

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра екології

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Зав. кафедрою екології

доц. _____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » грудня 2025р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «магістр»
на тему: **«Вплив джерел забруднення на гідрологічний та
гідрогеологічний режим р. Інгулець в районі діяльності підприємств
Кривбасу у Дніпропетровській області»**

Виконала: здобувачка вищої освіти 2 курсу,
групи МгЕ-1-24 спеціальності
101 «Екологія»
Аліна БАРДАЧЕНКО

Керівник к.б.н. децентка Наталія
ВОРОШИЛОВА

Рецензент д.б.н., професор Наталія БІЛОВА

Дніпро 2025

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет: Водогосподарської інженерії та екології

Кафедра: Екології

Освітньо-професійна програма: «Екологія»

Спеціальність: 101 «Екологія»

Ступінь вищої освіти: Магістр

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою екології

_____ Вікторія КАЦЕВИЧ

« _____ » _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

на підготовку кваліфікаційної роботи

Бардаченко Аліні Євгеніївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вплив джерел забруднення на гідрологічний та гідрогеологічний режим р. Інгулець в районі діяльності підприємств Кривбасу у Дніпропетровській області

Науковий керівник: к.б.н. доцентка Наталія Ворошилова

затверджена наказом по ДДАЕУ від «15» жовтня 2025 р. № 3074

2. Термін подання здобувачем роботи: 16.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): 1. Огляд літератури. 2. Фізико-географічні умови території дослідження. 3. Геологічна будова і гідрогеологічні умови. 4. Результати дослідження та їх обговорення. 5. Гідробіологічні дослідження. 6. Охорона праці. Висновки. Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Рисунків – 20

Таблиць – 8

Використаної літератури – 35

Розділів – 6

Сторінок – 76

6. Дата видачі завдання: « ___ » _____ 20 ____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пп	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури	15.09-20.09.2025 р.	Виконано
2	Фізико-географічні умови території дослідження	22.09-27.09.2025 р.	Виконано
3	Геологічна будова і гідрогеологічні умови	29.09-04.10.2025 р.	Виконано
4	Результати дослідження та їх обговорення.	06.10-02.11.2025 р.	Виконано
5	Гідробіологічні дослідження	04.11-10.11.2025 р.	Виконано
6	Охорона праці	13.11-15.11.2025 р.	Виконано
7	Висновки	20.11-22.11.2025 р.	Виконано
8	Список використаної літератури	22.11-23.11.2025 р.	Виконано

Здобувачка _____

(підпис)

Аліна БАРДАЧЕНКО

(Ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____

(підпис)

Наталія ВОРОШИЛОВА

(Ім'я та прізвище)

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Огляд літератури.....	8
1.1. Загальні положення про гідрологічний режим.....	8
1.2. Загальні положення про гідрогеологічний режим	9
1.3. Дослідження гідрологічного та гідрогеологічного режиму	10
1.4. Діяльність підприємств Кривбасу в районі річки Інгулець	11
1.5. Підприємства Кривбасу та їх відношення до річки Інгулець	12
2. Фізико-географічні умови території дослідження	16
2.1. Клімат	16
2.2. Рельєф	17
2.3. Гідрологічна характеристика р. Інгулець	18
2.4. Басейн	19
2.5. Гідрографічна мережа	20
2.6. Водний режим	24
2.7. Максимальний стік	26
2.8. Рівневий режим	28
2.9. Льодові явища	28
2.10. Твердий стік	28
2.11. Хімічне забруднення ріки	29
3. Геологічна будова і гідрогеологічні умови.....	31
3.1. Геоморфологічні та сучасні фізико-геологічні явища	31
3.2. Геологічна будова	32
3.3. Гідрогеологічні умови	34
3.4. Фактори території, що впливають на гідрогеологічні умови	36

3.5. Оцінка гідрогеологічних умов і ступеню забруднення підземних і поверхневих вод	37
4. Результати дослідження та їх обговорення.....	40
4.1. Опис джерел забруднення р. Інгулець і методи відбору проб води ...	42
5. Гідробіологічні дослідження	60
5.1. Макрофітна рослинність	61
5.2. Фітопланктон	63
5.3. Зоопланктон	64
5.4. Іхтіофауна	66
6. Охорона праці	68
Висновки	71
Список використаної літератури	73

ВСТУП

Річка Інгулець є однією з найбільших річок Південної України, її басейн має стратегічне значення для водопостачання, зрошення та промислових потреб чотирьох областей. Водночас, її гідрологічний та гідрогіологічний режими зазнають значного антропогенного навантаження, особливо у межах Криворізького залізорудного басейну (Кривбасу).

Діяльність гірничо-збагачувальних комбінатів, металургійних заводів та інших промислових об'єктів призводить до скидання високомінералізованих шахтних і технологічних стоків. Це кардинально змінює природний гідрохімічний склад річки: підвищується солоність і твердість води, відбувається забруднення солями, важкими металами та зваженими речовинами. Наслідком є деградація водних екосистем (зокрема, іхтіофауни) та погіршення якості води, що робить її непридатною для питного водопостачання та зрошення у нижній течії.

Через комплексний техногенний вплив, вивчення та постійний моніторинг джерел забруднення, а також оцінка їхнього впливу на поверхневі й підземні води, є актуальною науково-практичною задачею, що лежить в основі раціонального водокористування та екологічної безпеки регіону.

Метою дипломної роботи є проведення моніторингу та визначення джерел хімічних забруднень, які надходять у річку Інгулець із поверхневим та підземним стоком у зоні впливу гірничорудних підприємств Кривбасу, а також комплексна оцінка гідрологічного та гідрогіологічного режимів у межах досліджуваної ділянки.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати літературні та фондові джерела, що стосуються загальних положень гідрологічного й гідрогіологічного режимів та техногенного впливу підприємств Кривбасу на річку Інгулець.

2. Охарактеризувати фізико-географічні умови території дослідження, включаючи клімат, рельєф, гідрографічну мережу та водний режим річки.
3. Виявити та описати джерела хімічного забруднення річки Інгулець та застосовані методи відбору й аналізу проб води.
4. Провести оцінку геологічної будови та гідрогеологічних умов території, включаючи оцінку ступеню забруднення підземних і поверхневих вод у зоні впливу техногенних об'єктів.
5. Виконати гідробіологічні дослідження (макрофітна рослинність, фітопланктон, зоопланктон, іхтіофауна) для оцінки екологічного стану річки під впливом забруднення.

Об'єкт дослідження: Річка Інгулець на ділянці, що зазнає впливу Криворізького гірничо-збагачувального комплексу, а саме від села Новоселівка до району мікрорайону ПдГЗК міста Кривий Ріг.

Предмет дослідження: Гідрологічний та гідрогеологічний режими річки Інгулець, а також процеси хімічного та твердого забруднення поверхневих і підземних вод, спричинені діяльністю промислових підприємств Кривбасу.

Отримані результати моніторингу та визначення джерел забруднення мають практичну цінність для:

- Уточнення механізмів техногенного впливу на гідросистему річки Інгулець.
- Розробки рекомендацій для природоохоронних органів та промислових підприємств щодо впровадження ефективних заходів контролю якості води та раціонального водокористування.
- Прогнозування змін гідрологічного та екологічного стану річки в умовах постійного промислового навантаження.

1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Загальні положення про гідрологічний режим.

Гідрологічний режим — це сукупність закономірних змін стану водних об'єктів під впливом природних та антропогенних факторів. Основними чинниками є кліматичні умови, рельєф, рослинний покрив, геологічна будова, випаровування та діяльність людини [1].

Він охоплює всі процеси надходження, переміщення, накопичення та витрати води у річках, озерах, водосховищах, болотах і підземних водах, включаючи багаторічні, сезонні та добові коливання.

Основні складові гідрологічного режиму:

- **Рівень води** — зміни рівня, пов'язані з опадами, таненням снігу та випаровуванням.
- **Витрати води (режим стоку)** — обсяг води, що протікає через переріз річки.
- **Льодовий режим** — замерзання, скресання та льодоходи.
- **Термічний режим** — зміни температури води.
- **Режим наносів** — перенесення та відкладання твердих частинок.
- **Гідрохімічний режим** — склад та концентрація розчинених речовин.
- **Режим руслових процесів** — зміни форми та глибини русла під впливом течії та ерозії [1].

Гідрологічний режим різниться залежно від типу водойми: річки реагують на сезонні опади, озера мають більш стабільний режим, водосховища — штучно регульований.

Елементами режиму є окремі явища та процеси, які дозволяють прогнозувати водність, планувати водокористування та запобігати стихійним явищам.

Природний та регульований режими:

- Природний формується без прямого втручання людини.
- Регульований змінюється під впливом водосховищ, каналів та інших гідротехнічних споруд, що дозволяє контролювати стік у різні проміжки часу.
- Приклад — каскад водосховищ на Дніпрі та канали (Дніпро — Донбас, Сіверський Донець — Донбас), які забезпечують водопостачання, судноплавство, енергетику та захист від повеней.

Гідрологічний режим є складною системою процесів, що визначають водний баланс території, її екологічний стан та можливості раціонального використання водних ресурсів [2].

1.2. Загальні положення про гідрогеологічний режим.

Гідрогеологічний режим — це система закономірних змін підземних вод під впливом природних та антропогенних факторів. Він охоплює формування, рух, живлення, хімічний склад і температуру вод. Підземні води реагують на зміни поступово, тому режим відображає довготривалі процеси, важливі для оцінки стабільності водоносних горизонтів, прогнозування рівнів води та якості ресурсів [3].

Основні елементи режиму:

1. **Рівневий режим** — коливання рівня підземних вод під впливом опадів, стоку та діяльності людини.
2. **Режим живлення і розвантаження** — надходження води через інфільтрацію та втрати через джерела, свердловини чи каптажі.
3. **Режим циркуляції** — закономірності руху вод у надрах, залежні від градієнтів, пористості та проникності порід.
4. **Гідрохімічний режим** — зміни складу та властивостей води (мініералізація, іони, жорсткість) під впливом порід і забруднень.
5. **Температурний режим** — коливання температури залежно від клімату, глибини залягання та геотермічного градієнта.

Фактори впливу:

- **Природні:** клімат, геологія, рельєф, гідрологічні умови.
- **Антропогенні:** видобуток води, будівництво гідротехнічних споруд, сільське господарство, промислове забруднення.

Значення вивчення гідрогеологічного режиму:

- Забезпечення населення водою та оцінка запасів.
- Раціональне управління водними ресурсами.
- Охорона довкілля, попередження забруднення та підтоплень.
- Наукове розуміння водного обміну та взаємодії з літосферою й атмосферою.

Гідрогеологічний режим є ключовим індикатором стану підземних вод та екологічної стабільності території і важливий для збереження водних ресурсів для майбутніх поколінь [3].

1.3. Дослідження гідрологічного та гідрогеологічного режиму.

Дослідження гідрологічного та гідрогеологічного режимів спрямовані на вивчення закономірностей змін поверхневих і підземних вод у часі та просторі, а також на виявлення факторів, що впливають на їх стан. Вони є основою для ефективного управління водними ресурсами, прогнозування водності та запобігання негативним явищам, таким як паводки, посухи, забруднення чи виснаження вод. Гідрологічний режим охоплює річки, озера та водосховища, визначає зміни рівня води, витрати, течії, льодові та термічні явища, руслові процеси та хімічний склад води. Для його дослідження застосовують спостереження на гідропостах, дистанційне зондування, лабораторні аналізи, моделювання стоку та складання гідрологічних карт, враховуючи вплив природних факторів, таких як опади, температура, рельєф і рослинність, а також діяльності людини — будівництво водосховищ, каналів та промислові чи сільськогосподарські об'єкти. Гідрогеологічний режим вивчає підземні води, оцінюючи коливання рівня, живлення та розвантаження,

циркуляцію, хімічний склад і температуру вод. Для цього використовують спостережні свердловини, гідрогеологічні зйомки, лабораторні аналізи, ізотопні та геофізичні методи, а також моделювання руху підземних вод. Важливими є природні фактори, такі як геологічна будова, клімат, рельєф і взаємодія з поверхневими водами, а також антропогенні впливи — відкачування, будівництво споруд, зрошення, дренаж та забруднення. Дослідження цих режимів дозволяють раціонально використовувати водні ресурси, контролювати їх якість, прогнозувати природні явища, планувати будівництво та землекористування, а також поглиблюють наукове розуміння водного обміну й взаємодії між поверхневими та підземними водами. Це забезпечує сталий розвиток, екологічну безпеку та ефективне водокористування.

1.4. Діяльність підприємств Кривбасу в районі річки Інгулець.

Діяльність підприємств Кривбасу суттєво впливає на екологічний стан річки Інгулець. Цей промисловий комплекс, що включає гірничо-збагачувальні комбінати, металургійні заводи, шахти та кар'єри, генерує великі обсяги промислових і шахтних вод, які після часткового очищення потрапляють у річку. Води Інгульця використовуються для зрошення, технічних і побутових потреб, однак скиди високомінералізованих стоків із підвищеним вмістом сульфатів, хлоридів, заліза, марганцю, нітратів та важких металів порушують природний гідрохімічний режим, збільшуючи солоність і твердість води, знижуючи кисень та деградуючи біорізноманіття. Крім того, інтенсивний водозабір для промисловості призводить до коливань рівня річки, пересихання окремих ділянок та необхідності додаткового розбавлення дніпровською водою через Карачунівське водосховище. Вплив на підземні води проявляється у пониженні рівнів горизонтів, утворенні зон підтоплення та засолення, що загрожує сільськогосподарським угіддям і житловим територіям [4].

Додаткове забруднення створюють фільтраційні стоки з відвалів, шламосховищ та хвостосховищ, а також змиви з промислових територій. Таким чином, діяльність Кривбасу комплексно змінює гідрологічний та гідрохімічний режими Інгульця, і стабілізація стану річки потребує удосконалення очищення стоків, впровадження замкнених циклів водокористування та постійного моніторингу водних ресурсів для збалансованого використання басейну [5].

1.5. Підприємства Кривбасу та їх відношення до річки Інгулець.

У басейні річки Інгулець, зокрема в районі Криворізького залізрудного басейну, зосереджені численні промислові підприємства, які істотно впливають на стан довкілля та якість води. Основними є гірничо-збагачувальні комбінати — Інгулецький, Південний, Північний, Центральний та АрселорМіттал Кривий Ріг, які видобувають і переробляють залісті кварцити, використовуючи великі обсяги води для промивання руди, транспортування пульпи та технічних потреб. Відпрацьована вода часто повертається у річку у вигляді високомінералізованих шахтних і технологічних стоків, що формують складний гідрохімічний режим.

