

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

Кафедра фізичної географії

На правах рукопису

ЩЕСЮК ЄЛИЗАВЕТА РУСЛАНІВНА

**ГІДРОГРАФІЧНІ, ГІДРОЛОГІЧНІ, ГІДРОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ
БАСЕЙНУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ**

Спеціальність: 103 “Науки про Землю”

Робота на здобуття рівня вищої освіти “Бакалавр”

Науковий керівник:

Стельмах Валентина Юріївна

кандидат географічних наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол № 8

засідання кафедри фізичної географії

від 2 червня 2025 р.

Завідувач кафедри

проф. Фесюк Василь Олександрович _____

Луцьк–2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. ФІЗИКО–ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ	6
1.1. Географічне положення та рельєф басейну	6
1.2. Кліматичні умови	11
1.3. Ґрунтово–рослинний покрив та тваринний світ	13
РОЗДІЛ 2. ГІДРОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БАСЕЙНУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ	16
2.1. Морфометричні характеристики річки та її басейну	16
2.2. Річкова мережа та її особливості	24
2.3. Порядкова класифікація водотоків басейну	29
РОЗДІЛ 3. ГІДРОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ	35
3.1. Загальна характеристика гідрологічного режиму	35
3.3. Характеристика витрат води.....	42
3.4. Аналіз рівневого режиму	46
3.5. Внутрішньорічний розподіл стоку	49
РОЗДІЛ 4. ГІДРОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ	54
4.1. Сучасний хімічний склад води річки	54
4.2. Аналіз основних гідрохімічних показників за даними гідрометцентру (2018– 2022 р.)	55
4.3. Рекомендації щодо покращення екологічного стану річки	71
ВИСНОВОК	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75

АНОТАЦІЯ

Активна антропогенна діяльність істотно впливає на природні характеристики річок, змінюючи їхній режим та хімічний склад води. Такі трансформації мають значний вплив на гідрографічну структуру, морфометричні параметри річок і їхніх приток.

Метою роботи є вивчення гідрографічних, гідрологічних та гідрохімічних особливостей басейну річки Інгулець. Для досягнення поставленої мети були поставлені такі завдання:

- охарактеризувати фізико–географічні умови басейну;
- вивчити чинники формування гідрографічної мережі та виконати морфометричні розрахунки;
- дослідити гідрографічну структуру річкової мережі та її особливості;
- проаналізувати гідрологічний режим;
- дослідити гідрохімічні особливості річки та розробити рекомендації щодо покращення її стану.

Басейн Інгульця охоплює чотири області півдня України площею 14 627 км² і включає 67 приток довжиною понад 10 км. Найбільшими є річки Висунь та Саксагань. Довжина Інгульця становить 517,2 км з коефіцієнтом звивистості 2,18 та густотою річкової сітки 0,24 км/км².

Гідрологічні процеси обумовлені природними та техногенними факторами: сезонною мінливістю водного режиму, впливом водосховищ загальним об'ємом понад 530 млн м³ та промислового навантаження. Аналіз за 2018–2022 роки засвідчив тенденцію до зниження водності та її регулювання.

Гідрохімічний стан характеризується підвищеною мінералізацією (983–1408 мг/дм³) внаслідок скидання шахтних вод Криворізького басейну. Вода належить до сульфатно–гідрокарбонатного класу з перевищеннями ГДК за сульфатами (у 3,5–11 разів), хлоридами (у 5–10 разів) та нітритами (до 9 разів). Запропоновано комплекс заходів щодо покращення стану річки.

Ключові слова: річка Інгулець, басейн річки, гідрографічна мережа, гідрологічний режим, гідрохімічні особливості.

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження гідрографічних, гідрологічних та гіdroхімічних особливостей річкових басейнів відіграє ключову роль у вивченні природного стану водних ресурсів та виявленні факторів, що спричиняють їх зміну. Гідрологічний та гіdroхімічний аналіз дозволяє всебічно дослідити процеси, які відбуваються у водозбірних басейнах, що сприяє розробці ефективних заходів щодо підтримки водного балансу. Особливо важливим є вивчення водних систем Центральної та Південної України, що дозволяє своєчасно ідентифікувати потенційні екологічні загрози для таких регіонів.

Антропогенна діяльність значною мірою впливає на водні екосистеми, спричиняючи негативні зміни, які можуть загрожувати як біорізноманіттю, так і господарській діяльності. Тому вкрай важливо оцінити масштаби цього впливу та прогнозувати його наслідки для майбутнього.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є вивчення закономірностей формування та функціонування гідрографічної мережі, гідрологічного режиму та хімічного складу вод басейну річки Інгулець.

Для досягнення поставленої мети були поставленні такі *завдання*:

- охарактеризувати фізико–географічні умови басейну;
- вивчити чинники формування гідрографічної мережі та виконати морфометричні розрахунки;
- дослідити гідрографічну структуру річкової мережі та її особливості;
- проаналізувати гідрологічний режим;
- дослідити гіdroхімічні особливості річки та розробити рекомендації щодо покращення її стану.

Об’єкт дослідження – басейн річки Інгулець.

Предмет дослідження – гідрографічні особливості, гідрологічний режим та хімічний склад вод басейну річки Інгулець.

Джерела інформації. У роботі використано результати гідрологічних та гідрохімічних спостережень за 2018–2022 роки, надані Дніпровським обласним центром з гідрометеорології та отримані з інтернет–ресурсу Державного агентства водних ресурсів України “Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України” [36]. Інформаційну базу дослідження також становили топографічні карти, супутникові знімки та фондові матеріали щодо водних ресурсів регіону.

Методи дослідження У роботі використано комплекс методів дослідження: описовий, аналіз гідрологічної та гідрохімічної інформації, картографічне моделювання, морфометричний аналіз, статистичні методи обробки даних, порівняльно–географічний метод, графоаналітичний метод, а також проведення власних вимірювань і розрахунків морфометричних параметрів басейну та гідрографічних коефіцієнтів.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати можуть бути використані при виконанні наукових і навчальних робіт, таких як реферати, індивідуальні завдання чи практичні заняття, що стосуються басейну річки Інгулець. Зокрема, при вивченні освітніх компонентів “Гідрологія”, “Гідрографія України”, “Гідрохімія”, “Гідрологія річок”, “Гідрологія озер” та ін. Результати дослідження можуть бути корисними для регіональних органів управління водними ресурсами при плануванні водогосподарських заходів та екологічного моніторингу.

Апробація результатів дослідження. Результати дослідження були апробовані та представлені у вигляді тез доповідей на VIII та X Міжнародних науково–практичних інтернет–конференціях “Суспільно–географічні чинники розвитку регіонів” (Луцьк, 2024, 2025 рр.). За матеріалами випускної кваліфікаційної роботи опубліковано 2 наукові публікації [52, 53].

Структура та обсяг роботи. Випускна кваліфікаційна робота складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (53). Загальний обсяг 79 сторінок, основні міст викладено на 68 сторінок, 26 рисунків та 13 таблиць.

РОЗДІЛ 1. ФІЗИКО–ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ

1.1. Географічне положення та рельєф басейну

Річка Інгулець бере початок у заболочених землях поблизу села Топило в Кіровоградській області. Течія річки повністю пролягає територією центральної та південної України, охоплюючи Дніпропетровську, Кіровоградську, Миколаївську та Херсонську області. В процесі свого руху вона формує розгалужену систему річок [28].

Витікаючи спочатку на північ, річка різко змінює свій напрямок на південний схід, а далі плавно повертає на південь і південний захід, впадаючи у Дніпро [28].

На рис. 1.1 зображено розташування басейну річки Інгулець на території України.



Рис. 1.1. Карта географічного положення гідрографічної мережі річки Інгулець [5]

Басейн річки має форму витягнутого трикутника, який звужує у напрямку гирла. Основна частина річкової мережі зосереджена у верхній

частині басейну, тоді як нижня частина характеризується незначною кількістю приток, серед яких річка Висунь.

Переважна частина річкового стоку формується у верхній течії, забезпечуючи 80% загального обсягу води. Регулювання цього стоку здійснюється за допомогою каскаду водосховищ (Олександрівське, Іскрівське, Карачунівське), які розташовані у верхній та середній течіях річки. Ці водосховища є ключовими для водопостачання міст (Олександрія, Жовті Води, Кривий Ріг), а також використовуються для зрошення сільськогосподарських земель і рекреації. У нижній течії головним споживачем води виступає Інгулецька зрошувальна система (рис. 1.2).

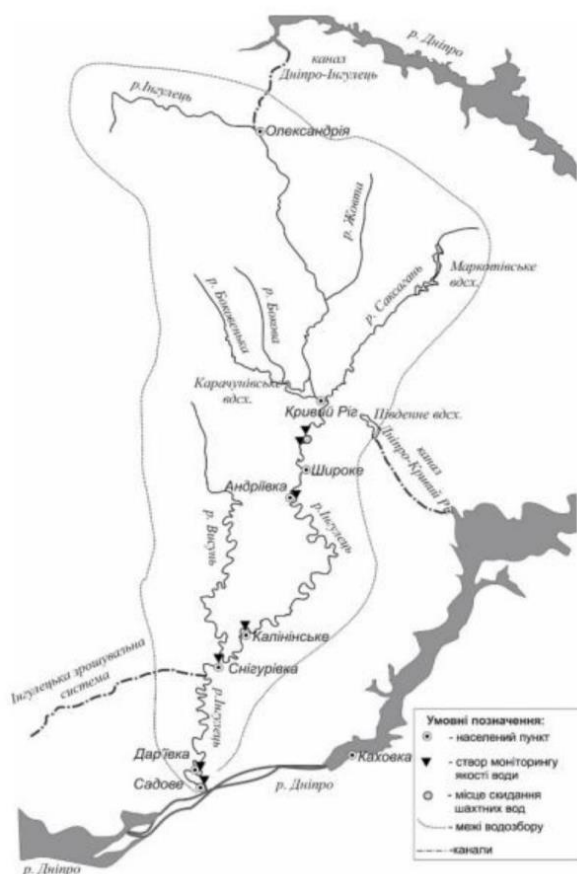


Рис. 1.2. Основні елементи водогосподарської системи р. Інгулець [2]

Рельєф басейну річки Інгулець має свої характерні особливості. Джерело річки розташоване у межах височини з перепадами висот від 100 до 200 метрів. Протікаючи вниз за течією, річка поступово врізається в рельєф, знижуючи висоти до 100–50 метрів поблизу Кривого Рогу. У районі гирла

річка протікає рівнинною місцевістю, де висота над рівнем моря становить до 50 метрів.

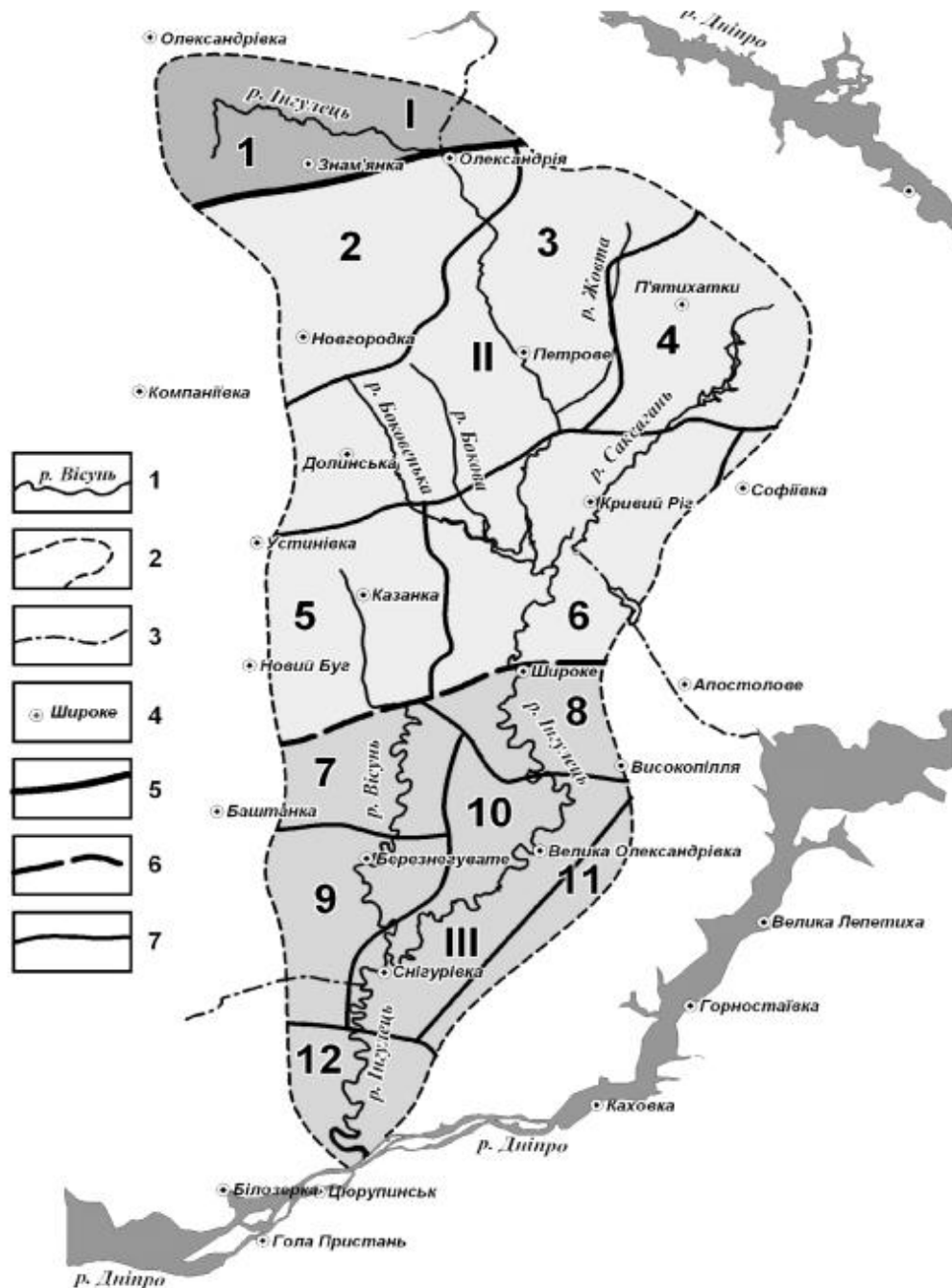
У верхній течії річка формує рельєф із височинами 100–150 метрів, утворюючи численні вододіли. Північна частина басейну, розташована на територіях стародавніх льодовикових рівнини, має плавні форми рельєфу з чітко вираженими долинами [46].

Дослідження карти фізико–географічне районування (рис. 1.3) показує, що природні умови басейну річки Інгулець надзвичайно різноманітні.



Рис. 1.3. Карта фізико–географічного районування України з межами басейну річки Інгулець [44]

Північна частина басейну розташована в лісостеповій зоні, тоді як решта його території належать до степової зони (рис. 1.4) [46].



Умовні позначення: 1 – річка та її назва, 2 – межі водозбору, 3 – канали, 4 – населені пункти, 5 – межі фізико-географічних зон, 6 – межі фізико-географічних областей, 7 – межі фізико-географічних районів (нумерація подання в табл. 1.1).

Рис. 1.4. Схема фізико-географічного районування басейну річки Інгулець [46]

Таблиця. 1.1

Фізико–географічне районування басейну річки Інгулець [46]

Природна зона	Підзона	№ фізико–географічної області	Фізико–географічна область	№ фізико–географічного району	Фізико–географічний район
Лісостепова		I	Південна степова область Придніпровської височини	1	Кремгесовський (Тясминсько–Інгулецький)
Степова	Північна степова	II	Степова область південних відрогів Придніпровської височини	2	Кіровоградський
				3	Долинсько–Петрівський
				4	П'ятихатський
				5	Новобузький
				6	Інгулецько–Саксаганський
	Південна степова	III	Бузько–Дніпровська степова область Причорноморської низовини	7	Баштанський
				8	Високопільський–Апостоловський
				9	Снігурівський
				10	Висунь–Інгулецький
				11	Інгулецько–Дніпровський
				12	Нижньоінгулецько–Дніпровський

1.2. Кліматичні умови

Басейн річки Інгулець знаходиться у зоні помірного клімату, який характеризується помітною сезонною мінливістю. Зимовий період характеризується переважанням антициклонів, що створюють умови для ясної погоди, морозів і значного охолодження повітря. Водночас часті атлантичні циклони спричиняють відлиги, зменшення снігового покриву та підвищення температури. У теплий сезон посилюється вплив сонячної радіації, що зменшує температурні контрасти між повітрям і водою та знижує інтенсивність атмосферної циркуляції. Багаторічні спостереження свідчать, що на території басейну найчастіше спостерігаються вітри північного та північно-східного напрямків [46].

