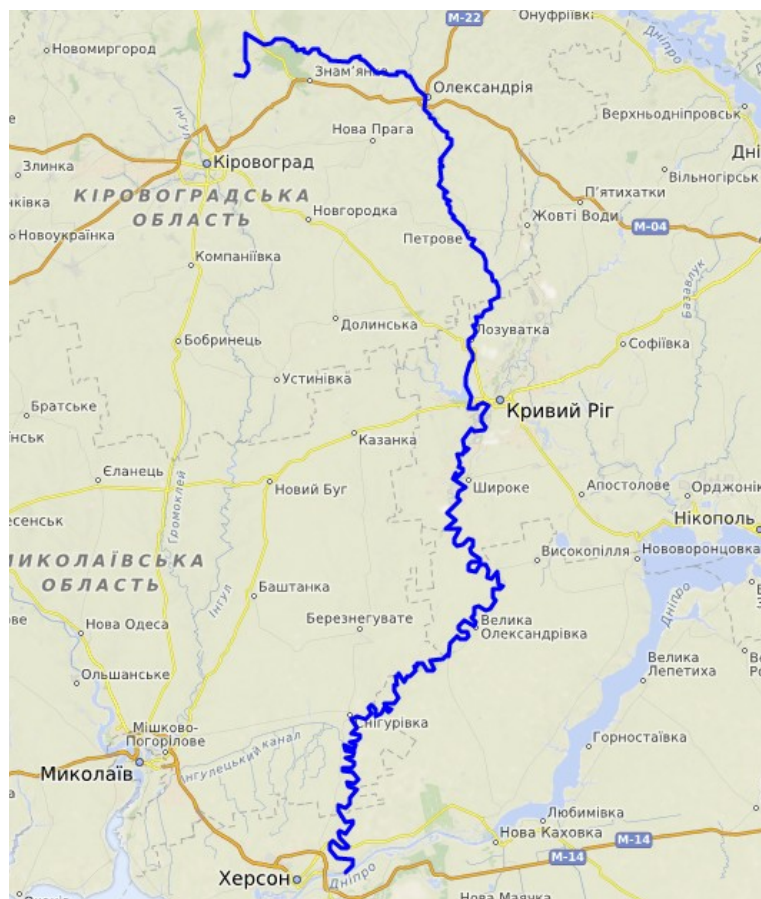


Рис. 1.1 – Річка Інгулець на фізичній карті України

Довжина річки 549 км, загальна площа водозбірного басейну – 14460 км². Висота гирла над рівнем моря – 0,1 м. Падіння ріки складає 175 м, нахил річки – 0,32 м/км (у верхній течії до 1,2 м/км). Швидкість річки на плесах незначна, на перекатах 0,2-0,5 м/сек (0,72-1,8 км/ч) [12].

Основні притоки: праві — Бешка, Бокова, Верблюжка, Висунь; ліві — Березівка, Жовта, Зелена, Кам'янка, Саксагань.

Басейн річки Інгулець на гідрографічній мапі України наведено на рис.1.2.



Рисунок 1.2. Басейн річки Інгулець на гідрографічній мапі України [13]

Басейн має вигляд витягнутого в меридіональному напрямку трикутника, вершина якого знаходиться біля гирла ріки, а основа – на північному вододілі. Зазначимо, що річкова сітка розвинута переважно в північній частині басейну, (оскільки саме тут знаходяться майже всі притоки Інгульця, в той час як в південній частині басейну знаходиться лише одна притока – р. Висунь).

Отже, основна область формування стоку розміщена в верхній частині її басейну. Тут формується 80% сумарного стоку річки, який у верхній та

середній ділянках річки зарегульований Олександрійським, Іскрівським та Карачунівським водосховищами. Вказані водосховища є джерелами водопостачання, відповідно, міст Олександрія, Жовті Води, Кривий Ріг, зрошення прилеглих сільськогосподарських земель та рекреації. У нижній ділянці річки найбільшим водокористувачем є Інгuleцька зрошувальна система (рис.1.3).

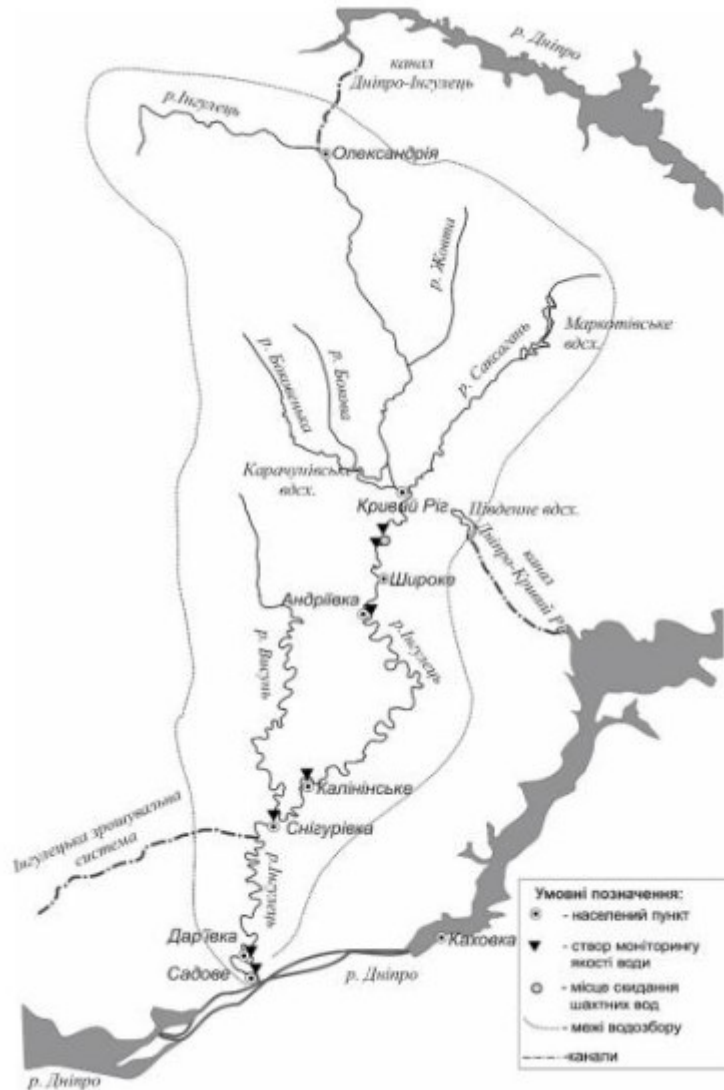


Рисунок 1.3. Основні елементи водогосподарської системи р. Ігулець [2]

Річкова сітка басейну складається з р. Ігульця, 43 річок довжиною більше 10 км (кожна), 142 річки меншої довжини, а також великої кількості балок, які не мають постійного току води. Довжина більшості приток Ігульця не перевищує 20 км, і тільки річки Саксагань і Висунь мають довжину більшу, ніж 100 км.

В межах басейну р. Інгулець за геологічною будовою виділяються два регіони: північна частина знаходиться в межах Українського кристалічного щита, південна - в Причорноморській впадині.

Згідно існуючих геологічних карт у районі досліджень найбільш розповсюджені породи полтавської світи (південна частина) та понтичного ярусу середнього міоцену (середня та нижня частина басейну).

Згідно з фізико-географічним районуванням України територія басейну р. Інгулець знаходиться в межах двох природних фізико-географічних зон: крайня північна частина басейну розташована в лісостеповій зоні, решта території - в степовій (рис. 1.4) [1].

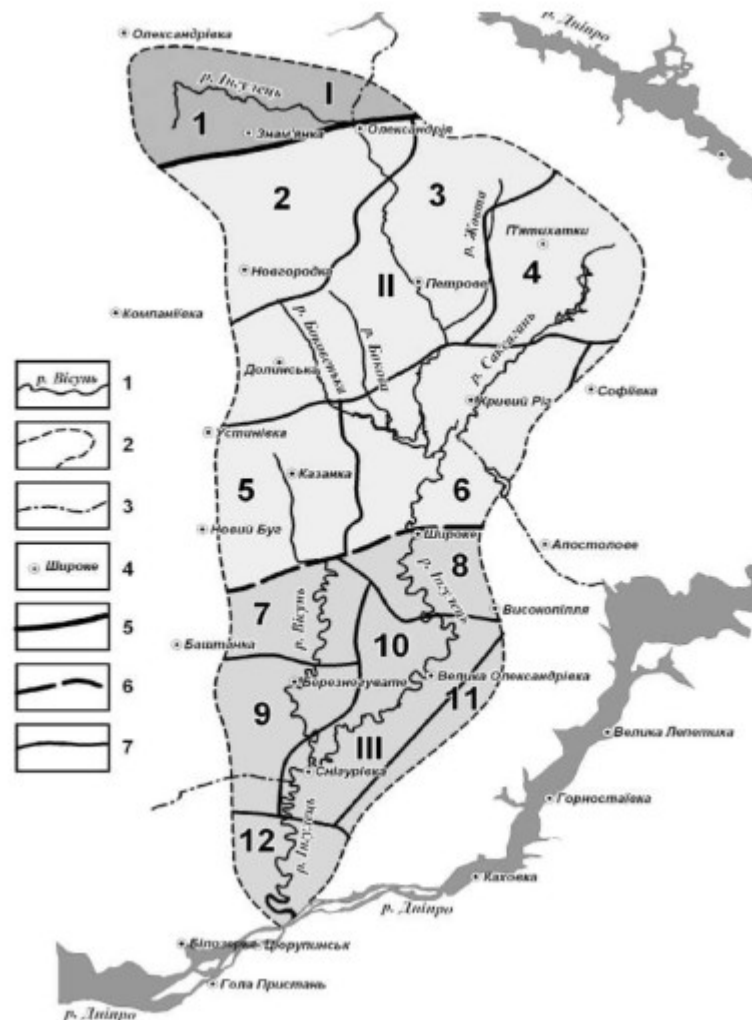


Рис. 1.4 – Схема фізико-географічного районування басейну р. Інгулець:

I - річка та її назва; 2 - межі водозбору; 3 - канали; 4 - населений пункт; 5 - межі фізико-географічних зон; 6 - межі фізико-географічних областей; 7 - межі фізико-географічних районів

У геологічному відношенні басейн р. Інгулець розміщується на південних схилах Українського щита і південній частині Причорноморської западини. Північна частина басейну складена докембрійськими кристалічними породами. Давні породи покриті потужним шаром утворень палеогену і четвертинних відкладів.

Долина річки перетинає ділянки різної геологічної будови і з різним ступенем техногенного навантаження. Алювіальні відклади р. Інгулець представлені переважно піском і мулом

Зазначимо, що геологічна будова долини річки Інгулець сформувалася в післяльодовиковий період останнього Дніпровського зледеніння, основними структурними компонентами якої є піщані суглинки, темно-сіра сланцювата глина, Риський флювіогляціал - жовтий кварцовий пісок, що переходить у галечник, частково зцементований бурим залізняком у конгломерат. Міоцен представлений чорною бітумінозною буро-вугільною глиною з піритом [13].

Верхня течія Інгульця – це ряд озероподібних або болотистих плесків, які з'єднуються між собою лише під час весінніх паводків або після сильних злив. До м. Александрії річка тече вузькою стрічкою, береги якої місцями скелясті. В районі Кривого Рогу ширина річки складає близько 40 м, глибина до 1,7 м. Збудоване в Кривому Розі водосховище утворене на місці гранітних виходів на поверхню і порогів Інгульця. В середній течії річка тече в скелястих берегах, мається багато перекатів, порогів (техногенного характеру) – які являють собою зруйновані дамби і автомобільні мости. Нижче Кривого Рогу Інгулець розмиває осадові породи. Гирло у верхній течії спрямлене, в середній і нижчій дуже звивисте. Характерні петлі довжиною 5-7 км, практично повертаються в початкову точку. Від початку до гирла Інгулець утворює 55 меандр. В подальшому ширина річки збільшується ненабагато, досягаючи Снігурівки 100 м, а в гирлі – 120 м. Глибина на плесах може досягати 5 м. Дно зазвичай піщане.

Гідрологічні особливості басейну наступні: у весняний та, значною мірою, в зимовий період річка живиться головним чином за рахунок талих вод. В

інший час живлення річки відбувається за рахунок підземних вод та поверхневого стоку. Тала вода у верхній течії складає близько $\frac{2}{3}$ річного стоку, а в нижній течії – ще більшу його частину [9].

1.2 Особливості кліматичних умов

Кліматичні умови басейну р. Інгулець формуються під впливом складного комплексу як загальних, так і місцевих кліматоутворюючих факторів сонячної радіації, циркуляції повітря, впливу поверхні землі.

На формування радіаційного балансу території значний вплив справляють антропогенні фактори, пов'язані зі значною запиленістю атмосфери, яка обумовлена діяльністю промисловості Криворізької промислово-індустріальної зони. Створені поруч з містом водосховища викликають виникнення місцевих особливостей циркуляції водяної пари [2].

Клімат басейну р. Інгулець можна віднести до помірного з чітко вираженими порами року. В холодний період року найчастіше над територією досліджень розташовується центральна частина області підвищеного тиску. Тут переважає малохмарна морозна погода, яка сприяє інтенсивному радіаційному вихолоджуванню повітря та пониженню температури [11].

Зимовий період характеризується частими відлигами, які зумовлено впливом циклонів з Атлантики, Середземного та Чорного морів. У переважній більшості випадків у цей час майже повністю сходить сніговий покрив. Температура повітря підвищується. Проходження західних та північно-західних циклонів також супроводжується короткочасними потепліннями, інтенсивними снігопадами, сильними вітрами та завірюхами.

В теплий період року підвищується роль радіаційного фактора та впливу поверхні землі. Циркуляція послаблюється із зменшенням температурних контрастів між морем та суходолом.

За умовами циркуляції початок теплого періоду пов'язано з послабленням північно-східного та східного впливу. Навесні він обумовлює ще повернення

холоду, при якому спостерігається різке похолодання ті заморозки. Влітку безпосередній вплив арктичного повітря майже повністю припиняється.

Найхолодніший місяць року – січень ($-4,3^{\circ}\text{C}$), найтепліший – липень ($21,1^{\circ}\text{C}$). Середня багаторічна температура повітря складає $8,7^{\circ}\text{C}$.

Таблиця 1.2.1 – Основні середні місячні та річні метеорологічні характеристики басейну р. Інгулець по метеорологічній станції м. Кривий Ріг

Характеристика	Місяці												Рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Температура повітря, $^{\circ}\text{C}$	-4,3	-3,7	0,9	9,4	15,8	19,7	21,1	20,8	15,5	8,8	2,2	-1,8	8,7
Кількість опадів, мм	34	28	27	37	39	64	48	40	32	29	36	38	447
Швидкість вітру, м/с	5,6	5,9	5,8	5,3	5,0	4,4	4,1	4,1	4,2	4,6	5,2	5,6	5,0

Опади для даної території переважно пов'язані з діяльністю циклонів, меншою мірою – з процесами внутрішньої масової конвекції. Протягом року випадає близько 450 мм опадів. Найбільша кількість опадів випадає в червні-серпні з максимумом у червні, найменша – у лютому-березні та вересні-жовтні [9].

Між періодами випадання опадів в теплу частину року часто спостерігаються тривалі періоди бездощів'я (до 30 днів та більше).

За даними метеорологічних спостережень в середньому за рік переважають вітри північного та північно-східного напрямків, багато також випадків вітру східного та північно-західного напрямків. В холодну пору року переважають вітри північно-східного та східного напрямків, в теплу – північного та північно-західного.