Металургійні підприємства, зокрема АрселорМіттал, утворюють стоки з фенолами, нафтопродуктами, солями важких металів та іншими домішками, а додаткове навантаження створюють машинобудівні, цементні, будівельні підприємства та енергетичні об'єкти. Шламосховища, хвостосховища та відвали порід сприяють фільтрації солей і важких металів у водні об'єкти, підвищуючи мінералізацію води та засолення ґрунтів. Відкачування шахтних вод додатково погіршує якість підземних вод, а у нижній течії річки солоність може перевищувати допустимі норми.

Гідротехнічні споруди, зокрема Карачунівське та Інгулецьке водосховища, частково регулюють стік та зменшують концентрацію забруднювачів, проте не усувають джерела забруднення. Таким чином,

діяльність промислових підприємств Кривбасу комплексно впливає на гідрологічний та гідрохімічний режим Інгульця, і стабілізація екологічного стану потребує сучасних технологій очищення, повторного водокористування, постійного моніторингу та екологічно безпечної політики промисловості [6].

Діяльність підприємств Кривбасу у межах басейну річки Інгулець суттєво впливає на її гідрологічний та гідрохімічний режим. Гірничозбагачувальні комбінати — Інгулецький, Південний, Північний та Центральний ГЗК — використовують великі обсяги води для промивання руди, транспортування пульпи та охолодження обладнання. Після використання вода часто повертається в річку у вигляді шахтних або технологічних стоків з підвищеною мінералізацією, що містять солі заліза, марганцю та інші домішки. Це змінює хімічний склад води, підвищує її солоність і твердість, негативно впливаючи на водні екосистеми та якість води для побутових і сільськогосподарських потреб.

Металургійні комбінати, зокрема АрселорМіттал Кривий Ріг, також істотно впливають на Інгулець. Виробництво супроводжується скиданням стічних вод, що містять феноли, нафтопродукти, аміак, солі важких металів та інші токсичні сполуки. Частково очищені стоки продовжують забруднювати річку та змінювати її природний режим течії і хімічний склад води.

Додаткове навантаження створюють кар'єри та хвостосховища, де накопичуються токсичні та мінералізовані води. Фільтрація цих вод та поверхневий стік під час дощів підвищують концентрацію солей і важких металів у Інгульці, сприяючи забрудненню донних відкладів і ґрунтів вздовж річки.

Важливим фактором є відкачування підземних шахтних вод, що забезпечує роботу шахт, але призводить до зниження рівня підземних вод у центральних районах басейну та формування зон депресії. Частина відкачаної води після очищення скидається в річку, проте висока мінералізація зберігає негативний вплив, особливо у посушливі періоди.

Енергетичні підприємства, зокрема Криворізька ТЕС, використовують воду річки для охолодження обладнання. Повернена до річки вода з підвищеною температурою змінює термічний режим Інгульця, впливає на кисневий баланс і життєдіяльність гідробіонтів.

Гідротехнічні споруди, зокрема Карачунівське та Інгулецьке водосховища, регулюють стік річки та частково розбавляють шахтні і промислові стоки дніпровською водою. Це зменшує концентрацію забруднювачів, проте не усуває проблему, адже джерела промислового забруднення залишаються активними.

Таким чином, діяльність підприємств Кривбасу формує комплексний вплив на річку Інгулець: змінюється гідрологічний режим (коливання рівня води, стоку та температури), гідрохімічний склад (підвищена мінералізація, солі та важкі метали) та екологічний стан водних екосистем. Для мінімізації негативних наслідків необхідне впровадження сучасних технологій очищення стоків, контроль водокористування та постійний моніторинг стану річки [6].

Підприємства, розташовані у межах Криворізького залізорудного басейну, мають суттєвий і комплексний вплив на річку Інгулець. Гірничо-збагачувальні комбінати, металургійні заводи, кар'єри та інші промислові об'єкти використовують річкову воду для технологічних потреб — промивання руди, охолодження обладнання, транспортування пульпи, а також для водопостачання енергетичних і виробничих об'єктів. Більшість води після використання повертається у річку у вигляді шахтних або промислових стоків, що містять підвищену мінералізацію, солі важких металів та інші забруднювачі. Це призводить до змін хімічного складу води, підвищення її солоності та твердості, порушення гідрологічного та термічного режимів річки і негативно впливає на водні екосистеми.

Додаткове навантаження створюють хвостосховища, відвали порід і фільтраційні стоки, що постійно надходять у річку, а також відкачування шахтних підземних вод, що знижує рівень водоносних горизонтів у центральних районах басейну. Хоча регулювальні споруди, водосховища та

системи розбавлення частково пом'якшують вплив промислових стоків, вони не усувають джерела забруднення.

Узагальнено, відношення підприємств до річки Інгулець характеризується одночасним використанням її ресурсів для виробничих цілей та значним техногенним навантаженням на водну систему. Це вимагає постійного контролю, впровадження сучасних технологій очищення стоків і раціонального водокористування для збереження екологічної рівноваги.

2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНІ УМОВИ ТЕРИТОРІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Клімат

Кривий Ріг лежить у межах Степової зони та характеризується помірно-континентальним кліматом з спекотним, сухим літом і відносно м'якою зимою. Клімат формується під впливом різних повітряних мас — атлантичних, арктичних та континентальних, що зароджуються над просторами Євразії.

Зимовий період супроводжується активною циклонічною діяльністю, переважно атлантичних циклонів. Початок холодного сезону зазвичай пов'язаний із вторгненням арктичного повітря, проте часті відлиги, зумовлені переміщенням циклонів з Атлантики, Середземного та Чорного морів, роблять сніговий покрив нестійким. У середньому за рік налічується 69 днів зі снігом, а його висота становить близько 4 см. Навесні можливі повернення холодів і заморозки, особливо у квітні–травні.

Влітку переважає вплив Азорського антициклону, що забезпечує тривалі періоди сонячної, сухої погоди, надмірний прогрів повітря, суховії та пилові бурі. Літній режим зберігається зазвичай до середини серпня, після чого циркуляція атмосфери змінюється. Восени, з жовтня до листопада, Азорський антициклон слабшає, натомість формується Сибірський, що зумовлює збільшення туманності, хмарності та дощів. У другій половині осені активізуються південні та західні циклони, приносячи тривалі дощі та хмарну погоду.

Середньорічна температура повітря становить $+8,8^{\circ}\text{C}$, найтеплішим місяцем є липень ($+21,1^{\circ}\text{C}$), найхолоднішим — січень ($-5,0^{\circ}\text{C}$). Абсолютний максимум температури досягав $+40^{\circ}\text{C}$, мінімум — -35°C . Весняний перехід середньодобової температури через 0°C відбувається близько 11 березня, а через $+5^{\circ}\text{C}$ — приблизно 2 квітня. Восени температура опускається нижче $+5^{\circ}\text{C}$ близько 2 листопада, а перехід до від'ємних значень припадає на 25

листопада. Безморозний період триває близько 182 днів, а сума активних температур понад $+10^{\circ}\text{C}$ становить 2945–3005 $^{\circ}\text{C}$.

Кривий Ріг розташований у зоні нестійкого зволоження. Середньорічна кількість опадів становить 478 мм, з яких 322 мм (67%) випадає у теплу пору року. Найменше опадів спостерігається у лютому (27,5 мм), найбільше — у червні (64 мм), літні опади мають зливовий характер.

Вологість повітря залежить від атмосферної циркуляції: абсолютна вологість найвища в липні (15,0 мб) і найнижча в січні (4,2 мб). Відносна вологість максимальна взимку (85–88%), мінімальна в серпні (58%), середній річний показник становить близько 72%. Хмарність у середньому дорівнює 6,2 бала, найменша влітку (4,2–4,4 бала), найбільша — у грудні (8,8 бала). Середньорічне випаровування становить 864 мм із водної поверхні та 495 мм — із ґрунту.

Вітровий режим вирізняється частою зміною напрямків. У теплу пору року переважають північні, північно-західні та північно-східні вітри, взимку — східні. Середня багаторічна швидкість повітряних потоків становить 5,0 м/с; найвітрянішим є лютий (5,9 м/с), найспокійнішими — липень і серпень (4,1 м/с). Щороку фіксується близько 29 днів із сильним вітром (понад 15 м/с). [7][8]

2.2. Рельєф.

Досліджувана територія простягається вздовж лівого берега річки Інгулець від села Новоселівка Широківського району (295,5 км річки) до району мікрорайону ПдГЗК міста Кривий Ріг (311,5 км річки). Вона охоплює русло річки, її заплаву, надзаплавні тераси та схили річкової долини. Рельєф горбистий із високими схилами; ширина русла коливається від 20 до 70 метрів, а заплава нерівномірна: місцями відсутня, в окремих ділянках сягає 0,3–0,6 км, а біля Новоселівки — 0,5–1,4 км. Перепад висот становить від 24,4–30,0 м уздовж русла до 94,6 м на лівому березі та 106 м на правому. Глибина

ерозійного зрізу долини досягає 70–75 метрів. Природний рельєф значно змінений господарською діяльністю та гірничими роботами, що проявляється у вигляді відвалів гірських порід, насипів хвостосховищ, відстійників техногенних вод та гірничих виробок. Так, у районі урочища Новопетрівка відвали перевищують 100 м, а максимальні позначки сягають 120–161 м. Долина балки Грушувата заповнена залізородним шламом на 20–30 м, по дну якої прокладено «Обвідний канал» для скиду природних та техногенних вод у річку Інгулець [8].

2.3. Гідрологічна характеристика р. Інгулець

Річка Інгулець є головним водоприймачем дренажних та поверхневих стоків від гірничорудних підприємств Криворізького басейну. Вона протікає через Кіровоградську, Дніпропетровську, Херсонську та Миколаївську області. Витік річки знаходиться в селі Топило на висоті 203 м над рівнем моря, а гирло — біля села Садове на правому березі Дніпра на відмітці -0,1 м, за 45 км від устя Дніпра. Довжина Інгульця становить 560 км, площа басейну — 14 460 км², середній ухил русла — 0,39 %. Річка добре вивчена гідрологічно: колись діяло 12 водомірних постів, нині — 5.

Характеристика водомірних постів басейну р. Інгулець приведена у табл. 2.1. [9]

Таблиця 2.1.

Характеристика водомірних постів басейну р. Інгулець [10]

Річка	Найменування постів	Відстань від гирла, км	Площа басейну, км ²	Період дії: Відкритий	Період дії: Закритий
Кіровоградська область					
Інгулець	Олександростепанівка	457	1400	01.04.23	діючий
Інгулець	Іскрівка	374	4410	04.03.23	-
Дніпропетровська область					

Інгулець	Кривий Ріг	321	8600	02.10.23	діючий
Інгулець	Могилівка	265	9280	18.07.23	19.10.2023
Інгулець	Андріївка	262	9290	25.07.23	діючий
Бокова	Андріївка	30	447	01.06.23	16.04.22
Саксагань	Алферово	124	258	01.09.23	31.12.23
Саксагань	Мар'є-Єфимівка	82	1200	01.01.23	31.12.22
Саксагань	Веселі Терни	55	1650	20.06.23	30.10.23
Саксагань	В-ще КРЕС	30	1900	01.03.23	31.12.23
Саксагань	Кривий Ріг	15	2010	05.04.23	31.12.23
Херсонська область					
Інгулець	Калинівське	118	10700	25.08.23	діючий

2.4. Басейн.

Басейн річки Інгулець розташований на межі Придніпровської височини на півночі та Причорноморської низовини на півдні, з ухилом з півночі на південь. Найвищі точки у верхів'ях досягають 218–223 м, найнижчі — близько 0 м у гирлі. Верхня частина басейну належить до Лісостепу, середня — до Північного Степу, нижня — до Південного Степу. Рельєф переважно вирівняний, вододіли представлені степовими рівнинами з балками, а в південній частині трапляються поди — безстічні зниження. У верхів'ях лівобережних приток (Серебрянка, Жива, Ведмежий Яр тощо) зустрічається біфуркація, коли долини потоків переходять через вододіл і поєднуються з іншими річками. Північний сегмент складений докембрійськими кристалічними породами, перекритими палеогеновими та четвертинними відкладеннями.

Басейн простягається на 247 км з півночі на південь, максимальна ширина — 146 км, середня — 59 км. Територія переважно сільськогосподарська, з інтенсивним розорюванням, а також представлена гірничорудною промисловістю. Основні міста: Кривий Ріг, Жовті Води,

П'ятихатки, Інгулець, Олександрія, Знам'янка, Снігурівка. Ґрунти півночі — малоґумусні та середньогумусні чорноземи на лесах, півдня — малоґумусні чорноземи південні, а в зниженнях рельєфу трапляються лучні, дерново-осолоділі та солоді глейові ґрунти [11].

2.5. Гідрографічна мережа

Річкова мережа басейну Інгульця добре розвинена, особливо у верхній частині вище Кривого Рогу, де зосереджена більшість основних приток: Березівка, Кам'янка, Бешка, Верблюжка, Зелена, Жовта, Бокова та Саксагань. У нижній течії річка отримує лише одну велику притоку — Висунь. Усього в басейні налічується 106 водотоків, включно з Інгульцем, із сумарною довжиною 2836 км. Серед них 44 притоки першого порядку довжиною понад 10 км (загальна довжина 1214 км) та 61 притока другого і вищих порядків довжиною 1062 км. Густота річкової мережі становить 0,20 км/км².

Гідрографічна характеристика р. Інгулець і її приток I порядку приведена в таблиці 2.2.

Таблиці 2.2

Гідрографічна характеристика р. Інгулець і її приток I порядку [10]

№ п/п	Найменування приток	Притока, ліва/права	КМ від гирла	Довжина річки, км	Площа басейну, км ²	Власні притоки: Кількість, шт.	Власні притоки: Довжина, км
1.	р. Горіхівська*	ліва	544	14			
2.	р. Черноліська*	права	531	12			
3.	б. Тиричина	права	510	12			
4.	р. Срібнянка	ліва	504	18		1	12
5.	р. Жива	ліва	498	10		1	12
6.	р. Морозівська*	ліва	488	16			
7.	р. Ведмежий Яр	ліва	483	10			

8.	р. Березінка	ліва	478	16			
9.	р. Березівець	ліва	476	27	287	3	46
10.	б. Користовська	права	475	17	72		
11.	б. Олександрійська*	ліва	468	13			
12.	б. Докова	права	467	11			
13.	р. Кам'янка	ліва	454	34	527	5	76
14.	р. Овнянка	ліва	444	16	129		
15.	р. Бешка	ліва	439	53	657	7	93
16.	б. Олімпіадівська*	права	436	11			
17.	б. Олександрівська*	ліва	429	15			
18.	р. Верблюжка	права	422	27	409	1	17
19.	б. Водяна	права	405	14			
20.	р. Іварівська*	ліва	403	15	57		
21.	б. Власівська*	права	389	12			
22.	б. Стареча	права	385	12			
23.	р. Зелена	ліва	381	44	329		
24.	р. Савчана	права	376	119			
25.	р. Жовта	ліва	375	58	490	2	25
26.	б. Водяна	ліва	372	10			
27.	б. Недайвода	ліва	369	10			
28.	б. Лозоватка	ліва	344	10			
29.	р. Бокова	права	333	74	1324	7	153
30.	р. Стара Саксагань	ліва	322	14	39.3		
31.	р. Саксагань	ліва	322	144	2020	19	285
32.	р. Грушувата	ліва	309	18	68	2	20
33.	р. Зелена	права	291	28		1	16
34.	р. Бакасць (б. Широка)	ліва	277	18.6	84		
35.	б. Веселий Став	права	257	13			

36.	б. Шестерня	ліва	241	16			
37.	р. Кобильна	ліва	236	33	179		
38.	б. Ковальова	ліва	213	35			
39.	б. Старосільська*	ліва	201	20			
40.	б. Давидів Брід*	ліва	162	14			
41.	б. Блашова	права	157	10			
42.	б. Найденова	права	144	26	305		
43.	б. Гребінцівська	ліва	122	10			
44.	р. Висунь	права	105	206	2670	12	307
Всього притоки:				1114.6		61	1062
Р. Інгулець				560	14460	105	2276

Примітка: * - позначені зірочкою назви приток приведені по назві населених пунктів, через які вони протікають.