Вивчення кліматичних карт України (рис. 1.5) показує значні коливання температурних показників. Середньорічна температура змінюється від 7 до 11°C. Абсолютний максимум досягає 36–38 °C, тоді як абсолютний мінімум опускається до –34 – –30 °C. Такі температурні перепади зумовлені відсутністю впливу океану, особливостями рельєфу та значним впливом промислової діяльності.

Розподіл опадів протягом року нерівномірний. У теплий період (з квітня по жовтень) випадає від 275 до 350 мм опадів, тоді як у холодний період (з листопада по березень) кількість опадів зменшується до 150–175 мм. Підвищення кількості опадів у теплу пору року пов'язане з кількома факторами. По–перше, вища температура повітря сприяє посиленому випаровуванню вологи з поверхні землі та рослинності, що збільшує вміст водяної пари в атмосфері. Ця пар конденсується, утворюючи опади. По–друге, у теплий сезон активніша атмосферна циркуляція: часті проходження циклонів і зіткнення теплих і холодних повітряних мас стимулюють утворення хмар і випадання опадів. Взимку, чрез нижчу температуру повітря, зниження активності атмосферної циркуляції та слабкий розвиток рослинності, кількість опадів значно зменшується.

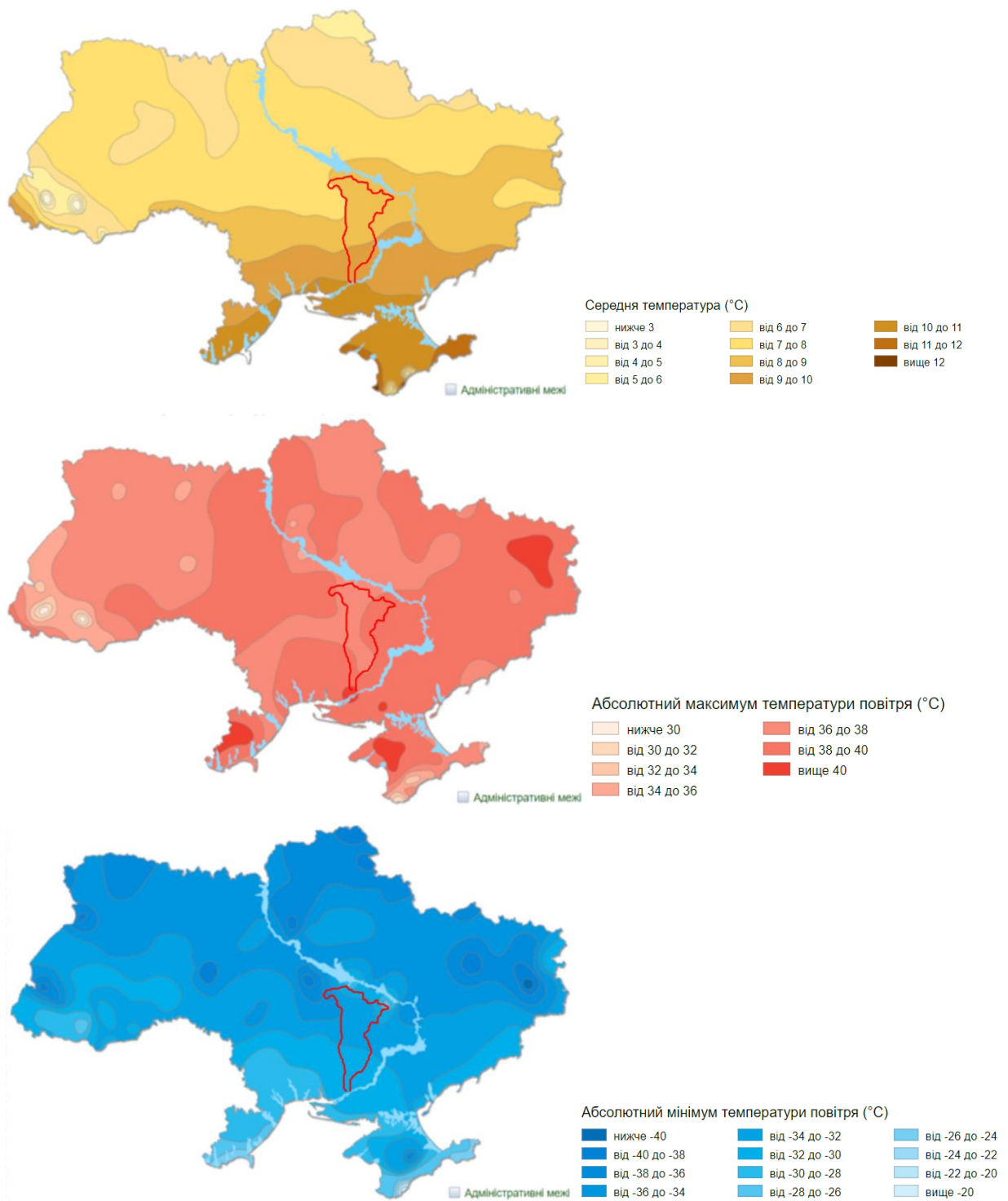


Рис. 1.5. Кліматичні карти середньорічної температури, абсолютного максимуму та мінімуму температури повітря України з виділенням меж басейну річки Інгулець [9]

1.3. Ґрунтово–рослинний покрив та тваринний світ

Ґрунтовий покрив у басейні річки Інгулець переважно представлений чорноземами, характерними для степової зони (рис. 1.6).

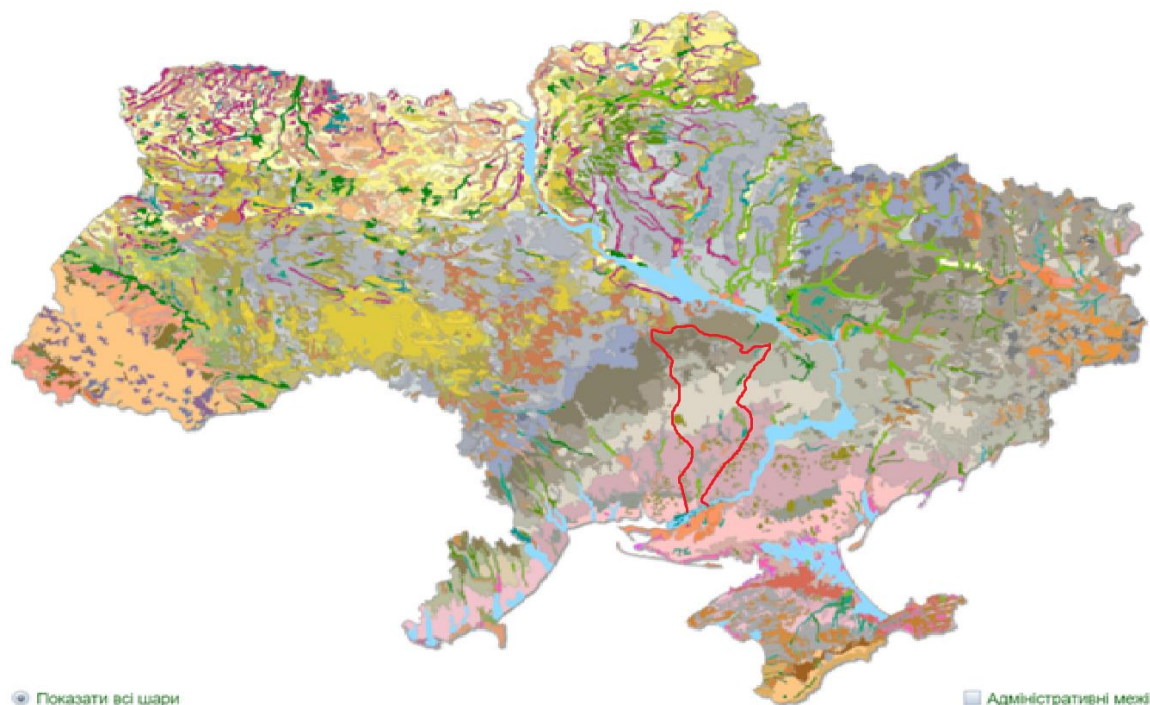


Рис. 1.6. Карта ґрунтового покриття України [19]

Умовні позначення до рис. 1.6:

Чорноземи звичайні на лесових породах

-  чорноземів звичайні середньо гумусні глибокі,
-  чорноземів звичайні мало гумусні глибокі,
-  чорноземів звичайні середньо гумусні,
-  чорноземів звичайні мало гумусні,

 чорноземів звичайні мало гумусні неглибокі

Чорноземи південні на лесових породах

-  чорноземи південні мало гумусні
- Каштанові ґрунти
- Темно-каштанові ґрунти переважно на лесових породах
-  темно-каштанові ґрунти залишково солонцюваті

На півночі басейну, де збереглися лісові масиви, поширені чорноземи з ознаками опідзолення та часткової деградації. У середній частині, а також на безлісних територіях північної зони, домінують звичайні чорноземи, сформовані на лесових породах. У південній частині басейну переважають

чорноземи з менш розвинутим гумусовим горизонтом, які поступово переходять у каштанові ґрунти.

Близько 50% території басейну зазнає значного впливу ерозії. Тут поширені яри та балки, на схилах яких виходять на поверхню червоно–бурі глини та неогенові вапняки, частково вкриті тонким шаром алювіальних відкладів. Приблизно 10% площі займають низинні заплавні території з лучно–чорноземними солончаковими ґрунтами. Вище заплав розташовані тераси, вкриті піщаними або лесовими відкладами, які зайняті степовою рослинністю [25].

Рослинний покрив. Заплавна зона річки Інгулець характеризується низьким рельєфом та звивистим руслом. Водна рослинність представлена мікрофітами (водорості) та макрофітами (вищі водні рослини).

Серед водоростей найпоширенішими є ціанобактерії (синьо–зелені водорості), які відіграють важливу роль у водних екосистемах, насичуючи воду киснем та сприяючи процесам самоочищення водойм.

Макрофіти формують найбільші зарості вздовж берегової лінії. Найпоширенішими серед них є осоки (осока рання та колхідська). У вологих зонах поблизу водойм часто ростуть водяний подорожник та стрілолист. Низькі ділянки, мілини та береги річки здебільшого заростають рогозом і очеретом, а прибережні зарості прикрашені білими та рожевими квітками сусака звичайного.

Навесні береги річки вкриваються жовтими квітами мати–й–мачухи. У плавнях гирла можна знайти рідкісні види, занесені до Червоної книги України: водяний горіх (*Trapa natans*) та сальвінія плаваюча (*Salvinia natans*). Ці види мають охоронний статус “зникаючий” та потребують особливих заходів збереження через деградацію водно–болотних угідь [45].

Тваринний світ. Фауна басейну річки Інгулець представлена різноманітними групами тварин, пристосованих до водного та прибережного середовища існування. *Безхребетні.* На поверхні води часто можна побачити

швидких клопів–водомірок, а серед плавнів мешкає павук–сріблянка, що будує підводні гнізда.

Комахи. У теплий період року над річкою літає багато бабок: красуня–діва, лютка–наречена, дідок звичайний та жовтоносий. Серед справжніх бабок зустрічаються чотириплямисті, болотяні та жовті види.

Риби. Іхтіофауна річки Інгулець включає як аборигенні, так і інтродуковані види: голка–риба, пічкур, гірчаки, триголова колючка, білий амур, товстолобик строкатий, краснопірка, щука, судак, сом, лящ, карась, чехоня, сазан та інші. Деякі види риб, зокрема стерлядь (*Acipenser ruthenus*), мають охоронний статус і зрідка трапляються в басейні, що свідчить про необхідність підтримання належної якості води.

Земноводні та плазуни. Серед земноводних у басейні мешкають тритони, жаби, ропухи та квакші. Найпоширенішими плазунами є болотяна черепаха та звичайний вуж.

Птахи. Орнітофауна басейну представлена як водно–болотними видами (чаплі, лелеки, коровайки, кулики), так і представниками інших екологічних груп (сови, дятли, синиці).

Ссавці. Теріофауна регіону включає як дрібних гризунів (миша мала, нічниця водяна), так і більших тварин: заєць–русак, дикий кабан, косуля європейська, ласка, горностай, тхір чорний, борсук, лисиця звичайна. Зрідка трапляються вовки [45].

РОЗДІЛ 2. ГІДРОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ БАСЕЙНУ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ

2.1. Морфометричні характеристики річки та її басейну

Морфометричні характеристики є важливими кількісними показниками, що дозволяють об'єктивно оцінити особливості будови річкової системи та її басейну. Вони відображають результат взаємодії кліматичних, геологічних і геоморфологічних факторів та є основою для розуміння гідрологічних процесів у басейні.

Для визначення морфометричних характеристик використовувалися сучасні геоінформаційні технології, зокрема програма Google Earth, що забезпечило високу точність вимірювань. Розрахунки виконувалися за загальноприйнятими формулами гідрографії (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Формули для розрахунку морфометричних характеристик [18]

Показник	Формула	Позначення
Коефіцієнт звивистості	$K_{зв} = \frac{L}{l}$	L – довжина річки, км; l – пряма відстань, км
Падіння річки	$\Delta H = H_i - H_{i+1}$	H_i, H_{i+1} – висоти витоку і гирла відповідно, м
Похил річки	$i = \frac{h}{L}$	h – падіння, м; L – довжина річки, км
Коефіцієнт розгалуженості	$K_{рг} = \frac{\sum ln + L}{L}$	$\sum ln$ – сума довжин приток, км, L – довжина річки, км
Густота річкової сітки	$D = \frac{\sum ln + L}{F}$	$\sum ln$ – сума довжин приток, F – площа басейну, км ² , L – довжина річки, км
Коефіцієнт асиметрії басейну	$a = \frac{f_l + f_p}{F}$	f_l, f_p – площі ліво– та правобережн[і] частин басейну, км ² , F – площа басейну, км ²
Коефіцієнт форми басейну	$K_\phi = \frac{L}{A^{0,56}}$	A – площа водозбору, км ² ; L – довжина басейну, км
Середня ширина басейну	$B_{сер} = \frac{F}{L}$	F – площа басейну, км ² ; L – довжина басейну, км

Характеристики головної річки. Довжина річки Інгулець становить 517,2 км. Витік розташований на висоті 186 м над рівнем моря поблизу села Топило, гирло – на висоті 12 м при впадінні в Дніпро. Падіння річки складає 174 м, середній похил – 0,34 м/км, що є типовим для рівнинних річок степової зони.

Пряма відстань між витоків і гирлом становить 237 км, що дозволило розрахувати коефіцієнт звивистості $K_{зв} = 2,18$. Така значна звивистість має складний характер: у верхній течії, де річка протікає через кристалічні породи Українського щита, звивистість зумовлена тектонічними особливостями та зонами тріщинуватості, тоді як у середній та нижній течії, де домінують осадові породи Причорноморської западини, формуються класичні меандри, характерні для рівнинних річок.

Морфометричні показники приток. Детальні вимірювання було проведено для 37 найбільших приток Інгульця. Результати розрахунків наведено в таблиці 2.2.