Середня річна швидкість вітру 5 м/с. Найбільші швидкості спостерігаються у зимові місяці та навесні, найменші – влітку та на початку осені. Протягом дня найбільшої швидкості вітер досягає вдень, найменшої –

вночі. У середньому за рік реєструється 29 днів з сильним вітром (швидкість понад 15 м/с). Найбільша кількість днів з сильним вітром спостерігається наприкінці весни та в осінні місяці (у середньому по 3-5 днів).

Сумарне випаровування з поверхні суходолу у зимовий період змінюється не істотно і складає всього 19 мм. Мінімальне випаровування відзначається в грудні (2 мм). У весняний період сумарне випаровування різко зростає (168 мм). Мінімальне випаровування в березні складає 3 мм, а в травні – вже 7мм. Літній період характеризується максимальними значеннями випаровування від 82 мм у червні до 1 мм – у серпні.

Протягом осені випаровування зменшується до 47 мм у вересні до 9 мм у листопаді. Сумарне випаровування за рік на розглянутій території складає 491 мм [2].

1.3 Гідрогеологічні особливості

З точки зору гідрогеологічних умов територія досліджень знаходиться межах двох великих структурно-гідрогеологічних одиниць: північна частина її належить до гідрогеологічної провінції Українського щита, південна – до гідрогеологічної провінції північного схилу Причорноморського артезіанського басейну. Для останньої, порівняно з гідрогеологічною провінцією Українського щита, характерними є підвищені потужність і обводнення водоносних горизонтів осадового чохла, а також їх значне площинне поширення та роль у водопостачанні. В гідрогеологічній провінції Українського щита для водопостачання використовують підземні води кристалічних порід, у той час як водоносні горизонти осадового чохла не мають великого практичного значення.

У межах басейну р. Інгулець виділяються водоносні горизонти, приурочені до: тріщинуватих кристалічних порід докембрію, відкладів бучацької серії і товщі вуглистих пісків, відкладів верхнього еоцену й олігоцену, відкладів міоцену та четвертинних утворень. Живлення цих водоносних горизонтів

відбувається здебільшого завдяки інфільтрації атмосферних опадів та припливу напірних тріщинних вод.

Водоносний горизонт у тріщинуватих кристалічних породах докембрію продуктах їх вивітрювання поширений у межах гідрогеологічної провінції Українського щита. Води в основному напірні і приурочені до тектонічних порушень у кристалічних породах і до верхньої тріщинуватої зони останніх, де вони утворюють єдину гідравлічно пов'язану систему.

Глибина залягання вод коливається від кількох до 110-115 метрів, а в породах криворізької серії – до 250 м більше. Дебіт свердловини тріщин них вод змінюється від 0,002 до 4,7 $\text{дм}^3/\text{м}$. переважають сульфатно-гідрокарбонатні, сульфатні, гідрокарбонато-сульфатні прісні та слабо солонуваті води з мінералізацією від 0,6-1,0 до 2,5-5,1 $\text{г}/\text{дм}^3$.

Тріщинувата зона в породах криворізької серії відзначається високою водо насиченістю, проте значна мінералізація вод (3-150 $\text{г}/\text{дм}^3$), обмежує їх використання для водопостачання. Режим вод порід криворізької серії порушений дослідно-виробничим водо пониженням та шахтним водовідливом, внаслідок чого сформувалася депресійна лійка, в центрі якої (в породах сакса ганської світи) рівень підземних вод знизився до глибини 720-1200 м, а на крилах (у зоні гірничих виробок) – до 450-600 м.

Водоносний горизонт у відкладах бучацької серії та товщі вуглистих глин і пісків має острівний характер і залягає безпосередньо на кристалічних породах. Водоносними є піски різнозернисті, іноді гравелісті, що залягають у нижній частині розрізу бучацької серії або товщі вуглистих глин та пісків.

Водонепроникним екраном є первинні або вторинні каоліни. Потужність водоносного горизонту коливається в межах 1-15 м, глибина його залягання змінюється від 7-8 до 75-85 м. Ці води є напірними, висота напору від кількох до 32 метрів. Коефіцієнти фільтрації пісків 0,06-27 м/добу, дебіт свердловини змінюється від 0,001 до 3,8 $\text{дм}^3/\text{м}$, питомий дебіт 0,002-1,0 $\text{дм}^3/\text{с}$.

Хімічний склад підземних вод досить різноманітний в межах гідрогеологічної провінції Українського щита переважають гідрокарбонатно-

сульфатні і сульфатно-гідрокарбонатні води змішаного катіонного складу, в гідрогеологічній провінції північного схилу Причорноморського артезіанського басейну – сульфатно-хлоридні, хлоридно-сульфатні, натрій-кальцієві. Води жорсткі й дуже жорсткі, мінералізація їх змінюється від 0,4 до 3 г/дм³. Практичне значення горизонту для водопостачання обмежене з огляду на незначні площі його розвитку.

Водоносний горизонт у відкладах верхнього еоцену та олігоцену має незначне поширення. Водовмісні породи представлені пісками з прошарками і лінзами пісковиків та пухких мергелів. Водонепроникними шарами є глини, рідше буре вугілля або вторинні каоліни буцацької серії.

В місцях, де водоносні піски і алеврити верхнього еоцену та олігоцену лежать на пісках буцацької серії, утворюється змішаний водоносний горизонт.

На тих ділянках, де піски верхнього еоцену та олігоцену перекриті пісками і вапняками міоцену, існує також зв'язок з горизонтами, що залягають вище. Води горизонту в основному безнапірні, у разі наявності в покрівлі водонепроникних відкладів – напірні, величина напору становить 5-25 м. Дебіти свердловини змінюються від 0,017 до 2,2 дм³/м [10].

За хімічним складом переважають води гідрокарбонатно-сульфатні кальцієво-магнієві та сульфатно-карбонатні натрієво-магнієві з мінералізацією 0,5-1,4 г/дм³. Використовуються для водопостачання невеликих підприємств та сільських населених пунктів.

Водоносний горизонт у відкладах міоцену має значне площинне поширення в обох гідрогеологічних провінціях. На ділянках, що прилягають до долин річок, цей горизонт дронується. Водовмісними є піски новопетрівської світи, а також піски та вапняки сарматського і понтичного ярусів. Від горизонту четвертинних відкладів, що залягає вище, міоценовий водоносний горизонт відокремлений водонепроникними червоно-бурими та строкатими глинами. Його потужність збільшується з північної на південь і змінюється від 1,8 до 30 м. Глибина залягання покрівлі змінюється з півночі на південь від 2-10 м до 36-50 м.

Водоносний горизонт в основному безнапірний або слабо напірний з величиною напору 2-17 м. Дебіти свердловини змінюються від 0,01 до 2,5 дм³/с, питомі дебіти становлять 0,002-1,3 дм³/с. Добовий водозабір з колодязів в середньому складає 0,2-6 м³. За хімічним складом переважають води хлоридно-сульфатні, сульфатно-хлоридні з різним катіонним складом. Мінералізація вод змінюється від 0,5 до 8 г/дм³. Живлення водоносного горизонту відбувається на ділянках неглибокого залягання за рахунок атмосферних опадів і завдяки надходженню напірних вод з відкладів, що залягають нижче. В низці місць він використовується населенням для господарського й питного водопостачання.

Водоносний горизонт у четвертинних відкладах приурочений до суглинків та алювіальних утворень, він часто утворює «верховодку», дуже поширений, відсутній лише у присхилкових частинах долин [11].

1.4 Геологічна будова

В межах басейну р. Інгулець за геологічною будовою виділяються два регіони: північна частина знаходиться в межах Українського кристалічного щита, південна – в Причорноморській западині. Згідно існуючих геологічних карт у районі досліджень найбільш розповсюджені породи полтавської світи (південна частина) та понтичного ярусу середнього міоцену (середня та нижня частина басейну).

Внаслідок активних ерозійних процесів в річкових долинах проявляються сліди порід докембрійської, палеогенової, неогенової і четвертинної систем.

Докембрійська товща представлена кварцитами, сланцями, піщаниками криворізької серії. Поверхні порід тріщинуваті. На денну поверхню ці породи виходить не лише в долині р. Інгулець, а й тальвегах великих балок.

Палеогенові відклади представлені київськими мергелястими глинами потужністю до 10 м.

Неогенові відклади представлені сарматськими пісками, вапняками з прошарками глин загальною потужністю до 20 м і понтичними пісками

потужністю до 10 м. На вододілах вони повсюдно перекриті товщею червоно-бурих глин, суглинків, потужність яких досягає 20 м.

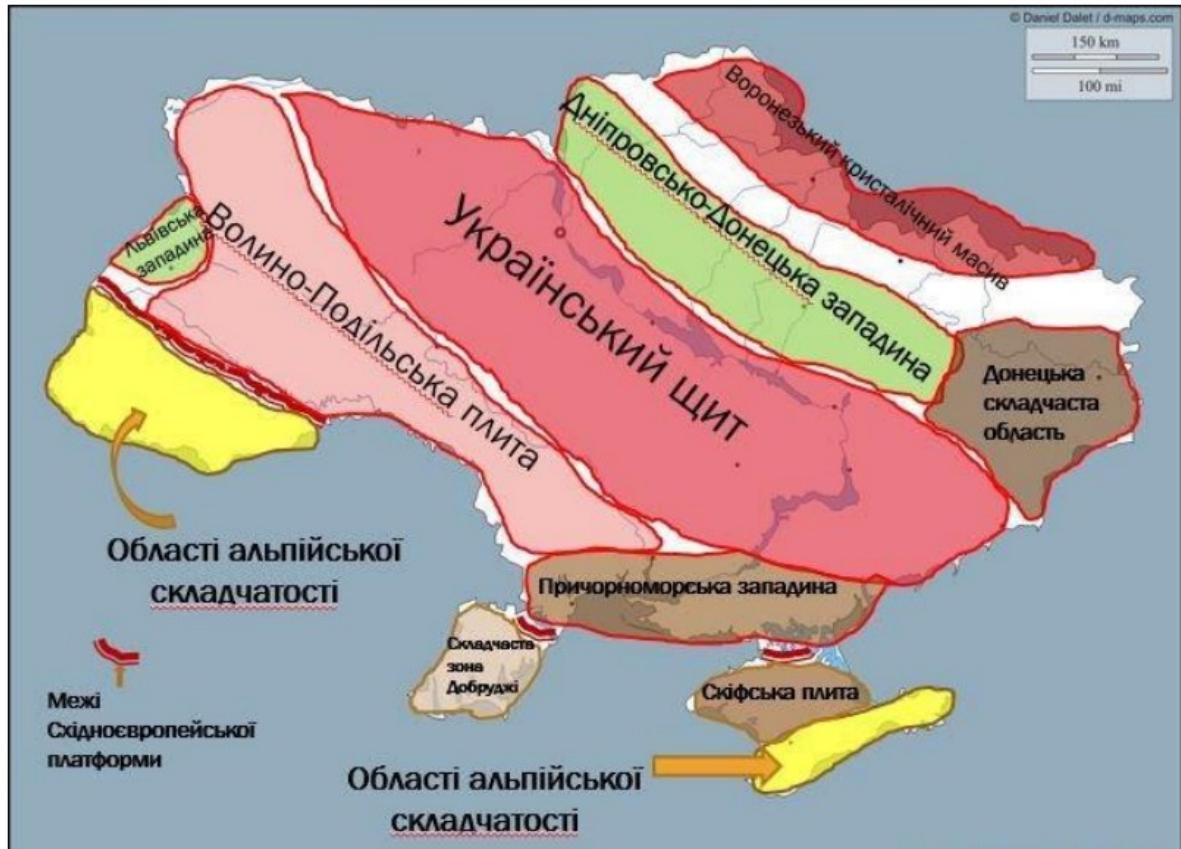


Рис. 1.5 – Карта геоморфологічної будови України.

Алювіальні відклади представлені супісками, пісками, суглинками, глинами й розповсюджені в долині р. Інгулець і в низинах тальвегів балок. Їх загальна потужність не перевищує 5 м.

Найбільш різноманітний склад гірських порід спостерігається в середній течії р. Інгулець (в межах Кривбасу та в пригирлових ділянках річок Бокова та Боковенька). Тут поширені породи архею, нижнього протерозою, еоцену, міоцену та олігоцену.

Північна частина річкового басейну вирізняється незначними абсолютними висотами поверхні докембрійського фундаменту (60-100 м). тут найбільш чітко виражені в рельєфі численні древні льодовикові прохідні долини, які прорізують вододіли між верхів'ями сучасних річок із протилежними напрямками стоку: між верхів'ями Тясмину-Інгульця, Цибульника-Серебрянки, Омельника-Кам'янки та ін.

Урочища із сильно-та середньо еродованими ґрунтами займають близько 50% території. Яри й балки врізаються в товщу червоно-бурих глин і неогенових вапняків, виходи яких часто прикриті тільки невеликим хрящуватим слабо гумусованим алювієм. Біля 10% площі району займають долинні заплавні місцевості з лугово-чорноземними солончакуватими ґрунтами, надзаплавно-терасові піщано-степові й надзаплавно-терасові лесово-степові місцевості.

Таким чином, територія досліджень приурочена до різних тектонічних структур, що впливає на сучасну геоморфологічну будову та рельєф річкового басейну [11].

1.5 Гідрографічна характеристика

Гідрографічна мережа басейну р. Інгулець складається з кількох взаємопов'язаних водних геосистем, основна частина яких представлена постійними водотоками (річки, струмки, канали) та тимчасовими водотоками балок, а також незначними за площею озерами на днищах великих балок, техногенними водоймами, низинними болотами та заболоченими землями.

Річкова мережа басейну складається з р. Інгулець, 43 річок довжиною понад 10 км (кожна), 142 річок меншої довжини, а також великої кількості балок, які не мають постійного стоку води. Річка Інгулець та її притоки утворились у льодовиковий період, внаслідок активного танення льоду, що надійшов з північного сходу до Придніпровської височини.

Сумарна довжина малих річок складає 1992 км, з них довжиною менше 10 км - 879 км. Річкова мережа добре розвинена у верхній частині басейну, де знаходяться майже всі основні притоки. Саме у верхів'ї формується 80% сумарного стоку річки. Середня густота річкової мережі в досліджуваному басейні становить 0.18 км/км².

В гідрографічному відношенні р. Інгулець належить до басейну Дніпра є його найнижчою правою притокою 1-го порядку.

Течія. Довжина річки Інгулець 549 км. Початок річки знаходиться в заболоченій балці біля с. Топіло Знаменського р-ну Кіровоградської області на висоті 175 метрів. Тече по Придніпровській височині по території Кіровоградської та Дніпропетровської областей України. У нижній течії протікає по Причорноморській низовині в межах Миколаївської та Херсонської областей. Нижче с. Тарасовки (Белозерський район Херсонської області) р. Інгулець утворює лиман шириною до 1 км і впадає в Дніпро декількома рукавами в 45 км від гирла останнього, біля с. Садове. Від гирла Інгульця до Херсону 20 км по руслу Дніпра [3].

Висота гирла над рівнем моря – 0,1 м. Падіння ріки складає 175 м, нахил річки – 0,32 м/км (у верхній течії до 1,2 м/км). Швидкість річки на плесах незначна, на перекатах 0,2 – 0,5 м/сек (0,72 – 1,8 км/год.).

Гирло. Верхня течія Інгульця представляє собою ряд озероподібних або болотистих плесів, які з'єднуються між собою лише під час весняних паводків або після сильних злив. До м. Александрії річка тече вузькою стрічкою, береги якої місцями скелясті. В районі Кривого Рогу ширина річки складає близько 40 м, глибина до 1,7м. Збудоване в Кривому Розі водосховище утворене на місці гранітних виходів на поверхню і порогів Інгульця.

В середній течії річка тече в скелястих берегах, має багато перекатів, порогів (техногенного характеру) – які являють собою зруйновані дамби і автомобільні мости.