У проекті наведені сучасні гідрографічні дані річки Інгулець. Довжина річки становить 560 км, дно сформоване пісками та мулистими відкладами, у середній течії оголюються кристалічні породи (граніти, гнейси, кварцити), що утворює пороги та скелясті береги. Русло звивисте, ширина 20–70 м, коефіцієнт звивистості — 1,64–2,0. Загальне падіння — 203 м, середній ухил — 0,36%, у верхній течії до 5%, у нижній — 0,06%. Штучний зворотний ухил на ділянці ~80 км від гирла дозволяє забору води в зрошувальну систему проти течії. Середня швидкість течії — 0,3 м/с, під час повені — до 1,0–1,8 м/с.

Долина трапецієподібна, ширина 1–4,5 км, праві схили крутіші (20–50 м), ерозійний вріз — 60–80 м. Заплава двостороння, ширина 0,5–1,5 км, складена алювіальними відкладами, місцями відсутня.

Басейн зарегульований: створено 19 водосховищ (Диковське, Олександрійське, Іскрівське, Карачунівське, Макортовське, Кресівське, Держинське) з загальним об'ємом 460 млн м³ і площею 9,1 тис. га, корисна водовіддача — 100 млн м³/рік. Крім того, налічується ~1500 ставків площею 15 тис. га і об'ємом 300 млн м³.

Дані перемірні по картах різних масштабів: від гирла до 227 км — 1:100000, 227–371,5 км — 1:10000, 371,5–398 км — 1:25000, 398–витік — 1:100000. Довжина приток також визначена по картах масштабу 1:100000 [11] [12].

Таблиця 2.3.

Технічна характеристика водосховищ в басейні р. Інгулець [10]

№ п/п	Найменування водосховища	Річка, балка	Відстань від гирла, км	Площа басейну, км ²	Відмітки РВ при НПР, мБС	Об'єм при НПР, млн. м ³	Площа водного дзеркала, км ²	Середня глибина, м	Річна норма стоку, млн. м ³	Рік передачі в експлуатацію
Кіровоградська область										
1.	Диківське	Інгулець	501	0,53	104,3	2,2	0,5	4,4	22,5	1957
2.	Олександрівське	Інгулець	471	1,93	93,5	7,2	3,8	1,9	51,8	1954
3.	Саблінознаменське	Бежка	50		136	1,8	0,4	4,5	0,7	1959
4.	Світлопольське	Бежка	41		99,6	3,8	1,9	2	6,2	1978
5.	Іванівське	Бежка	24	0,44	97,5	3,2	1,3	2,5	21,4	1954
6.	Верблюжське	Верблюжка	28		104,6	1,4	0,8	2,6	9,6	1973
7.	Погрібняківське	Верблюжка				8	1,9	4,2	4,7	1985
8.	Іскрівське	Інгулець	376	4,12	75	40,7	11,1	3,7	291	1967
9.	Боковське	Бокова	50		88,4	2	1,1	1,8	4,6	1968
10.	Іванівське	Боковенька	48		110,5	1,7	0,6	2,8	4,4	1959
Кіровоградська обл. всього:						72	23,2			
Дніпропетровська область										
11.	Жовтянське	Жовта	45		120	1,9	0,5	3,8		1977

12.	Карачунівське	Інгулець	331	6,32	59	308	44,8	6,9	236	1958
13.	Комісарівське	б. Жовта	1		101,5	2,3	0,57	4,6	2	
14.	Лозоватське	б. Лозовата	17		98	1,7	0,7	2,4	1,7	1961
15.	Грушуватське	Осикувата	8		95	1,1	0,5	2,2	2,5	1952
16.	Макортівське	Саксагань	85	1,18	81,8	57,9	13,3	4,4	36,4	1972
17.	Кресівське	Саксагань	21	1,9	50,4	10,2	5,2	2	25	1957
18.	Держинське	Саксагань	6	2	40,8	2,6	1,5	1,7	33,3	1957
Дніпропетровська обл. всього:						385,7	67			
Миколаївська область										
19.	Показноївське	р. Добра	40		75	1,9	0,8	2,4	2,2	1952
Разом в басейні р. Інгулець:						459,6	91			

2.6. Водний режим.

Річкова мережа басейну Інгульця добре розвинена, особливо у верхній течії (вище Кривого Рогу), де зосереджені основні притоки: Березівка, Кам'янка, Бешка, Верблюжка, Зелена, Жовта, Бокова та Саксагань. Нижче приєднується лише Висунь. Загалом у межах басейну налічується 106 водотоків довжиною 2836 км, густина мережі — 0,20 км/км², із 44 притоками першого порядку та 61 нижчих порядків.

Інгулець має східноєвропейський тип водного режиму: різка весняна повінь змінюється повільним спадом та тривалою літньо-осінньо-зимовою межею, інколи порушеною дощовими паводками. Живлення забезпечується поверхневим стоком, підземними водами та техногенними стоками гірничорудних підприємств і очисних споруд. У маловодні роки водний режим визначається зарегулюванням русла, водозабором і перекиданням води з Дніпра каналом «Дніпро–Інгулець» [12].

Долина річки трапецієподібна, ширина 1–4,5 км, правобережні схили крутіші, ерозійний вріз — 60–80 м. Заплава двостороння або одностороння (0,5–1,5 км), алювіальна, місцями відсутня через виходи кристалічних порід.

Русло довжиною 560 км звивисте, із порогами та виходами гранітів і гнейсів; середній ухил — 0,36%. Швидкість течії — 0,3 м/с, під час весняних паводків — 1,0–1,8 м/с.

Басейн сильно зарегульований: 19 середніх і великих водосховищ (Карачунівське, Кресівське тощо) об'ємом 460 млн м³ та близько 1500 ставків об'ємом ~300 млн м³.

Таблиця 2.4.

Параметри водомірних постів по середньобогаторічному стоку [10]

Водомірний пост		Кривий Ріг	Могилівка
Площа басейну	км ²	8600	99280
Відстань від гирла	км	321	265
Період спостережень	Роки	2022-2024	2022-2024
Середньобогаторічна витрата, Q ₀	м ³ /с	8,01	9,75
Середній модуль стоку М	л/с/км ²	0,93	1,05
Середній річний шар стоку, Н ₀	мм	29,4	33,1
Коефіцієнт варіації стоку, C _v		0,76	0,7
Коефіцієнт асиметрії, C _s		2C _v =1,52	C _v =0,70

Починаючи з 2022 року, у басейні Інгульця спостерігається зростання та вирівнювання стоку. На посту Кривий Ріг середній витрата води у 2024 році зросла на 6,3% порівняно з 2022-м (8,28 м³/с), а на посту Могилівка — на 84% (15,4 м³/с), що пов'язано з кліматичними змінами: збільшенням опадів, м'якшими зимами, частішими відлигами та підвищенням рівня ґрунтових вод. Сток Інгульця залишається мінливим: максимальні витрати на посту Кривий Ріг досягали 28,2 м³/с (2023), мінімальні — 1,06 м³/с (2022); на Могилівці — відповідно 25,1 і 0,71 м³/с.

Основні джерела живлення зосереджені у верхній частині басейну (Лісостеп), де модуль стоку вищий (1,7 л/с/км²) порівняно з нижньою течією (0,2 л/с/км²). На стік значно впливають водосховища, господарські водозабори, перекидання вод Дніпра каналом «Дніпро–Інгулець» та скиди шахтних і промислових вод (приблизно 20 млн м³ на рік), що підвищує мінералізацію

річки. Для очищення русла після весняної повені у травні проводять промивання водою з Карачунівського водосховища [12].

2.7. Максимальний стік.

Весняна повінь на річці Інгулець спостерігається щороку. Для оцінки її максимальних водних витрат використовують узагальнені та опрацьовані дані водомірних постів Кривий Ріг і Могилівка [13]. Характеристика весняних повеней по в/п приведена в табл. 2.5.

Таблиця 2.5

Характеристика весняних повеней р. Інгулець по в/п Кривий Ріг і Могилівка [10]

№	Найменування показників	Кількість	Водомірні пости: Кривий Ріг	Водомірні пости: Могилівка
1.	Площа басейну,	км ²	8600	9280
2.	Відстань від гирла,	км	321	265
3.	Період спостережень,	роки	2022-2024	2022-2024
4.	Середня максимальна витрата повеней, Q _{макс. сер.}	м ³ /с	152	186
5.	Найбільша спостережена у 2022 р.	м ³ /с	1110	851
6.	Найменша спостережена у 2024 р.	м ³ /с	1,5	1,2
7.	Розрахункова витрата 1 % забезпеченості,	м ³ /с	1100	884
8.	Коефіцієнт варіації максимальних витрат, CV		1,4	1,1
9.	Коефіцієнт асиметрії, Cs		1,5CV=2,10	1,5CV=1,65
10.	Середній об'єм стоку повеней,	млн. м ³	164	170
11.	Середній відсоток стоку повеней від річного,	%	67	64
12.	Середній шар стоку повені,	мм	19,1	18,9

13.	Максимальний спостережений шар стоку повені,	мм	93,7 (2023)	83,6 (2023)
14.	Розрахунковий шар стоку повені 1 % забезпеченості,	мм	100	95
15.	Коефіцієнт варіації шарів повеней, CV		1,1	1,2
16.	Коефіцієнт асиметрії, Cs		2CV=2,2	2CV=2,4

Весняна повінь

Весняна повінь на Інгульці щороку починається близько 21 лютого, досягає максимуму 19 березня і завершується 20 квітня. Середня тривалість — 61 день, але може коливатися від 12 до 122 діб. В останні роки максимальні витрати зменшуються: на посту Кривий Ріг у 2023 році середня максимальна витрата становила 96,6 м³/с, що вдвічі менше, ніж у 2022 році (198 м³/с), через потепління, часті зимові відлиги та зарегулювання стоку ставками і водосховищами. У зимово-ранньовесняний період у річку інтенсивно надходять промислові води, після чого русло промивають.

Зливі паводки (наводки)

Зливі паводки характерні для теплої пори року. На водозборах понад 50 км² їх інтенсивність менша, ніж у весняних повенях. На посту Кривий Ріг середня максимальна витрата — 20,2 м³/с, найбільша — 140 м³/с (21 червня 2022 року). Середня тривалість — 11 діб (від 1 до 44), а об'єм стоку — близько 10,5 млн м³ (шар стоку 1,22 мм) [13].

2.8. Рівневий режим

Річка Інгулець має типовий східноєвропейський режим: різкий весняний підйом рівня води під час повені, а решта року — тривала низька межень із короткими підйомами через зливи. Тала вода забезпечує близько двох третин річного стоку. На водомірному посту Кривий Ріг середній рівень води — 30,85 м н. р. м., амплітуда коливань — 5,11 м (найнижчий — 30,57 м 04.05.2022, найвищий — 35,68 м 23-24.03.2024) [13].

2.9. Льодові явища

На річці Інгулець фіксуються різні льодові явища — шугохід, льодостав та льодохід (як осінній, так і весняний) [13]. Їх основні характеристики наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Характеристика льодових явищ

№	Найменування показників	Од. виміру	Середня дата/тривалість	Рання дата/тривалість	Пізня дата/тривалість
1.	Встановлення льодоставу		16.12	16.11.22	05.02 %
2.	Початок весняних льодоходу		07.03 (51%)	20.01.22	03.04.24
3.	Тривалість льодоставу	днів	79	132 (2022-24 р.)	0 (6 %)
4.	Очищення від льоду		10.03	01.02.23	09.04.24
5.	Максимальна товщина льоду	см	22	50 (2024 р.)	0

2.10. Твердий стік

За багаторічними спостереженнями на посту Могилівка (2022–2024 рр.) середня мутність Інгульця становить 130 мг/л, середній річний стік наносів — 63 тис. т, з яких 47 тис. т припадає на весняну повінь. Найвища мутність під

час повені — 530 г/м³, рекорд — 2700 г/м³ (01.07.2024). Модуль стоку наносів у середньому 6,8 т/км², інколи до 44 т/км².

Під час польових вимірювань нижче впадіння Обвідного каналу (балка Грушувата) гідравлічний млинок зупинявся через дрібнозернистий шлам із каналу. Проби води показали: каламутність у скиді — 69,8 мг/дм³, у річці нижче злиття — 42,3 мг/дм³. Мінералогія підтвердила олігоміктовий кварцовий пил із високою абразивністю (кварц 93%, турмалін 2%, гематит, гетит, карбонати).

Донні відклади у зоні техногенного впливу мають підвищену питому густину (2,3–2,4 г/см³) і містять 28–35% техногенних рудних мінералів та 50–70% техногенних нерудних часток (кварц, польовий шпат, силікати, шлак, вугілля). Поширення цих елементів зменшується вниз за течією. Орієнтовний річний обсяг твердих речовин, що надходять із Обвідного каналу, становить близько 1700 т. [11]

2.11. Хімічне забруднення ріки

Моніторинг хімічного складу води річки Інгулець у зоні впливу гірничорудних підприємств Криворізького басейну здійснює відділ комплексного використання водних ресурсів Дніпропетровського облводгоспу. Спостереження ведуться на двох контрольних створах: вище впадіння Обвідного каналу балки Грушувата в районі мікрорайону ПдГЗК у Кривому Розі, де 4–7 разів на рік відбирають проби для повного хімічного аналізу, та у селі Андріївка Широківського району, де працює постійний гідрометричний пост із щоденним контролем рівня та витрат води, а також вмісту хлоридів, а повний хімічний аналіз проводиться також 4–7 разів на рік.