Таблиця. 2.2

Морфометричні характеристики річки Інгулець та її приток

Назва притоки	Виміряна довжина, км	Істинна довжина, км	Падіння, м	Похил, %	Відстань по прямій, км	Коефіцієнт звивистості
1	2	3	4	5	6	7
Інгулець	517,2	557	174	0,34	284	2,18
Саксагань	130	144	107	0,82	88,4	1,47
Балка Осикова	20,2	19	74	0,27	17,8	1,13
Лозуватка	23	23	18	1,28	16,2	1,42
Комісарівка	24,2	24	71	0,34	20	1,21
Демурина	18,6	17	83	0,22	15,2	1,22
Балка Червона	12,6	12	63	0,2	7,25	1,74
Суша Саксагань	11,6	11	64	0,18	9,47	1,22
Балка Петина	19,9	11	65	0,31	15,6	1,28
Жовта	60,5	58	78	1,29	40	1,51
Балка Жовта	13,4	11,8	62	0,22	11	1,22
Балка Водяна	11	11,2	46	0,24	9,26	1,19

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7
Балка Суха	5,1	4	47	0,11	4,8	1,06
Балка Кірюшина	7,5	6,6	50	0,15	5,86	1,28
Балка Широка	7,1	4,6	59	0,12	5,95	1,19
Зелена	40,6	44	75	1,85	32,9	1,23
Овнянка	16,3	16	52	3,19	12,1	1,35
Кам'янка	34	34	47	1,38	24,6	1,38
Суха Кам'янка	13,7	23	30	0,46	10,9	1,26
Висунь	206	195	140	0,68	106	1,94
Яр Терновий	13,3	12,2	57	0,23	12	1,11
Балка Лозоватка	34,3	28	74	0,46	29,4	1,17
Вербова	63,5	48	94	0,68	38,9	1,63
Балка Кадима	29,8	28	49	0,61	22,2	1,34
Балка Добра	61,7	47	86	0,72	46,3	1,33
Балка Чабанка	19,5	15	50	0,39	16,9	1,15
Бокова	60	72	124	2,07	48,1	1,25
Боковенька	62,5	61	110	1,76	46,2	1,35
Балка Дубровина	17,7	14	78	0,23	14	1,26
Лозуватка	12,8	12	81	0,16	10,3	1,24
Верблюжка	37,2	27	84	2,26	23,5	1,58
Суха Верблюжка	12,6	12	59	0,21	10,9	1,16
Бешка	58,4	56	122	2,09	44,7	1,31
Балка Орлова	19,8	17	79	0,25	17	1,16
Лозоватка	9,9	8	80	0,12	9,44	1,05
Мурзинка	10,7	10	53	0,20	9	1,19
Вакурина	8,8	8	69	0,13	7,98	1,10
Бересновата	7,7	6	59	0,13	6,46	1,19
Березівка	29,7	27	66	2,22	23,3	1,27
Кобильна	31,3	22	76	2,43	24,3	1,29

Аналіз таблиці 2.2 дозволив виділити кілька важливих закономірностей у будові річкової системи Інгульця.

Розподіл приток за довжиною. Найбільшими притоками є Висунь (206 км) та Саксагань (130 км), які разом формують близько 65% загальної довжини головних приток. Середня довжина досліджених приток становить

29,4 км. Переважають притоки довжиною 10–30 км (54% від загальної кількості), що вказує на типову деревоподібну структуру річкової мережі.

Особливості звивистості. Коефіцієнти звивистості приток коливаються від 1,05 (Лозоватка) до 1,94 (Висунь), при середньому значенні 1,31. Найменшу звивистість мають короткі водотоки ерозійного походження (Балка Суха – 1,06, Лозоватка – 1,05), що свідчить про їх відносно молодий вік та формування переважно під впливом лінійної ерозії. Натомість великі притоки (Висунь – 1,94, Вербова – 1,63) характеризуються значною звивистістю, що відображає їх довгу еволюцію та перехід від твердих кристалічних порід щита до м'яких осадових відкладів, де формуються типові меандри.

Похили та падіння. Найбільші падіння мають притоки, що беруть початок на Українському кристалічному щиті: Саксагань (107 м), Бокова (124 м), Бешка (122 м). Найменші падіння характерні для приток нижньої течії, що протікають по Причорноморській низовині: Суха Кам'янка (30 м), Балка Водяна (46 м).

Похили приток варіюють від 0,11‰ (Балка Суха) до 3,19‰ (Овнянка). Притоки з найбільшими похилами розташовані у верхній частині басейну, де річкова мережа прорізає кристалічні породи щита. Це підтверджує зональність геологічної будови басейну.

Регіональні особливості. Притоки можна згрупувати за географічним розташуванням. Верхня течія (Саксагань, Жовта, Зелена): характеризуються великими падіннями (75–107 м) та помірною звивистістю (1,23–1,51). Середня течія (Бокова, Боковенька, Бешка): мають найбільші падіння (110–124 м) та різноманітні коефіцієнти звивистості. Нижня течія (Висунь з притоками): відзначаються великою звивистістю (1,33–1,94) при помірних падіннях.

Асиметрія річкової мережі. Серед досліджених приток переважають праві притоки (60%), що підтверджує загальну асиметрію басейну. Праві притоки зазвичай довші та мають більші площі водозборів, що зумовлено

особливостями геологічної будови та нахилом поверхні в бік Причорноморської западини.

Аналіз таблиці 2.2 показує, що найбільшими притоками є Висунь (206 км) та Саксагань (130 км), які формують основну частину стоку річки. Коефіцієнти звивистості приток коливаються від 1,05 до 1,94, що вказує на різноманітні умови їх формування.

Характеристики басейну. На основі космічних знімків Google Earth та топографічних даних було створено картосхем, які стали основою для проведення вимірювань та розрахунків.

Спочатку була побудована загальна картосхема басейну Інгульця (рис. 2.1), на якій відображено головну річку, основні притоки та межі водозбору. Червоною лінією показано довжину басейну по ламаній лінії, а зеленою – максимальну ширину басейну.

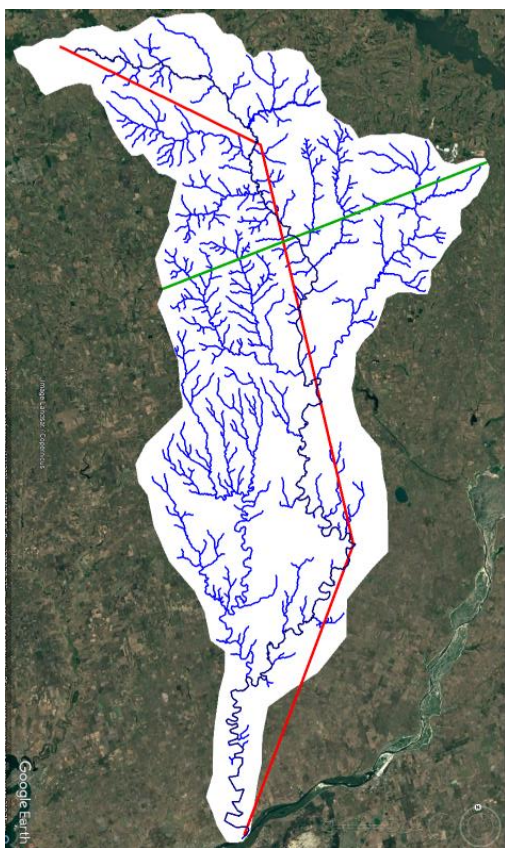
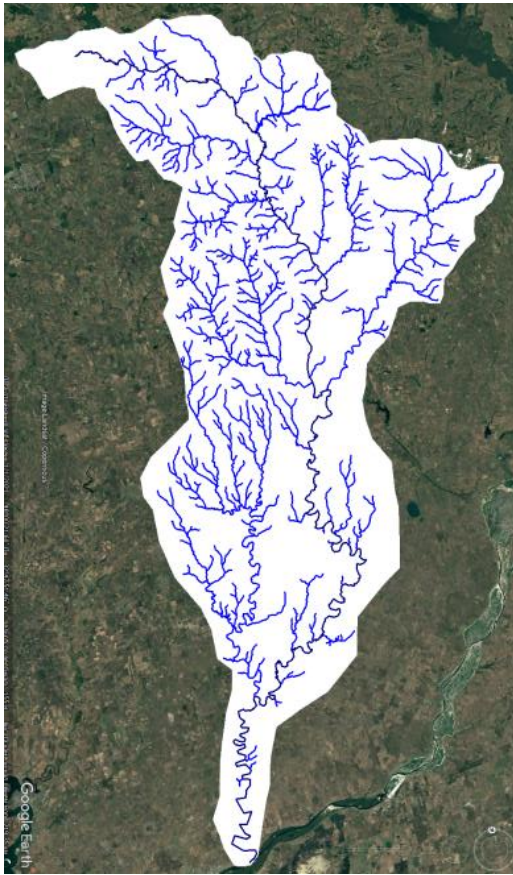


Рис. 2.1. Картосхема басейну Інгульця

(червона лінія – довжина басейну, зелена лінія – ширина басейну)

Для точного визначення площі басейну було створено картосхему контурів басейну (рис. 2.2), яка дозволила розрахувати загальну площу водозбору та площі лівобережної і правобережної частин.



**Рис. 2.2. Контури басейну річки
Інгулець**

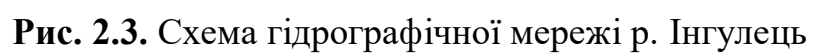
Детальна гідрографічна схема (рис. 2.3) відображає всю річкову мережу басейну, включаючи найменші притоки та балки, що дозволило розрахувати загальну довжину водотоків.

На основі створених картосхем було отримано комплекс вихідних даних, необхідних для розрахунку морфометричних характеристик (табл. 2.3).

Таблиця.2.3

Вихідні дані для розрахунків характеристик басейну

Показник	Дані
Сума довжин всіх рукавів та приток	2970,23 км
Площа басейну	14 627 км ²
Виміряна довжина	517,2 км
Площа лівобережних приток	4505 км ²
Площа правобережних приток	7634 км ²
Довжина ламаної	284 км
Ширина	113 км



Аналіз таблиці 2.3 показує, що басейн Інгульця має значні розміри та складну структуру. Загальна довжина всіх водотоків у басейні (2970,23 км) майже в 6 разів перевищує довжину головної річки, що свідчить про розгалужену річкову систему. Особливо важливою є асиметрія басейну: площа правобережних приток (7634 км²) на 69% більша за площу лівобережних (4505 км²), що зумовлено тектонічними особливостями регіону.

Співвідношення довжини басейну (284 км) до його максимальної ширини (113 км) становить 2,5:1, що підтверджує витягнуту форму водозбору в меридіональному напрямку.

На основі отриманих первинних даних було розраховано комплекс морфометричних показників, які характеризують басейн як єдину гідрографічну систему (табл. 2.4).

Таблиця.2.4

Морфометричні показники басейну річки Інгулець

Показник	Кінцевий результат
Коефіцієнт розгалуженості річки	$2970,23+517,2/517,2= 6,74$
Коефіцієнт густоти річкової системи	$963,8+517,2/14627=0,10$
Коефіцієнт асиметрії басейну річки	$7634-4505/14627= 0,21$
Коефіцієнт форми басейну	$517,2/14627=0,04$
Середня ширина	$14627/284=51,5$

Коефіцієнт розгалуженості 6,74 вказує на добре розвинену річкову мережу, що сприяє ефективному збору поверхневого стоку. Густота річкової сітки 0,24 км/км² є помірною для степових регіонів з обмеженою кількістю опадів.

Коефіцієнт асиметрії (0,21) підтверджує переважання правобережних приток, що зумовлено геологічною будовою та рельєфом території. Коефіцієнт форми 0,04 характеризує басейн як сильно витягнутий, що впливає на характер формування паводків та розподіл стоку в часі.

2.2. Річкова мережа та її особливості

Річкова мережа басейну Інгульця характеризується складною структурою, що відображає особливості геологічної будови та кліматичних умов регіону. Як показано в попередньому підрозділі, система включає головну річку довжиною 517,2 км, 67 приток довжиною понад 10 км, близько 300 менших водотоків, численні балки без постійного водотоку, а також штучні елементи – водосховища та канали.

Формування річкової мережі відбувається внаслідок надходження води на поверхню суші з різних джерел: атмосферних опадів, підземних вод, а також витоків з озер, боліт чи джерел. Невеликі струмки, зливаючись один з одним, утворюють річки, які, у свою чергу, об'єднуються у масштабніші річкові системи. У басейні Інгульця це призвело до формування асиметричної деревоподібної структури з переважанням правобережних приток.

Основні притоки. Згідно з проведеними дослідженнями, найбільшими притоками є Висунь і Саксагань, які мають протяжність понад 100 кілометрів та формують основну частину стоку річки.

Висунь є найбільшою правою притокою Інгульця довжиною 206 км. Витік знаходиться поблизу села Вишневе в Арбузинському районі Миколаївської області, а впадає в Інгулець на 390,2 км від його витoku. До її основних приток належать Вербова (63,5 км), Яр Терновий (13,3 км), Балка Лозоватка (34,3 км) – ліві притоки, а також праві притоки: Балка Чабанка (19,5 км), Балка Кадима (29,8 км) та Балка Добра (61,7 км). Крім річок, у басейні Висуні розташовані численні ставки та малі водосховища [17, 20].

Саксагань – друга за розміром ліва притока Інгульця довжиною 130 км. Характеризується високим лівим берегом і широкою рівнинною правобережною долиною, що є типовим для степових маловодних річок [27]. Витік розташований неподалік від села Адамівка Криничанського району Дніпропетровської області, впадає в Інгулець на 191,2 км від його витoku.

Основні притоки: Лозуватка (23 км), Комісарівка (24,2 км), Балка Осикова (20,2 км), Демурина (18,6 км), Балка Червона (12,6 км) – ліві, та Суха Саксагань (11,6 км), Балка Петина (19,9 км) – праві. Гідрографічна мережа річки складається з понад 31 водотоків, серед яких 20 мають довжину до 10 км. Природні озера відсутні, проте на річці створено штучні водойми загальною площею 24 км² [17].

Серед інших значних приток слід відзначити:

Бокова є правою притокою Інгульця, її довжина складає 72 км. Вона має притоки Боковенька та низку малих річок. Витік розташований поблизу села Варварівка Долинського району Кіровоградської області. Води цієї річки Інгулець приймає на 180,2 км від свого витoku. У нижній течії створено багато ставків [17, 20].

Боковенька – права притока Бокової довжиною 61 км. Вона бере початок біля села Василівка Долинського району Кіровоградської області та впадає в Бокову на 54,4 км від її витoku. На цій річці розташоване Христофорівське водосховище. Основні притоки Балка Будровина (ліва) та Весела Боковенька, Лозуватка (праві) [17, 20].

Жовта – ліва притока Інгульця, що має довжину 58 км. Вона бере початок поблизу села Михайлівка Олександрівського району Кіровоградської області й впадає в Інгулець на 141,2 км від його витoku. Вода в річці містить підвищену кількість заліза, що надає їй бурого забарвлення, від якої й походить назва. На берегах річки розташоване місто Жовті води. Водний режим регулюється штучними ставками [17, 20]. Основні ліві притоки Балка Жовта, Балка Водяна, Балка Суха, Балка Кринична, Балка Кірюшина, Балка Широка.

Бешка – права притока Інгульця довжиною 56 км. Її витік знаходиться біля села Сокільники Кропивницького району Кіровоградської області. В Інгулець вона впадає на 94,5 км від його початкової точки [27]. Основні притоки – Балка Орлова, Лозуватка (ліві) та Бересновата, Вакурина, Мурзинка (праві).

Березівка є лівою притокою Інгульця, її довжина 27 км. Витік розташований поблизу села Іванівки Світловодського району Кіровоградської області [33]. Води цієї річки Інгулець приймає на 56,7 км від витоку. Має невеликі притоки.

Зелена є лівою притокою Інгульця, її довжина складає 44 км. Витік розташований на заході від села Зелений Барвінок [50]. Впадає в Інгулець на 133,2 км від його витоку.

Верблюжка – права притока річки Інгулець, її довжина складає 27 км. Річка формується з багатьох безіменних струмків і водойм, має Ліву притоку – Суху Верблюжка [50, 37]. Витік розташований на околиці села Верблюжка й впадає в Інгулець на 108,2 км від його витоку.

Овнянка (Вовнянка) – ліва притока Інгульця Завдовжки 16 км. Річка бере початок із водойми в селі Щаслие та живиться кількома безіменними струмками [50, 37]. Впадає в Інгулець на 88,9 км від її витоку.

Кобильна є лівою притокою Інгульця, її довжина складає 22 км. Витік річки розташований поблизу села Степове [50, 37, 10]. Впадає в Інгулець на 268,2.

Кам'янка є лівою притокою Інгульця, її довжина 34 км. Витік розташований у селі Червона Кам'янка. Основна притока є Суха Кам'янка, яка є її правою притокою [50, 37]. Впадає в Інгулець на 78,2 км від його витоку.

Водосховища. У басейні річки Інгулець функціонує система водосховищ, які відіграють ключову роль у регулюванні стоку та водопостачанні регіону.