Нижче Кривого Рогу р. Інгулець розмиває осадові породи.

Гирло у верхній течії спрямлене, в середній і нижчій дуже звивисте. Характерні петлі довжиною 5 – 7 км, практично повертаються в початкову точку. Від початку до гирла Інгулець утворює 55 меандр. В подальшому ширина річки збільшується ненабагато, досягаючи Снигирівки 100м, а гирлі – 120 м. Глибина на плесах може досягати 5м. Дно пісчане [14].

У верхів'ї біля с. Цибулеве в Кіровоградській області русло р. Інгулець глибоко врізане у височини 100-150 м, розчленовуючи територію району на численні відносно вузькі звивисті вододільні простори і оголює відклади

верхнього архею. Особливо чітко виділяється вододіл між лівими притоками верхньої течії Інгульця. По ньому проходить південна межа дніпровського зледеніння.

Північна частина річкового басейну відрізняється незначними абсолютними висотами поверхні докембрійського фундаменту (60-100 м). Тут найбільш чітко виражені в рельєфі численні древні льодовикові прохідні долини, які прорізують вододіли між верхів'ями сучасних річок із протилежними напрямками стоку: між верхів'ями Тясмину-Інгульця, Цибульника-Серебрянки, Омельника-Кам'янки та ін.

Урочища із сильно та середньо еродованими ґрунтами займають близько 50% території. Яри й балки вриваються в товщу червоно-бурих глин і неогенових вапняків, виходи яких часто прикриті тільки невеликим хрящуватим слабо гумусовим алювієм. Біля 10% площі району займають долинні заплавні місцевості з лугово-чорноземними солончакуватими ґрунтами, надзапавно-терасові піщано-степові й надзапавно-терасові лесово-степові місцевості [1].

1.6 Особливості гідрологічного режиму

Басейн р. Інгулець знаходиться на території двох гідрологічних районів Нижньодніпровського (північна частина басейну) та Причорноморського (південна частина). Межа між цими гідрологічними районами проходить приблизно по кордону Українського кристалічного щита з Причорноморською низовиною. В період мінімального стоку річкові води Інгульця відносяться до хлоридно-сульфатних, натрієво-кальцієво-магнієвих вод.

Водний режим річки Інгулець типовий для рівнинних річок півдня України і зумовлюється кліматичними, гідрогеологічними, орографічними характеристиками та ступенем зарегульованості водотоку [5].

Основна область живлення річки розташована у верхній частині басейну, що межує з Лісостеповою зоною. У весняний та значною мірою у зимовий періоди річка та її притоки живляться за рахунок талих вод. В інші періоди

року річковий стік підтримується притоком підземних вод та частково дощовими опадами. Оскільки частка підземного стоку є незначною (10-20% від поверхневого), багато невеликих річок басейну чи окремі їх ділянки в посушливі роки пересихають на період від кількох днів до 6-8 місяців і більше; в зимовий період характерним є їх промерзання тривалістю до кількох місяців.

Спостереження за стоком води виконувалися в м. Кривий Ріг (з 1936 р.), що розташований в 252 км від гирла Інгульця. Використання цих даних для аналізу водного режиму гирлової ділянки р. Дніпро, в яку впадає Інгулець, не є можливим, оскільки в період вегетації по р. Інгулець подається вода з р. Дніпро в Інгулецьку зрошувальну систему (утворюється «антирічка»). Для визначення внеску р. Інгулець в режим стоку власної гирлової ділянки необхідно проводити спеціальні дослідження.

Виходячи з природних умов формування стоку, гідрологічний режим р. Інгулець характеризується досить значною весняною повинню (в другій або третій декаді березня, найчастіше під час весняного льодоходу), яка триває 5-10 днів, а також короткочасним зливовими підйомами рівнів в літньо-осінній період.

Максимальні весняні витрати води р. Інгулець по гідропосту в м. Кривий Ріг в багатоводні роки досягають 180 м³/с, в маловодні - 25 м³/с. В інші періоди року витрати води досить незначні, а в серпні та вересні (в маловодні роки також в липні) вони падають до нуля. За багаторічними даними, середньорічні витрати води складають в середній за водністю рік 11 м³/с (або близько 0,3 км в рік, що складає 0,6% стоку р. Дніпро) в багатоводний рік - 19 м³/с і в маловодний - 3 м³/с.

Південна частина басейну, що знаходиться в межах Нижнього Придніпров'я, характеризується недостатнім зволоженням; кількість талих вод в регіоні відносно мала, дощі випадають рідко, а перерви між ними досить тривалі. У формуванні поверхневих вод тут бере участь лише 5-20 мм опадів, а підземних - 0-4 мм. Природний річковий стік р. Інгулець складає лише 25-50% від загального річного стоку.

Весняна повінь. Аналіз сучасної внутрішньорічної динаміки рівнів води р. Інгулець показує, що найхарактернішою та найпомітнішою фазою водного режиму даної річки є весняна повінь. В цей період, як правило, формується максимальний стік.

Значний стік весняної повені утворюється у дружні та пізні весни внаслідок інтенсивного танення значних снігозапасів чи випадання дощових опадів, які накладаються на основну хвилю талих вод. Середні дати настання весняної повені на р. Інгулець припадають на останні числа лютого - перші числа березня. Пік повені припадає на другу декаду березня. Весняна повінь звичайно проходить одним піком, рідко розчленовуючись на декілька. Максимальні підйоми рівнів в різних місцях досягають 5,0-10,3 м. Під час весняної повені заплава Інгульця затоплюється на глибину від 0,5 до 5,0 м. Як показують дослідження, на головних притоках р. Інгулець весняна повінь починається, як правило, в другій половині лютого або на початку березня і проходить одним або кількома піками.

Дощові паводки. У формуванні дощових паводків на річках басейну р. Інгулець основну роль відіграють дощі, їх характер та інтенсивність. Підйоми рівнів води внаслідок випадання дощів в літньо-осінній період характеризуються незначним підвищенням річкового стоку і короткочасною тривалістю. В окремі роки ця фаза водного режиму практично відсутня, що зумовлено фізико-географічними особливостями басейну.

Мінімальний стік в басейні р. Інгулець формується під впливом особливостей підземного живлення річки. Мінімальні витрати води спостерігаються в річках у меженний період, коли річки переходять практично на живлення за рахунок підземних вод. Проведені розрахунки показали, що величина підземного живлення поверхневих вод басейну р. Інгулець становить близько 20% річного стоку.

Літньо-осіння межень настає у травні або на початку червня. Рівні влітку низькі та стійкі, лише значні дощові опади, які бувають найчастіше у червні-серпні, викликають підйом рівня води, який не перевищує 1.0 м.

Найбільші підйоми в окремі роки досягають 1,5-2,2 м. Тривалість літніх повеней не перевищує 10-20 днів. В окремі роки протягом місяця спостерігається кілька, найчастіше незначних за висотою та короткотривалих, дощових паводків. На притоках в цей час стік майже завжди відсутній за виключенням річок Жовта та Саксагань.

Зимова межень. Рівні води в період зимової межені, як правило, дещо вищі ніж рівнів літньо-осінньої межені. Початок зимової межені в басейні р. Інгулець відноситься, як правило, до першої декади грудня. Меженний період триває в середньому 40-50 днів. Мінімальні рівні спостерігаються в період стійкого льодоставу (січень). Інколи на річках спостерігаються підйоми рівнів в період відлиг. Під час зимової межені окремі ділянки русел малих річок досліджуваного басейну промерзають до дна і в такому стані можуть знаходитися до початку березня [11].

Термічний та льодовий режим. Основним чинником, що визначає термічний режим поверхневих вод є температура повітря. Максимальні значення температури води в р. Інгулець спостерігаються в літні місяці.

Середня річна температура води в р. Інгулець становить 11,9°C, змінюючись в межах від 11,4°C в м. Кривий Ріг до 12,5°C в с. Калінінське.

Проте, залежність між температурою повітря і температурою води в річці порушується місцевими умовами, що чітко проявляється на окремих ділянках. Так, орографічні особливості нижньої течії (широке русло, що уповільнює течію, значна звивистість річки та її мілководність) сприяє доброму прогріванню води в теплу пору року. В зимовий період такі місцеві умови сприяють зменшенню середніх температур води р. Інгулець біля с. Калінінське порівняно з іншими ділянками.

Температурні показники води малих річок басейну помітно відрізняються від термічного режиму р. Інгулець. В даному випадку відчутний вплив на термічний і льодовий режим більшості річок здійснюють виходи підземних вод, які в зимовий період значно тепліші, а в літні холодніші, ніж річкові води.

Середня річна температура води приток становить $11,1^{\circ}\text{C}$, змінюючись в межах від $10,5^{\circ}\text{C}$ (р. Бокова) до $11,7^{\circ}\text{C}$ (р. Висунь). На р. Саксагань біля с. Веселі Терни багаторічне значення температури сягає $10,7^{\circ}\text{C}$.

В міжвегетаційний період на термічний режим окремих ділянок р. Інгулець та р. Саксагань (в межах Кривбасу) значний вплив здійснюють теплі промислові, шахтні та господарсько-побутові стічні води, їх скиди в річкову мережу зумовили збільшення температури води в створі гідрологічного поста в м. Кривий Ріг на $0,5^{\circ}\text{C}$ (жовтень-січень) порівняно з іншими пунктами спостережень.

У внутрішньорічному розрізі при переході середньодобовими значеннями температури води позначку нижче 5°C (листопад-грудень) створюються умови для формування льодових утворень.

Льодоутворювальні процеси на річках звичайно починаються з появи заберегів, що розростаючись і змикаючись між собою, утворюють суцільний льодовий покрив. В окремі роки встановленню льодоставу передують сало и осінній льодохід.

Замерзають річки, як правило, в першій половині грудня, в окремі роки у середині листопада або на початку грудня. Внаслідок частих відлиг льодостав мало стійкий. Тривалість льодоставу становить близько 90 діб.

Середня товщина льоду на річках коливається в межах 20-35 см, найбільшого значення - 65-75 см вона досягає наприкінці зими (лютий - березень). На окремих ділянках річок спостерігається цілковите промерзання (до дна).

Осіннього льодоходу зазвичай не буває. В роки з нестійкими температурами льодостав встановлюється інколи лише через місяць після появи льоду. Початок весняного льодоходу спостерігається в другій, а інколи і в першій половині березня. В сучасних умовах весняний льодохід триває від 1-5 до 8-9 днів. Часто під час льодоходу біля мостів і на крутих поворотах річок відбуваються короточасні затори льоду. У окремі роки льодоходу не буває і

лід тане на місці. В другій половині березня річки повністю очищаються від льоду.

Твердий стік. Кількість наносів, що транспортують річки і вміст природних розчинних речовин - досить важливий показник для можливого використання вод: водопостачання населення, низки галузей промисловості, зрошення, в рибному господарстві.

Разом з поверхневими водами басейну р. Інгулець транспортується багато твердих частинок - наносів, що становлять твердий стік. Кількість і склад їх не однакові і залежать від фізико-географічних особливостей територій, по яких протікають річки та інтенсивності процесів ерозії, що розвиваються на різних ділянках річкового басейну [9].

1.7 Сучасні джерела забруднення водних ресурсів басейну р. Інгулець в районі Кривого Рогу

У випадку з річкою Інгулець, ми простежуємо тенденцію складного антропогенного впливу, оскільки річка давно перетворилася на дуже складну водогосподарську систему, внаслідок використання для водопостачання Кривого Рогу та зрошення. До того ж річка регулюється двома водосховищами – Карачунівським та Іскрівським, які власне є впливовими факторами її змін [6].

Інгулець – основна водна артерія Кривбасу, яка приймає високо мінералізовані води хвостосховищ ВАТ “Південний ГЗК”, ВАТ “Інгулецький ГЗК” і ставка-накопичувача б. Свистунова і недостатньо очищені стічні води ряду підприємств [32].

У хвостосховищах в басейні р. Інгулець складаються відходи збагачення залізних та уранових руд. Крім того, хвостосховища виконують важливу водорегулюючу функцію, оскільки є найважливішою складовою ланкою системи оборотного водопостачання комбінатів. В басейні р. Інгулець знаходиться значна частина гірничорудних підприємств Кривбасу (рис. 1.4), які забруднюють річку.



Рисунок 1.6. Схема басейну р. Інгулець з її притоками та розташуванням основних хвостосховищ у Криворізькому рудному районі [19]

За діючою схемою водовідведення основний обсяг високомінералізованих шахтних вод акумулюється у ставку-накопичувачі, розташованому на відстані 3,2 км від р. Інгулець у балці Свистунова, яка відкривається у річище Інгульця з лівого берега.

Основний чинник забруднення р. Інгулець при скиданні шахтних вод із ставка-накопичувача – їх висока мінералізація. Концентрація солей у скидних водах коливається в межах 38,0 - 42,0 г/дм³ (в середньому близько 40,0 г/дм³) [4].

За даними Регіонального офісу водних ресурсів (РОВР) в річку Інгулець було в 2020 році здійснено скид загальним обсягом приблизно 10,4 млн. м³

недостатньо очищених, забруднених без очистки зворотних та шахтних вод. Погіршення якості поверхневих вод р. Інгулець може також відбуватись за рахунок надходження забруднення з водами її приток, зокрема річок Саксагань, Жовта, Боковенька [27].

Скидання високомінералізованих шахтних вод у річку Інгулець призводить до величезних економічних збитків у всіх трьох областях за рахунок недоотриманого врожаю, безповоротних утрат тисяч гектарів осолонцьованих і засолених земель, необхідності додаткового водопостачання прісною водою сіл і селищ.

Антропогенний вплив на формування стоку розчинених хімічних елементів з водами р. Інгулець визначається скидами неочищених господарсько-побутових стічних вод міст Знам'янка та Олександрія Кіровоградської області, м. Кривий Ріг, м. Жовті Води та м. П'ятихатки Дніпропетровської області. Крім того, до рр. Інгулець та Саксагань щорічно скидають близько 60 млн.м³ забруднених стічних вод понад 50 промислових підприємств Кривбасу [3].

Доцільно охарактеризувати всі чинники, які впливають на гідрохімічний стан р. Інгулець, а значить, і на донні відклади цієї гідроекосистеми.

До антропогенних чинників впливу на гідроекосистеми прийнято відносити, в першу чергу, діяльність агропромислового комплексу, комунального господарства та рекреаційну діяльність. Так, території, якими протікає річка Інгулець у своєму верхів'ї є розвинутими у сільськогосподарському плані районами. Навіть протікаючи територією м. Кривий Ріг р. Інгулець межує із полями. Розповсюджене недотримання вимог Водного Кодексу України, щодо меж водозахисних смуг призводить до того, що відбуваються регулярні змиви з полів ґрунту. Останній містить у собі різноманітні хімічні сполуки: добрива (сполуки нітрогену та фосфору), гербіциди, пестициди, інсектициди та інші речовини, що використовуються під час вирощування сільськогосподарських культур. Не можна не згадати тваринництво. Так, з розташованих на невеликій відстані від річки птахо- та

свиноферм за умов недотримання утилізації фекальних відходів можуть потрапляти значні обсяги органічних забруднюючих речовин. І навіть після припинення їх діяльності, певний час в річку можуть надходити шкідливі домішки. Так, неподалік с. Зелене – правий берег р. Інгулець (район Південного ГЗК), спостерігались стоки старих, зруйнованих свиноферм, з яких до річки надходив фенол.

Комунальна діяльність міста з чисельністю населення біля 700 тис. мешканців безумовно чине вплив на гідросистему р. Інгулець. Багаточисельні очисні споруди, старі комунікації, які постійно руйнуються, система комплексу водозабезпечення міста та інше обумовлюють надходження до річки як неорганічних так і органічних поллютантів.