Гідрологічний рік умовно поділяється на три періоди. Зимові межень у грудні–лютому характеризується значними скидами мінералізованих і високомінералізованих техногенних вод із промислових об'єктів, середній обсяг яких становить близько 18,8 млн м³ щорічно. Мінералізація в цей період

сягає в верхньому створі 2370 мг/дм³, а в нижньому створі (Андріївка) — 5320 мг/дм³, збільшуючи сольовий стік до 2820 т/добу.

Навесні, у березні–квітні, скиди мінералізованих вод припиняються, і для промивки русла річку наповнюють прісною водою з Карачунівського та Макортовського водосховищ, створюючи штучну повінь об'ємом близько 60 млн м³.

У літньо-осінній період, травень–листопад, у річку надходять очищені господарсько-побутові та промислові стоки, а також постійно відбувається фільтрація мінералізованих вод із хвостосховищ. Мінералізація у верхньому створі складає близько 1925 мг/дм³ і зростає до 2592 мг/дм³ у нижньому, при цьому сольовий стік збільшується на 840 т/добу.

Дослідження показують, що на ділянці від мікрорайону ПдГЗК до села Андріївка, де площа басейну збільшується лише на 7%, зимовий сольовий стік підвищується на 140%, а в літньо-осінній період — на 160%, що свідчить про наявність несанкціонованих джерел забруднення, які особливо впливають у літньо-осінній період, підвищуючи мінералізацію води до рівня, непридатного для питного водопостачання та зрошення [11].

3. ГЕОЛОГІЧНА БУДОВА І ГІДРОГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ

Інженерно-геологічні та гідрогеологічні обґрунтування проекту з дослідження режиму підземних і поверхневих вод та джерел забруднення річки Інгулець у зоні впливу підприємств Кривбасу виконані відділом гідрогеології інституту «Дніпродіпроводгосп».

Дослідження були спрямовані на вивчення геологічної будови, гідрогеологічних умов і оцінку впливу хвостосховищ та техногенних вод на підземні й поверхневі води Інгульця. Для отримання необхідних даних проведено комплекс робіт, визначений природними умовами території.

На ділянці пробурено 10 свердловин глибиною 1,5–13 м для уточнення геолого-літологічної будови та відбору проб води й ґрунтів. Воду проаналізовано на хімічний склад, ґрунти — на коефіцієнти фільтрації. Буріння виконувалося ударно-канатним способом установкою УГБ-50М.

3.1. Геоморфологічні та сучасні фізико-геологічні явища

Досліджувана територія охоплює зону розташування та безпосереднього впливу гірничорудних підприємств, їхніх кар'єрів, проммайданчиків, відвалів і хвостосховищ.

У геоморфологічному плані це розчленована підвищена рівнина вододілу по обидва боки річки Інгулець, з яружно-балковим та долинним рельєфом. Нижня частина схилу долини річки сформована серією слабовиражених терас пліоценового–голоценового віку. Місцями русло Інгульця меандрує, утворюючи берегові обриви до 10 м заввишки. У їхній основі трапляються численні джерела та вимоїни, спричинені виходом підземних вод і суфозійним винесенням ґрунту.

Місцями на схилах долини Інгульця, зокрема біля села Новоселівка, спостерігаються зсувні процеси. Територія розчленована численними балками — Грушуватою, Вовчою, Широкою, Свистуною, Великою та Малою Кроковою. У верхів'ях балки Велика розташовані відвали «Лівобережні», а на багатьох балках — хвостосховища, відстійники й накопичувачі техногенних вод.

Рельєф ускладнений техногенними абіотичними та біотичними формами. Абсолютні відмітки поверхні варіюють від 26,2 до 130 м: найвищі приурочені до вододілів і промислових відвалів, найнижчі — до заплави Інгульця. Територія густо перетята мережею залізничних колій та автомобільних доріг [14].

3.2. Геологічна будова

Досліджувана територія розташована в межах середньої частини Українського кристалічного щита, у зоні Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому, який поділяє його на Кіровоградську та Приазовську брили. Розлом має складну будову й простягається на понад 200 км при ширині 5–10 км і глибині понад 40 км. У рельєфі він виражений долиною Інгульця, а перетини іншими розривами проявляються у спрямлених ділянках русла, зсувах схилів та формуванні ярів і балок. У геологічній будові це відображається нерівністю поверхні кристалічного фундаменту, змінами потужності порід і їх виклинюваннями.

Геологічний розріз представлений метаморфічними та ультраметаморфічними породами архею й протерозою, перекритими осадовими відкладами кайнозою. Кристалічні породи — граніти, плагіограніти, мігматити — залягають на глибині 75–120 м на вододілах і 20–30 м у заплаві Інгульця, місцями виходячи на денну поверхню. Зона їх активної тріщинуватості сягає 50 м, а в межах тектонічних порушень — до 200 м.

Мезозой-кайнозойські утворення нерівномірно перекривають кристалічну основу, формуючи кору вивітрювання потужністю 3–6 м, представлену каолінами та вивітрілими породами. Кайнозойські відклади залягають із стратиграфічною незгодою та включають породи палеогену, неогену й четвертинного віку.

Породи буцацької світи заповнюють депресії фундаменту й складені різнозернистими пісками з прошарками бурого вугілля, потужністю до 20 м. Київська світа перекриває їх і представлена сіруватими глинистими пісками та глинами з прошарками алевролітів загальною потужністю до 20 м.

На окремих ділянках схилів долини Інгульця трапляються пліоценові тераси, складені алювіальними пісками, що заміщують понтичні відкладення.

Пліоцен-нижньочетвертинні породи охоплюють майже всю територію, окрім русел річок і глибоких ярів, де вони зруйновані ерозією. У природних виходах ці товщі представлені червоно-бурими та темно-коричневими глинами з карбонатними включеннями завтовшки до 10 м.

Четвертинні відкладення суцільно вкривають дослідну територію. Вони включають елювіальні, еолово-делювіальні суглинки середнього та верхнього четвертинного віку, сучасні алювіально-делювіальні утворення днищ балок і алювіальні відклади заплав.

Елювіальні та еолово-делювіальні суглинки середньо-верхньочетвертинного віку поширені повсюдно, окрім глибоких ярів. Вони складаються з чергування легких, середніх і важких суглинків.

Відкладення двіпоровського горизонту представлені коричнево-бурими та жовто-бурими важкими й середніми суглинками потужністю 0,1–1,9 м. Дніпровський горизонт утворений легкими жовтуватопалевими пористими суглинками завтовшки до 10–15,5 м.

Прилуцько-кайдакський горизонт виражений переважно середніми, інколи важкими суглинками буруватих і жовтуватих тонів потужністю 2–7 м. Бугський горизонт — найбільш однорідний за будовою, складається з легких

пористих палево-жовтих суглинків завтовшки 2–2,5 м; на глибоко врізаних схилах має виходи на поверхню.

Дофінівський горизонт представлений ущільненими жовто-бурими та бурими суглинками з домішками грубого матеріалу та гумусу, потужністю 2,5–3 м.

Сучасні алювіально-делювіальні утворення приурочені до днищ балок і представлені перезбагаченими мулкуватими суглинками (0,5–0,8 м). Алювіальні відкладення терас і заплав річок складаються з різнозернистих пісків, галечників і місцями мулів, їхня потужність сягає до 6 м.

Сучасні техногенні відкладення широко поширені в межах досліджуваної території та сформовані внаслідок господарської діяльності. Вони представлені суглинками з включеннями порушеного ґрунтового шару потужністю 4–5 м, а також масивними відвалами й хвостосховищами, де товща техногенного матеріалу може досягати десятків метрів.

Сучасні елювіальні відкладення утворюють ґрунтово-рослинний шар, який залягає на поверхні й має потужність 0,2–0,7 м. [15]

3.3. Гідрогеологічні умови

На досліджуваній території виділяються такі водоносні горизонти:

1. **Сучасні алювіальні відкладення** – поширені у заплавах і на надзаплавних терасах, безнапірні, глибина залягання від кількох дециметрів до кількох метрів. Мінералізація 2–5 г/л, води гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатні. Живлення здійснюється інфільтрацією опадів, підтоком з верхніх горизонтів і техногенних водойм. Розвантаження – у р. Інгулець.

2. **Сучасні алювіально-делювіальні відкладення** – локально приурочені до днищ балок, безнапірні, залягають на глибині 0–кілька метрів. Живлення – інфільтрація опадів та вод з водойм; розвантаження – в русла балок і р. Інгулець.

3. Середньо-верхньочетвертинні еолово-делювіальні та елювіальні відкладення – поширені майже по всій території, за винятком ділянок, прилеглих до р. Інгулець, де горизонти здреновані. Водовміщуючі породи – леси та лесовидні суглинки. Води безнапірні, рівні залягають від часток метра до кількох десятків метрів. Дебіти свердловин 0,04–0,1 л/сек. Води хлоридно-сульфатні, мінералізація 1–15–25 г/дм³ (поблизу хвостосховищ). Живлення – опади, витoki виробничих вод, інфільтрація з хвостосховищ і ставків; розвантаження – у долини балок і р. Інгулець. Коефіцієнти фільтрації становлять: легких суглинків – \$0,7\$ м/добу, середніх – \$0,3\$ м/добу, важких – \$0,1\$ м/добу.

4. Неогенові відкладення – поширені повсюдно, водовмісні породи: сірі вапняки та дрібнозернисті глинисті піски, потужність до 35 м і більше. Горизонт напірний (напір до 11,8 м). Нижній водоупорний шар – темно-зелені глини, верхній – пліоцен-нижньочетвертинні червоно-бурі глини. Дебіти свердловин 0,9–3,5 м³/год при пониженнях 2,8–8 м. Води хлоридно-сульфатні магнієво-натрієві, мінералізація 2–25 г/л. Живлення – опади, талий сніг, перетікання з верхніх горизонтів, інфільтрація з хвостосховищ і ставків; розвантаження – у долини балок і р. Інгулець.

5. Київська свита палеогену – острівне поширення, водовмісні породи: піски та глинисті піски, слабка водомісткість. Води гідрокарбонатно-сульфатні, кальцієво-магнієві, мінералізація 1,6–4,8 г/дм³. Живлення – перетікання з верхніх горизонтів.

6. Бучацька свита палеогену – невитриманий горизонт, водовмісні породи: різнозернисті піски, перекриті глинами київської світи. Горизонт напірний, дебіти 0,01–1,2 л/с, пониження 12–14,5 м. Води від гідрокарбонатно-сульфатних до хлоридних, мінералізація до 3–4 г/дм³. Живлення – верхні горизонти, рідше тріщинні води кристалічного фундаменту.

7. Тріщинувата зона кристалічних порід – докембрійські породи слабо тріщинуваті, потужність активної зони до 50 м. Води напірні, фільтраційні властивості низькі (0,1–кілька м/добу), мінералізація до 8 г/дм³.

Води сульфатно-хлоридні і хлоридно-сульфатні з змішаним катіонним складом. Живлення – перетікання з верхніх горизонтів, інфільтрація опадів; розвантаження – долини великих балок і р. Інгулець [16] [17].

3.4. Фактори території, що впливають на гідрогеологічні умови

Досліджувана територія знаходиться в західній частині Криворізького залізорудного басейну. На формування режиму і хімічного складу підземних вод та р. Інгулець істотно впливають гідротехнічні споруди КГМК «Криворіжсталь» та ПдГЗКа – хвостосховища, ставки-накопичувачі та комунікації, які експлуатуються з 1960-х років. Перші спостережні свердловини були пробурені у 1959 р. Експлуатація басейну спричинила зміни гідрогеологічних умов: хвостосховища порушили природний водний режим, розвантаження відбувається у балки та річки, спостерігається інфільтрація вод у водоносні і водоупорні горизонти.

Основні об'єкти:

1. **Хвостосховище «Войкове» (ПдГЗК)** – обсяг 140 млн м³, 1,7 км від с. Новоселівка, експлуатується з 1977 р. Протифільтраційний екран відсутній, є дренажна мережа; мінералізація води 12,8–16,3 г/дм³. Днище – еолово-делювіальні суглинки до 5 м, підстилаються неогеновими пісками та червоно-бурими глинами.

2. **Хвостосховище «Об'єднане» (ПдГЗКа і НКГЗКа)** – на водорозділі балок Грушувата і Свистунова, експлуатується з 1964 р. Протифільтраційний екран відсутній, є відкритий дренаж 3 м. Мінералізація води 13,2–18,2 г/дм³. Днище – лесовидні суглинки та червоно-бурі глини; нижче – понтічні та сарматські вапняки.

3. **Хвостосховище «Миролубівське» (НКГЗКа)** – на схилах балок Велика і Мала Крокова, експлуатується з 1976 р., протифільтраційний екран відсутній, є дренаж.

4. **Ставок-накопичувач у балці Грушувата** – експлуатується з 1974 р., нижче хвостосховищ, екран відсутній, є дренаж.

5. **Ставок-накопичувач шахтних вод у балці Свистунова** – проектний обсяг ~12 млн м³, площа 70 га, розташований за 3 км від с. Новоселівка. Протифільтраційний захист незадовільний, експлуатується як аварійний. Ложе – перевідкладені суглинки 7–8 м, понтічні піски 5 м, сарматські вапняки 2–3 м. Мінералізація води зросла з 22,5 г/дм³ (1997) до 37,1 г/дм³ (2007). Вода фільтрується через екран і суглинки в р. Інгулець по четвертинних і неогенових горизонтах.

Хвостосховища підвищуються на 35–50 м над навколишньою місцевістю і продовжують експлуатуватися та нарощуватися. Хімічний склад технічних вод наведено в таблиці 5.1. (за матеріалами Криворізької КГП, 2001–2006 рр. та «Дніпродіпроводгосп») [18].

3.5. Оцінка гідрогеологічних умов і ступеню забруднення підземних і поверхневих вод

Експлуатація Криворізького залізрудного басейну суттєво змінила гідрогеологічні умови промислових і прилеглих територій. Створення хвостосховищ і ставків-накопичувачів порушило природний режим підземних і поверхневих вод, спричинивши інфільтрацію у водоносні горизонти та зміну гідрогеологічних умов.

Найбільший техногенний вплив спостерігається в районах хвостосховищ і ставків, де штучне живлення водоносних горизонтів відбувається через втрати води з комунікацій і фільтрацію. Підземні води спочатку забруднюються на четвертинному горизонті, а потім – у неогеновому, особливо у зонах малої потужності перекриваючих глин.

Прикладом є став-накопичувач у с. Свистунова: відсутність водотривких червоно-бурих глин і під дією гідростатичного напору спричинила інтенсивну фільтрацію в неогенові вапняки, що призвело до забруднення та підтоплення

території. Потік підземних вод зараз спрямований від хвостосховищ і ставків до р. Інгулець.