Карачунівське водосховище, створене у 1938 році, розташоване в межах Кривого Рогу. Його площа сягає 26,9 км², об'єм води становить 308,4 млн м³, а довжина – 35 км. Ширина водойми змінюється в межах 5,3–1,3 км, а середня глибина складає 6,88 м [42].

Іскрівське водосховище розміщене на території Кіровоградської області. Його площа становить 11,2 км², загальний об'єм – 40,7 млн м³.

Водойма має середню глибину 3,67 м, максимальна глибина сягає 14,5 м, ширина – до 1,7 км, а довжина – 35 км [42].

Ці водосховища відповідають санітарним нормам і можуть використовуватися для різних цілей, зокрема для забезпечення населення та підприємство водою, а також у побутовій і промисловій сферах [42].

Південне водосховище розташоване у східній частині центрального Криворіжжя в басейні річки Кам'янка. Воно відіграє важливу роль у зберіганні дніпровської води яка подається через канал Дніпро– Кривий Ріг. Загальна площа водойми – 12,1 км², довжина – 18,7 км, ширина коливається від 0,6 до 1,15 км, а загальний об'єм води складає 57,3 млн м³. Середня глибина – 5,1 м, максимальна 26,0 м [42].

На річці Саксагань розташовані три водосховища:

Макортівське водосховище, створене 1958 році, розміщене в Криворізькому районі та використовується здебільшого для рекреації. Його площа становить 13,3 км², загальний об'єм води – 57,9 млн м³. Середня глибина водойми – 4,35 м, максимальна – 32,5 м, довжина – 57 км, а ширина – 0,35 км [39].

Кресівське водосховище, побудоване у 1948 році, розташоване в межах Кривого Рогу. Його повний об'єм складає 10,2 млн м³, площа – 2,1 км², а середня глибина – 1,8 м [42].

Держинське водосховище – розташоване найвище серед вище перерахованих. Його будівництво тривало у 1952 році в Держинському районі Кривого Рогу. Водовма займає площу 1,5 км², об'єм – 2,6 млн м³. Довжина – 1 км, середня глибина – 3 м, а ширина варіюється в межах 1,0 – 0,37 км [42, 46].

Сукупний об'єм води у великих водосховищах регіону становить 530,2 млн м³, з яких 406,5 млн м³ можна використовувати для питних потреб, що забезпечує населення та підприємства необхідною кількістю чистої води [42].

Канали. У складі басейнової мережі річки Інгулець важливе місце займає розгалужена система каналів, які забезпечують постачання

дніпровської води для різних потреб регіону. Вони використовуються як для промисловості (канал Дніпро–Інгулець і Дніпро–Кривий Ріг), так і для покращення якості води в Інгульці (Інгулецький магістральний зрошувальний канал) [46].

Канал Дніпро–Інгулець, введений в експлуатацію у 1988 році, є значущим гідротехнічним об'єктом, мета якого – поліпшення екологічного стану Інгульця. Будівництво розпочалося у 1979 році як відповідь на необхідність очищення водних ресурсів. Довжина каналу становить 39,5 км. Він бере початок у Цибільниківській затоці Кременчуцького водосховища та впадає у Войнівське водосховище на Інгульці. Основна частина русла має трапецієподібну форму, а на окремих ділянках використано протифільтраційне покриття для мінімізації втрат води. Його пропускна здатність сягає 45 м³/с, що забезпечує ефективне перекачування води з Дніпра до Інгульця. Режим функціонування каналу визначається рівнем води в Карачунівському водосховищі – у періоди достатніх власних водних ресурсів необхідність додаткового постачання з Дніпра відсутня [46].

Канал Дніпро–Кривий Ріг, збудований у 1957–1961 роках, відіграє важливу роль у забезпеченні водою промислових підприємств і сільськогосподарських угідь Кривого Рогу та прилеглих районів. Водозабір здійснюється за допомогою насосних станцій та відкритої системи каналів [46].

За останні десятиліття обсяги перекачування дніпровської води через канал значно скоротилися. Це спричинено високими енергетичними витратами та переорієнтацією на альтернативні джерела водопостачання. Однак дослідження підтверджують, що подача дніпровської води позитивно впливала на екологічний стан Інгульця. Зменшення її обсягів призвело до погіршення якості води, особливо у середній та нижній течії річки [46].

Аналіз структури річкової мережі басейну Інгульця дозволяє виділити кілька характерних особливостей. Насамперед, мережа характеризується вираженою асиметричністю з переважанням правобережних приток за

площею водозборів (60% проти 40% лівобережних), що зумовлено геологічною будовою регіону. Важливою рисою є зональність системи – зміна характеру річок від верхньої до нижньої течії, де у верхів'ї домінують притоки з великими похилами, що дренують Український кристалічний щит, тоді як у низов'ї переважають звивисті річки Причорноморської низовини. Значний відбиток на структуру мережі наклала техногенна трансформація через створення водосховищ, каналів і промислових об'єктів, що кардинально змінило природний режим річкової системи. Унікальність басейну полягає у поєднанні природних і штучних елементів – співіснуванні природних річок з інженерними спорудами, внаслідок чого сформувалася складна гідротехнічна система багатоцільового призначення, що потребує комплексного підходу до управління водними ресурсами.

2.3. Порядкова класифікація водотоків басейну

Порядкова класифікація водотоків є важливим інструментом гідрографічного аналізу, що дозволяє систематизувати річкову мережу та виявити закономірності її будови. Метод полягає у присвоєнні кожному водотоку басейну певного числового порядку залежно від його положення в ієрархічній структурі річкової системи. Це дає змогу оцінити ступінь розгалуженості мережі, розподіл стоку між притоками різного рангу, особливості морфологічної структури басейну та закономірності формування гідрологічного режиму.

Порядкова класифікація має важливе гідрологічне значення, оскільки притоки одного порядку зазвичай характеризуються подібними морфометричними параметрами, гідрологічним режимом та екологічними умовами. Це робить її незамінним інструментом для гідрологічного моделювання, екологічної оцінки водних екосистем та планування водогосподарських заходів.

Існує кілька методів порядкової класифікації водотоків, кожен з яких має свої переваги та недоліки (табл. 2.4). Вибір конкретного методу залежить від мети дослідження та характеру завдань, що розв'язуються.

Таблиця 2.4

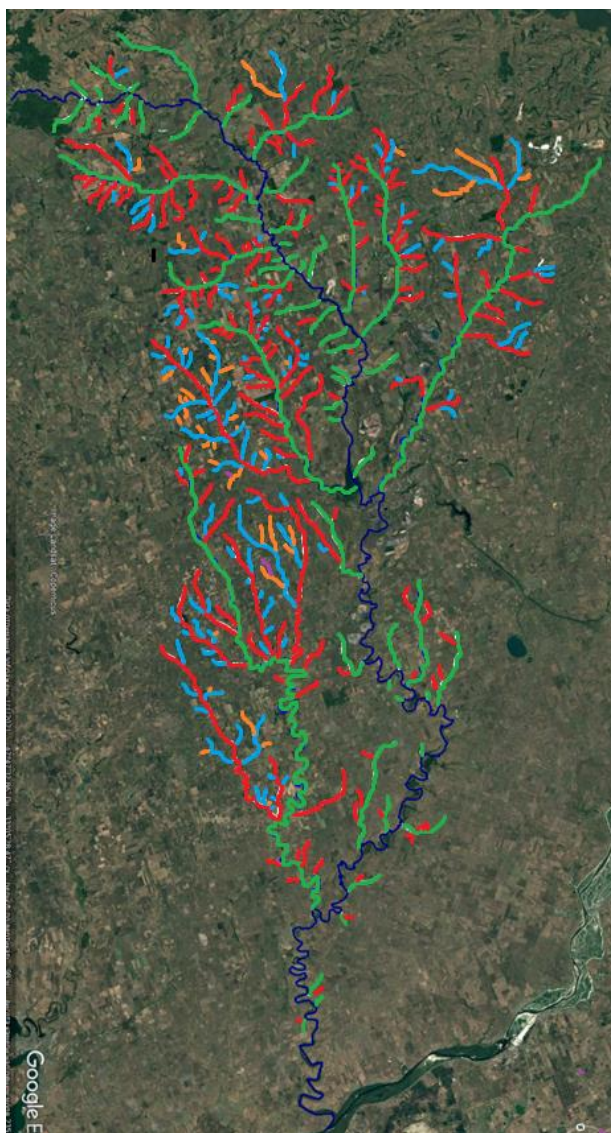
Переваги та недоліки різних методів порядкової класифікації

Схема порядку приток річки	Переваги	Недоліки
Гравеліу (низхідна)	– Простота і легкість застосування; – Мінімальні вимоги до обсягу вхідних даних; – Зручність для практичного використання.	– Не завжди точно відображає реальну структуру гідромережі; – Недостатньо коректна для заплавних річок і приток, що впадають у головний водотік через інші притоки.
Хортон Р. Е. (висхідна)	– Бере до уваги довжину водотоків; – Відображає природну ієрархію річкової системи.	– Неточність у випадку приток однакової довжини, але з різними площами басейнів; – Складність визначення головного русла.
Штралера А. Н. (висхідна)	– Враховує площу водозбірних басейнів приток; – Підходить для математичного моделювання.	– Некоректна при наявності приток з однаковою площею басейнів, але різною довжиною; – Може давати однакові порядки для різних за розміром приток.
Ржаніцина Н. А.	– Поєнує аналіз довжини водотоків і площ басейнів; – Комплексний підхід до оцінки.	– Складна для застосування в масштабних і розгалужених гідрографічних схемах; – Потребує детальних морфометричних даних.
Шайдеггера – Шріва	– Включає аналіз довжини, площі водозбору та крутизни схилів;	– Вимагає складних розрахунків і важка для практичного використання; – Потребує великого обсягу вхідних даних.

Таким чином, кожна з цих класифікацій має як свої сильні сторони, так і обмеження, що слід враховувати при їх застосуванні.

Для басейну річки Інгулець було застосовано два основні методи порядкової класифікації, що дозволяють всебічно оцінити структуру річкової мережі.

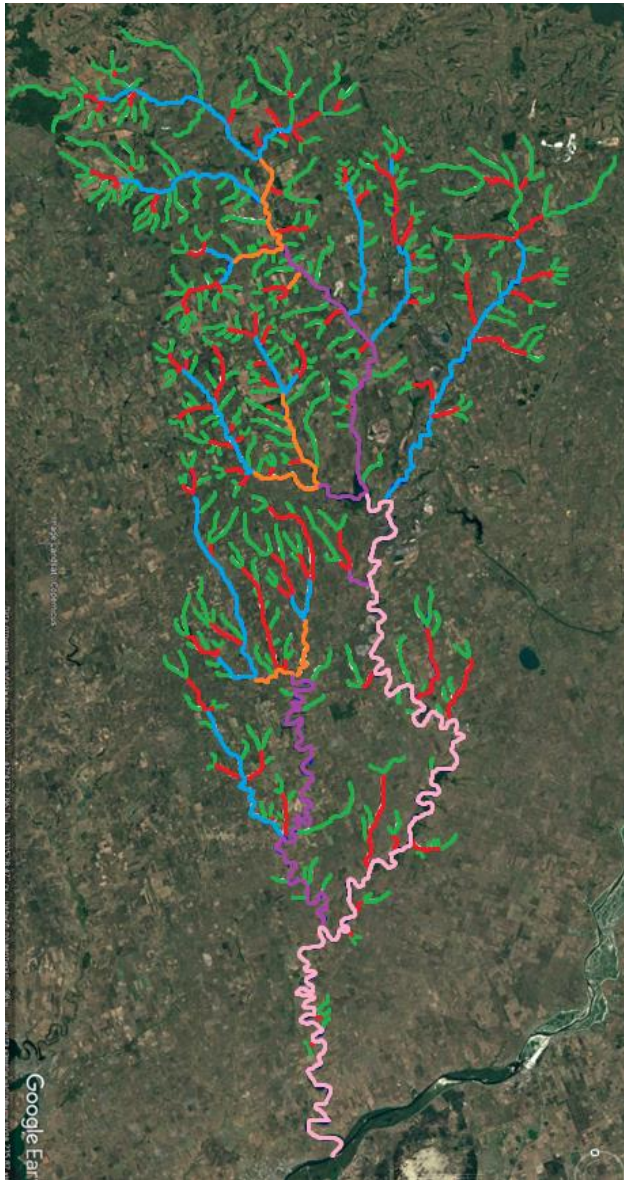
Метод Гравеліуса (спадна класифікація). У цій системі водотоки, що безпосередньо впадають у головну річку, визначають як притоки першого порядку. Притоки, що впадають у притоки першого порядку, вважаються притоками другого порядку і так далі. Таким чином, порядки зменшуються від початку до гирла головної річки, що й обумовлює назву «спадна» класифікація (рис. 2.4).



**Рис 2.4. Метод Гравеліуса
(низхідна) на прикладі басейну
річки Інгулець**

(зеленим кольором позначено – притоки I-го порядку, червоним – притоки II-го порядку, блакитним – притоки III-го порядку, оранжевим – притоки V-го порядку, фіолетовий – притоки VI-го порядку)

Метод Штралера (висхідна класифікація). Згідно з цим підходом, найменші водотоки належать до першого порядку. Якщо дві або більше річки першого порядку зливаються, утворюється водотік другого порядку. Далі, річки третього порядку формуються внаслідок злиття водотоків другого порядку і так далі. При цьому злиття притоки меншого порядку з річкою більшого порядку не змінює порядок останньої (рис. 2.5) [18].



**Рис 2.5. Метод А. Н. Штралера
на прикладі басейну річки
Інгулець**

(зеленим кольором позначено – притоки I-го порядку, червоним – притоки II-го порядку, блакитним – притоки III-го порядку, оранжевим – притоки V-го порядку, фіолетовий – притоки VI-го порядку та рожевим притоки VII-го порядку)

Результати застосування обох методів суттєво відрізняються за кількісними характеристиками (табл. 2.5).

Порівняльна характеристика порядкової класифікації приток Інгульця

Характеристика	Метод Гравеліуса	Метод Штралера
Притоки I порядку		
Кількість	56	371
Сумарна довжина, км	1067,62	1719,91
Коефіцієнт розгалуженості	3,06	4,33
Притоки II порядку		
Кількість	157	96
Сумарна довжина, км	1133,54	760,68
Коефіцієнт розгалуженості	3,19	2,47
Притоки III порядку		
Кількість	111	18
Сумарна довжина, км	526,29	353,6
Коефіцієнт розгалуженості	2,02	1,68
Притоки IV порядку		
Кількість	40	5
Сумарна довжина, км	139,47	214,7
Коефіцієнт розгалуженості	1,27	1,42
Притоки V порядку		
Кількість	2	1
Сумарна довжина, км	5,36	71
Коефіцієнт розгалуженості	1,01	1,14
Притоки VI порядку	0	1
Сумарна довжина, км	0	383,2
Коефіцієнт розгалуженості	0	1,74
Відсоткові співвідношення за кількістю		
I порядок	15,3%	75,4%
II порядок	42,9%	19,5%
III порядок	30,3%	3,7%
IV порядок	10,9%	1%
V порядок	0,6%	0,2%
VI порядок	0%	0,2%
Відсоткові співвідношення за довжиною		
I порядок	37,2%	49,1%
II порядок	39,5%	21,7%
III порядок	18,2%	10,1%
IV порядок	4,9%	6,2%
V порядок	0,2%	2%
VI порядок	0%	10,9%

Застосування двох різних методів класифікації дає кардинально відмінні результати, що відображає принципові відмінності в підходах до систематизації річкової мережі.

За методом Гравеліуса переважають притоки II порядку (42,9%), що вказує на відносно рівномірний розподіл річкової мережі між різними рівнями ієрархії. Натомість метод Штралера показує домінування приток I порядку (75,4%), що характерно для деревоподібної структури з великою кількістю найменших гілок. За сумарною довжиною метод Гравеліуса також демонструє переважання приток II порядку (39,5%), тоді як за методом Штралера найбільшу довжину мають притоки I порядку (49,1%).

Коефіцієнти розгалуженості також суттєво відрізняються. За методом Гравеліуса спостерігається поступове зменшення від 3,19 (II порядок) до 1,01 (V порядок), що вказує на логічну ієрархічну структуру. За методом Штралера максимальний коефіцієнт розгалуженості характерний для приток I порядку (4,33), що підтверджує переважання найменших водотоків у структурі мережі.