Рекреаційне навантаження на гідросистему р. Інгулець можна вважати мінімальним. Проте, не можна не зауважити значну засміченість прибережної смуги. Значні обсяги побутового та будівельного сміття не тільки не прикрашають берегові ландшафти, але й привносять в річку певні, іноді дуже небезпечні речовини.

Загалом гідрологічний та гідрохімічний режими річки Інгулець підпадаються під інтенсивну антропогенну трансформація, оскільки вода досліджуваної гідроекосистеми забруднена як побутовими відходами, так і промисловими продуктами діяльності підприємств, які використовують воду для забезпечення своїх потреб.

Точну оцінку щорічного економічного й екологічного збитків ніколи не проводили, але, за експертною оцінкою фахівців, вони становлять десятки мільярдів гривень щорічно. Тому є гостра потреба швидко знайти науково обґрунтовані технічні рішення, які б сприяли зменшенню забруднення водою Кривбасу та прилеглих областей.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ТА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ

2.1 Характеристика системи моніторингу за якістю води у р. Інгулець

Діюча в Україні система Державного моніторингу водних об'єктів (ДМВ) забезпечує отримання первинних даних про склад та обсяги викидів домішок у поверхневі водні об'єкти, узагальнених даних про рівень забруднення на певній території за певний проміжок часу, показників стану й якості та оцінок небезпечності забруднення водного басейну за стандартними методиками [4–8].

Моніторинг гідрохімічного режиму р. Інгулець розпочався разом з будівництвом у 1951 р. на півдні Миколаївської та заході Херсонської областей Інгулецької зрошувальної системи (ІЗС), зрошуваний масив якої обмежується на заході р. Інгул та Бузьким лиманом, на півдні – річкою Дніпро, на сході – річкою Інгулець. Північна межа зрошуваного масиву проходить по Інгулецькому магістральному каналу (ІМК), який перетинає межиріччя Інгулець-Південний Буг від м. Снігурівки до селища Жовтневого. Протяжність масиву зі сходу на захід близько 65 км, а з півночі на південь близько 60 км [10, 11].

Державний моніторинг водних об'єктів представлений мережею станцій і постів контролю стану довкілля Державною екологічною інспекцією та Державним агентством водних ресурсів. Моніторинг якості води р. Інгулець проводиться в пунктах смт Петрово, с. Карачунівка, с. Мар'янівка, с. Кудашівка, м. Кривий Ріг, с. Латівка, м. Інгулець, с. Андріївка; м. Снігурівка; с. Дар'ївка, гирло річки. Дані моніторингу розміщено на офіційній сторінці Державного агентства водних ресурсів України.

2.2 Методика оцінки рівня забруднення поверхневих вод

В діяльності установ Державної гідрометслужби та Державного агентства водних ресурсів України застосовується методика оцінки якості води

Гідрохімічного інституту [5]. Поширеною методикою інтегральної оцінки є також розрахунок індексів забруднення води [7].

Комплексні індекси, на основі яких здійснюється екологічна оцінка якості вод, розраховуються за всіма гідрохімічними показниками або за їхніми частинами. Вони характеризують стан води в цілому, при цьому інформація по окремих показниках втрачається.

Послідовність виконання оцінки складається з двох етапів: на першому етапі здійснюється розрахунок значення показника, а на другому за розрахованим значенням індексу і за шкалою якості надається словесна характеристика води. Оцінка представляється в балах.

Індекс забруднення води (ІЗВ) розраховується за формулою

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ГДК_i}, \quad (1)$$

де ГДК_i – гранично допустима концентрація хімічного компонента;

C_i – фактична концентрація хімічного компонента;

6 – кількість інгредієнтів.

Отже, кількість показників, які беруться для розрахунку ІЗВ, дорівнює шести і включає до себе розчинений кисень (O₂), біохімічне споживання кисню (БСК₅), амоній (NH₄), нітрити (NO₂⁻), нафтопродукти (НП), феноли (C₆H₅OH).

На відміну від інших показників, для розчиненого кисню при розрахунках ІЗВ береться співвідношення норматив (ГДК_i) / реальна концентрація (C_i).

Критерії оцінки якості вод за ІЗВ наведені в таблиці 2.1 [8].

Таблиця 2.1 – Критерії оцінки якості вод за індексом забруднення води (ІЗВ) [8]

Клас якості води	Характеристика класу	Значення індексу забруднення води
I	Дуже чиста	≤0,3
II	Чиста	0,3–1,0
III	Помірно забруднена	1,0–2,5
IV	Забруднена	2,5–4,0
V	Брудна	4,0–6,0
VI	Дуже брудна	6,0–10,0
VII	Надзвичайно брудна	>10,0

До I класу належать води, на які найменше впливає антропогенне навантаження. Значення їх гідрохімічних і гідробіологічних показників забруднення води (ІЗВ) [8] близькі до природних значень для даного регіону. Для вод II класу характерні певні зміни порівняно з природними, однак ці зміни не порушують екологічної рівноваги. До III класу належать води, які перебувають під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем. Води IV–VII класів відносяться до вод з порушеними екологічними параметрами, і їхній екологічний стан оцінюється як екологічний регрес.

Модифікований ІЗВ [8] розраховується теж за шістьма показниками: біохімічне споживання кисню (БСК_5) та розчинений кисень (O_2) є обов'язковими, а інші чотири показника беруть за найбільшим відношенням до ГДК з переліку: SO_4^{2-} , Cl^- , ХСК, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , $\text{Fe}_{\text{заг}}$, Mn^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cr^{6+} , Ni^{2+} , Al^{3+} , Pb^{2+} , Hg^{2+} , As^{3+} , нафтопродукти (НП), синтетичні поверхневі активні речовини (СПАР).

2.3 Методика оцінки екологічних ризиків недосягнення екологічних цілей для МПВ

Згідно Водної Рамкової Директиви (ВРД) ЄС (ВРД ЄС 2000/60/ЄС, 2006; Directive 2000/60/EC, 2000) для кожного з основних річкових басейнів України має бути розроблений план управління, метою якого є досягнення у встановлені строки екологічних цілей – “доброго” екологічного стану масивів поверхневих та підземних вод, а також “доброго” екологічного потенціалу штучних або істотно змінених масивів поверхневих вод.

З метою впровадження задач співробітництва ЄС та України в сфері охорони природного навколишнього середовища й у відповідності до пункту 2 частини другої статті 132 Водного кодексу України, пункту 6 постанови Кабінету Міністрів України від 18 травня 2017 р. № 336 були розроблені «Методичні рекомендації щодо визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан поверхневих вод». Ці методичні

рекомендації були схвалені науково-технічною радою Держводагенства у 2018 році [8]. Критерієм оцінки основних антропогенних навантажень на стан поверхневих вод або масивів поверхневих вод (МПВ) є визначення ризику недосягнення екологічних цілей. В залежності від якісних або кількісних показників антропогенних навантажень виділено 3 категорії наслідків антропогенного впливу: «без ризику»; «можливо під ризиком»; «під ризиком».

Результати оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів є основою для розроблення та виконання програми заходів для досягнення екологічних цілей.

Згідно представленої методики, одним з етапів є дослідження впливу антропогенних навантажень на стан поверхневих вод на основі оцінки ризику недосягнення екологічних цілей за хімічними та фізико-хімічними показниками. Оцінка ризику досягнення чи недосягнення екологічних цілей для масивів поверхневих вод (МПВ) здійснюється за критеріями, визначеними у цих Методичних рекомендаціях, з використанням всієї наявної інформації щодо стану МПВ. Оцінка ризику досягнення чи недосягнення екологічних цілей для МПВ перевіряється або підтверджується результатами моніторингу. Хімічні та фізико-хімічні показники відіграють вирішальну роль, оскільки їх зміна може вплинути на стан МПВ.

Критерії оцінки ризиків недосягнення екологічних цілей для МПВ застосовуються шляхом порівняння існуючої інформації з встановленими пороговими значеннями для хімічних та фізико-хімічних показників.

Цією Методикою запроваджуються два типи показників:

- тип та величина основних антропогенних навантажень;
- хімічні та фізико-хімічні показники (дані моніторингу).

Для показника «хімічні та фізико-хімічні показники» використовуються дві категорії:

- «без ризику»
- «під ризиком».

Для картографічного позначення результатів оцінки ризику недосягнення екологічних цілей для МПВ використовують відповідні позначення (табл. 2.2).

Для показників, визначених за результатами моніторингу стану МПВ, пропонуються такі критерії (граничні значення) для всіх трьох типів МПВ категорії річки. Порогові значення хімічних та фізико-хімічних показників наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.2 – Результати оцінки ризику недосягнення екологічних цілей для МПВ

Категорії	Назва категорії	Позначення
1	«без ризику»	зелений
2	«під ризиком»	червоний

Перевищення граничних значень показників ставить МПВ під ризик недосягнення екологічних цілей (для розчиненого кисню – навпаки: зниження його вмісту у воді).

Таблиця 2.3 – Критерії ризику для хімічних та фізико-хімічних показників

Річки	Оксиген* (%насичення)	<i>BCK5</i> ** мг/дм ³	<i>NH₄</i> ** мг/дм ³	<i>NH₄</i> *** мг/дм ³	<i>PO₄</i> *** мг/дм ³	<i>pH</i> мг/дм ³
Малі	75	5	0,4	0,15	0,2	6,5-8,5
Середні	70	6	0,6	0,2	0,3	
Великі	60	7	0,8	0,3	0,4	

Примітка: *10% процентиль – всі сезони, порівняльні умови вимірювання, щонайменше 12 вимірювань; **90% процентиль – всі сезони, репрезентативні умови, щонайменше 12 вимірювань; *** – середньорічне значення

Процентиль є ймовірністю того, що випадкова величина X буде менше заданого x , що записується у виді $p (X < x)$. Процентиль P пов'язана із забезпеченістю випадкової величини $P(x)$ таким чином: $P = 1 - P(x)$.

2.4 Мережа моніторингу та матеріали дослідження

На підставі Водного кодексу України державне управління водними ресурсами здійснюється за басейновим принципом. Відповідно до ст. статті 13⁻¹ Водного кодексу України на території України встановлено 9 районів річкових басейнів, в межах яких, для проведення моніторингу за станом природних вод виділяються окремі масиви поверхневих та підземних вод.

Згідно з Методикою визначення масивів поверхневих та підземних вод, що затверджена наказом Міндовкілля від 14.01.19 № 4 та зареєстрована у Мін'юсті від 22.03.2019 №287/33258, масиви поверхневих вод є - поверхневими водними об'єктами або їх частинами, для яких встановлюються екологічні цілі та які використовуються для оцінки досягнення цих екологічних цілей.

Визначення масивів поверхневих вод є складовою аналізу характеристик району річкового басейну (далі - РРБ), здійснюється для точного опису стану поверхневих вод і ґрунтується на географічних та гідрологічних показниках, а також інформації щодо основних антропогенних впливів на кількісний та якісний стан поверхневих і підземних вод, економічному аналізу водокористування та результатах виконання програми державного моніторингу вод.

Стратегічною екологічною ціллю для всіх РРБ є досягнення/підтримання «доброго» екологічного та хімічного станів масивів поверхневих вод та «доброго» хімічного та кількісного станів масивів підземних вод. Для штучних масивів поверхневих вод (далі - ШМПВ) та істотно змінених масивів поверхневих вод (далі - ІЗМПВ) стратегічною екологічною ціллю є досягнення/підтримання «доброго» екологічного потенціалу та «доброго» хімічного стан.

Визначення масивів поверхневих вод здійснюється суб'єктами державного моніторингу вод, що встановлені [Порядком здійснення державного моніторингу вод](#), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2018 року № 758 (далі – Порядок).

Відповідно до пункту 6 Порядку, суб'єктом моніторингу поверхневих вод є Держводагентство, в басейні р. Інгулець – водогосподарські організації Регіональний офіс водних ресурсів у Кіровоградській, Дніпропетровській та Миколаївській областях (лабораторії моніторингу вод).

Згідно з діючою програмою моніторингу, відбір проб води здійснюється лабораторіями зазначених водогосподарських організацій та лабораторією моніторингу Південного регіону у 13 створах. У розрізі водних об'єктів в басейні р. Інгулець точки відбору проб розташовані:

- р. Інгулець, 393 км, смт Петрово, Іскрівське вдсх., питний в/з селища;
- р. Інгулець, 348 км, Карачунівське водосховище, с. Карачунівка;
- р. Інгулець, с. Мар'янівка, Карачунівське водосховище (вплив хвостосховища ЦГЗКа);
- р. Інгулець, с. Кудашівка, Карачунівське водосховище (вплив приток Боковенька та Бокова);
- р. Інгулець, 335 км, м. Кривий Ріг, Карачунівське в-ще, питний в/з міста;
- р. Інгулець, 325 км, м. Кривий Ріг, гідрологічний пост, 12 км нижче греблі Карачунівського водосховища, в створі металічного пішохідного мостика;
- р. Інгулець, м.Кривий Ріг, вул. Переяславська;
- р. Інгулець, м.Кривий Ріг, м.Кривий Ріг, вул. Суботня, південна околиця міста;
- р. Інгулець, с.Латівка, с.Латівка, міст;
- р. Інгулець, м. Інгулець, м. Інгулець;
- р. Інгулець, 265 км, с. Андріївка;
- р. Інгулець, 104 км, м. Снігурівка;
- р. Інгулець, 20 км, с. Дар'ївка.

Періодичність відбору проб – щомісяця.

У зв'язку з бойовими діями та територіях в басейні р. інгулець, відбір проб та робота лабораторій були призупинені до вересня 2022 року. Дослідження

проводились за 36 фізико-хімічними показниками, залізом загальним та марганцем. Також, проводилась консервація, пробопідготовка та екстракція для подальшого дослідження за пріоритетними речовинами та важкими металами в лабораторії Дністровського БУВР та інших лабораторіях.

Для проведення оцінки екологічного стану поверхневих вод басейн Інгульця було поділено на 3 ділянки:

– р, Інгулець від витoku до кордону Кіровоградської та Дніпропетровської областей; – р, Інгулець від кордону Кіровоградської та Дніпропетровської областей до кордону Дніпропетровської та Херсонської областей (виключаючи р, Саксагань); – р, Інгулець від кордону Дніпропетровської та Херсонської областей до гирла.

Дослідження якості води були здійснені за період з 2019 по 2024 роки у 13 створах спостереження, які показано на карті (рис. 2.1), за наступними забруднюючими речовинами: завислі речовини, розчинений кисень, БСК₅, ХСК, сульфати, хлориди, азот амонійний, нітрати, нітри, фосфати, СПАР.

Для проведення оцінки водогосподарської діяльності в басейні річки було використано офіційні дані статистичної звітності Держводгоспу про водокористування за період з 2019 по 2024 роки. В роботі виконано просторовий аналіз гідрохімічних показників якості води по довжині річки. Екологічну оцінку якості річкових вод басейну Інгульця виконано за середньорічними значеннями показників якості води у 2019-2024 роках. Оцінку екологічного ризику досягнення чи недосягнення екологічних цілей для МПВ проводили за результатами моніторингу у тих самих створах спостереження. Вихідними даними були офіційні дані моніторингу за якістю води Держводгоспу.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ВПЛИВУ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ВОДНІ РЕСУРСИ В БАСЕЙНІ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ

3.1 Аналіз водогосподарської діяльності в басейні р. Інгулець

Господарська діяльність в басейні р. Інгулець має складну та багатогалузеву структуру. Поєднання основних напрямків виробництва з особливостями функціонування систем водокористування утворили низку інших потужних природно-техногенних систем — водогосподарських, функціонування яких ставить р. Інгулець у ряд особливого типу річок України.