Фільтрація та поширення забруднень визначаються наявністю техногенних ділянок живлення та розвантаження. Перетікання четвертинних вод у неогеновий горизонт підвищує мінералізацію підземних вод. Режимні спостереження та хімічні аналізи підтверджують зростання мінералізації та варіативність хімічного складу залежно від техногенного впливу.

У районі ставка-накопичувача на балці Свистунова мінералізація ґрунтових вод досягає 25 г/л (у ставку — 37,1 г/л). Переважають сульфатні та сульфатно-хлоридні води, а зростання хлоридів і сульфатів прямо пов'язане зі збільшенням мінералізації. На знижених формах рельєфу (балки, улоговини) спостерігається її зменшення через активну інфільтрацію атмосферних опадів у четвертинний водоносний горизонт.

Неогеновий водоносний горизонт поширений повсюдно, а рух підземних вод спрямований до річки Інгулець. Живлення горизонту відбувається через перетікання вод із сусідніх горизонтів та інфільтрацію техногенно забруднених вод хвостосховищ. Найбільша мінералізація підземних вод фіксується саме в їхніх зонах впливу. Там, де червоно-бурі глини відсутні або малопотужні, відбувається інтенсивне змішування вод четвертинного та неогенового горизонтів [19].

У межах впливу техногенних водойм виділяють чотири сектори:

1. **Північніше хвостосховища Об'єднане та ставка на б. Грушуватій.** Мінералізація підземних вод становить 11,0–15,9 г/л, що відповідає показникам техногенних водойм. Місцями фіксується вплив тріщинуватих кристалічних порід.
2. **Північ і захід від хвостосховища Войково.** Тут технічні води змішуються з атмосферними, тому мінералізація знижується до 4,30–8,78 г/л.

3. **Між хвостосховищем Войково та ставком на б. Свистунова.** На ділянках без водотривких глин відзначається подальше зменшення мінералізації через активну інфільтрацію опадів.
4. **Західніше ставка на б. Свистунова.** У районі самого ставка мінералізація найвища — до 25 г/л. Нижче за потоком підземні води змішуються з менш мінералізованими водами четвертинного горизонту, тому на виходах до р. Інгулець вона зменшується до 11,97–14,0 г/л.

Підземні води неогенового горизонту мають переважно сульфатний або хлоридний склад. Загальний геолого-екологічний стан є несприятливим через багаторічний техногенний вплив підприємств Кривбасу. Видобуток руди, розміщення відвалів, шлаків і функціонування хвостосховищ призвели до порушення ландшафтів, зміни гідрогеологічних умов, погіршення хімічного складу підземних вод та забруднення ґрунтів і поверхневих водойм [20].

4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Метою робіт був моніторинг та визначення джерел хімічних забруднень у річку Інгулець із поверхневим та підземним стоком у зоні впливу гірничорудних підприємств Кривбасу. Ділянка дослідження простягається від південної околиці с. Новоселівка (створ V, 296,03 км) до 2,4 км вище впадіння обвідного каналу балки Грушувата (створ I, 311,57 км).

З лівого берега в Інгулець впадають балки Новоселівська, Вовча, обвідний канал балки Грушувата і балка Півдегзківська, з правого — балки Рахманівська та Руднична. Найбільший водотік — обвідний канал балки Грушувата (18 км, площа водозбору 68 км²), з притоками Велика Кроква та Нагорний канал. У басейні каналу розташовані ключові підприємства залізорудного комплексу, відстійники, накопичувачі техногенних вод і хвостосховища, а також густонаселені райони Кривого Рогу і прилеглі села.

Загальна площа водозбору між створами I та V — 202 км², у створі I — 8650 км², у створі V — 8850 км².

Для виявлення джерел стоку проведено сім обстежень лівого берега з фіксацією координат, дебіту та відбором проб для хімічного аналізу. Паралельно у шести створах Інгульця здійснювалися вимірювання витрат води гідравлічним млинком ГР-21 та ультразвуковим приладом ИСТ-1.

Під час замірів виявили засмічення млинка дрібнозернистим шламом, що призводило до його виходу з ладу; підшипники замінили у Департаменті гідрометеорології. Додатковою складністю були рельєф, зарості очерету та нові підводні джерела [21].

Всього виявлено 30 підземних джерел та 5 струмків, проби відбирали на скиді в став-накопичувач шахтних вод на балці Свистунова та в річку Інгулець.

По р. Інгулець відбір проб виконувався в 7 пунктах:

- вище впадіння джерел на 311,57 км по руслу ріки біля містка в мкр. ПдГЗК (створ I);

- біля з/дор. мосту на 310,28 км;
- вище впадіння ОК б. Грушувата;
- нижче впадіння ОК б. Грушувата біля естакади з містком на 308,70 км (створ III);
- на броді через Інгулець на 304,70 км;
- біля містка в с. Рахманівка на 302,07 км (створ IV);
- біля мосту в с. Новоселівка на 296,03 км (створ V).

Всього за період досліджень відібрано і виконано хімічний аналіз 162 проб води.



Рисунок 4.1. – Долина річки Інгулець в районі ур. Новопетрівка. Вид вгору проти течії. Справа відвали гірських порід Лівобережні [22].

4.1. Опис джерел забруднення р. Інгулець і методи відбору проб води

Проби №1 (Створ 1). Відбір здійснювався в районі пішохідного мосту мкр. ПдГЗК м. Кривий Ріг — вище всіх можливих скидів. Проведено 6 відборів. Мінералізація: 1286–2156 мг/дм³. Тип води — сульфатно-гідрокарбонатно-натрієво-магнієвий. Додатково виконувались вимірювання витрат води.

Проби №2 і №3. Джерела у заростях очерету на км 311,40–311,54. Води виходять з четвертинних суглинків, формуючи численні дрібні струмки. Відібрано 8 проб. Мінералізація: 2196–3504 мг/дм³. Тип води — хлоридно-сульфатно-натрієво-кальцієвий.

Проби №4. Джерело під автодорожнім мостом (км 311,38), замулене будівельним сміттям. Дебіт: 0,05–0,1 л/с. Відібрано 4 проби. Мінералізація: 3442–3896 мг/дм³. Тип — хлоридно-сульфатно-натрієво-кальцієвий.

Проби №5. Джерело у заплавних алювіях (км 311,33). Відібрано 3 проби. Дебіт: 0,15–1,0 л/с; у травні 2024 р. пересохло. Мінералізація: 4286–11840 мг/дм³. Тип — хлоридно-сульфатно-натрієво-кальцієвий.

Проби №6. Джерело біля скиду водопроводу D=400 мм (км 311,32). 4 проби. Дебіт: 0,02–0,1 л/с. Мінералізація: 10550–12380 мг/дм³. Тип — хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проби №7. Джерело біля скиду водопроводу D=500 мм (км 311,30). 3 проби. Дебіт: 0,02–0,5 л/с; у лютому 2024 р. витоку не було. Мінералізація: 11910–12588 мг/дм³. Тип — хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проби №8. Струмок із бетонної труби D=1000 мм (км 311,27). Ймовірно дренаж підставкової греблі. 5 проб. Дебіт: 5–15 л/с. Мінералізація: 11640–12320 мг/дм³. Тип — хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проби №9. Струмок із трьох джерел у яру (км 311,23). 5 проб. Дебіт: 10–45 л/с. Мінералізація: 12340–13146 мг/дм³. Тип — хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

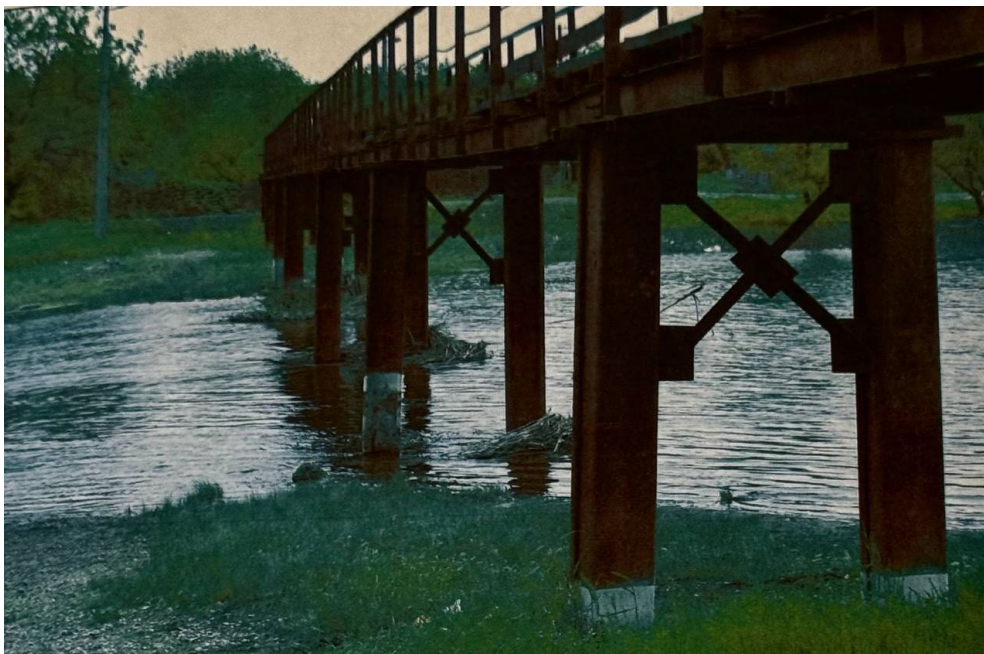


Рисунок 4.2. – Місток через річку Інгулець в створі 1. Місце відбору проб №1. [22]



Рисунок 4.3. – Скид дренажу з з/бет. труби в р. Інгулець на КМ 311,27. Місце відбору проб № 8. [22]



Рисунок 4.4. – Струмок з 3-х джерел в яру на КМ 311,23. Місце відбору проб № 9. [22]



Рисунок 4.5. – Джерело з-під рівня води в р. Інгулець. Місце відбору проб № 12. [22]

Проби №10. Ставок у балці на лівому березі р. Інгулець (КМ 311,23), розташований за 250 м від річки. На березі працює насосна станція, що подає воду на оборотні цикли хімводопідготовки, ймовірно відбувається фільтрація води в Інгулець. Відібрано 4 проби. Мінералізація змінювалася від 9818 мг/дм³

(05.2023) до 11420 мг/дм³ (01.2024). Тип води — хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проби №11. Струмок у дорожньому кюветі за 140 м від річки (КМ 311,23), ймовірно приймає фільтраційні води зі ставка. Відібрано 4 проби. Дебіт: 0,05–0,3 л/с. Мінералізація: 2900 мг/дм³ (01.2024) – 13805 мг/дм³ (05.2024). Переважно хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий тип, у січні — сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проби №12. Джерела на лівому березі (КМ 311,18). Через змішування з річковою водою дебіт оцінено орієнтовно — 4–5 л/с. Відібрано 6 проб. Мінералізація: 10690–11606 мг/дм³. Тип води — хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проби №13. Стік із лотка на лівому березі (КМ 311,12), джерело стоку невідоме. Відібрано 4 проби. Дебіт: 0,05–0,3 л/с. Мінералізація: 13120 мг/дм³ (08.2023) – 14005 мг/дм³ (01.2024). Тип води — переважно хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проби №14–14а. Вимочки в основі схилу лівого берега (КМ 310,93). Відібрано 3 проби. Дебіт: до 0,01 л/с. Мінералізація: 12310–12560 мг/дм³. Тип води змінювався від сульфатно-хлоридного до хлоридно-сульфатного натрієво-магнієвого. Зафіксовано сильний запах сірководню.

Проби №15. Ріка Інгулець біля залізничного мосту (КМ 310,28). Відібрано 5 проб. Мінералізація: 1684–2190 мг/дм³. Тип — сульфатно-хлоридно-натрієво-магнієвий.

Проби №16. Джерело в скелях на 5–6 м вище рівня води (КМ 310,24). 4 проби. Дебіт: 0,05–0,2 л/с. Мінералізація: 15435–16365 мг/дм³. Тип змінився з хлоридно-сульфатного на сульфатно-хлоридний натрієво-магнієвий.

Проби №17. Джерело під естакадою (КМ 310,20), 0,7 м над рівнем річки. 4 проби. Дебіт: 0,05–1,5 л/с. Мінералізація: 15870–16637 мг/дм³. Зміна типу аналогічна пробам №16.

Проби №18. Ріка Інгулець (КМ 309,17), вище впадіння ОК 6. Грушувата. 5 проб. Мінералізація: 1864–2440 мг/дм³. Тип води — сульфатно-хлоридно-натрієво-магнієвий.



Рисунок 4.6. – Річка Інгулець біля залізничного мосту. Місце відбору проб № 15. [22]



Рисунок 4.7. – Водомірний пост ПдГЗК на ОК 6. Грушувата. Місце відбору проб № 19. [22]



Рисунок 4.8. – Струмок з-під гірських підвалів. Місце відбору проб № 23. [22]



Рисунок 4.9. – Брід на р. Інгулець. Місце відбору проб № 25. [22]

Проби №19. Осадковий ставок балки Грушувата (КМ 309,14). Відбір здійснювали на скиді ПдГЗК. Взято 5 проб. Витрата води становила 0,6–1,0 м³/с. Мінералізація змінювалась від 2528 мг/дм³ (січень 2024) до 3440 мг/дм³ (травень 2024). Хімічний тип — від сульфатно-хлоридно-натрієво-кальцієвого до хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвого.

Проби №20. Джерело під дамбою водопідвищувача фільтраційних вод кар'єру (КМ 308,77). Взято 4 проби. Дебіт низький, зона заболочена. Мінералізація — 9300–11205 мг/дм³. Тип води: у 2023 р. хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий, у 2024 р. — сульфатно-хлоридно-натрієво-магнієвий.

Проби №21. Струмок з очеретяного болота (КМ 308,70). Взято 4 проби. Витрата не перевищувала 0,05 л/с. Мінералізація — 9020–11255 мг/дм³. Тип води стабільно хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проби №22. Ріка Інгулець (КМ 308,70, гідроствор III). Взято 6 проб. Мінералізація — 1985–2690 мг/дм³. Тип води — переважно сульфатно-хлоридно-натрієво-магнієвий, у липні 2024 р. — хлоридно-сульфатно-натрієвий.

Проба №22а. Струмок з-під хвостосховища Войково (КМ 308,38). Взято 1 пробу. Витрата — 3,0 л/с. Мінералізація — 10845 мг/дм³. Тип води — хлоридно-сульфатно-натрієво-кальцієвий.

Проби №23. Потужний струмок з-під відвалів гірських порід (КМ 308,18). Взято 4 проби. Витрата — 5–20 л/с. Мінералізація — 6290–9310 мг/дм³. Тип води — хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проба №24. Джерельце на лівому березі (КМ 304,85). Взято 3 проби. Дебіт — 0,05 л/с. Мінералізація — 5430–7130 мг/дм³. Тип води — сульфатно-гідрокарбонатно-натрієво-магнієвий.