Порівняльний аналіз результатів дозволяє виявити характерні особливості річкової мережі басейну, які по-різному проявляються при застосуванні різних методів класифікації.

За методом Гравеліуса басейн характеризується відносно рівномірним розподілом водотоків між порядками з домінуванням середніх порядків за кількістю та довжиною. Максимальний порядок V вказує на помірну складність структури, що типово для степових басейнів середнього розміру. За методом Штралера виявляється яскраво виражена деревоподібна структура з переважанням найменших приток та різким зменшенням кількості водотоків від I до VI порядку, що відображає природну ієрархію річкової системи.

РОЗДІЛ 3. ГІДРОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ

3.1. Загальна характеристика гідрологічного режиму

Гідрологічний режим річки являє собою закономірні зміни її стану в часі, що проявляються у коливаннях рівнів і витрат води, льодових явищах, термічному режимі та інших характеристиках водного стоку. Формування гідрологічного режиму річки Інгулець відбувається під впливом комплексу природних і антропогенних чинників, серед яких провідну роль відіграють кліматичні умови, геологічна будова басейну та значний техногенний вплив.

Басейн річки Інгулець поділяється на дві гідрологічні зони відповідно до особливостей геологічної будови регіону. Північна частина басейну належить до Нижньодніпровського гідрологічного району, а південна – до Причорноморського, що зумовлено проходженням межі між Українським кристалічним щитом і Причорноморською западиною [47].

Формування гідрологічного режиму річки відбувається під впливом кліматичних умов півдня України, що характеризуються помірно континентальним типом клімату з нерівномірним розподілом опадів протягом року. Геологічна будова басейну, представлена кристалічними породами щита у верхній частині та осадовими відкладами западини у нижній, суттєво впливає на характер стоку та морфологію русла. Значний антропогенний вплив проявляється через створення системи водосховищ, що кардинально змінило природний режим річки [47].

Інгулець має змішаний тип живлення з перевагою снігового компоненту, що характерно для річок степової зони України [22]. Співвідношення різних джерел живлення змінюється залежно від сезону: навесні переважає сніговий стік, влітку зростає роль дощового живлення, а в зимовий період основне значення має підземне живлення.

За морфологічними та гідрологічними особливостями на річці Інгулець виділяють три основні ділянки – верхню, середню та нижню течію, кожна з яких має характерні риси режиму.

Верхня течія характеризується складними гідрологічними умовами. У районі витoku річка представлена системою озер і боліт, що з'єднуються між собою лише в періоди паводків. Нижче за течією, до міста Олександрія, Інгулець тече вузьким руслом серед відносно підвищених ділянок рельєфу. Ця ділянка відзначається нерегулярним стоком та значною залежністю від атмосферних опадів.

Середня течія охоплює ділянку від Олександрії до Кривого Рогу і характеризується кардинальними змінами режиму. У районі Кривого Рогу Інгулець розширюється до 40 метрів, а глибина сягає 1,7 метра, що зумовлено як природними особливостями рельєфу, так і антропогенним регулюванням. Тут розташоване Карачунівське водосховище, яке є головним джерелом водопостачання міста та суттєво впливає на гідрологічний режим [31]. Русло на цій ділянці містить численні перекати й пороги, більшість з яких має природне походження внаслідок ерозійних процесів, хоча деякі утворилися техногенним шляхом – внаслідок руйнування дамб і мостів [1].

Нижня течія починається нижче Кривого Рогу, де Інгулець протікає рівнинною місцевістю, розмиваючи м'які осадові породи Причорноморської западини [31]. Це сприяє утворенню звивистого русла з численними меандрами. Річка на цій ділянці формує складні вигини русла, загальна кількість яких від витoku до гирла становить близько 55. Ширина русла в нижній течії збільшується поступово, досягаючи 100 метрів у Снігурівці та близько 120 метрів у гирлі. Дно тут вкрите переважно пісками, що полегшує формування меандрів [14].

Термічний режим. Температурний режим води річки Інгулець значною мірою визначається температурою повітря та має виражену сезонну мінливість. У середньому протягом року температура води становить приблизно 11,9°C, проте цей показник може варіювати залежно від ділянки

річки та сезону. У нижній течії Інгульця, через особливості рельєфу та більші глибини, вода влітку нагрівається дещо менше інтенсивно, а взимку охолоджується повільніше порівняно з верхніми ділянками.

Малі річки басейну Інгульця мають певні особливості температурного режиму, оскільки на них значно впливають підземні води. Взимку підземні води є теплішими за річкову воду, що перешкоджає льодоутворенню, а влітку вони холодніші, що дещо знижує температуру води в притоках порівняно з основним руслом Інгульця [46].

Льодовий режим. Льодові явища на річці Інгулець мають сезонний характер і тісно пов'язані з термічним режимом. Льодоутворення розпочинається при зниженні температури води до 0°C , при цьому перші льодові явища з'являються при температурі води нижче 5°C . Спершу утворюється прибережний лід, який поступово розширюється, покриваючи всю річку суцільним льодовим покривом.

Тривалість льодового покриву може сягати 90 днів у суворі зими, хоча в окремі роки цей період значно скорочується. Товщина льодового покриву коливається від 20 до 35 см у звичайні зими, а в окремі суворі роки може досягати 65–75 см, особливо наприкінці лютого – на початку березня. Весняний льодохід розпочинається у березні з підвищенням температури повітря та триває від кількох днів до тижня залежно від інтенсивності потепління [46].

Твердий стік. Наноси відіграють значну роль у формуванні якості води та геоморфологічних процесах у руслі річки. Територія басейну Інгульця, розташована у степовій зоні, характеризується слабкою природною залісненістю, ґрунтами, які легко піддаються змиву, та кліматичними умовами, що сприяють розвитку ерозійних процесів і збільшенню обсягу твердого стоку [39].

У нижній течії річки каламутність води зростає порівняно з верхніми ділянками. Найбільше забруднення спостерігається в районі Кривого Рогу, де сконцентрована значна кількість промислових підприємств гірничо–

металургійного комплексу. Видобуток залізної руди та діяльність металургійних підприємств призводять до надходження у річку промислових стоків, що суттєво підвищує її каламутність та змінює хімічний склад води [8, 32].

Гідрологічний режим річки Інгулець характеризується значною антропогенною трансформацією, що проявляється у регулюванні стоку водосховищами, зміні природного режиму живлення через промислове водоспоживання та погіршенні якості води внаслідок техногенного навантаження [46].

3.2. Аналіз водного режиму за період 2018–2022 рр.

Для аналізу водного режиму річки Інгулець за період 2018–2022 рр. використовувалися дані гідрологічних спостережень на трьох репрезентативних гідрологічних постах: р. Інгулець – с. Олександрівка (верхня течія), р. Інгулець – с. Іскрівка (середня течія) та р. Інгулець – м. Кривий Ріг (середня течія), надані Дніпровським обласним центром з гідрометеорології (рис. 3.1). Ці пости репрезентують різні ділянки басейну з характерними особливостями формування стоку та різним ступенем антропогенного впливу.

Аналіз проводився за основними фазами водного режиму степових річок: весняна повінь, літня межень, осіння межень та зимова межень. Розглядалися середньомісячні рівні та витрати води з урахуванням впливу природних кліматичних чинників та антропогенної діяльності, зокрема регулюючого впливу водосховищ. Детальний аналіз динаміки витрат і рівнів води наведено в наступних підрозділах.

Аналізований п'ятирічний період характеризувався помітною мінливістю водного режиму з вираженими сезонними коливаннями та впливом кліматичних аномалій окремих років. Загалом період відзначався поступовим зниженням водності, особливо помітним у 2022 році, що

зумовлено як природними кліматичними чинниками, так і зростаючим антропогенним навантаженням на водні ресурси басейну.

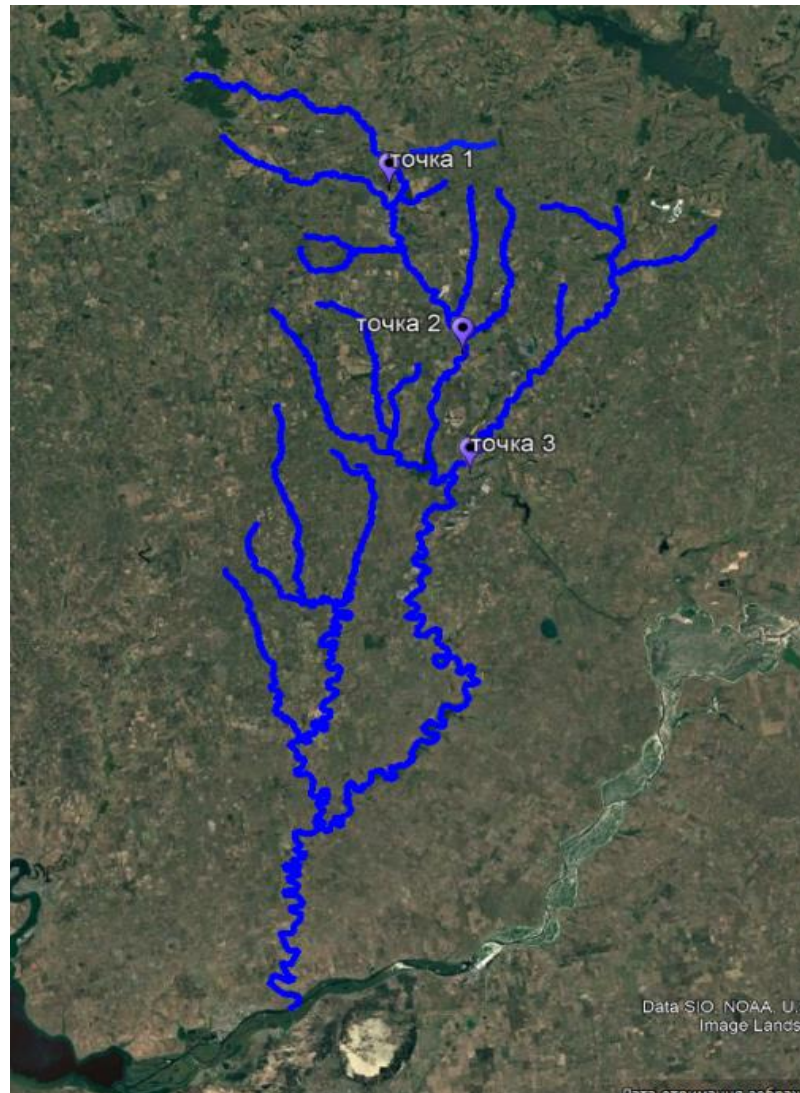


Рис. 3.1. Розташування гідропостів у басейні річки Інгулець

Умовні позначення:

точка 1 – с. Олександрівка, точка 2 – с. Іскрівка, точка 3 – м. Кривий Ріг

Найбільш різкі зміни водного режиму зафіксовані на гідропості в с. Олександрівка, що пояснюється меншим ступенем зарегулювання стоку та більшою залежністю від природних факторів формування режиму. Натомість гідропости в с. Іскрівка та м. Кривий Ріг демонструють більш стабільний режим завдяки регулюючому впливу водосховищ.

Весняна повінь (березень–травень). Весняна повінь є найпомітнішою фазою водного режиму Інгульця, оскільки саме в цей період спостерігається

найбільший об'єм стоку, що формується внаслідок інтенсивного танення снігового покриву у поєднанні зі значними опадами.

У басейні річки Інгулець весняна повінь зазвичай починається на початку березня і досягає максимальних значень у квітні–травні залежно від розташування гідропоста. На гідропості в с. Олександро–Степанівка у 2018–2020 роках рівень води почав зростати вже в березні, досягаючи максимальних значень 250 см у квітні–травні. Це зумовлено активним таненням снігу та інтенсивними весняними опадами, що суттєво посилює поверхневий стік у верхній частині басейну.

У 2021–2022 роках на цьому гідропості також спостерігалось весняне підвищення рівня води, проте воно було менш вираженим. Максимальні позначки фіксувалися пізніше – у травні, а не в квітні, з амплітудами, що не перевищували рівнів попередніх років. Це ймовірно пов'язано з меншою кількістю зимових опадів або більш поступовим таненням снігу через особливості температурного режиму цих років.

На гідропостах у с. Іскрівка та м. Кривий Ріг весняний підйом рівня води не такий виразний порівняно з верхньою течією. В усі роки аналізованого періоду спостерігається лише незначне збільшення рівня води у квітні–травні, що свідчить про значний вплив регулювання стоку водосховищами та зменшення ролі сніготанення у формуванні режиму на цих ділянках. Основними джерелами водопостачання тут є зарегульований стік та підземне живлення.

Літня межень (червень–серпень). Літня межень зазвичай розпочинається наприкінці травня або на початку червня та триває до серпня, характеризуючись поступовим зниженням рівня води після завершення весняного водопілля.

Після весняної повені у всі роки спостерігається поступове зниження рівня води, особливо помітне на гідропості в с. Олександро–Степанівка. У 2018–2021 роках уже в липні рівень води наближався до зимових показників, опускаючись до 50–100 см. У 2022 році цей процес тривав довше – до серпня,

що може свідчити про більш тривалий вплив весняних опадів або зміни в характері випаровування.

На гідропостах в с. Іскрівка та м. Кривий Ріг літнє зниження рівня води не настільки виражене. Попри поступове зменшення рівня впродовж усіх років, він залишається значно вищим за мінімальні показники, особливо на гідропості в с. Іскрівка, де становить 400–500 см. Це зумовлено більш стабільним водним балансом через регулювання водосховищами, меншими втратами на випаровування та підтримкою рівня води за рахунок регульованих попусків.

Осіння межень (вересень–листопад). Осіння межень у басейні річки зазвичай починається наприкінці серпня – на початку вересня та триває до кінця листопада або початку грудня. Протягом цього періоду витрати води залишаються низькими, що підтверджується багаторічними спостереженнями.

Особливістю 2022 року став локальний пік рівня води у вересні на гідропості в м. Кривий Ріг, що є нетиповим для цього часу року. Ймовірно, причиною цього стали додаткові регульовані скиди води з водосховищ або значні дощові опади регіонального характеру, які спричинили підвищення рівня на цій ділянці річки.

Для порівняння, у 2018–2021 роках рівень води у вересні демонстрував стабільну тенденцію до поступового зниження без різких коливань. Водночас у 2022 році саме на гідропості в Кривому Розі спостерігався нетиповий підйом рівня води, тоді як на гідропостах в Іскрівці та Олександрівці подібних змін не зафіксовано. Це може свідчити про локальні фактори впливу, зокрема можливе техногенне регулювання стоку або зміни у водозаборі промислових підприємств регіону.

Попри вереснєве підвищення рівня води, загальна динаміка осінньої межень в 2022 році залишалася типовою, з поступовим спадом рівня води з жовтня по грудень на всіх гідропостах.

Зимова межень (грудень—лютий). Зимова межень розпочинається на початку грудня і триває до середини або кінця лютого. У цей період рівень води залишається найнижчим або з невеликими коливаннями порівняно з фазою літньо—осінньої межені.

Протягом усіх років спостереження зимові місяці характеризуються стабільним рівнем води без значних коливань. На гідропості в с. Іскрівка рівень утримується в межах 400–450 см, що свідчить про сталий водний режим із мінімальним впливом зовнішніх факторів, таких як опади чи інтенсивне танення снігового покриву. На гідропості в м. Кривий Ріг рівень також залишається відносно стабільним (приблизно 300 см), хоча можливі незначні коливання, спричинені місцевими особливостями регулювання стоку.

На гідропості в с. Олександро—Степанівка показники найнижчі (50–100 см) і практично незмінні протягом зими. Загалом, у всі роки спостерігається відсутність різких змін у зимовий період. Однак у 2022 році на гідропості в Олександро—Степанівці наприкінці зими зафіксовано дещо вищий рівень води, що може свідчити про раніше настання процесів весняного підйому або зміни в режимі зимових опадів.

Водний режим річки Інгулець за період 2018–2022 рр. характеризується вираженою сезонністю з максимумом у весняний період та мінімумом взимку. Спостерігається загальна тенденція до зниження водності, особливо помітна у 2022 році. Регулюючий вплив водосховищ суттєво згладжує природні коливання стоку у середній течії річки, тоді як верхня течія зберігає тісний зв'язок з кліматичними чинниками.