Водокористування і водовідведення. Важливим чинником впливу на гідролого-гідрохімічні характеристики річок з господарською діяльністю є водокористування та водовідведення, облік яких здійснюється Державним агентством водних ресурсів України [7].

Найбільшими водокористувачами в басейні р. Інгулець є промисловість, житлово-комунальне і сільське господарство. В адміністративно-територіальному відношенні основний забір води в басейні р. Інгулець здійснюється підприємствами Дніпропетровської та Миколаївської областей. Значно менше використовують водні ресурси водокористувачі Кіровоградщини та Херсонщини. Всього, станом на 01.01.2025 року, в басейні р. Інгулець нараховується близько 271 підзвітних водокористувачів.

До кінця 80-х років минулого сторіччя використання води в басейні р. Інгулець невпинно зростало через екстенсивний розвиток промислового та сільськогосподарського виробництва. Разом з тим, зростала кількість річкових водозаборів. Зараз в басейні р. Інгулець функціонує близько двадцяти потужних водозаборів, кожен з яких споживає понад 0,001 млн. м³/рік води з поверхневих джерел.

За даними Держводагентства України, за останні 20 років кількість водозаборів в басейні зменшилась більш, ніж удвічі. Разом з тим скоротився забір поверхневих вод басейну р. Інгулець. За період 1990-2023 рр.

використання поверхневих та підземних вод в басейні р. Інгулець зменшилось в більше ніж у півтора рази.

Аналіз змін рівня водокористування в басейні р. Інгулець було виконано для трьох ділянок: I – р, Інгулець від витoku до кордону Кіровоградської та Дніпропетровської областей; II – р, Інгулець від кордону Кіровоградської та Дніпропетровської областей до кордону Дніпропетровської та Херсонської областей (виключаючи р, Саксагань); III – р, Інгулець від кордону Дніпропетровської та Херсонської областей до гирла.

У цілому, за останні п'ять років, у басейні р. Інгулець спостерігається чітка тенденція до зменшення забору та використання води, а також до зменшення обсягів скидів стічних вод і забруднюючих речовин. Так, за осередненими даними річний забір води [42] у басейні р.Інгулець зменшився більше ніж на 24 %. При цьому, забір підземних вод зменшився з 52,35 до 31,74 млнм³, тобто у 1,65 разів, його частка в сумарному заборі води також стала меншою і становить 15–16 %.

На підставі даних державного обліку водокористування протягом останніх років обсяги водозабору в басейні річки значно зменшилися. Найменший за величиною обсяг водозабору зафіксований 2022 року – 50,997 млн м³. Так, за осередненими даними річний забір поверхневої води [2] у басейні р.Інгулець склав – 32,265 млн м³ води, що на 191,995 млн м³ (85,6 %) менше порівняно з 2020 роком. При цьому, забір підземних вод зменшився до 18,732 млн м³ води, що на 5,67 млн м³ (30,27 %) менше порівняно з 2020 роком. Динаміку забору води та його розподіл на різних ділянках басейну р. Інгулець наведено на рисунках 3.1 та 3.2.

Найбільший об'єм води щороку забирається на третій (нижній) ділянці басейну, 99,0 % з яких забирається з поверхневих природних водних об'єктів. Розподіл використання забраної води за потребами населення свідчить, що на I та II ділянках водоспоживання для задоволення виробничих потреб є найбільшим, що становить 66,4% на верхній та 74% на середній ділянках (рис.

3.3 а, 3.3 б). У нижній ділянці, із загальної кількості забраної води більше ніж 90,4% від забраної використовується на потреби зрошення (рис. 3.3 в).

Основним питанням в басейні р. Інгулець є проблема водозабезпечення житлово-комунального господарства. Майже до початку 50-х років минулого сторіччя стан води річок Інгулець і Саксагань з точки зору санітарно-гігієнічних показників був задовільним. У 40-50-х роках ХХ ст. воду з р. Інгулець використовували для питних цілей у верхній течії річки (с. Лозоватка) в межах міста, а також у нижній течії річки (с. Широке). Випадків захворювань або отруєнь при споживанні річкової води серед місцевого населення не було [5].

На сучасному етапі норма водокористування підприємствами житлово-комунального господарства в басейні р. Інгулець коливається в межах 125-160 $\text{дм}^3/\text{добу}$ на одного мешканця. Найвищий рівень водопостачання має м. Кривий Ріг. Чисельність населення міста (724 тис. осіб) становить близько 67% всього міського населення, що проживає в межах басейну р. Інгулець. Тому основний обсяг водокористування в житлово-комунальній сфері для населення в басейні Інгульця припадає на забезпечення потреб м. Кривий Ріг і становить близько 130 млн. м^3 на рік.

Для водопостачання населених пунктів південної частини басейну та інших водокористувачів споруджено 26 ставків загальним об'ємом 10 млн. м^3 . Для водопостачання м. Миколаєва частково використовується вода з Інгулецької зрошувальної системи. На кожному водосховищі функціонують водоочисні станції (ВОС) для підготовки питної води, які розміщені в їх приберегових зонах. Найбільші ВОС - Карачунівська (1957 р.), потужністю 250,0 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$ та Радущанська (1961 р.), потужністю 950,0 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$. В м. Снігурівка водопостачання здійснюється з підземних джерел [14].

Проблема водопостачання сільського населення в басейні є найбільш складною. Рівень забезпечення сільського населення гарантованим водопостачанням залишається в цілому низьким і здійснюється, в основному, з шахтних колодязів та індивідуальних свердловин, іноді з поверхневих джерел чи групових водопроводів. Часто в сільських місцевостях облаштовують

спеціальні басейни для заповнення їх привізною питною водою. Лише деякі крупні фермерські господарства здійснюють водопостачання локальними водопроводами із свердловин, іноді з поверхневих джерел чи групових водопроводів [4].

3.2 Оцінка впливу скидів забруднюючих речовин у водні об'єкти

Протягом останніх 15 років через економічні труднощі майже повністю припинилося будівництво і введення в експлуатацію нових потужностей, а також реконструкція діючих споруд і мереж водопровідно-каналізаційного господарства в басейні р. Інгулець.

В окремих випадках спостерігається і прямий скид господарсько-побутових стічних вод в поверхневі джерела, що не рідко призводить до погіршення якості води річок. Так, у Центральному районі м. Кривий Ріг спостерігається надходження неочищених господарсько- побутових стічних вод до поверхневих джерел басейну р. Інгулець.

Водопровідні очисні споруди, які проектувалися та будувалися згідно з раніше діючими нормативами, сьогодні вже не спроможні без удосконалення технологій і застосування нових високоефективних реагентів перешкодити надходженню у питну воду шкідливих речовин.

Разом з тим, за останні 20 років на більшості гідротехнічних споруд не виконували капітального ремонту, і як наслідок - вони вичерпали свої експлуатаційні можливості і знаходяться в незадовільному технічному стані. За таких умов на існуючій мережі водопостачання та водовідведення не виключені аварійні ситуації.

Сьогодні актуальним є порушення функціонування водоохоронних зон (35-40%), будівництво приватних будинків поблизу річок без належної документації та з порушенням законодавства. Це створює загрозу забруднення поверхневих вод господарсько-побутовими твердими і рідкими відходами. Тому слід провести упорядкування водоохоронних зон і прибережних смуг,

посилити контроль за додержанням положень Водного Кодексу України та відповідальність за його порушення [7].

Водозабезпечення промисловості. Як відомо, господарська діяльність в басейні р. Інгулець характеризується значним розвитком промисловості. В межах території досліджень розташовані два потужні промислові осередки України - Криворізький залізорудний басейн, частина Дніпровського буровугільного басейну (район м. Олександрія) [1].

Помітний антропогенний вплив людини на поверхневі води розпочався з 1881 р. в районах поширення покладів залізних руд. У цей період утворилися перші шахти і почали формуватися гірничопромислові геотехногенні системи. З діяльністю перших промислових гірничовидобувних та обробних підприємств було пов'язано забруднення трьох річок - р. Інгулець (нижче м. Кривий Ріг), р. Саксагань (нижче с. Веселі Терни) та р. Жовта (в районі с. Аннівка). Забруднення гідроекосистеми відбувалося за рахунок скиду високомінералізованих рудничних шахтних і кар'єрних вод, а також недоочищених стічних вод металургійних підприємств у поверхневі джерела. Певну роль у забрудненні відігравали господарсько-побутові стічні води великих міст регіону (м. Олександрія, м. Жовті Води, м. Знам'янка, м. Кривий Ріг) та невеликих населених, пунктів [11].

Як показали дослідження, на сьогоднішній день в межах басейну р. Інгулець функціонує понад сотню промислових підприємств та об'єктів, які забруднюють поверхневі води басейну р. Інгулець. Крім того, їхня кількість також нерівномірно розподілена по довжині річки. Так, у верхній частині басейну станом на 2024 рік зареєстровано 107 водокористувачів, на середній ділянці їхня кількість – 85, у нижній частині басейну – 79. Із загальної кількості водокористувачів в басейні р. Інгулець понад 20 підприємств здійснюють скиди стічних вод в поверхневі джерела, тобто є потенційними точковими джерелами забруднення річкових вод.

Динаміка скиду зворотніх вод в басейні р. Інгулець (рис. 3.4) свідчить про значне зменшення скиду на середній ділянці басейну у період 2020-2023 роки,

що відбувалось за рахунок зменшення скиду високомінералізованих рудничних шахтних і кар'єрних вод, а також недоочищених стічних вод металургійних підприємств у поверхневі джерела.

В загальному об'ємі зворотних вод у верхній та нижній ділянках басейну більшу частку становлять скиди нормативно чистих зворотних вод (рис. 3.5). На середній ділянці басейну річки Інгулець майже 73 % зворотних вод від загального водовідведення становлять нормативно очищені на спорудах зворотні (стічні) води.

Система водопостачання підприємств промислового сектору та водовідведення промислових стічних вод має свої особливості. Значні об'єми використання водних ресурсів у промисловості пов'язані зі специфікою технології видобутку та переробки корисних копалин. Найбільш водоемні промислові підприємства розташовані в м. Кривий Ріг, м. Жовті Води та м. Олександрія. В них сконцентровано близько 90% всього промислового виробництва в межах досліджуваного регіону.

В басейні р. Інгулець з надр щорічно відкачується 50-55 млн. м³ високомінералізованих вод (мінералізація понад 30 г/дм³).

Середні значення мінералізації шахтних вод по окремих шахтах коливається в межах 30-95 г/дм³, а в окремих пробах досягають 170 г/дм³. В сольовому складі переважають іони хлору (до 57 г/дм³), натрій-калію (до 32 г/дм³), магнію (до 2,6 г/дм³), сульфатів (до 1.5 г/дм³). Тому за хімічним складом рудничні води характеризуються як високомінералізовані солоні і розсоли. Хімічний тип вод хлоридно-натрієво-магнієво-сульфатний.

До 1960 р. шахтні води скидалися безпосередньо в річки Інгулець і Саксагань. Внаслідок такої діяльності екологічний стан гідроекосистеми значно погіршився. Тому в 1961-1964 рр. було споруджено спеціальні акумулюючі водойми та ставок-накопичувач в балці Свистунова (1977 р.), в які транспортуються високомінералізовані шахтні води.

За останні роки спостерігається зменшення обсягів відкачуваних вод із шахт Кривбасу, хоча вони і залишаються на досить високому рівні.

У хвостосховищах кар'єрні і шахтні води змішуються з річковою водою, в результаті чого мінералізація знижується до 5-20 г/дм³. Звідси води транспортуються і використовуються в системах зворотного водопостачання підприємств. Проте, в зв'язку із систематичним переповненням хвостосховищ і ставка-накопичувача у балці Свистунова в зимовий період проводять скиди високомінералізованих рудничних та шахтних вод в об'ємі 70-90 млн. м³ до річок Інгулець та Саксагань.

Скидання стічних вод проводиться після завершення вегетаційного періоду, коли температура води в річці стає нижчою +10°C (як правило з листопада). Завершення скидів відбувається не пізніше ніж на початку квітня – з початком нерестового періоду риби.

Разом із стічними водами підприємств до поверхневих джерел надходить значна кількість забруднюючих хімічних речовин [1].

За даними досліджень Інституту геологічних наук НАН України в останні роки спостерігається помітне зменшення об'ємів скиду промислових стічних вод підприємствами Кривбасу до поверхневих водних об'єктів басейну р. Інгулець, що пов'язано зі зменшенням видобутку та переробки залізних руд. Це підтверджується матеріалами звітності Державного агентства водних ресурсів України.

Водозабезпечення сільського господарства. Додатковий вплив на гідроекологічний стан поверхневих вод здійснює активне сільськогосподарське використання території. Неприятливі посушливі кліматичні умови території басейну зумовили необхідність створення зрошувальних систем і каналів.

Нерівномірний розподіл опадів по території зумовлює нестабільність землеробства. Особливо це стосується південної частини басейну, де випадає в середньому за рік 400-450 мм опадів. Для отримання гарантованих врожаїв у басейні р. Інгулець побудовано унікальні зрошувальні системи.

Типовим прикладом господарської діяльності в сфері зрошувального землеробства є будівництво та функціонування найбільшої в Україні Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи (ІЗС) (1951-1963 рр.), яка

знаходиться на півдні Миколаївської та заході Херсонської областей. Зараз площа зрошуваних земель становить понад 60 тис. га. а площа обводнення - 175 тис. га.

Джерело живлення Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи - р. Дніпро, вода з якого антирічкою по заглибленому на відстані 80 км руслу р. Інгулець надходить до місця водозабору головної насосної станції продуктивністю 36 м³/с. В межах водозабору вода інгулецька і дніпровська змішується (співвідношення близько 20- 25% та 75-80% відповідно), внаслідок чого набуває допустимої якості.

Проте якість поливної води не є ідеальною і використання її тягне за собою низку проблем, пов'язану з засоленням ґрунтів на значній площі [7].

Процеси формування хімічного складу вод р. Інгульця відбуваються під впливом потужного антропогенного навантаження на водні ресурси, наслідки якого посилюються в умовах глобального потепління [16, 17]. У зв'язку із цим дуже важливим є не тільки спостереження і контроль якості води, а й своєчасний аналіз зміни гідрохімічних показників в часі та просторі, достовірна оцінка якості води.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

4.1 Результати оцінки просторової динаміки фізико-хімічних показників якості води р. Інгулець

Для більш детального аналізу в залежності від характеру рельєфу річища р. Інгулець було поділено на три ділянки: верхню течію – р. Інгулець від витoku до кордону Кіровоградської та Дніпропетровської областей; середню – р. Інгулець від кордону Кіровоградської та Дніпропетровської областей до кордону Дніпропетровської та Херсонської областей (виключаючи р. Саксагань); і нижню течію – р. Інгулець від кордону Дніпропетровської та Херсонської областей до гирла.

По довжині всієї річки Інгулець розміщено не тільки технічні, а й питні водозабори, що свідчить про важливість здійснення постійного моніторингу за показниками якості води у річці. У даній роботі було проведено аналіз зміни таких показників якості води, як: сульфати, хлориди, БСК₅, розчинений кисень, концентрації завислих речовин, перманганатна окислюваність, біхроматна окислюваність (ХСК), азот амонійний, нітритний та нітратний, фосфор фосфатів, СПАР за період спостереження 2019-2024 рр. Фактичні концентрації забруднювачів порівнювались зі значеннями гранично допустимих концентрацій для водойм рибогосподарського значення.

Сульфати разом з хлоридами є найбільш поширеними видами забруднень у воді. Вони проникають в неї внаслідок вимивання осадових гірських порід, вилуговування ґрунту та іноді внаслідок окислення сульфідів і сірки— продуктів розпаду білка зі стічних вод. Вміст сульфатів в природних водах коливається в широких межах (від часток міліграма до кількох грамів на літр). Великий вміст сульфатів у воді може викликати корозію бетону і залізобетонних конструкцій. Наявність у воді сульфатів більше 500 мг/дм³ надає

їй солонуватий присмак і призводить до порушення роботи травної системи у людей [28, 29].