Проби №25. Ріка Інгулець у місці броду (КМ 304,70). Взято 6 проб. Мінералізація — 1972–2628 мг/дм³. Тип води — сульфатно-хлоридно-натрієво-магнієвий, подекуди — хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проби №26а. Джерела з-під відвалів на лівому березі (КМ 304,45). Взято 3 проби. Дебіт у січні був мінімальний, у липні — до 2,0 л/с. Мінералізація —

7505–9385 мг/дм³. Тип води змінився з сульфатно-гідрокарбонатно-натрієвого на сульфатно-хлоридно-натрієво-магнієвий.

Проби №26б. Джерела з-під відвалів на лівому березі (КМ 303,87). Взято 1 пробу. Дебіт у січні 2024 р. — 8 л/с, у травні впав до нуля. Мінералізація — 7094 мг/дм³. Тип води — сульфатно-гідрокарбонатно-натрієвий.

Проби №26. Серія джерел на лівому березі (КМ 303,75). Взято 4 проби. Дебіт — 1,5–3,0 л/с, у травні 2024 р. зменшився до нуля. Мінералізація — 6633–8980 мг/дм³. Тип води — сульфатно-гідрокарбонатно-магнієво-натрієвий.

Проби №27. Джерело з-під відвалів (КМ 303,55). Взято 4 проби. Дебіт — 0,1–3,0 л/с. Мінералізація — 8130–9430 мг/дм³. Тип води — сульфатно-гідрокарбонатно-магнієво-натрієвий.

Проби №28. Джерело з-під відвалів (КМ 303,35). Взято 4 проби. Дебіт — 0–0,05 л/с. Мінералізація — 3844–4760 мг/дм³. Тип води — сульфатно-гідрокарбонатно-магнієво-натрієвий.

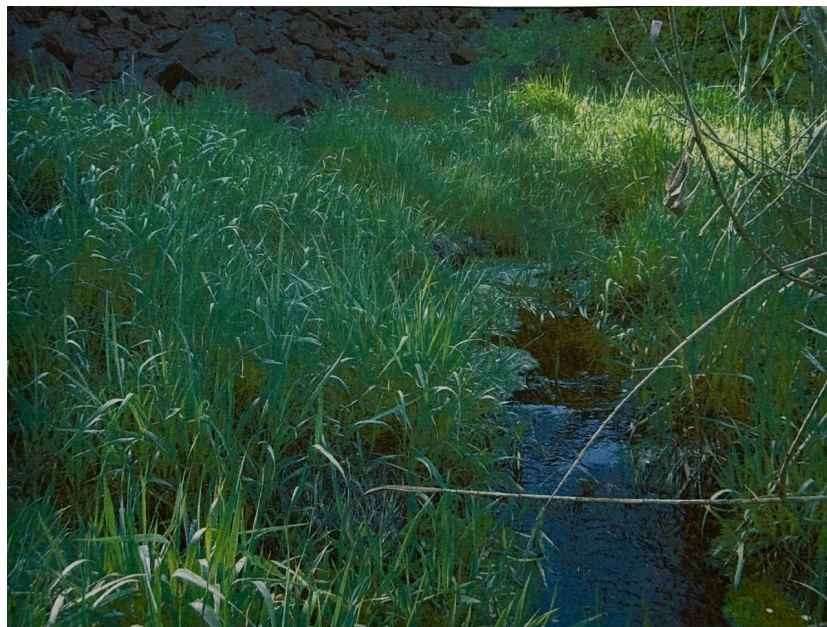


Рисунок 4.10. – Джерело з-під відвалу гірських порід. Місце відбору проб № 27. [22]



Рисунок 4.11. – Заболочена, заросла очеретом надзаплавна тераса р. Інгулець, куди стікають струмки № 26; 27 і 28. Справа відкос відвалу гірських порід. [22]

Проба №30б. Джерело на лівому березі Інгульця (КМ 303,20), вода інфільтрується в ґрунт після впадання в ставочок. Відібрано 1 пробу. Дебіт — 1,5 л/с. Мінералізація — 5320 мг/дм³. Тип води — сульфатно-гідрокарбонатно-магнієво-натрієвий.

Проби №29. Річка Інгулець на КМ 302,07 (с. Рахманове), гідрометричний створ IV. Влітку заростає рослинністю. Відібрано 6 проб. Мінералізація — 2060–2830 мг/дм³ (січень–липень 2024 р.). Тип води — сульфатно-хлоридно-натрієво-магнієвий.

Проба №29а. Струмок на правому березі Інгульця (КМ 301,96). Відібрано 1 пробу. Витрата — 9 л/с. Мінералізація — 3490 мг/дм³. Тип води — сульфатно-хлоридно-кальцієво-магнієвий.

Проба №30а. Джерело на лівому березі Інгульця (КМ 301,00), вода інфільтрується в ґрунт. Відібрано 1 пробу. Дебіт — 1 л/с. Мінералізація — 8680 мг/дм³. Тип води — сульфатно-гідрокарбонатно-магнієво-натрієвий.



Рисунок 4.12. – Озеро на березу р. Інгулець, куди стікає вода по б. Вовча. [22]

Проби №30. Струмок по балці Вовча (КМ 299,50), вода інфільтрується в ґрунт. 4 проби. Витрата — 0,5–5 л/с. Мінералізація — 6010–7560 мг/дм³. Тип води — сульфатно-хлоридно-магнієво-натрієвий.

Проби №31. Потужний струмок у с. Новоселівка (КМ 298,00). 4 проби. Дебіт — 5–15 л/с. Мінералізація — 9100–10440 мг/дм³. Тип води змінювався: хлоридно-сульфатно-магнієво-кальцієвий → сульфатно-хлоридно-натрієво-кальцієвий.

Проби №32. Чисельні джерела на заболоченому схилі (КМ 297,96). 4 проби. Сумарний дебіт — ~1 л/с. Мінералізація — 4740–5660 мг/дм³. Тип води: сульфатно-хлоридно-натрієво-кальцієвий → хлоридно-сульфатно-натрієво-кальцієвий.

Проби №33. Джерела на заболоченому схилі (КМ 297,76). 1 проба. Дебіт — ~0,5 л/с. Мінералізація — 14335 мг/дм³. Тип води — хлоридно-сульфатно-натрієво-кальцієвий.

Проби №34. Річка Інгулець у с. Новоселівка (КМ 296,03), створ V. 6 проб. Мінералізація — 2210–3810 мг/дм³. Тип води змінювався: сульфатно-хлоридно-натрієво-кальцієвий → хлоридно-сульфатно-кальцієвий.

Проби №35. Чисельні джерела біля скидної труби (КМ 295,95). 4 проби. Дебіт — $\sim 0,05\text{--}0,1$ л/с. Мінералізація — $14010\text{--}15630$ мг/дм³. Тип води — хлоридно-сульфатно-кальцієвий.

Проби №36. Джерела нижче скидної труби (КМ 295,61). 2 проби. Дебіт — $\sim 0,05\text{--}0,1$ л/с. Мінералізація — $11970\text{--}12610$ мг/дм³. Тип води — хлоридно-сульфатно-натрієво-кальцієвий.

Проби №37. Скид води в став на балці Свистунова. 2 проби. Мінералізація — $30480\text{--}32370$ мг/дм³. Тип води — хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проба №37а. Скид води зі ставу в Інгулець (КМ 295,78). 1 проба. Мінералізація — 37100 мг/дм³. Тип води — хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.

Проби №38. Аварійний перелив із хвостосховища «Войково». 1 проба. Мінералізація — 16610 мг/дм³. Тип води — хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий.



Рисунок 4.13. – Виклинювання води з-під свіжих гірських відвалів в районі ур. Новопетрівка проти КМ 303,20 р. Інгулець. Місце відбору проби № 30б. [22]



Рисунок 4.14. - Виклинювання води з-під свіжих гірських відвалів в районі ур. Новопетрівка проти КМ 301,00 р. Інгулець. Місце відбору проби № 30а. [22]



Рисунок 4.15. – Потужний струмок в ярі в с. Новоселівка в районі КМ 298,00 р. Інгулець. Місце відбору проби № 31. [22]



Рисунок 4.16. – Автодорожній міст в с. Новоселівка. Місце відбору проби № 34. [22]



Рисунок 4.17. – Чисельні джерела на КМ 295,61–295,75 р. Інгулець. Місце відбору проб №№ 35 і 36. [22]



Рисунок 4.18. – Скид мінералізованої води з ставу-накопичувача шахтних вод в б. Свистунова в р. Інгулець на КМ 295,78. Місце відбору проби № 37а. [22]



Рисунок 4.19. – Скид мінералізованої води в став-накопичувач шахтних вод в б. Свистунова. Місце відбору проби № 37. [22]



Рисунок 4.20. – Стік води після аварійного переливу з хвостосховища Войково. Помітно рівень наповнення каналу під час максимального скиду. Місце відбору проби № 38. [22]

За результатами відбору проб і виконання хімічних аналізів, протоколів гідрохімічних досліджень якості води, зведеної таблиці результатів хімічного аналізу проб поверхневої і підземної води, а також вимірювання витрат води по р. Інгулець, притоках і струмках розраховано сольові баланси стоку ріки по кожній серії відбору проб.

- Середня витрата води в створі I р. Інгулець (мкр. ПдГЗК) за період спостережень була 2100 л/с, а з них ОК 6. Грушувата (нижче с. Новоселівка) — 3513 л/с.
- Прибавка витрати складає в середньому 1413 л/с.
- Витрата води всіх вимірних поверхневих джерел, струмків і скидів складає 72 л/с.
- Таким чином, на відрізку ріки між створами I і II існує потужний підземний приток, в середньому 1342 л/с.

Середній сольовий стік ріки в створі I складає 371 т/добу, в створі V – 968 т/добу. Прибавка сольового стоку складає 597 т/добу, з них ОК 6. Грушувата дає 269 т солі на добу. Сумарний сольовий стік всіх вимірних поверхневих джерел, струмків складає 63 т/добу. Таким чином, прихований підземний сольовий приток в р. Інгулець складає 333 т/добу.

Середня мінералізація води р. Інгулець в створі I становила за період спостережень 1840 мг/дм³, в створі V – 3018 мг/дм³, ОК 6. Грушувата – 2845 мг/дм³. Середня мінералізація поверхневих джерел, струмків – 10017 мг/дм³, прихованого підземного притоку в річку – 7095 мг/дм³.

Таким чином, на ділянці ріки від мкр. ПдГЗК м. Кривий Ріг до с. Новоселівка й існує потужне хімічне забруднення ріки мінералізованим поверхневим у вигляді струмків, джерел і підземним притоком.

Отже: Від створу I (мкр. ПдГЗК) до створу V (с. Новоселівка) спостерігається суттєва прибавка як витрати води, так і сольового стоку, що підтверджує потужний вплив промислових стоків та фільтраційних вод.

Показник	Річка (км)	Витрата, л/с	Хлориди (Cl ⁻), г/дм ³	Стік Хлоридів, т/добу	Джерело
Вхідний стік	311,57 (Створ I)	1280	0,292	32,3	р. Інгулець
Вихідний стік	296,03 (Створ V)	2850	0,876	216	р. Інгулець
Прибавка	Різниця (Створ V - Створ I)	1570	0,58	183	Загальний приток

Ключовий висновок (Приток): На ділянці між створами I та V приріст витрати води становить 1570 л/с, а приріст стоку хлоридів складає 183 т/добу. Це свідчить про інтенсивне надходження води з високою концентрацією солей.

Аналіз балансу підтверджує, що найбільший обсяг забруднення надходить не через поверхневі струмки, а через прихований підземний стік.

Показник	Витрата, л/с	Стік Хлоридів, т/добу
Поверхневий приток (струмки, скиди)	73,2	21,2
Підземний приток (різниця)	1570	183

Ключовий висновок (Джерело): Прихований підземний приток становить переважну частину загального притоку води (1570 л/с) та хлоридів (183 т/добу), що вказує на значну фільтрацію високомінералізованих шахтних і кар'єрних вод через ґрунти та породи до русла річки.

Незважаючи на менший обсяг, поверхневі скиди є висококонцентрованими.

- Обвідний канал 6. Грушувата (ОК 6) (КМ 309,14) є найбільшим поверхневим забруднювачем за обсягом: його витрата становить 1080 л/с, а скид хлоридів – 72,9 т/добу. Цей обсяг перевищує сумарний обсяг усіх інших струмків.
- Струмки в районі ПдГЗК (Проби № 8, 9, 13) мають дуже високу концентрацію хлоридів:
 - Струмок із з/б труби (№ 8) приносить 5,72 т/добу.
 - Струмок із 3-х джерел (№ 9) — 8,0 т/добу.
 - Ці джерела мають концентрацію хлоридів понад 5 г/дм³ (зокрема, № 8 – 5,51 г/дм³, № 9 – 6,71 г/дм³).
- Джерела в скелях (№ 16, 17) мають найвищу концентрацію хлоридів у цьому списку: 8,03 г/дм³ та 8,00 г/дм³ відповідно. Незважаючи на малий

дебіт (1,0 л/с та 0,7 л/с), вони є індикаторами найбільш мінералізованих підземних вод.

Зіставлення концентрації хлоридів у річці Інгулець (Створ I – 0,292 г/дм³) та у фінальному створі (Створ V – 0,876 г/дм³) показує, що на цій ділянці концентрація хлоридів зросла більш ніж утричі.

Це свідчить про потужний хімічний вплив гірничодобувної діяльності, що перетворює воду річки з відносно прісної на високомінералізовану, створюючи значні екологічні проблеми.

Опис обстежених ділянок та джерел:

1. Ділянка 190 м (КМ 311,57–311,38, проби 2–3). Мінералізація джерел 2196–3504 мг/дм³, вода хлоридно-сульфатно-натрієво-кальцієва. Джерела виходять із суглинків схилу долини. Ймовірно природне підживлення річки підземними водами мікрорайону.

2. Ділянка 80 м (КМ 311,38–311,30, проби 4–7). Мінералізація зростає від 3,44–3,90 до 11,9–12,6 г/дм³. Тип води змінюється від хлоридно-сульфатно-натрієво-кальцієвого до натрієво-магнієвого. Джерела приурочені до алювіальних відкладів. Посилюється вплив фільтраційних вод зі ставка-накопичувача б. Грушувата та хвостосховища «Об'єднане».

3. Ділянка 2,06 км (КМ 311,23–309,17, проби 8–14; 16–17). Потужні джерела 5–45 л/с, мінералізація 7,9–16,6 г/дм³. Тип води переважно хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий. Вихід підземних вод із тріщинуватих пісковиків; хімічний склад подібний до вод хвостосховища «Об'єднане».