3.3. Характеристика витрат води

Аналіз витрат води здійснювався на основі середньомісячних даних трьох гідрологічних постів за період 2018–2022 рр. (див. рис. 3.1). Витрати

води є основним показником водності річки та дозволяють оцінити обсяги водних ресурсів, доступних для різних видів використання.

На рисунку 3.2 представлено динаміку середньомісячних витрат води на всіх трьох гідрологічних постах за досліджуваний період. Протягом 2018–2022 років на графіках чітко простежуються сезонні коливання, що характеризуються підвищеними значеннями навесні та помітним спадом у літньо–осінній період. Максимальні витрати води зафіксовані під час весняної повені (березень–квітень), що є типовим явищем для степових річок через танення снігового покриву та збільшення кількості опадів.

Стабільно найвищі витрати води спостерігаються на гідрологічному пості в м. Кривий Ріг порівняно з іншими постами. Це пояснюється впливом антропогенної діяльності, зокрема промислового сектору, а також наявністю водосховищ у цьому районі, які забезпечують додаткове регулювання стоку. Однак із 2020 року спостерігається поступове зниження пікових показників на всіх постах, що може свідчити про зміну режиму водокористування або скорочення водозабору.

Особливістю 2022 року стало аномальне зростання витрат у січні на всіх гідропостах, що може бути наслідком значних зимових опадів або незвично теплої зими, яка спричинила передчасне танення снігу. Крім того, у вересні того ж року на гідрологічному пості в м. Кривий Ріг зафіксовано локальний пік, що є нетиповим явищем і може вказувати на додаткові регульовані скиди води.

Для більш детального аналізу водного режиму було проведено статистичну обробку даних витрат води (табл. 3.2).

Найвищі середні витрати характерні для гідропоста в м. Кривий Ріг ($6,49 \text{ м}^3/\text{с}$), що підтверджує вплив техногенного регулювання. Найбільша мінливість витрат спостерігається в с. Олександро–Степанівка (коефіцієнт варіації 1,12), що свідчить про менший ступінь зарегулювання стоку та більшу залежність від природних чинників.

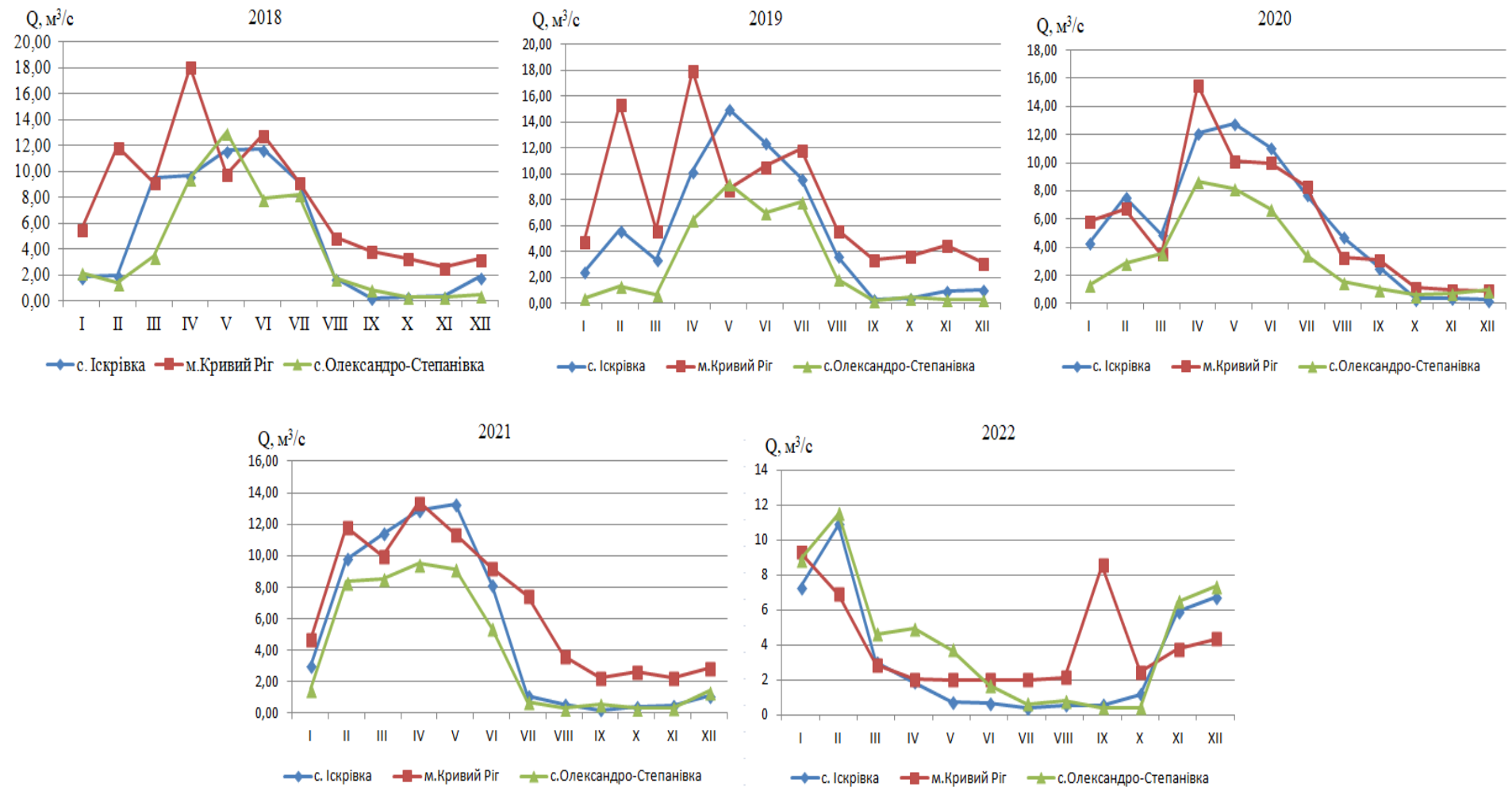


Рис. 3.2. Середньомісячні витрати води на річці Інгулець на гідропостах с. Іскрівка, м. Кривий Ріг, с. Олександро–Степанівка (за даними Дніпровського ЦГМ)

Статистичні характеристики витрат води за період 2018–2022 рр.

Гідропост	Середня витрата, м³/с	Максимум, м³/с	Мінімум, м³/с	Коефіцієнт варіації	Зміна за період
с. Іскрівка	4,54	15,0	0,22	0,86	↓
м. Кривий Ріг	6,49	18,1	0,93	0,71	↓
с. Олександро–Степанівка	3,51	13,0	0,23	1,12	варіабельна

Аналіз витрат води показує їх значну мінливість протягом досліджуваного періоду. Протягом 2018–2022 років на графіках чітко простежуються сезонні коливання, що характеризуються підвищеними значеннями навесні та помітним спадом у літньо–осінній період. Максимальні витрати води зафіксовані під час весняної повені (березень–квітень), що є типовим явищем для степових річок через танення снігового покриву та збільшення кількості опадів.

Рисунок 3.3 ілюструє динаміку середньорічних витрат води за весь період спостережень.

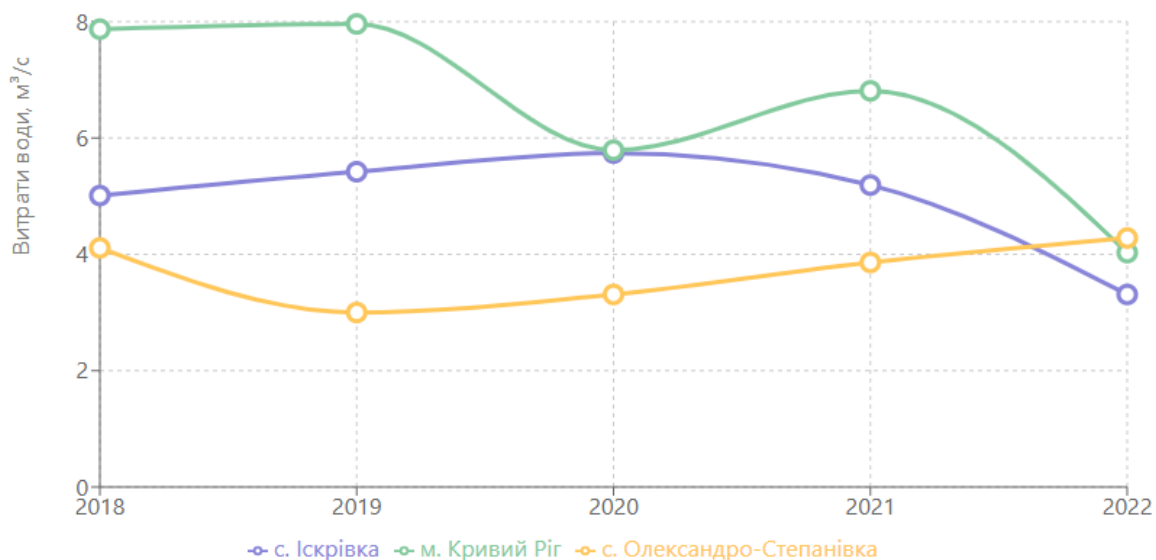


Рис. 3.3. Динаміка середньорічних витрат води на гідропостах річки Інгулець (2018–2022)

Графік демонструє загальну тенденцію до зниження водності на всіх гідропостах, особливо помітну після 2020 року. Найбільш стабільні показники характерні для гідропоста в м. Кривий Ріг, що пояснюється регулюючим впливом водосховищ. Найбільші коливання спостерігаються на гідропості с. Олександро–Степанівка, що відображає природний характер формування стоку у верхній течії річки.

3.4. Аналіз рівневого режиму

Рівні води є важливою характеристикою гідрологічного стану річки, що безпосередньо впливає на умови водокористування та екологічний стан водних екосистем. Аналіз рівневого режиму дозволяє оцінити ступінь зарегулювання стоку та виявити особливості формування водного режиму на різних ділянках басейну.

Зміни середньомісячних рівнів води на досліджуваних гідропостах за період 2018–2022 рр. (рис. 3.4) наочно демонструють суттєві відмінності в рівневому режимі між різними ділянками річки, що відображає ступінь їх зарегулювання.

Рівні води в с. Іскрівка залишаються відносно стабільними в межах 400–500 см протягом усього періоду спостережень. Найвищі показники зафіксовані у весняно–літні місяці (квітень–червень), після чого відбувається поступове зниження. У 2022 році рівень води був нижчим порівняно з попередніми роками, особливо в середині року, проте ближче до грудня спостерігалось його зростання.

У м. Кривий Ріг рівні води коливаються в межах 275–350 см, зберігаючи відносну стабільність без значних сезонних змін. Невелике підвищення фіксується навесні та влітку, після чого рівень поступово знижується. У 2022 році загальна тенденція свідчить про поступове зменшення рівня води на цьому гідропості.

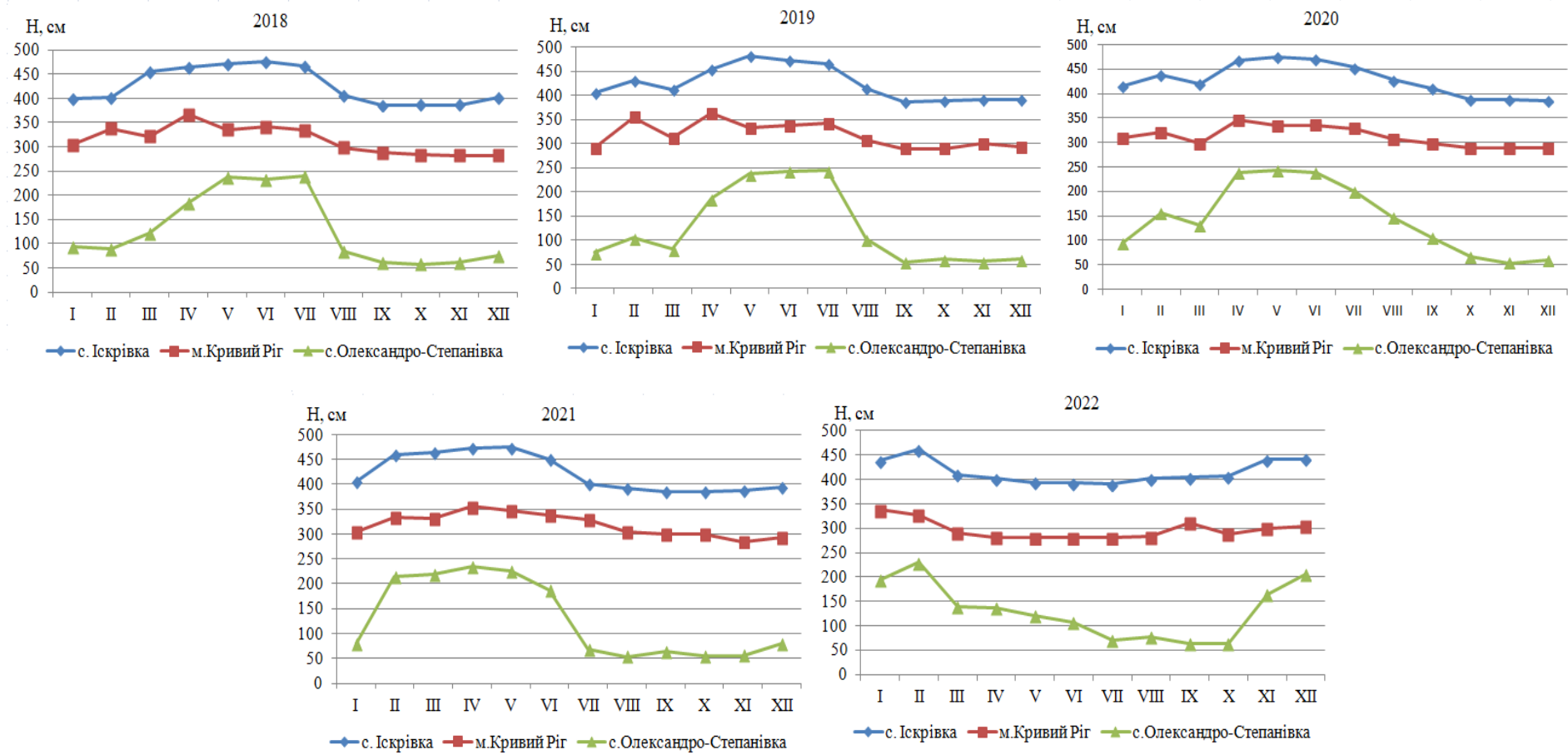


Рис. 3.4. Середньомісячні рівні води на річці Інгулець на гідропостах с. Іскрівка, м. Кривий Ріг та с. Олександро–Степанівка (за даними Дніпровського ЦГМ)

Найбільші коливання характерні для с. Олександро–Степанівка, де навесні рівень води стрімко підвищується, досягаючи максимуму у травні–липні (200–250 см), а потім швидко знижується в осінньо–зимовий період до 50–100 см. У 2022 році рівень води залишався значно нижчим, ніж у попередні роки, з незначним зростанням в грудні.

Різні гідропости характеризуються суттєво відмінними амплітудами коливань рівнів води, що відображає ступінь зарегулювання стоку: с. Олександро–Степанівка – амплітуда 150–200 см (природний режим), м. Кривий Ріг – амплітуда 75–100 см (помірне регулювання), с. Іскрівка – амплітуда 50–75 см (значне регулювання). Така закономірність підтверджує вплив водосховищ на стабілізацію рівневого режиму в середній та нижній течії річки.

На основі аналізу середньорічних витрат води було визначено роки з характерною водністю для кожного гідропоста за досліджуваний період (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Характеристика років за водністю за період 2018–2022 рр.

Гідропост	Багатоводний рік	Середньоводний рік	Маловодний рік
с. Іскрівка	2020 (5,74 м³/с)	2018 (5,01 м³/с)	2022 (3,31 м³/с)
м. Кривий Ріг	2019 (7,96 м³/с)	2021 (6,81 м³/с)	2022 (4,03 м³/с)
с. Олександро–Степанівка	2022 (4,28 м³/с)	2021 (3,86 м³/с)	2019 (3,00 м³/с)

Цікавою особливістю є те, що для гідропоста с. Олександро–Степанівка 2022 рік характеризувався найвищою водністю, тоді як для інших постів – найнижчою. Це може свідчити про локальні особливості формування стоку у верхній течії річки та вказує на різний характер впливу кліматичних факторів на різних ділянках басейну.