Середньорічні концентрації сульфатів з 2019 по 2024 роки змінювались у верхній ділянці річки в межах $75,1 \text{ мг/дм}^3$ – 243 мг/дм^3 . Суттєве підвищення концентрації сульфатів спостерігається у середній ділянці річки в м. Кривий ріг, у створі постереження нижче греблі Карачунівського водосховища. На рис.4.1 наведено зміну концентрації сульфатів у воді р.Інгулець, яка свідчить про чітку динаміку до збільшення концентрації сульфатів за течією річки.

Найбільші значення концентрації сульфатів спостерігались у нижній ділянці басейну річки і коливались від 650 мг/дм^3 до 750 мг/дм^3 .

За весь період 2019-2024 рр. вміст сульфатів у воді річки у верхній ділянці басейну знаходився менше ГДК_{р-г} (100 мг/дм^3), трохи нижче, у середній ділянці – спостерігалось перевищення ГДК у 1,5-4,2 рази, у нижній ділянці – цей показник перевищував значення ГДК у 4,5-5,3 рази.

Хлориди є переважаючим аніоном в високомінералізованих водах. Концентрація хлоридів у поверхневих водах схильна до сезонних коливань, яка корелює зі зміною загальної мінералізації води [29].

Вміст хлоридів у природних водах коливається в широких межах (від часток міліграма до кількох грамів на літр) і обумовлений вимиванням солевмісних порід або скиданням у водойми промислових та побутових стічних вод. Первинними джерелами хлоридів є магматичні породи, до складу яких входять хлорвміщуючі мінерали (содаліт, хлорапатіт і ін.), соленосні відкладення, в основному галит. Хлориди існують майже в усіх водах через велику розчинність хлористих солей, а також унаслідок вимивання хлористих сполук з найближчих шарів [28].

Значні кількості хлоридів надходять у воду в результаті взаємодії атмосферних опадів з ґрунтами, особливо засоленими. До значного підвищення концентрації хлоридів у р. інгулець призводять скиди промислових та господарсько-побутових стічних вод [29].

З усіх аніонів хлориди володіють найбільшою міграційною здатністю, що пояснюється їх доброю розчинністю, слабо вираженою здатністю до сорбції звязаними речовинами і споживанням водними організмами. Підвищення вмісту хлоридів погіршує смакові якості води, роблять її малопридатною для питного водопостачання та обмежують застосування для багатьох технічних і господарських цілей, а також для зрошення сільськогосподарських угідь. Якщо у питній воді є іони натрію, то концентрація хлориду вище 250 мг/дм³ надає воді солоний смак, а при концентрації більше 350 мг/дм³ призводить до порушення травної системи у людей (ГДК для вод господарсько-питного призначення становить 250 мг/дм³). При контакті з бетоном хлориди руйнують його в результаті вилугування з вапна розчиненого хлориду кальцію і гідроксиду магнію. Концентрації хлоридів і їх коливання, в тому числі добові, можуть служити одним з критеріїв забрудненості водойми господарсько-побутовими стоками [28, 29].

З рисунку 4.1 видно, що спостерігається суттєве зростання хлоридів у річковій воді на ділянці нижче Карачунівського водосховища. Така тенденція спостерігалась у весь період дослідження, з 2019 по 20204 рр. У створі, що знаходиться в середній частині р.Інгулець (біля м. Кривий Ріг), значення концентрації хлоридів коливались від 500 мг/дм³ до 740 мг/дм³. В осінньо-зимовий період періодично спостерігається підвищення вмісту хлоридів від 650 мг/дм³ до 1200 мг/дм³.

Вміст хлоридів у воді р.Інгулець в межах середньої та нижньої ділянки басейну перевищував значення ГДК у 1,8-2,3 рази.

Завислі речовини (грубодисперсні домішки). Побутові та промислові стічні води містять значну кількість звязаних органічних і мінеральних речовин, які можуть погіршити органолептичні властивості води, а іноді виявитися і шкідливими для організму. Тому «Правилами охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» передбачається, що при спуску стічних вод вміст звязаних речовин не повинен збільшуватися більш ніж на 0,25 мг/дм³ у водоймах, що використовуються для питного водопостачання та

водопостачання харчових підприємств, і на $0,75 \text{ мг/дм}^3$ – для водойм, що використовуються для рекреації.

Зважені тверді речовини, що присутні в природних водах, складаються з часток глини, піску, мулу, суспендованих органічних і неорганічних речовин, планктону і різних мікроорганізмів. Концентрація зважених часток пов'язана із сезонними факторами і режимом стоку, залежить від порід, що складають русло, а також від антропогенних факторів [51,54].

Джерелами завислих речовин можуть служити процеси ерозії ґрунтів і гірських порід, збівтування донних відкладень, продукти метаболізму і розкладання гідробіонтів, продукти хімічних реакцій і антропогенні джерела [54].

Зважені частинки впливають на прозорість води і на проникнення в неї світла, на температуру, склад розчинених компонентів поверхневих вод, адсорбцію токсичних речовин, а також на склад і розподіл відкладень і на швидкість накоплення мулу (осаду). Вода, в якій багато зважених часток, не підходить для рекреаційного використання з естетичних міркувань. Вміст зважених речовин вимірюється в г/м^3 (мг/дм^3) [51].

На рисунку 4.2 показано зміну за течією концентрації завислих речовин у воді р.Інгулець в межах контрольних створів.

Як можна бачити з рисунка 4.2, вміст завислих речовин знаходився у межах $2,5 - 9,08 \text{ мг/дм}^3$. Спостерігається чітка тенденція до збільшення вмісту завислих речовин від витoku до гирла.

Розчинений кисень. Кількість розчиненого кисню залежить від температури води і барометричного тиску. У чистих відкритих водоймах при температурі $+5 - +15 \text{ }^\circ\text{C}$ вміст кисню становить $3 - 6 \text{ мг/дм}^3$, при сильному забрудненні він знижується до нуля за рахунок поглинання його водною фауною і забруднюючими воду органічними речовинами [47].

На вміст розчиненого кисню у воді впливають дві групи протилежно спрямованих процесів: одні збільшують концентрацію кисню, інші зменшують її. До першої групи процесів, що збагачують воду киснем, варто віднести:

- процес абсорбції кисню з атмосфери;
- виділення кисню водяною рослинністю в процесі фотосинтезу;
- надходження у водойми з дощовими і сніговими водами, що звичайно пересичені киснем. [47].

До групи процесів, що зменшують вміст кисню у воді, відносяться реакції споживання його на окислювання органічних речовин: біологічне (дихання організмів), біохімічне (дихання бактерій, витрата кисню при розкладанні органічних речовин) і хімічне (окислювання Fe^{2+} , Mn^{2+} , NO_2^- , NH_4^+ , CH_4 , H_2S). Швидкість споживання кисню збільшується з підвищенням температури, кількості бактерій та інших водних організмів і речовин, що піддаються хімічному і біохімічному окисленню. Крім того, зменшення вмісту кисню у воді може відбуватися внаслідок виділення його в атмосферу з поверхневих шарів і тільки в тому випадку, якщо вода при даних температурі і тиску виявиться пересиченою киснем.

У поверхневих водах вміст розчиненого кисню варіює в широких межах – від 0 до 14 мг/дм³ – і схильний до сезонних і добових коливань. Добові коливання залежать від інтенсивності процесів його продукування і споживання і можуть досягати 2,5 мг/дм³ розчиненого кисню. У зимовий та літній періоди розподіл кисню носить характер стратифікації. Дефіцит кисню частіше спостерігається у водних об'єктах з високими концентраціями забруднюючих органічних речовин і в евтрофованих водоймах, що містять велику кількість біогенних і гумусових речовин [10].

Відповідно до вимог до складу і властивостей води водойм у пунктах питного і санітарного водокористування вміст розчиненого кисню в пробі, відібраної до 12 часів дня, не повинно бути нижче 4 мг/дм³ у будь-який період року, для водойм рибогосподарського значення цей показник має бути не нижче 6 мг/дм³.

З рисунку 4.3 видно, що в у всіх контрольних створах значення концентрації розчиненого кисню вище ГДК для гігієнічних нормативів. Зменшення вмісту розчиненого кисню спостерігається у створах біля м. Кривий Ріг, Карачунівське водосховище.

Окислюваність перманганатна (ПО) – це загальна концентрація кисню, що відповідає кількості іона перманганату (MnO_4^-), який використовується при обробці даним окислювачем проби води. Характеризує міру наявності у воді органічних і окислювальних неорганічних речовин. Цей параметр в основному призначений для оцінки якості водопровідної води. Значення перманганатної окислюваності вище $2 \text{ mgO}_2/\text{dm}^3$ свідчить про вміст у воді органічних сполук, що легко окислюються, багато з яких негативно впливають на печінку, нирки, репродуктивну функцію організму. При знезараженні такої води хлоруванням утворюються хлорвуглеводні, які значно більш шкідливі для здоров'я населення (наприклад, хлорфенол) [13].

Окиснюваність води визначає витрати окисника чи еквівалентної кількості кисню на окиснення органічних речовин у воді. Окиснюваність річкової води коливається в межах $2\text{--}8 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$. Підвищена окиснюваність спостерігається нижче м. Кривий Ріг та у нижній ділянці басейну, що може свідчити про забрудненість водойми промисловими стічними водами, що потребує виконання заходів санітарної охорони [8].

Біохімічне споживання кисню (БСК) визначається як кількість кисню, що витрачається на біохімічне окислювання і показує скільки міститься в одиниці об'єму води органічних речовин за визначений період часу. В Україні на практиці БСК оцінюють за п'ять діб (БСК_5) і двадцять діб (БСК_{20}). БСК_{20} звичайно трактують як повне БСК ($\text{БСК}_{\text{повн}}$), ознакою якого є початок процесів нітрифікації в пробі води. БСК також відноситься до узагальнених показників, оскільки воно служить оцінкою загального забруднення води легкоокислюваними органічними речовинами [11].

Починаючи від витoku і до гирла річки Інгулець за весь період дослідження спостерігається незначне перевищення гігієнічних ГДК ($2,25 \text{ мг/дм}^3$) за БСК₅ (рис. 4.4). У нижній ділянці перевищення ГДК складало 1,8-2,1 раза.

Хімічне споживання кисню (ХСК) визначається як кількість кисню, необхідного для хімічного окислювання води, що міститься в одиниці об'єму, органічних і мінеральних речовин. При визначенні ХСК у воді додається окислювач— біхромат калію. Будучи інтегральним (сумарним) показником, ХСК в даний час вважається одним з найбільш інформативних показників антропогенного забруднення вод. Цей показник, в тому чи іншому варіанті, використовується повсюдно при контролі якості природних вод, дослідженні стічних вод та ін. Результати визначення окислюваності виражаються в міліграмах спожитого кисню на 1 дм^3 води ($\text{мгО} / \text{дм}^3$).

На рис.4.4 надається графік зміни біологічного споживання кисню та біхроматної окислюваності у воді р.Інгулець.

Величина ХСК дозволяє зробити висновки про забруднення води речовинами, що окислюються, але не дає інформації про склад забруднення. Тому ХСК відносять до узагальнених показників [11].

ГДК цього показника для вод господарсько-питного призначення дорівнює 15 мг/дм^3 [14], для водойм рибогосподарського значення – 20 мг/дм^3 .

Як можна бачити з рис.4.4, по всій довжині річки спостерігалось перевищення ГДК.

Надходження **біогенних елементів** до поверхневих вод відбувається як через природні чинники (вимивання з верхнього шару ґрунту, атмосферні опади, протікання внутрішньоводоймових процесів), так і через антропогенні (надходження з промисловими та господарсько-побутовими стічними водами, стоками сільськогосподарських угідь та тваринних комплексів) [15]. Зменшення вмісту біогенних елементів у поверхневих водах та трансформація сполук азоту пов'язані з процесами денітрифікації, споживанням водними рослинами, фітопланктоном та фітобентосом [16].

Азот та фосфор наявні в природних водах у вигляді різноманітних органічних та неорганічних сполук з концентраціями в межах десятих або сотих часток мг/дм³. Зростання концентрацій зазначених речовин призводить до евтрофікації природних вод, яка проявляється в збільшенні біомаси фітопланктону, масового розвитку водоростей та "цвітіння" води, що погіршує екологічний стан та якість природних вод [17]. Згідно з нормативними вимогами до водних об'єктів рибогосподарського водокористування вміст амонійного азоту не має перевищувати 0,39 мг/дм³, нітритного – 0,02 мг/дм³, нітратного – 9,1 мг/дм³.

Гранично-допустимі концентрації для фосфору мінерального не визначено, проте екологічно прийнятною нормою вважається 0,05 мг Р/дм³ [18].

Джерелами надходження сполук фосфору в басейн річки Інгулець є: річний стік, атмосферні опади, окремі джерела (стічні води підприємств, дренажні води зрошувальних систем), дифузійні джерела (сільське господарство, руйнування берегів), поверхневі стоки із забудованих територій, донні відклади, надходження сполук фосфору з глибинними водами. Існує велика кількість форм фосфатів, які використовуються у харчовій промисловості, металургії, при хімічному синтезі та в інших галузях [19].

В Україні з наукових джерел відомо, що основним джерелом надходження фосфатів у водойми гирлової області Інгульця є поверхневий стік з площі водозабірної басейну річки, життєдіяльність гідробіонтів та внутрішньоводоймні біохімічні і фізико-хімічні процеси. Основними чинниками, які визначають вміст і режим фосфатів є метеорологічні умови регіону (режим вітру, температура), об'єм та режим скидів води, біологічні цикли розвитку водяних організмів і антропогенні стоки. [20].

Найбільша кількість фосфатів потрапляє у річку зі скидами стічних вод підприємств житлово-комунального господарства.

Надходження сполук фосфору зі стічними водами точкових джерел, дренажними водами зрошувальних систем суттєво впливає на якість води в районі скиду стічних вод. Окрім того, надмірне використання фосфатів при

виробництві синтетичних миючих засобів призвело до збільшення вмісту фосфору у побутових стічних водах у 2-3 рази, а в промислових — у 100 разів. Отже, більша частина водойм, яка отримує стічні води, надзвичайно збагачена фосфором порівняно з іншими біогенними елементами. Таке збагачення не може не викликати стресового впливу на екосистеми [21].

Не менш важливим джерелом насичення води біогенними елементами, зокрема фосфору, є донні відкладення [22].

Розподіл концентрації азоту амонійного, нітритного, нітратного та фосфору фосфатів в воді р. Інгулець представлено на рисунку 4.5.

Середньорічні значення концентрації PO_4^{2-} в воді р.Інгулець зменшується від верхнього створу до гирла. Максимальне середньорічне значення було в створі на відстані 393 км від гирла річки і складало $0,256 \text{ мг/дм}^3$, що не перевищує значень ГДК для водойм рибогосподарського значення.

Сполуки азоту (аміак, нітрити, нітрати) — виникають, головним чином, з білкових сполук, які потрапляють у воду разом зі стічними водами. Аміак, присутній у воді, може бути органічного або неорганічного походження. У разі органічного походження спостерігається підвищена окислюваність. Нітрити виникають, головним чином, внаслідок окислення аміаку у воді, можуть також проникати разом з дощовою водою внаслідок розчинення нітратів ґрунту [7].

На рисунку 4.5 представлено характеристику зміни концентрації азоту амонійного в р.Інгулець. Найбільші з усіх значень концентрації азоту амонійного спостерігались в воді нижче м. Кривий Ріг.