4. Ділянка 7,64 км нижче ОК-6 (КМ 309,14–299,50, проби 20–21; 22–24; 26–30б; 30а–30). У річку надходять води з-під відвалів Лівобережної та з-підніжжя схилу біля хвостосховища «Войково». Мінералізація джерел 3,84–11,26 г/дм³. Тип води переважно хлоридно-сульфатно-натрієво-магнієвий (інколи з переходом у сульфатно-гідрокарбонатний). Підземні води формуються за рахунок фільтрації з хвостосховища, атмосферних опадів і талої води.

5. Ділянка 3,89 км (КМ 299,50–295,61). Джерела 5–15 л/с з мінералізацією 4,74–15,63 г/дм³. Вода переважно хлоридно-сульфатно-магнієво-кальцієва. Живлення підземних вод забезпечується фільтраційними високомінералізованими водами ставка-накопичувача в б. Свистунова з частковим розбавленням атмосферними водами [23] [24].

5. ГІДРОБІОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Визначення видів вищих рослин здійснювали за «Определителем высших растений» та МВС-1, використовуючи сучасну ботанічну номенклатуру.

Рослинність мілководних ділянок і прибережної зони вивчали методом гідроботанічних профілів та групового макрознімання. Основним способом аналізу структури та просторового розподілу угруповань був профільний метод.

Зоопланктон відбирали зачерпуванням 50–100 л поверхневої води з подальшою фільтрацією через сітку Апштейна (газ №67). Проби концентрували, переносили в санос і фіксували 40% нейтральним формаліном. У лабораторії якісний зоопланктон досліджували під мікроскопами МБГ-1 та МБС-2, а кількісні проби доводили до потрібного об'єму в камері Боутона. «Бідні» проби переглядали повністю, у «багатих» дрібні форми підраховували в частці з перерахунком на загальний об'єм. Біомасу визначали за таблицями індивідуальних мас Інституту гідробіології НАН України. Видову ідентифікацію проводили за основними визначниками прісноводних безхребетних.

Зообентос відбирали сачком, промивали від ґрунту, фіксували 40% формаліном і в лабораторії аналізували якісно та кількісно методом прямого підрахунку. Види визначали за стандартними визначниками.

Іхтіологічні дослідження виконували за загальноприйнятими методиками.

5.1. Макрофітна рослинність

Макрофітна рослинність річки Інгулець представлена водними (18 видів) і гігрофільними видами (31 вид).

Водні макрофіти зосереджені на прибережних мілководдях: їхня ширина становить до 5 м на плесах і до 2 м — у вузьких ділянках, притоках та каналах. Основу рослинного покриву формують ряскові та потамогетонові угруповання: *Potamogeton crispus*, *P. perfoliatus*, *P. pectinatus*, *Ceratophyllum demersum*, *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*. У місцях надходження наносів і поблизу гідроспруд ширина заростей може збільшуватися до 10–30 м.

На мілководдях глибиною до 1 м, у прибережних зонах приток і каналів формуються асоціації повітряно-водної рослинності з участю болотних видів. Домінують смуги очерету *Phragmites australis*, рідше зустрічаються *Typha laxmannii*, *T. angustifolia*, місцями *Typha latifolia* та *Scirpus lacustris*.

Флористичний склад трав'яно-повітряно-водної рослинності представлений гігрофільними та гігрофільно-бур'янистими видами, серед яких: переліска трироздільна (*Bidens tripartita*), плетуха звичайна (*Calystegia sepium*), осот сірий (*Cirsium setosum*), польовичка звичайна (*Echinochloa crusgalli*), дзинка канадська (*Conyza canadensis*), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia*) та інші.

На мілководдях р. Інгулець у районі пішохідного мосту (311,57 км) уздовж лівого берега формується типовий для степових річок зональний тип рослинності з середнім рівнем антропогенної трансформації. Він складається з поясу повітряно-водних рослин (домінує очерет південний *Phragmites australis*) та смуг зануреної рослинності, представленої *Potamogeton perfoliatus*, *P. pectinatus* та іншими гідрофітами. Серед плаваючих видів трапляються *Lemna minor*, *Spirodela polyrhiza*, рідше — *Lemna gibba*. Відзначено також наявність водорості *Enteromorpha intestinalis*. Загалом на ділянці зафіксовано 33 види макрофітів.

У межах м. Кривий Ріг нижче першої насосної станції рослинність також має виражену зональність. Виділяються: пояс солелюбної *Zannichellia palustris*; смуга занурених рослин шириною близько 7 м; смуга очерету (приблизно 5 м) та вузький пояс біля урізу води, сформований *Bolboschoenus maritimus* у поєднанні з іншими галофітами (*Tripolium vulgare*, *Chenopodium glaucum*, *Salicornia prostrata*, *Spergularia salina*). На відлогих берегах ці ценози змішуються з іншими солелюбними видами, зокрема *Puccinella distans*.

Вище та нижче обвідного каналу Балки Грушуватої рослинність різко спрощується: русло вкрито переважно монодомінантними смугами очерету південного шириною 1–3 м. Іноді з медіальної частини русла до них приєднуються фрагменти угруповань куширу зануреного з ярусом *Enteromorpha*.

У районі сіл Рахманівка та Новоселівка прибережні мілководдя характеризуються переривчастими смугами очерету південного шириною до 8 м. У середній частині русла до них долучаються асоціації *Potamogeton crispus*, *P. pectinatus* та *Ceratophyllum demersum*.

Рослинність зволжених берегів представлена типовими гігрофільними та бур'янисто-гігрофільними видами. Нижче с. Новоселівка до угруповань долучаються галофіти: *Tripolium vulgare*, *Salicornia prostrata*, *Chenopodium glaucum*, *Spergularia salina*.

Загалом водна рослинність дослідженої ділянки має переривчато-зональний та бордюрний характер. На більшості мілководних площ переважають угруповання повітряно-водних рослин, тоді як на низьких берегах значною є частка бур'янисто-гігрофільних форм. У місцях виходу фільтраційних мінералізованих вод формуються ценози, у складі яких домінують галофільні види.

Рідкісні або червонокнижні види макрофітів у межах ділянки не виявлені [25].

5.2. Фітопланктон

Фітопланктон річки Інгулець на верхній станції біля містка в мікрорайоні ПдГЗК є типовим для малих річок Степової зони України. Його видовий склад відзначається значною різноманітністю: виявлено представників 5 систематичних груп, загалом 50 видів і форм водоростей. Найбільше таксономічне різноманіття фіксується саме на цій ділянці та на нижній станції поблизу села Новоселівка.

Навесні домінують діатомові водорості родів **Cyclotella**, **Navicula**, **Nitzschia**, **Synedra**, **Pinnularia**, що кількісно й якісно визначають структуру фітопланктону. Також трапляються представники вольвоксових (роди **Volvox**, **Pandorina**) та евгленових (рід **Euglena**) водоростей.

У літній період, коли температура води досягає максимальних значень, фітопланктон стає більш насиченим за складом. Поряд із діатомовими активно розвиваються зелені водорості (**Cladophora**, **Pandorina**, **Chlorella**, **Volvox**, **Chlamydomonas**, **Pediastrum**, **Actinastrum**, **Scenedesmus**), піридінієві (рід **Ceratium**), евгленові (рід **Euglena**) та синьо-зелені (роди **Anabaena**, **Oscillatoria**).

В озері в літній сезон спостерігається переважання синьо-зелених водоростей роду **Oscillatoria** та діатомових водоростей роду **Gyrosigma**.

На забруднених водотоках, зокрема в ОК Б. Грушувата та у струмку в с. Вовче, домінують евгленові й червоні водорості. Їх переважання свідчить про значне антропогенне навантаження та розвиток водоростей, характерних для забруднених, органічно перенасичених середовищ.

Фітопланктон річки Інгулець на верхній станції біля містка в мікрорайоні ПдГЗК є типовим для малих річок Степової зони України. За видовим складом він досить різноманітний: виявлено представників п'яти систематичних груп, загалом 50 видів і форм водоростей. Найбільше таксономічне різноманіття спостерігається саме на цій ділянці та на нижній станції поблизу села Новоселівка.

Навесні кількісно та якісно переважають діатомові водорості родів **Cyclotella, Diatoma, Navicula, Nitzschia, Synedra, Pinnularia**. Також присутні представники вольвоксових (роди **Volvox, Pandorina**) та евгленових (рід **Euglena**) водоростей.

У літній період, коли вода найінтенсивніше прогрівається, фітопланктон стає значно багатшим як за видовим складом, так і за чисельністю. Поряд із діатомовими активно розвиваються зелені водорості (**Cladophora, Pandorina, Chlorella, Volvox, Chlamydomonas, Pediastrum, Actinastrum, Scenedesmus**), піридинієві (рід **Ceratium**), евгленові (рід **Euglena**) та синьо-зелені (роди **Anabaena, Oscillatoria**).

В озері, розташованому в межах досліджуваної території, у літній сезон домінують синьо-зелені водорості роду *Oscillatoria* та діатомові водорості роду *Gyrosigma* [26].

5.3. Зоопланктон

Зоопланктон дослідженої ділянки річки Інгулець вирізняється доволі високим видовим різноманіттям: загалом тут визначено 61 вид, що належать до всіх основних систематичних груп і є типовими для степових річок України, хоча склад збагачений і солонуватоводними формами. На відтинку, розташованому вище скидних станцій та зони впливу фільтраційних вод (311,6 км), виявлено 27 видів зоопланктону із загальною чисельністю 129,3 тис. екз./м³. Домінуючою групою є коловертки, що становлять 96 % усієї чисельності. Найактивніше розвиваються види, притаманні мезосапробній зоні помірного забруднення — *Brachionus calyciflorus*, *Synchaeta pectinata*, *Keratella cochlearis*, *Keratella quadrata*. Інфузорії трапляються у незначній кількості, а присутність поодиноких солонуватоводних форм свідчить про можливий вплив забруднення.

На станції, розташованій вище впадіння ОК Б. Грушувата, зоопланктон сформований повноцінно і охоплює всі основні групи. Загалом виявлено 44

види, а чисельність становить 26,26 тис. екз./м³. Серед безхребетних трапляються водні клопи родини Corixidae, як звичайні для регіону, так і нові для степових річок. Кількісно переважають *Cyclops strenus* та *Alona quadricostata*, тоді як солонуватоводні форми присутні у малих кількостях. Веслоногі ракоподібні характеризуються високими показниками розвитку — серед них *Mesocyclops leucarti*, *Cyclops strenus*, *Eurytemora affinis* та *Eurytemora velox*.

В обвідному каналі в зоні балки Грушувата (309,13 км) спостерігаються вкрай несприятливі умови для розвитку зоопланктону. Тут визначено лише три види коловерток, притаманних альфа-сапробній зоні, тобто індикаторам сильного органічного забруднення. Веслоногі та гіллястовусі ракоподібні реєструються поодинокі, що свідчить про різке погіршення якості водного середовища.

Після впадіння ОК Б. Грушувата відмічено різке збіднення зоопланктону. Кількість видів скорочується з 44 до 11 (у 2,7 раза), а загальна чисельність — зі 189,3 тис. екз./м³ до 65,98 тис. екз./м³ (у 2,9 раза). Домінують коловертки, тоді як представники інших груп трапляються рідко. Така динаміка пояснюється насамперед різким зростанням мінералізації води після надходження забруднених стічних вод з балки.

У районі сіл Рахманівка та Новоселівка зоопланктон представлений лише 23 видами, а його чисельність становить 65,98 тис. екз./м³. Основну частку складу й надалі формують коловертки, що вказує на збереження напруженого екологічного стану та підвищеного рівня антропогенного навантаження на річку в нижній частині досліджуваної ділянки.

У водах струмка, що витікає з балки Вовча (299,7 км), формуються найгірші умови для розвитку зоопланктону. Ці води характеризуються дуже високою мінералізацією та низькою температурою, яка навіть у літній період не перевищує 15 °С. У таких стресових умовах зоопланктон залишається несформованим і протягом сезону представлений лише вісьмома видами, що свідчить про різке пригнічення водної фауни.

Наприкінці дослідної ділянки, поблизу с. Новоселівка, спостерігається часткове відновлення зоопланктонного різноманіття — кількість видів зростає до 39. Це вказує на певне покращення гідробіологічних умов, однак повного відновлення екосистеми не відбувається.

Узагальнюючи отримані дані, можна стверджувати, що стан зоопланктоценозу річки Інгулець на дослідженій ділянці є дуже незадовільним. Різкі коливання видового багатства, зменшення чисельності організмів, домінування видів-індикаторів забруднення та погіршення умов середовища свідчать про суттєвий антропогенний тиск і деградацію екосистеми річки [27] [28].

5.4. Іхтіофауна

Іхтіофауна річки Інгулець досліджувалась з метою виявлення реакцій на скид поверхневих і приток підземних вод у районі діяльності гірничо-збагачувальних підприємств. Було виділено ділянки річки, які зазнають різного ступеня впливу стоків, та порівняльно оцінено видове різноманіття, функціональні групи риб, їх чисельність, біомасу та частку в іхтіоценозі залежно від мінералізації і забруднення зваженими речовинами. Для порівняння використано дані Центрального науково-дослідного інституту біології щодо стану іхтіоценозу ділянки річки поза впливом мінералізованих вод, зокрема Карачунівського водосховища. На обстежених ділянках річки зареєстровано 23 види риб, які належать до трьох основних фауністичних комплексів: понтокаспійського прісноводного – 8 видів, понтокаспійського морського – 8 видів, бореального рівнинного – 5 видів, а також по одному виду третинного рівнинного і китайського рівнинного комплексів. На стічних ділянках річки в акваторії Карачунівського водосховища, віддаленій від місць надходження мінералізованих вод і приблизно за 10 км від водосховищ, мінералізація коливається від 0,7 до 1,3 г/дм³, що є найнижчим показником серед обстежених ділянок. Іхтіоценоз складається з 20 видів риб, трофо-

функціональна структура включає планктофагів, бентофагів, хижаків та еврифагів. Домінують планктинні еврифаги (56,5 %) – верховодка, гірчак та представники ресурсної групи – карась сріблястий і краснопірка, при цьому бентофаг плотва зустрічається в менших чисельностях. Наявність молоді цінних ресурсно-значущих видів, таких як судак і лящ, свідчить про умовно збалансований процес відновлення іхтіофауни. Друга ділянка, розташована в безпосередній близькості до місць надходження мінералізованих вод, характеризується спрощенням іхтіоценозу до 16 видів риби і підвищенням частки солонуватоводних видів, переважно понтокаспійського морського комплексу. Домінує еврифаг гірчак (83,7 %), а чисельність ресурсних видів, таких як лящ, судак, краснопірка та лин, значно зменшується. Встановлено також два нових види – морська голка і чебачок амурський. Третя ділянка, у зоні впливу обвідного каналу в. Грушувата, характеризується різким зниженням біологічного різноманіття з 16 до 6 видів через підвищену мінералізацію (1,98–2,29 г/дм³) і забруднення зваженими речовинами. Чисельність ресурсно-значущих видів знижується до 1,9 % від загальної, а домінують малоцінні коропоподібні – верховодка і вівсянка (91,3 %). Зниження іхтіофауни пояснюється не лише підвищеною мінералізацією (4–13 % залежно від сезону), а й потраплянням мілкодисперсного шламу залізорудного виробництва з обвідного каналу. Частки твердих мінералів кварц, турмалін, польовий шпат, комінінгіт, гематит, кальцит, арагоніт, мартит і гейтит розміром 0,01–0,1 мм, з гострою формою, травмують зябровий апарат риби і знижують біопродуктивність зоопланктону, який є їх основною їжею. Четверта ділянка розташована нижче с. Новоселівка, піддається сумарному впливу скидних і інфільтраційних вод, мінералізація 2,21–3,38 г/дм³. Тут виявлено 6 видів риби, домінує верховодка (85,1 %), чисельність риби різко знижується з 4290 екз/100 м² на ділянці ПдГЗК до 94 екз/100 м² нижче с. Новоселівка, а чисельність гірчака зменшується з 3590 екз/100 м² до 6 екз/100 м². У цілому спостерігається суттєва деградація іхтіофауни під впливом антропогенних стоків і підвищеної мінералізації води [29].