Загалом, у 2018–2022 роках рівень води в річці Інгулець демонстрував стабільність у регульованих зонах, таких як м. Кривий Ріг і с. Іскрівка, де значні коливання відсутні завдяки роботі водосховищ. Водночас у с. Олександро–Степанівка рівень води більше залежить від природних

сезонних змін, підвищуючись навесні внаслідок танення снігу та поступово знижуючись у літньо–осінній період.

3.5. Внутрішньорічний розподіл стоку

Для визначення років із характерною водністю було складено таблицю, що містить середньомісячні та середньорічні витрати води на гідрологічних постах: р. Інгулець – с. Олександро–Степанівка, р. Інгулець – с. Іскрівка та р. Інгулець – м. Кривий Ріг за п’ятирічний період (табл. 3.3). Рік із найбільшою середньою річною витратою води вважається багатоводним, а з найменшою – маловодним.

Таблиця 3.3

Середньомісячні і середньорічні витрати води р. Інгулець на гідропостах р. Інгулець, 2018–2022 рр. (за даними Дніпровського ЦГМ)

Рік	Витрати води, м³/с												Серед- ньорічні
	Середньомісячні												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
с. Іскрівка													
2018	1,87	1,94	9,49	9,70	11,6	11,7	9,21	1,78	0,23	0,31	0,36	1,87	5,01
2019	2,42	5,65	3,40	10,2	15,0	12,4	9,65	3,64	0,29	0,39	0,94	1,05	5,42
2020	4,30	7,60	4,89	12,1	12,8	11,1	7,74	4,76	2,57	0,34	0,40	0,26	5,74
2021	3,01	9,79	11,4	12,9	13,3	8,14	1,08	0,55	0,22	0,39	0,47	1,07	5,19
2022	7,26	10,9	2,99	1,87	0,72	0,67	0,39	0,55	0,55	1,17	5,9	6,73	3,31
м. Кривий Ріг													
2018	5,59	11,9	9,14	18,1	9,80	12,8	9,19	4,92	3,87	3,29	2,57	3,24	7,87
2019	4,82	15,4	5,66	18,0	8,82	10,6	11,9	5,66	3,37	3,66	4,48	3,16	7,96
2020	5,87	6,75	3,49	15,5	10,1	9,99	8,35	3,29	3,13	1,15	0,94	0,93	5,79
2021	4,71	11,8	9,96	13,4	11,4	9,23	7,49	3,67	2,29	2,65	2,24	2,86	6,81
2022	9,3	6,9	2,87	2,03	2	2	2	2,13	8,55	2,44	3,74	4,34	4,03
с. Олександро–Степанівка													
2018	2,17	1,38	3,45	9,47	13,0	7,90	8,22	1,74	0,89	0,32	0,31	0,44	4,11
2019	0,38	1,36	0,66	6,43	9,23	6,97	7,83	1,86	0,23	0,44	0,33	0,32	3
2020	1,34	2,87	3,57	8,71	8,16	6,73	3,46	1,55	1,03	0,61	0,75	0,96	3,31
2021	1,54	8,37	8,56	9,52	9,18	5,43	0,74	0,33	0,60	0,32	0,37	1,39	3,86
2022	8,85	11,5	4,6	4,93	3,73	1,67	0,62	0,79	0,4	0,41	6,47	7,35	4,28

Аналіз внутрішньорічного розподілу стоку показує характерні особливості водного режиму степових річок (рис. 3.5, 3.6). Весняний максимум забезпечує 35–45% річного стоку, літньо–осінній мінімум – лише 8–15%, що підтверджує залежність режиму від снігового живлення.

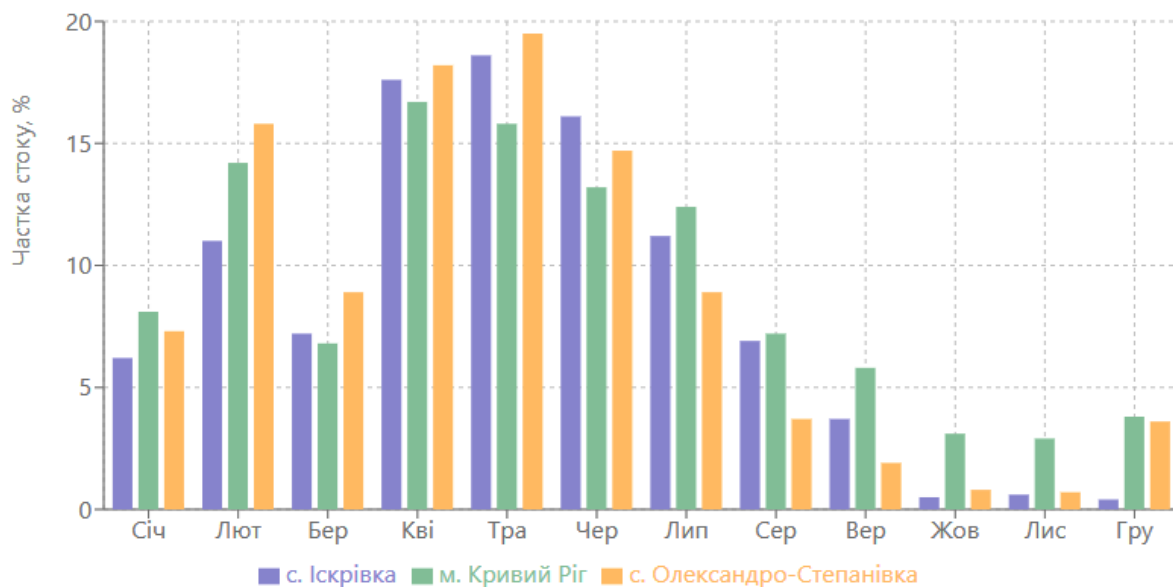


Рис. 3.5. Внутрішньорічний розподіл стоку річки Інгулець за 2018–2022 рр.

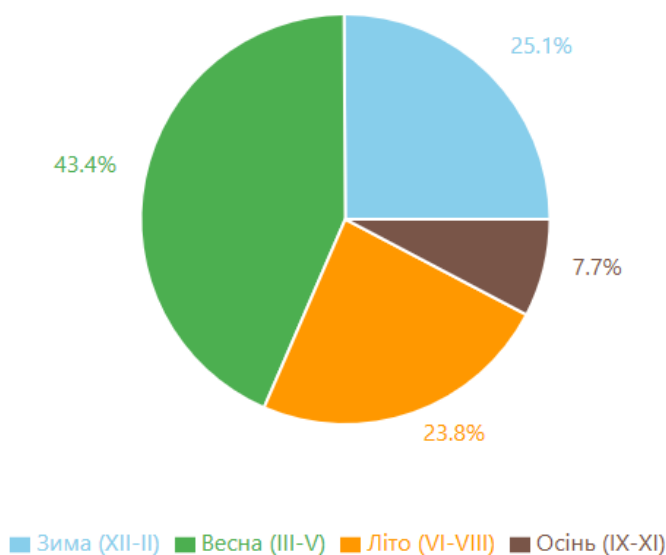


Рис. 3.6. Сезонна динаміка витрат води по гідропостах річки Інгулець за 2018–2022 рр.

На гідрологічному посту річки Інгулець – с. Іскрівка найбільш водоносним був 2020 рік, коли середньорічна витрата вода становила 5,74 м³/с, тоді як найменшу водність зафіксована у 2022 році з показником 3,31 м³/с. Рік із середньою водністю обрано 2018, для якого середньорічна витрата складала 5,01 м³/с. Типовий розподіл річного стоку річки Інгулець за рівнем водності в різні роки подано у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Розподіл річного стоку р. Інгулець – с. Іскрівка у характерні за водністю роки

Водність року	Частка стоку кожного місяця, %											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Багатоводний	6,2	11,0	7,2	17,6	18,6	16,1	11,2	6,9	3,7	0,5	0,6	0,4
Середній	3,1	3,2	15,8	16,2	19,3	19,5	15,3	3	0,4	0,5	0,6	3,1
Маловодний	18,3	27,4	7,5	4,7	1,8	1,7	1	1,4	1,4	3	14,8	17

Аналіз таблиці 3.4 дозволяє виявити певні закономірності у режимі формування стоку. Спостерігається один виражений максимум та один мінімум. Пік водності припадає на період весняного водопілля, яке формується з рахунок талих вод. Висота підйому рівня води у цей період залежить від обсягу запасів снігу та температурних умов. Тривалість весняної повені в басейні річки Інгулець у середньому становить близько трьох місяців. Мінімальне значення витрати води зазвичай спостерігається наприкінці листопада та триває до лютого, проте в маловодні роки воно припадає на липень і триває до жовтня. Формування зимової та літньо–осінньої межени зумовлене відсутністю поверхневого стоку та виснаженням запасів підземних вод.

На гідрологічному посту річки Інгулець – м. Кривий Ріг найбільш водоносним був 2019 рік, коли середньорічна витрата води становила 7,96 м³/с, а найменш водоносним – 2022 рік із показником 4,03 м³/с. Рік із середньою водністю визначено 2021, коли середньорічна витрата складала

6,81 м³/с. Типовий розподіл річного стоку р. Інгулець за водністю в окремі роки наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Розподіл річного стоку р. Інгулець – м. Кривий Ріг у характерні за водністю роки

Водність року	Частка стоку кожного місяця, %											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Багатоводний	5,1	16,1	5,9	18,8	9,2	11,1	12,5	5,9	3,5	3,8	4,7	3,4
Середній	5,3	14,4	12,2	16,5	14	11,4	9,3	4,5	2,9	3,3	2,7	3,5
Маловодний	19,3	14,4	5,9	4,2	4,1	4,1	4,1	4,4	17,7	5,1	7,7	9

Аналіз табличних свідчить про схожість у режимі формування стоку з гідрологічним постом р.Інгулець – с. Іскрівка. Обидва пункти спостережень емонструють наявність одного чітко вираженого максимуму та мінімуму рівнів води, що зумовлено подібним антропогенним впливом. Будівництво водосховищ та розвиток промислових підприємств у регіоні, зокрема в м. Кривий Ріг, де розташовані ці гідро пости, спричинили зміни природного режиму, що підтверджується виявленими закономірностями.

На гідрологічному пості річки Інгулець – с. Олександро–Степанівка найбільш водоносним виявився 2022 рік із середньорічною витратою води 4,28 м³/с, а найменшу водність зафіксовано у 2019 році, де цей показник становив 3 м³/с. Рік із середнім рівнем водності визначено 2021, коли середньорічна витрата води досягла 3,86 м³/с. Типовий розподіл річного стоку річки Інгулець за рівнем водності в окремі роки наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Розподіл річного стоку р. Інгулець – с. Олександро–Степанівка у характерні за водністю роки

Водність року	Частка стоку кожного місяця, %											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Багатоводний	5,1	16,1	5,9	18,8	9,2	11,1	12,5	5,9	3,5	3,8	4,7	3,4
Середній	5,3	14,4	12,2	16,5	14	11,4	9,3	4,5	2,9	3,3	2,7	3,5
Маловодний	19,3	14,4	5,9	4,2	4,1	4,1	4,1	4,4	17,7	5,1	7,7	9

За даними таблиці 3.6 можна виявити певні закономірності у процесі формування стоку. У багатоводні роки найбільша частка стоку припадає на весняний період (лютий–квітень), що зумовлено інтенсивним таненням снігового покриву. В літні та осінні місяці спостерігається поступове зниження рівня води, досягаючи мінімальних значень у зимовий період.

Середьоводні роки характеризуються більш рівномірним розподілом стоку: весняний максимум залишається вираженим, проте влітку водність є дещо вищою через часті опади та зменшення випаровування. Найменші показники стоку фіксуються восени, коли вонді ресурси поступово вичерпуються.

У маловодні роки спостерігається інша тенденція: зниження стоку навесні та влітку, зподальшим підвищенням узиму (у січні) та на початку осені (у вересні). Це може свідчити про вплив тривалих посушливих періодів у літні місяці, які зменшують водні запаси, а також про накопичення стоку в холодну пору року.

РОЗДІЛ 4. ГІДРОХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РІЧКИ ІНГУЛЕЦЬ

4.1. Сучасний хімічний склад води річки

Сучасний хімічний склад води річки Інгулець зазнає значного антропогенного впливу, головним чином унаслідок скидання високомінералізованих шахтних вод із території Криворізького залізорудного басейну. Це спричиняє підвищення загальної мінералізації води, а також концентрацій сульфатів і хлоридів. Середньорічна мінералізація води вище Кривого Рогу становить приблизно 983 мг/дм³, тоді як нижче міста зростає до 1408 мг/дм³. У періоди скидання шахтних вод (листопад–лютий) вміст сульфатів і хлоридів часто перевищує встановлені гранично допустимі концентрації. У водоймі–накопичувачі балки Свистунова рівень мінералізації досягає 30–35 г/дм³ [4].

За своїм хімічним складом вода Інгульця належить до сульфатно–гідрокарбонатного класу з кальцієво–магнієвим типом, де домінують сульфати, хлориди й гідрокарбонати. Концентрації мінеральних форм азоту, зокрема нітратів та амонійного азоту, переважно не перевищують нормативні значення, проте за такими показниками, як БСК₅, залізо, фосфати, нафтопродукти та ХСК, часто фіксуються перевищення ГДК. Значення водневого показника (рН) зазвичай наближаються до нейтрального й коливаються в межах 6,99–7,88 [49, 35].

Для обмеження негативного впливу техногенного навантаження застосовується регульоване скидання шахтних вод разом із промиванням русла річки на ділянці від Карачунівського водосховища до гирла. У процесі промивки в річку надходять додаткові об'єми дніпровської води через канал «Дніпро–Інгулець», що сприяє зменшенню мінералізації до 4 г/дм³ та покращує якість води для побутового, рекреаційного й зрошувального використання [4, 26].

Проте в період з 2018 по 2020 рік зафіксовано зниження якості води: частка діб із перевищенням ГДК за хлоридами зросла до 68,7%, що свідчить про зростання рівня забруднення та недостатню ефективність існуючих заходів. Недостатня потужність ставка–накопичувача, а також нерегулярність промивних попусків створюють загрозу аварійних скидів високомінералізованої води [26].

Таким чином, хімічний склад води в басейні Інгульця характеризується підвищеною мінералізацією та високим вмістом сульфатів і хлоридів, що несприятливо впливає на стан водних екосистем, особливо на іхтіофауну, й ускладнює використання водних ресурсів для господарських цілей [46, 35].

4.2. Аналіз основних гідрохімічних показників за даними гідрометцентру (2018– 2022 р.)

Для комплексної оцінки гідрохімічного стану річки Інгулець було проведено аналіз динаміки основних показників якості води на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр. за даними Дніпровського обласного центру з гідрометеорології. Гідропост с. Андріївка розташований у нижній течії річки, нижче м. Кривий Ріг, що дозволяє оцінити інтегральний вплив всіх джерел забруднення басейну, зокрема скидів високомінералізованих шахтних вод Криворізького залізрудного басейну. Аналіз охоплює ключові індикатори забруднення води, що дозволяє оцінити тенденції змін хімічного складу та виявити основні джерела впливу на водну екосистему.

Амоній (NH_4^+) є індикатором якості водного середовища, що сигналізує про недавнє органічне забруднення, зокрема розклад білкових сполук, амінокислот та сечовини. Виникає в результаті розчинення аміаку, що утворюється внаслідок розкладу органічної речовини, які містять азот [3].

Джерелами амонію зазвичай є стоки з побутового господарства, сільськогосподарські дренажі (внаслідок використання амонійних добрив), а

також промислові викиди [16]. Динаміка концентрації амонію (NH_4^+) у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр. (рис. 4.1) показує значну мінливість показника.