Перевищення ГДК за середньорічними значеннями не було зафіксовано по жодному створу за весь період спостереження.

Зміна концентрації азоту нітратного та нітритного представлена на рис. 4.5.

Не значні перевищення ГДК для водойм рибогосподарського значення спостерігалось тільки за азотом нітритним.

Найвищі концентрації за азотом нітратним спостерігались у воді Карачунівського водосховища.

ПАР і СПАР. До поверхнево-активних речовин (ПАР) відносять органічні речовини, що володіють різко вираженою здатністю до адсорбції на поверхні розділу "повітря-рідина". У переважній більшості поверхнево-активні речовини, що попадають у воду, є синтетичними (СПАР). СПАР впливають на гідробіонтів і людину, погіршують газообмін водного об'єкта з атмосферою, знижують інтенсивність внутрішньо-водоємних процесів, погіршують органолептичні властивості води. СПАР відносяться до повільно розкладаючихся речовин [10].

Основною причиною потрапляння ПАР в водні об'єкти є, з одного боку, недосконалість існуючих методів очищення промислових, побутових стоків та виробничих викидів в атмосферне повітря, з іншого - відсутність у ряді населених пунктів, а також на деяких підприємствах очисних споруд. Джерелами потрапляння фосфатів у поверхневі води є ерозія орних земель, в яких містяться добрива, промислові відходи, побутові стічні води, які містять синтетичні миючі засоби. Фосфати сприяють росту рослин і водоростей, збільшенню кількості фітопланктону та зоопланктону [20].

Гранично допустима концентрація СПАР у воді питного водопостачання та культурно-побутового водокористування становить $0,5 \text{ мг/дм}^3$, у воді водоем рибогосподарського використання – $0,1 \text{ мг/дм}^3$ [22, 61].

У разі, якщо рівні забруднень СПАР у воді перевищують ГДК ($0,1\text{--}0,5 \text{ мг/дм}^3$) в 10-20 разів, можлива поява на поверхні води піни, в якій концентруються і активно розмножуються корисні і патогенні мікроорганізми [23-25].

За весь період дослідження у воді р. інгулець перевищень ГДК за показником СПАР не спостерігалось.

Отже, основні притоки р. Інгулець – р. Боковенька та р. Бокова не погіршують показники якості вод Карачунівського водосховища. У всіх створах спостерігається перевищення нормативних значень – по вмісту показників сольового складу. Максимальне значення хлоридів спостерігається протягом

грудня на ділянці річки біля с. Андріївка – 1365 мг/дм³. Понаднормативний вміст хлоридів (вище 300 мг/дм³) зафіксовано у р. Інгулець нижче Карачунівського водосховища. Найвищі концентрації хлоридів спостерігаються з червня і до кінця року.

4.2 Результати оцінки якості поверхневих вод в басейні р. Інгулець

Оцінку якості води було виконано за результатами розрахунку модифікованого індексу забруднення (ІЗВ) за нормативами якості вод водойм рибогосподарського призначення. Вихідними даними для оцінки є офіційні та загальнодоступні результати аналітичного контролю за якістю поверхневих вод в басейні р. Інгулець, які виконувались лабораторіями Держводагенства у 2024 році. В розрахунках використано середньорічні концентрації для двох обов'язкових речовин – біохімічне споживання кисню (БСК₅) та розчинений кисень (O₂), та чорирьох додаткових, які визначались відповідно до рибогосподарських норм, які найбільш жорстко установлюють ГДК для більшості неорганічних та органічних речовин. За найбільшим відношенням до ГДК (рис. 4.6), було обрано наступні речовини: хлориди, сульфати, азот нітритний, ХСК.

Послідовність виконання оцінки складалась з двох етапів: на першому етапі здійснено розрахунок значення показника, а на другому за розрахованим значенням індексу і за шкалою якості надається словесна характеристика води.

Результати розрахунків за 2024 рік наведені на рисунку 4.7 свідчать про погіршення якості води за течією.

Індекс забруднення води ІЗВ у верхній ділянці річки Інгулець, яка знаходиться на території Кіровоградської області, за період спостережень дорівнює 0,62, якість води на цій ділянці відповідає другому класу і характеризується як чиста. Нижче за течією спостерігається погіршення якості води. Індекс забруднення змінюється від 1,02 до 2,36. Якість води на цих

ділянках відповідає третьому класу та характеризується як помірно забруднена. Однак, протягом року спостерігається підвищення концентрацій забруднюючих речовин, що призводить до погіршення якості води у середній ділянці басейну до четвертого класу (забруднена).

Розподіл часток впливу забруднюючих речовин на загальний стан та якість води у відповідних контрольних створах показано на рисунку 4.8.

За результатами аналізу встановлено, що у верхній ділянці басейну річки основною забруднюючою речовиною є сульфати. Нижче Карачунівського водосховища більшу частку забруднення складають хлориди.

4.3 Результати оцінки ризиків недосягнення доброго екологічного статусу р.Інгулець за гідрохімічними показниками

Динаміка зміни концентрацій речовин в р. Інгулець на протязі 2019–2024 рр. демонструє потужний техногенний вплив на систему хімічного складу води річки. Найчастіше спостерігалось перевищення ГДК по нафтопродуктам, міді, залізу, сульфатам, хлоридам, що свідчить про те, що основним джерелом забруднення залишаються скидні води гірничорудних підприємств Кривбасу.

Згідно Методики оцінки ризиків недосягнення доброго екологічного статусу МПВ, одним з етапів є дослідження впливу антропогенних навантажень на стан поверхневих вод на основі оцінки ризику недосягнення екологічних цілей за хімічними та фізико-хімічними показниками. Отримані кількісні показники антропогенного навантаження порівнюються із пороговими (критичними значеннями, в залежності від яких встановлюється ступінь ризику).

Аналіз багаторічних даних за гідрохімічними показниками якості води, наведений в таблиці 4.1 показав, що ризик недосягнення екологічних цілей виникає через високий вміст у воді р.Інгулець азоту амонійного, БСК₅, для яких відповідні фактичні значення перевищують критичні. За показниками азоту амонійного МПВ р. Інгулець знаходиться в категорії «під ризиком» на всіх

ділянках басейну від витoku до гирла. За показником БСК₅ – в категорії «під ризиком» у нижній ділянці басейну.

Забруднення води цими речовинами свідчить про наявність точкових джерел неочищених комунальних стічних вод, що може бути спричинено відсутністю та неналежною роботою очисних споруд в досліджуваному МПВ.

За показниками рН та окисен (%) МПВ р. Інгулець знаходиться в категорії «можливо під ризиком» антропогенного навантаження (бо дані фактичних вимірювань відсутні).

Слід зазначити, що запропонована методика не враховує в себе внесок у забруднення вод річки іншими речовинами, вміст яких значно перевищує ГДК для водойм рибогосподарського використання. Також дана методика не враховує ефект сумарної дії забруднюючих речовин, що може призвести до хибних висновків щодо статусу МПВ.

Таким чином, сучасний стан р. Інгулець можна охарактеризувати як незадовільний, що проявляється у поганій якості її вод, високому ризику недосягнення екологічного благополуччя і вимагає вирішення цілого комплексу проблем, які накопичились на водозборі річки за останній час. Першочерговим заходом має бути очищення високомінералізованих шахтних вод, які скидаються в річку та покращення очищення стічних вод від населених пунктів.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ В ЛАБОРАТОРІЯХ ОБРОБКИ ТА АНАЛІЗУ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ВОДИ

Охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

При виконанні кваліфікаційної роботи визначено шкідливі та небезпечні фактори при аналізі проблеми забруднення. Працівники, що проводять моніторинг та систематизацію даних щодо стану поверхневих вод користуються санітарними нормами, що забезпечують безпеку при надзвичайних ситуаціях, а саме дотримуються відповідно до стандарту [54].

5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які діють на працівника лабораторії обробки даних щодо стану поверхневих вод

В процесі своєї трудової діяльності всі працівники лабораторії обробки та систематизації даних моніторингу про стан поверхневих вод піддаються впливу тих, чи інших небезпечних та шкідливих виробничих факторів. До основних виробничих факторів при роботі з комп'ютерною технікою у лабораторії належать:

1. Підвищений рівень електромагнітних випромінювань. Цей фактор може відноситися до роботи з електронною технікою, такої як комп'ютери, монітори, мобільні телефони.

2. Незадовільний мікроклімат у приміщенні. Це включає погану вентиляцію, недостатню або надмірну температуру, низьку вологість повітря. Необхідно забезпечити належну вентиляцію, оптимальну температуру та вологість, а також використовувати засоби індивідуального захисту (наприклад, одяг або пристрої для охолодження або зволоження повітря) [55].

3. Підвищений рівень шуму або вібрацій у приміщенні. Працівники можуть бути піддані впливу шуму або вібрацій, особливо якщо вони працюють

з обладнанням, що генерує шум або вібрації. Для запобігання цьому можна використовувати захисні пристрої, такі як навушники або навушники, а також забезпечити ефективну ізоляцію від джерел шуму або вібрацій.

4. Недостатнє природне або технічне освітлення робочої зони: Відповідне освітлення є важливим для запобігання напруження зору та інших проблем зі здоров'ям. Дослідники повинні мати достатнє природне або штучне освітлення, а також коректно розташовувати світлові джерела.

5. Інтенсивність праці. Високий рівень навантаження на центральну нервову систему, монотонність роботи та інші фактори можуть впливати на здоров'я працівників. Необхідно регулярно виконувати перерви, фізичні вправи та забезпечити раціональний режим роботи для запобігання негативним наслідкам.

Ураження електричним струмом можуть бути небезпечними та призводити до серйозних травм на робочому місці. Причини уражень електричним струмом можуть включати: неналежне використання, старіння або пошкодження кабелів живлення, що може призвести до витоку електричного струму. Розетки та вилки, які не працюють належним чином, також можуть створювати небезпеку. Якщо ізоляція проводів або електричних пристроїв пошкоджена або зношена, то може виникнути небезпека ураження електричним струмом. Коротке замикання в електричних пристроях може призвести до великої кількості електричного струму, що створює небезпеку для працівників.

Ураження електричним струмом можуть мати наступні наслідки:

Електричний струм, що проходить через тіло людини, може призвести до нагрівання тканин, спричиняючи опіки та обвуглення. Проходження електричного струму через тіло може спричинити розкладання рідин у тканинах, що може вплинути на функціонування органів та тканин. Електричний струм може впливати на нервову систему та інші системи організму, призводячи до різних фізіологічних і патологічних змін.

Втома зору є однією з найпоширеніших проблем зі здоров'ям, пов'язаних із роботою зі статистичними методами та порівнянням даних. Це пояснюється

тим, що тривале використання екрана комп'ютера може призвести до ряду проблем із очима, зокрема:

Напруга очей: це стан, який виникає, коли очі перевантажуються. Симптоми напруги очей включають головний біль, розмитість зору, сухість очей і втому.

Синдром комп'ютерного зору: це більш серйозний стан, який може призвести до незворотного пошкодження очей. Симптоми синдрому комп'ютерного зору включають напругу очей, головний біль, розмитість зору, двоїння в очах, сухість очей, біль у шиї та плечі [56].

Окрім зорової втоми, робота зі статистичними методами та порівняння даних може призвести до ряду інших фізичних та нервово-психічних стресів. До них належать:

Фізичний стрес: тривале сидіння може призвести до ряду фізичних проблем, включаючи біль у спині, шиї та плечах.

Нервово-психологічний стрес: тривала робота зі статистичними методами та порівняння даних може призвести до ряду нервово-психологічних проблем, включаючи тривогу, депресію та виснаження.

5.2 Вимоги до організації робочих місць користувачів ПК

Робоче місце - це просторова зона дії, оснащена технічними засобами, в якій здійснюється трудова діяльність працівника або групи працівників.

При розміщенні робочих місць з персональними комп'ютерами рекомендується дотримуватись певних відстаней між робочими столами з відеомоніторами. Згідно з нормативними вимогами, відстань між робочими столами з відеомоніторами у напрямі тилу поверхні одного і екрану іншого повинна бути не менше 2,0 метра. Це допомагає уникнути непотрібного перекриття візуального поля працівників і забезпечити комфортні умови сприйняття інформації [56].

Також рекомендується дотримувати відстань між бічними поверхнями відеомоніторів не менше 1,2 метра. Це дозволяє забезпечити достатнє

просторове розташування між екранами, що сприяє зручності сприйняття візуальної інформації та запобігає впливу сусідніх екранів на очі працівників.

При розміщенні робочих місць з персональними комп'ютерами в приміщеннях з шкідливими виробничими факторами рекомендується використовувати ізольовані кабінки з організованим повітрообміном. Це допомагає зменшити вплив шкідливих факторів на працівників та створити безпечні умови праці.

Крім того, при виконанні творчої роботи, що вимагає значного розумового напруження або високої концентрації уваги, рекомендується ізолювати робочі місця з персональними комп'ютерами одне від одного за допомогою перегородок висотою 1,5-2,0 метра. Це дозволяє забезпечити незалежність працівників, що сприяє підвищенню продуктивності та якості роботи.

Щодо розміщення екрану відеомонітора, рекомендується розміщувати його на відстані 600-700 мм від очей користувача. Проте, відстань не повинна бути менше 500 мм з урахуванням розмірів алфавітно-цифрових знаків і символів на екрані. Це допомагає забезпечити оптимальну зону зорового сприйняття, комфорт при роботі з відеомонітором.

Важливою вимогою до організації робочих місць користувачів ПК, є конструкція робоча стола.

Робочий стіл повинен мати достатньо простору для розташування комп'ютера, клавіатури, миші, монітора та інших необхідних пристроїв. Рекомендується, щоб ширина столу була не менше 120 см, а глибина - не менше 80 см. Висота повинна бути належною, щоб користувач міг сидіти зручно і мати правильну позицію тіла. Рекомендується, щоб висота столу була на рівні ліктів користувача, коли він сидить зі стегнами паралельно підлозі. Однак, враховуйте індивідуальні потреби та зріст користувача.

Робочий стіл повинен бути стійким і надійним, щоб утримувати всі необхідні пристрої без ризику перекидання або пошкодження. Він має мати міцну конструкцію та стійкі ніжки. Бажано мати можливість регулювання

висоти робочого столу, щоб адаптувати його до потреб користувача. Це дозволяє змінювати висоту столу відповідно до індивідуальних вимог і забезпечує зручність роботи в різних позиціях. Стіл повинен мати спеціальні вирізи або отвори для проведення кабелів та забезпечення належного розташування комп'ютера, монітора, клавіатури, миші та інших пристроїв. Це сприяє організації кабельного магістралювання та зберіганню робочого простору в порядку.

Робочий стіл повинен мати рівну, неглянцеву поверхню, яка не відбиває відблиски. Це допомагає уникнути надмірного напруження очей під час роботи з відеомонітором. Для комфорту працівника, робочі столи можуть мати додаткові функції, такі як вбудовані полиці, шухлядки або підставки для документів. Вони забезпечують зручність організації робочого простору та підвищують продуктивність.

5.3 Розробка заходів техніки безпеки

Для запобігання ураженням електричним струмом необхідно дотримуватись наступних заходів безпеки:

- завжди перевіряйте стан кабелів живлення, розеток та вилок перед використанням. Не використовуйте пошкоджені або ненадійні електричні пристрої;
- регулярно перевіряйте ізоляцію проводів та електричних пристроїв і вчасно замінюйте їх, якщо вони пошкоджені або зношені;
- встановлюйте пристрої захисту, такі як автоматичні вимикачі, розетки зі заземленням та інші системи, що зменшують ризик ураження;
- отримайте належну підготовку та навчання з питань електробезпеки та дотримуйтесь правил безпеки при роботі з електричними пристроями.