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Проведення масштабних геологічних та геогідрологічних досліджень є діяльністю підвищеного ризику, оскільки вона поєднує високотехнологічне обладнання з роботою в екстремальних, часто віддалених та небезпечних природних умовах, таких як гірські схили, болотисті місцевості, глибокі кар'єри чи акваторії. Тому основоположним принципом організації робіт є безумовний пріоритет збереження життя та здоров'я персоналу над виконанням виробничого завдання.

Перш ніж бригада виїде на об'єкт, проводиться ретельна **організаційна підготовка**. До участі в польових роботах можуть бути допущені лише ті співробітники, які пройшли поглиблене медичне обстеження, що підтверджує їхню придатність до роботи у складних умовах, та отримали вичерпний інструктаж. Окрім стандартного навчання, працівники обов'язково проходять **цільове навчання** з безпечної експлуатації специфічного обладнання – від бурових установок до геофізичних зондів – та набувають навичок надання першої домедичної допомоги в умовах, коли кваліфікована медична допомога недоступна. Життєво важливо розробити детальний **Проект Виконання Робіт (ПВР)**, який містить вичерпний розділ з охорони праці, оцінкою усіх потенційних ризиків, визначенням безпечних маршрутів пересування та чітким планом евакуації на випадок надзвичайної ситуації.

На місці проведення робіт необхідно забезпечити персонал якісними **засобами індивідуального захисту (ЗІЗ)**, які обираються відповідно до класу небезпеки об'єкта та погодних умов. Це не обмежується лише касками та спецодягом; обов'язковими можуть бути протиударні або світлозахисні окуляри, респіратори, а також сигнальний одяг зі світловідбиваючими елементами, особливо при роботі поблизу автомобільних доріг або у сутінковий час. При роботі на висоті чи на крутих схилах необхідно

застосовувати **сертифіковане альпіністське та страхувальне спорядження**. **Транспортна безпека** вимагає щоденного технічного огляду усіх задіяних транспортних засобів, а також суворого дотримання правил перевезення людей та вантажів. Кожна польова група має бути забезпечена надійними засобами зв'язку (раціями, супутниковими телефонами) та навігаційними приладами, а також має регулярно підтримувати контакт з базою відповідно до затвердженого графіка.

Особлива увага приділяється **буровим та гірничим роботам**. Майданчики для бурових установок повинні бути ідеально вирівняні та забезпечені надійним **заземленням** для уникнення ураження електричним струмом. Всі рухомі частини установок обов'язково огорожуються, а роботи з підняттям і спуском колон труб проводяться під безпосереднім контролем відповідальної особи. При бурінні в районах можливого виділення газу (метану, сірководню) або поблизу комунікацій необхідно використовувати спеціальні газоаналізатори та мати плани дій при перевищенні ГДК. Шурфи та канали глибиною більше одного метра підлягають **обов'язковому кріпленню** інвентарними матеріалами для запобігання обвалам, а спуск і підйом працівників у глибокі виробки має бути механізований із застосуванням страхувальних систем. Крім того, у закритих вибоях слід забезпечити **примусову вентиляцію** та постійний контроль вмісту кисню у повітрі.

Гідрологічні роботи на відкритих водних об'єктах вимагають використання лише справних плавзасобів, обладнаних рятувальними жилетами для кожного члена екіпажу. При роботі на берегах річок зі швидкою течією або на небезпечних обривах обов'язкове використання **страхувальних мотузок**, закріплених на надійних опорах. Роботи на льоду допускаються лише після перевірки його товщини та міцності, із наявністю під рукою рятувальних засобів для вилучення людини з води.

Важливим аспектом є **хімічна та екологічна безпека**. Усі хімічні реагенти, що використовуються для польових аналізів або консервації зразків, повинні зберігатися, транспортуватися та застосовуватися відповідно до

інструкцій з безпеки, у герметичній та промаркованій тарі. Необхідно суворо дотримуватись процедур збору, сортування та безпечної **утилізації відходів**, включаючи буровий шлам та паливно-мастильні матеріали, щоб уникнути забруднення навколишнього середовища. Кожна польова база та буровий майданчик повинні мати обладнання для локалізації та нейтралізації можливих розливів хімічних речовин.

Нарешті, усі працівники повинні чітко знати і вміти застосовувати **план ліквідації наслідків аварій та надзвичайних ситуацій**. Це включає знання місця розташування аптечок та вогнегасників, навички швидкого оповіщення бази про інцидент, а також вміння оперативно та безпечно евакуювати потерпілого з небезпечної зони. Кожен член бригади є відповідальним за свою особисту безпеку та безпеку своїх колег, створюючи таким чином культуру взаємодопомоги та постійного контролю ризиків [30] [31] [32] [33] [34] [35].

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Територія дослідження розташована в межах Криворізького залізорудного басейну і характеризується яружно-балковим рельєфом та похилом у бік річки Інгулець, що зумовлює активні процеси поверхневого та підземного стоку.

2. Гірничодобувна діяльність та створення хвостосховищ суттєво змінили природний режим підземних і поверхневих вод, сприяючи формуванню нового техногенно порушеного водоносного горизонту.

3. Мінералізація підземних вод зростає до критичних показників: у четвертинних відкладах вона сягає 14,9 г/дм³, а в районі балки Свистунова — до 25 г/дм³, що робить воду непридатною для пиття та господарського використання.

4. Раніше прісні підземні води населених пунктів поблизу промислових об'єктів зазнали повної деградації через інфільтраційні втрати зі ставків та хвостосховищ, а неогеновий горизонт вирівнявся за хімічним складом із четвертинним.

5. У межах річки Інгулець, особливо на ділянці від ПдГЗК до с. Новоселівка, зафіксовано різке зростання мінералізації поверхневих вод і формування хлоридно-сульфатного типу води внаслідок надходження забрудненого підземного та поверхневого стоку.

6. Біота річки демонструє виразні ознаки деградації: чисельність і видовий склад риб зменшуються у декілька разів, а домінуючою стає малоресурсна іхтіофауна, що становить понад 90 % вилову в забруднених ділянках.

7. Фітопланктон нараховує близько 50 видів, але якість води за його показниками оцінюється як дуже незадовільна; зоопланктон, представлений 61

видом, різко скорочує чисельність після впливу Обвідного каналу балки Грушувата.

8. У нижній частині дослідженої ділянки, особливо в районі с. Новоселівка, спостерігається подальше зменшення біорізноманіття, що корелює з підвищенням мінералізації до 2,74–2,93 г/дм³ та інтенсивним надходженням мілкодисперсного техногенного шламу.

9. Оцінка екологічного стану підтверджує, що річка Інгулець зазнає комплексного техногенного впливу, який проявляється у стійкому засоленні, надходженні мінеральних суспензій та порушенні природних гідрологічних і біологічних процесів.

10. Для стабілізації ситуації рекомендовано ліквідацію проблемних ставків-накопичувачів, створення комбінованих дренажних систем, будівництво відстійників на основних техногенних каналах та повну реконструкцію системи стримування фільтраційних вод у зоні хвостосховищ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лобода Н. С., Гопченко Є. Д. Нормування характеристик природного річного стоку України // Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. 2003. Вип. 252. С. 5–10.
2. Хільчевський В. К., Ободовський О. Г., Гребінь В. В. та ін. Загальна гідрологія. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2008. 399 с.
3. І. І. Ваганов, І. В. Маєвська, М. М. Попович. «ІНЖЕНЕРНА ГЕОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА», розділ 5,3 «Режим підземних вод» - [режим доступу] - https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebmd/vaganov_inzhenerna_geologiya/5.3.htm
4. ECOBUSINESS GROUP., Шахтні води Кривбасу як стратегічно важливий ресурс – [режим доступу] - https://ecolog-ua.com/news/shahtni-vody-kryvbasu-yak-strategichno-vazhlyvyy-resurs?utm_source=chatgpt.com
5. Екополітика., О. Яценко «Екологічна ситуація на річці Інгулець стала небезпечною для кількох регіонів» - [режим доступу] - https://ecopolitic.com.ua/ua/news/ekologichna-situaciya-na-richci-ingulec-stala-nebezpechnoju-dlya-kilkoh-regioniv-malovanij/?utm_source=chatgpt.com
6. Фонд державного майна України., Проект розпорядження Кабінету Міністрів України «Про скидання надлишків зворотних вод у р. Інгулець у міжвегетаційний період 2024-2025 років» - [режим доступу] - https://www.spfu.gov.ua/ua/documents/press-list/civil-consultations-electronic/18404.html?utm_source=chatgpt.com
7. Барановський В. А. Кліматичні ресурси та агрокліматичне районування України. Київ : Ніка-Центр, 2012. 320 с.
8. Географічна енциклопедія України : у 3 т. / редкол.: О. М. Маринич та ін. Київ : УРЕ ім. М. П. Бажана, 1989. Т. 1: А–Ж. 416 с.
9. Водний фонд України. Річки та водосховища / за ред. В. К. Хільчевського. Київ : Ніка-Центр, 2018. 408 с.

10. Гідрологічні щорічники за 2022–2024 рр. Офіційний бюлетень Укргідрометцентру.
11. Басейнове управління водних ресурсів річки Інгулець та Інших Річок. Звіт про результати моніторингу якості вод річки Інгулець за 2022–2024 роки. Кривий Ріг, 2024.
12. Гірничорудний комплекс Кривбасу: екологічні аспекти / за заг. ред. О. В. Буднікова. Кривий Ріг : Видавництво КНУ, 2018. 450 с/
13. Кудрявцев В. В., Медведєв О. А. Особливості гідрохімічного режиму річок Криворізького басейну в умовах інтенсивного техногенезу. // Екологія та ресурси. 2023. Вип. 18. С. 45–56
14. Геологія та корисні копалини України : у 3-х т. / [В. М. Загнітко та ін.] ; відп. ред. В. М. Загнітко. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2005. Т. 1: Геологія докембрію. 380 с.
15. Гідрогеологія та інженерна геологія України / [В. П. Козаков та ін.] ; відп. ред. О. О. Зінковський. Київ : Техніка, 2015. 480 с.
16. Пашковський В. П. Гідрогеологічні умови Криворізького залізорудного басейну. Дніпро : Пороги, 2020. 210 с.
17. Савченко М. В. Геоєкологічна оцінка поверхневого та підземного стоку в річку Інгулець у межах Кривбасу. // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2022. Т. 4 (63). С. 89–98.
18. Гірничорудний комплекс Кривбасу: екологічні аспекти / за заг. ред. О. В. Буднікова. Кривий Ріг : Видавництво КНУ, 2018. 450 с.
19. Кошлякова Т. М., Руденко О. В. Особливості формування хімічного складу ґрунтових вод Криворізького залізорудного басейну. // Екологічні науки. 2023. Т. 3, № 2. С. 45–56.
20. Воронюк А. В. Оцінка впливу техногенних об'єктів Кривбасу на режим підземних вод річки Інгулець. // Вісник Криворізького національного університету. 2021. Вип. 52. С. 112–120.
21. Шевченко В. М. Вплив промислових об'єктів на мінералізацію річкових вод. Дніпро : Ліра, 2019. 180 с.

22. Олійник В. В. Геоєкологічна характеристика річкових систем Південного регіону України. Одеса : Астропринт, 2020. 315 с.
23. Звіт про результати моніторингу якості вод річки Інгулець та її приток у зоні впливу гірничорудних підприємств Кривбасу за 2022–2024 рр. / Басейнове управління водних ресурсів річки Інгулець та Інших Річок. Кривий Ріг, 2024.
24. Гідрохімічні та гідробіологічні дослідження басейну річки Інгулець. Річний звіт Укргідрометцентру за 2023 рік. Київ : Укргідрометцентр, 2024. 150 с.
25. Коваленко В. І. Водна та прибережно-водна рослинність Степової зони України. Монографія. Дніпро : ДНУ, 2020. 270 с.
26. Янович Л. І., Руденко О. В. Індикація якості води за зоопланктоном та фітопланктоном малих річок Степової зони. // Гідробіологічний журнал. 2024. Т. 60, № 2. С. 70–85.
27. Біологія прісних вод України / за ред. М. В. Хільчевського. Київ : ВПЦ «Київський університет», 2019. 320 с.
28. Голуб В. С., Приходько Т. М. Вплив мінералізації на структуру зоопланктоценозів річок Кривбасу. // Екологія та раціональне природокористування. 2022. № 3. С. 110–121.
29. Кузяк Л. М. Вплив зважених речовин та мілкодисперсного шламу на зябровий апарат риби. // Експериментальна екологія. 2023. Т. 15, № 4. С. 30–42.
30. Правила охорони праці під час виконання робіт у геологорозвідувальних експедиціях та партіях : НПАОП 0.00-1.78-18. Київ : Держпраці, 2018. 120 с.
31. Правила охорони праці для працівників водного транспорту : НПАОП 60.2-1.01-08. Київ : Мінтрансзв'язку, 2008. 95 с.
32. Правила безпеки в гірничорудній промисловості України : НПАОП 10.0-1.01-10. Київ : Держгірпромнагляд, 2010. 200 с.

33. Порядок проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві : Постанова КМУ від 17.04.2019 № 337. Київ : КМУ, 2019.

34. ДСТУ Б А.3.2-1:2016. Система стандартів безпеки праці. Організація розроблення та затвердження Проекту Виконання Робіт (ПВР) у будівництві. Київ : Мінрегіон, 2017. 25 с.

35. Технічний регламент щодо безпеки хімічної продукції : Постанова КМУ від 16.12.2020 № 1289. Київ : КМУ, 2020.