Загальний принцип полягає в тому, щоб уникати контакту з відкритими струмоведучими частинами та дотримуватись належних заходів безпеки для запобігання ураженню електричним струмом.

Для зменшення зорового напруження та негативного впливу дисплея рекомендується вживати наступні заходи:

- забезпечення належного освітлення робочого місця згідно з нормами та стандартами;
- уникання яскравих плям на робочій поверхні або екрані шляхом правильного розміщення джерел світла та використання антиблікових покриттів на екранах;
- регулярні перерви для очей, під час яких рекомендується зосереджувати погляд на віддалених об'єктах або виконувати вправи для очей. Сумарний час регламентованих перерв залежить від тривалості роботи, виду та категорії трудової діяльності з використанням ПК (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 Сумарний час регламентованих перерв залежно від тривалості роботи, виду та категорії трудової діяльності з ПК

Категорія роботи з ПК	Сумарний час регламентованих перерв, хв	
	при 8-годинній зміні	при 12-годинній зміні
I (сумарна кількість прочитуваних знаків за робочу зміну, яка не перевищує 60 тисяч знаків за зміну)	50	80
II (сумарна кількість зчитуваних або введених знаків за робочу зміну, яка не перевищує 40 тисяч знаків за зміну)	70	110
III (сумарний час безпосередньої роботи з ПК за робочу зміну, який не перевищує 6 годин за зміну)	90	140

Для попередження передчасної стомлюваності користувачів ПК рекомендується організовувати робочу зміну шляхом чергування робіт з використанням персонального комп'ютера і без нього.

- використання екранів з належною якістю зображення та контрастністю;

- забезпечення належної вентиляції приміщення для зменшення сухості очей;
- використання спеціальних антиблікових окулярів або захисних екранів для зменшення впливу відблисків та мерехтіння;
- здійснення регулярних оглядів зору та консультацій з офтальмологом для виявлення та виправлення проблем.

Виконання цих заходів може допомогти зменшити зорове напруження та негативний вплив на очі при роботі з екранами та забезпечити комфортні умови праці.

ВИСНОВКИ

У виконаній кваліфікаційній роботі проведено оцінку та аналіз якості поверхневих вод та оцінку ризиків недосягнення доброго екологічного стану в басейні річки Інгулець. Дане дослідження виконано на основі аналізу якості поверхневих вод річки за гідрохімічними показниками. Особливу увагу приділено відповідності якості води рибогосподарським нормам, які є одними з найчутливіших до змін екологічного стану річок.

За результатами виконаних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Басейн р. Інгулець є одним із найскладніших природних об'єктів України і потребує постійної уваги до себе вчених та практиків. Велика кількість водосмних, екологічно небезпечних підприємств Криворізького басейну, де він протікає, значна урбанізація території поряд з досить обмеженими водними ресурсами, застарілою та малоефективною природоохоронною інфраструктурою надають особливої гостроти гідроекологічній проблемі регіону.

2. Найбільшими водокористувачами в басейні р. Інгулець є промисловість, житлово-комунальне і сільське господарство. В адміністративно-територіальному відношенні основний забір води в басейні р. Інгулець здійснюється підприємствами Дніпропетровської та Миколаївської областей. Станом на 01.01.2025 року, в басейні р. Інгулець нараховується близько 271 підзвітних водокористувачів.

3. Найбільший об'єм води щороку забирається на третій (нижній) ділянці басейну, 99,0 % з яких забирається з поверхневих природних водних об'єктів. Розподіл використання забраної води за потребами населення свідчить, що на I та II ділянках водоспоживання для задоволення виробничих потреб є найбільшим, що становить 66,4% на верхній та 74% на середній ділянках. У нижній ділянці, із загальної кількості забраної води більше ніж 90,4% від забраної використовується на потреби зрошення.

4. У цілому, за останні п'ять років, у басейні р. Інгулець спостерігається чітка тенденція до зменшення забору та використання води, а також до зменшення обсягів скидів стічних вод і забруднюючих речовин. Так, за осередненими даними річний забір води у басейні р. Інгулець зменшився більше ніж на 24 %. При цьому, забір підземних вод зменшився з 52,35 до 31,74 млн м³, тобто у 1,65 разів, його частка в сумарному заборі води також стала меншою і становить 15–16 %.

5. Найменший за величиною обсяг водозабору зафіксований 2022 року – 50,997 млн м³. Так, за осередненими даними річний забір поверхневої води у басейні р. Інгулець склав – 32,265 млн м³ води, що на 191,995 млн м³ (85,6 %) менше порівняно з 2020 роком. При цьому, забір підземних вод зменшився до 18,732 млн м³ води, що на 5,67 млн м³ (30,27 %) менше порівняно з 2020 роком.

6. Як показали дослідження, на сьогоднішній день в межах басейну р. Інгулець функціонує понад сотню промислових підприємств та об'єктів, які забруднюють поверхневі води басейну р. Інгулець. В загальному об'ємі зворотних вод у верхній та нижній ділянках басейну більшу частку становлять скиди нормативно чистих зворотних вод. На середній ділянці басейну річки Інгулець майже 73 % зворотних вод від загального водовідведення становлять нормативно очищені на спорудах зворотні (стічні) води.

7. Динаміка скиду зворотних вод в басейні р. Інгулець свідчить про значне зменшення скиду на середній ділянці басейну у період 2020-2023 роки, що відбувалось за рахунок зменшення скиду високомінералізованих рудничних шахтних і кар'єрних вод, а також недоочищених стічних вод металургійних підприємств у поверхневі джерела.

8. Процеси формування хімічного складу вод р. Інгульця відбуваються під впливом потужного антропогенного навантаження на водні ресурси, наслідки якого посилюються в умовах глобального потепління.

9. Результати аналізу даних про гідрохімічні показники якості води свідчать про чітку динаміку до збільшення концентрації сульфатів за течією річки. За весь період 2019-2024 рр. вміст сульфатів у воді річки у верхній

ділянці басейну знаходився менше ГДК_{р-г} (100 мг/дм³), трохи нижче, у середній ділянці – спостерігалось перевищення ГДК у 1,5-4,2 рази, у нижній ділянці – цей показник перевищував значення ГДК у 4,5-5,3 рази.

10. У всіх створах спостерігається перевищення нормативних значень – по вмісту показників сольового складу. Максимальне значення хлоридів спостерігається протягом грудня на ділянці річки біля с. Андріївка – 1365 мг/дм³. Понаднормативний вміст хлоридів (вище 300 мг/дм³) зафіксовано у р. Інгулець нижче Карачунівського водосховища. Найвищі концентрації хлоридів спостерігаються з червня і до кінця року.

11. Індекс забруднення води (ІЗВ) у верхній ділянці басейну, на території Кіровоградської області, дорівнює 0,62. Якість води на цій ділянці відповідає другому класу і характеризується як чиста. Нижче за течією спостерігається погіршення якості води. Індекс забруднення змінюється від 1,02 до 2,36. Якість води на цих ділянках відповідає третьому класу та характеризується як помірно забруднена. Протягом року спостерігається підвищення концентрацій забруднюючих речовин, що призводить до погіршення якості води у середній ділянці басейну до четвертого класу (забруднена).

12. Основну частку серед забруднювачів у верхній ділянці басейну річки є сульфати. Нижче Карачунівського водосховища більшу частку забруднення складають хлориди.

13. Ризик недосягнення екологічних цілей в басейні р. Інгулець виникає через високий вміст у воді річки азоту амонійного, БСК₅, для яких відповідні фактичні значення перевищують критичні. За показниками азоту амонійного МПВ р. Інгулець віднесено до категорії «під ризиком» на всіх ділянках басейну від витoku до гирла. За показником БСК₅ – до категорії «під ризиком» у нижній ділянці басейну. Забруднення води цими речовинами свідчить про наявність точкових джерел неочищених комунальних стічних вод, що може бути спричинено відсутністю та неналежною роботою очисних споруд в досліджуваному МПВ.

14. За показниками рН та кисень (%) МПВ р. Інгулець через відсутність даних фактичних вимірювань відноситься до категорії «можливо під ризиком» антропогенного навантаження.

15. Таким чином, сучасний стан р. Інгулець можна охарактеризувати як незадовільний, що проявляється у поганій якості її вод, високому ризику недодержання екологічного благополуччя і вимагає вирішення цілого комплексу проблем, які накопичилися на водозборі річки за останній час. Першочерговим заходом має бути очищення високомінералізованих шахтних вод, які скидаються в річку та покращення очищення стічних вод від населених пунктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хільчевський В.К. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу / В.К. Хільчевський, Р.Л. Кравчинський, О.В. Чунарьов. – К. : Ніка-Центр, 2012. – 180 с.
2. Абрамова Н.М. Хімічний склад та якість поливної води у каналах Інгулецької зрошувальної системи / Н.М. Абрамова // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Миколаїв, 2008. – Вип.1. – С. 137-141.
3. Аксьом С.Д. Гідроекологічний стан Карачунівського водосховища / С.Д. Аксьом, Р.Л. Кравчинський, О.М. Стефурак // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т.2(19). – С. 125-135.
4. Алехина Т.Н. Вплив стану повітряного середовища Кривбасу на формування хімічного складу поверхневих вод / Т.Н. Алехина // Техногенез у поверхневих та підземних водах: Збірник наук.праць. – Кривий Ріг, 2005. – Вип. 4. – С.17-23.
5. Альохіна Т.М. Вміст важких металів у воді та донних відкладах р.Інгулець /Т.Н. Альохіна, А.О. Бобко, І.М. Малахов //Гідробіологічний журнал. – К. : 2008 – Т. 44., Вип. № 3. – С. 114-122.
6. Вишневський В.І. Гідрологічні характеристики річок України /В.І. Вишневський, В.О. Косовець. – К. : Ніка-Центр. – 2003. –324 с.
7. Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська /Багрій І.Д., Білоус А.М., Вилку Ю.Г., Гожик П.Ф. – К. : Фенікс, 2000. – 107 с.
8. Кравчинський Р.Л. Оцінка впливу іонного стоку річки Саксагань на якість води Інгульця / Р.Л. Кравчинський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2008. – № 14. – С. 175-180.
9. Кравчинський Р.Л. Характеристика водогосподарської діяльності в басейні р. Інгулець /Р.Л. Кравчинський,
10. В.К. Хільчевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. –2009. – № 16. – С. 72-82.

11. Кравчинський Р.Л. Характеристика кисневого режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець / Р.Л. Кравчинський // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2009. – Вип. 258. – С. 149-159.
12. Кравчинський Р.Л. Екологічний стан поверхневих вод басейну р. Інгулець як головний чинник визначення рекреаційного потенціалу території / Р.Л. Кравчинський // Географія та туризм. – 2010. – Вип.4. – С. 141-146.
13. Кравчинський Р.Л. Стік розчинених хімічних речовин з водами р. Інгулець / Р.Л. Кравчинський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т.3(20). – С. 155-161.
14. Руденко Р.В. Про зміну хімічного складу води річки Інгулець /Р.В. Руденко, В.К. Хільчевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. К., – 2005. – Т.8 – С. 47-61.
15. Хільчевський В.К. Порівняльна оцінка якості річкових вод басейну Дніпра / В.К. Хільчевський, В.В. Маринич, В.М. Савицький // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2002. – Т.4. – С. 167-178.
16. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища Миколаївської області за період з 1993р по 2023р. Управління екології та природних ресурсів Миколаївської обласної державної адміністрації. Миколаїв. Retrieved from <https://ecolog.mk.gov.ua/ua/ecoreports/regonalreport/>
17. Романенко В.Д. Актуальні гідроекологічні проблеми в контексті Європейської водної політики /В.Д. Романенко //Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спеціальний випуск “Гідрогеологія”. – 2005. – №3(26). – С. 378–381.
18. Directive 2000/60/ES of the European Parliament of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Offi-cial journal the European Communities*, 2000, L. 327. 72 p.
19. Положення про державну систему моніторингу довкілля. [затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 30.03.98 №391] [Електронний

ресурс] // Кабінет Міністрів України: [сайт]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/391-98-п>

20. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод /С.І. Сніжко – К.: Ніка-Центр, 2001. – 262 с.

21. Оцінка якості природних вод: навчальний посібник /С.М. Юрасов, Т.А. Сафранов, А.В. Чугай. – Одеса: Екологія, 2012. – 168 с.

22. Морозов В.В. Формування якості зрошувальної води на Інгулецькому масиві /В.В. Морозов, В.М. Нежлук-ченко, Є.Г. Волочнюк – Херсон: РВЦ ХДАУ “Колос”, 2004. – 228 с.

23. Джерело зрошення – річка Інгулець. [Електронний ресурс] //Управління каналів Інгулецької зрошувальної системи: [сайт]. – Режим доступу: <http://www.ukios.mk.ua>.

24. Гідролого-хімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра /В.К. Хільчевський, І.М. Ромась, М.І. Ромась та ін. / За ред. В.К. Хільчевського. – К.: Ніка-Центр, 2007. – 184 с.

25. Шерстюк Н.П. Особливості гідрохімічних процесів у техногенних та природних водних об’єктах Кривбасу /Н.П. Шерстюк, В.К. Хільчевський – Дніпропетровськ: Тов. Акцент III, 2012. – 263 с.

26. Перевозчиков І.М. Гідрохімічний режим та якість води річки Інгулець /І.М. Перевозчиков, В.М. Савицький //Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т. 1(28). – С. 76–82.

27. Харитонов М.М. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну річки Дніпро у Дніпропетровській області /М.М. Харитонов, Л.Б. Анісімова //Екологія і природокористування. – 2013. – Випуск 17. – С. 75–85.

28. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / [С.М. Степаненко, А.М. Польовий, Н.С. Лобода та ін.]; за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – Одеса: “ТЕС”, 2015. – 520 с.

29. Гопченко Є.Д. Оцінювання природних водних ресурсів Нижнього Подніпров’я за метеорологічними даними /Є.Д. Гопченко Н.С. Лобода, І.О.

Шахман //Міжвід. наук. зб.України. – Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2005. – Вип. 49. – С. 485–496.

30. Лобода Н.С. Функції відклику водогосподарських систем Нижнього Подніпров'я на зрошення сільськогосподарських масивів водами Дніпра /Н.С. Лобода, І.О. Шахман //Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2006. – Вип. 3. – С. 175–181.

31. Шахман І.О. Водні ресурси Нижнього Подніпров'я в умовах зрошувального землеробства /І.О. Шахман //Міжвід. наук. зб. України. – Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2008. – № 50. – С. 102– 107.

32. Юрасов С.М. Комплексна оцінка якості вод за різними методиками та шляхи її вдосконалення /С.М. Юрасов, С.О. Кур'янова, М.С. Юрасов //Український гідрометеорологічний журнал. – 2009. – №5. – С. 42–53.

33. Шерстюк Н.П. Результати гідрохімічного районування Інгульця методом кластерного аналізу /Н.П. Шерстюк, О.Г. Байбуз, //Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т. 3(38). – С. 60–68.

34. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 4 від 14 січня 2019 року «Про затвердження Методики визначення масивів поверхневих та підземних вод». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z0287-19>

35. Методичні рекомендації щодо визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан поверхневих вод /Вихрист С., Мудра К., Осійський Е., та ін. Держводагенство 2018. 21 с.

36. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання.: Монографія - К.: Віпол, 2000. 277 с.

37. Шакірманова Ж.Р., Кічук Н.С. (2019). Гідрохімія річок і водойм України. ОДЕКУ.124 с.

38. Правила охорони праці під час роботи в хімічній лабораторії. Наказ МНС України від 11.09.2012 року № 1192. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1648-12>

39. ГОСТ 12.1.007-76 «Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки». URL: <https://legalexpert.in.ua/standarty-i-normativi/ministerstva-i-vedomstva/gost/8840-gost-121007-76.html>