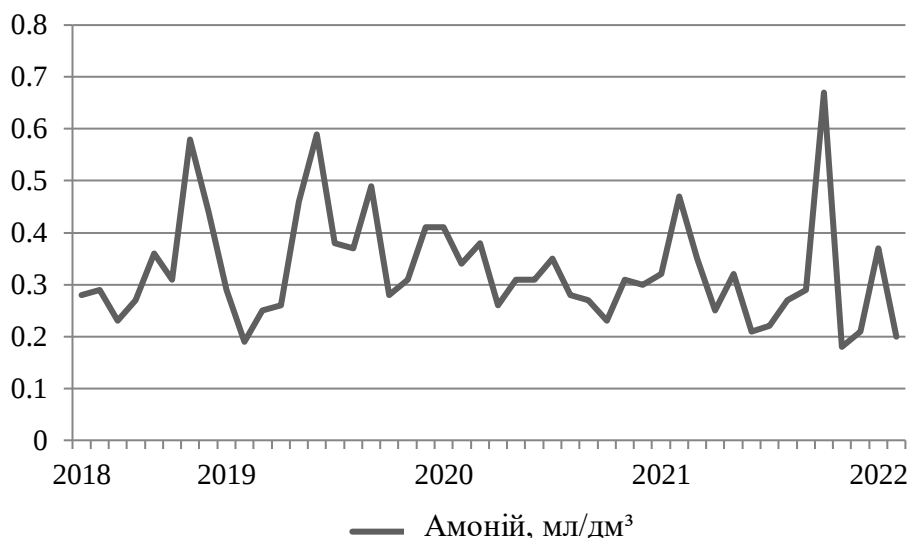


Рис. 4.1. Динаміка концентрації амонію (NH_4^+) у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр.*

** побудовано автором за [36]*

У 2018 році рівень амонію залишався стабільним у межах 0,2–0,35 мг/дм³. У 2019 році спостерігались істотні коливання, з окремими піковими значеннями, що перевищували 0,5 мг/дм³. Упродовж 2020–2021 років концентрація поступово зменшувалась, хоча подекуди наближалася до гранично допустимої норми. У 2022 році зафіксовано найвищі значення (близько 0,7 мг/дм³), після чого рівень знову повернувся до середніх показників.

Зміни концентрації амонію можуть бути пов'язані зі скидами неочищених або недостатньо очищених стічних вод, особливо в періоди танення снігу або підвищених опадів. Вагому роль відіграє сільське господарство, зокрема змив азотних добрив з полів. Також можливе тимчасове порушення роботи очисних систем, сезонні зміни в обміні води та зниження рівня води під час посух.

ГДК для амонію становить $0,5 \text{ мг/дм}^3$. У 2018, 2020 та 2021 роках концентрації амонію не перевищували допустимі межі. У 2019 році було зафіксовано два випадки перевищення – до приблизно $0,6 \text{ мг/дм}^3$. У 2022 році максимальне значення досягло $0,7 \text{ мг/дм}^3$, що на 40% вище за гранично допустиму концентрацію. В інші періоди показник залишався в межах норми або близьким до неї.

З огляду на дані, можна зробити висновок, що якість води за вмістом амонію є нестійкою, з періодичними епізодами перевищення нормативних значень. Це свідчить про тимчасові впливи антропогенного характеру. Важливо забезпечити регулярний моніторинг, посилити контроль за потенційними джерелами забруднення та впровадити ефективні заходи для зменшення агрохімічного навантаження.

Завислі (суспендовані) речовини – це дрібні частинки піску, глини, мулу, залишків органіки та планктону, що знаходяться у водному середовищі у підвішеному стані. Їхнє походження може бути як природним (внаслідок ерозійних процесів, підняття донних осадів, діяльності водних організмів), так і антропогенним, наприклад, через скиди стічних вод [21, 51].

Як гідрохімічний індикатор, концентрація завислих речовин (визначається у мг/дм^3 або г/м^3) слугує показником забруднення води та її каламутності. Підвищений вміст цих речовин зменшує прозорість води, перешкоджає проникненню світла, сприяє замуленню водойм і може викликати евтрофікацію, що несприятливо позначається на водній екосистемі [21, 51].

Динаміка концентрації завислих (суспендованих) речовин у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр. (рис. 4.2) демонструє помірну мінливість. На початку аналізованого періоду (2018 рік) вміст завислих речовин коливався в межах $7\text{--}12 \text{ мг/дм}^3$, із тенденцією до зростання наприкінці року. У 2019 році спостерігалися значні коливання – від 6 до понад 13 мг/дм^3 . У 2020 році рівень істотно зменшився й залишався стабільним (у межах $5\text{--}7 \text{ мг/дм}^3$). У 2021 році фіксувалися короткотривалі

підвищення до 11–12 мг/дм³, проте загальна концентрація була нижчою. На початку 2022 року показники залишались на рівні близько 5 мг/дм³.



Рис. 4.2. Динаміка концентрації завислих (суспендованих) речовин у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр.*

** побудовано автором за [36]*

Коливання концентрації пов’язані з сезонними процесами (змивання ґрунту під час опадів, танення снігу або паводки) та людська діяльність – активне будівництво, стоки зі сільськогосподарських угідь, а також скидання побутових і промислових вод. Також впливали й гідрологічні фактори – зміни рівня води або течії, які впливають на здатність завислих часток осідати чи залишатися у воді.

Допустимий рівень завислих речовин становить 15 мг/дм³. Упродовж усього аналізованого періоду перевищень цього нормативу не зафіксовано. Найвищі концентрації, що сягали 14 мг/дм³ у 2019 році, лише тимчасово наближалися до межі. В інші роки значення залишались суттєво нижчими – здебільшого в межах 5–10 мг/дм³.

У цілому, за показником завислих речовин, якість води можна вважати прийнятною. Незважаючи на значні коливання у 2019 році, з 2020 року спостерігається стабілізація та зниження концентрацій. Це може свідчити про

позитивні зміни в природному середовищі або в характері антропогенного навантаження на річкову систему.

Розчинений кисень (O_2) є ключовим гідрохімічним показником, що характеризує якість водного середовища та екологічний стан водойм. Він необхідний для життєдіяльності водних організмів, виконує роль природного окисника та сприяє самоочищенню водойм [24, 41].

У природних умовах вміст розчиненого кисню зазвичай знаходиться в межах 6–14 мг/л, змінюючись залежно від температури води, атмосферного тиску, рівня мінералізації та біологічної активності. Високі концентрації свідчать про добрий екологічний стан водойм, тоді як зменшення кількості кисню часто є ознакою забруднення та несприятливих умов для життя гідробіонтів [24].

Основними джерелами надходження кисню у воду є атмосферна абсорбція, фотосинтез водної рослинності та атмосферні опади. Кількість розчиненого кисню є важливим показником при оцінці придатності води для питного водопостачання, рибного господарства та інших потреб [24]. Динаміка концентрації його у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр. (рис. 4.3) показує відносну стабільність показника.



Рис. 4.3. Динаміка концентрації розчиненого кисню у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр.*

** побудовано автором за [36]*

Упродовж 2018–2019 роках рівень розчиненого кисню змінювався в межах 6–11 мгО₂/дм³. Наприкінці 2019 року зафіксовано зниження до 5,8 мгО₂/дм³, після чого в 2020 році значення перевищили позначку 11 мгО₂/дм³. У 2021 році концентрація залишалась відносно стабільною (8–11 мгО₂/дм³), а впродовж 2022 року дещо зменшилась і становила 9–10 мгО₂/дм³.

Зміни рівня розчиненого кисню часто обумовлені сезонністю: у холодний період року вміст кисню у воді, як правило, зростає через кращу його розчинність при низьких температурах. У теплий сезон активне фотосинтетичне цвітіння водоростей може викликати добові коливання – збільшення кисню вдень і зменшення вночі. Також на зниження вмісту кисню впливає надходження органічних забруднень, зокрема зі стічними водами, оскільки їх розклад супроводжується інтенсивним споживанням кисню. Важливу роль відіграють і гідрологічні та кліматичні чинники – рівень води, швидкість течії, періоди засух або зниження водності.

ГДК розчиненого кисню у водоймах становить 4 мгО₂/дм³. Протягом усього досліджуваного періоду концентрація кисню залишалась вищою за цю межу. Навіть найнижчий показник – близько 5,8 мгО₂/дм³ – не порушував встановлених екологічних норм, що вказує на відсутність серйозного дефіциту кисню у водному середовищі.

З огляду на рівень розчиненого кисню, стан води в аналізований період можна охарактеризувати як задовільний або добрий. Високі значення цього показника свідчать про належний рівень аерації, невисоку органічну забрудненість та загалом стабільний гідроекологічний стан водойми. Короткочасні зниження, що спостерігались у 2019 та на початку 2020 років, не були критичними, але можуть вказувати на окремі періоди екологічного навантаження.

Нітрити є показником якості водного середовища, що свідчить про присутність у воді аніонів азотистої кислоти (NO₂⁻). Ці сполуки вважаються токсичними та можуть з'являтися як унаслідок природних процесів, так і через вплив діяльності людини – зокрема, в результаті розкладу органіки або

активності фітопланктону [15, 29]. У природніх умовах концентрація нітритів зазвичай становить лише десяті або тисячні частки міліграма на літр, проте її підвищення становить для здоров'я людини [15].

Регулярний гідрохімічний контроль за вмістом нітритів у поверхневих водоймах жає змогу оцінити рівень забруднення, виявити джерела надходження шкідливих речовин та здійснювати моніторинг екологічного стану річкових басейнів. Типові сезонні зміни концентрації нітритів обумовлені біологічною активністю: найвищі значення фіксуються переважно в літній і осінній періоди, а найменші – взимку [23, 29].

Протягом 2018–2020 років концентрація нітритів змінювалась у діапазоні 0,02–0,18 мг/дм³, час від часу спостерігалися короткочасні підвищення (рис. 4.4). У 2021 році загальний рівень зменшився, хоча подекуди фіксувалися підйоми до 0,25 мг/дм³. У 2022 році відбулося стрімке зростання до 0,73 мг/дм³, однак згодом показники швидко повернулися до норми.

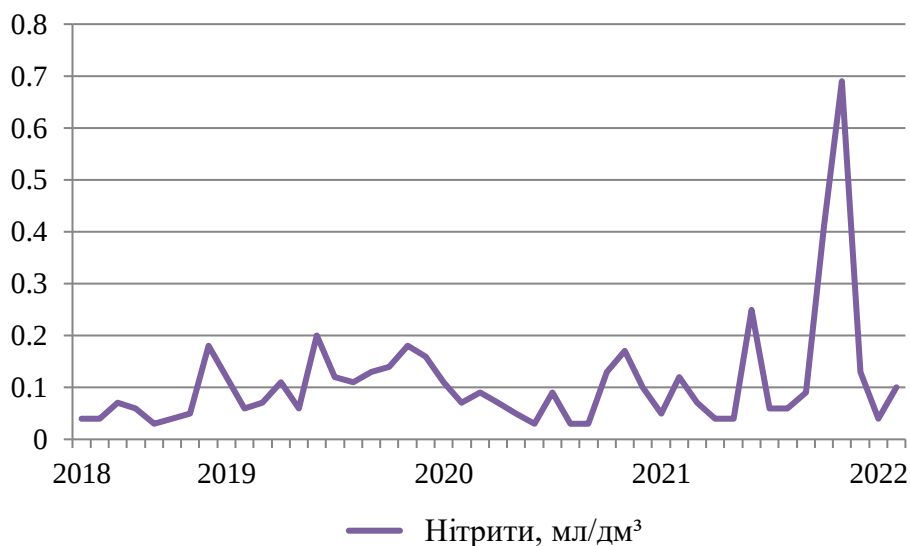


Рис. 4.4. Динаміка концентрації нітритів у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр.*

** побудовано автором за [36]*

Зміни у вмісті нітритів можуть пояснюватися сезонними процесами (танення снігу, опади, поверхневий стік) та впливом людської діяльності. Особливо вагомим фактором є скидання недостатньо очищених або неочищених стічних вод. Стрибок у 2022 році, імовірно, пов'язаний із техногенною аварією, витоком із промислових або каналізаційних систем. Додатково, до забруднення могли призвести інтенсивне внесення азотних добрив у сільському господарстві.

Згідно з чинними екологічними нормативами, допустима концентрація нітритів у водоймах становить 0,08 мг/дм³. Більшість значень за 2018–2022 роки перевищують цей ліміт. Найвищий показник зафіксовано у 2022 році – приблизно 0,73 мг/дм³, що у дев'ять разів перевищує ГДК. У попередні роки (2018–2021) також спостерігалися систематичні перевищення, хоч і менш виражені.

Загалом ситуація із вмістом нітритів у воді свідчить про незадовільний екологічний стан. Часті порушення нормативних рівнів вказують на постійну присутність джерел забруднення, переважно господарсько–побутового або промислового характеру. Оскільки нітрити швидко реагують на свіже органічне забруднення, це може свідчити про неефективну роботу очисних споруд. Епізодичні стрибки, зокрема той, що стався у 2022 році, потребують додаткового вивчення. Якість води за даним показником вимагає посиленої уваги з боку екологічних органів та впровадження заходів з очищення.

Нітрати є показником, який свідчить про рівень забруднення водойм біогенними сполуками. Їх концентрація контролюється санітарними нормативами, оскільки надлишковий вміст нітратів становить загрозу для здоров'я людини, особливо дітей, через можливе перетворення в організмі на більш токсичні нітрити [38].

Оцінка гідрохімічного стану води передбачає визначення рівня нітратів разом з іншими показниками, таким як амоній, нітрити, фосфати тощо. Це дозволяє встановити ступінь антропогенного навантаження на водні ресурси та планувати відповідні заходи з покращення їхнього екологічного стану [23].

Перевищення норм зазвичай свідчить про негативний вплив людської діяльності, зокрема сільського господарства або неправильне облаштування джерел водопостачання, таких як колодязі [38, 40]. Динаміка концентрації нітратів у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр. (рис. 4.5) демонструє помірну мінливість.

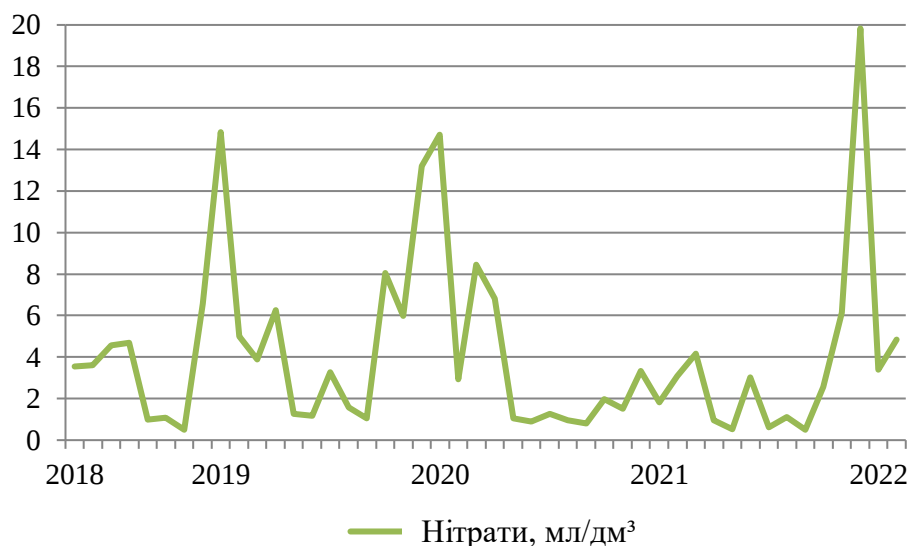


Рис. 4.5. Динаміка концентрації нітратів у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр.*

** побудовано автором за [36]*

Рівень нітратів у 2018 році залишалась стабільною в межах 3–5 мг/дм³. Протягом 2019–2020 років спостерігалися різкі коливання, із максимальними значеннями до 15 мг/дм³ і подальшим спадом до рівнів нижче 2 мг/дм³. У 2021 році показники вирівнялися, коливаючись у межах 1–4 мг/дм³. На початку 2022 року зафіксовано найвищу концентрацію – близько 20 мг/дм³, після чого рівень знизився до 4–5 мг/дм³.

На концентрацію нітратів значно впливають агротехнічні заходи, зокрема використання добрив у весняний та осінній періоди, а також змивання речовин із сільськогосподарських угідь після сильних дощів. Додатковими джерелами бути паводкові явища, несанкціоновані скиди стічних вод або порушення у роботі очисних споруд. Стабільність у 2021 році може бути зумовлена більш сприятливими погодними умовами,

зменшенням обсягів господарської діяльності або ефективнішою роботою систем моніторингу та очищення.

Допустимий рівень нітратів у воді становить 40 мг/дм³. Протягом аналізованих п'яти років ця межа не була перевищена. Найвищий зафіксований показник у 2022 році (приблизно 19–20 мг/дм³) становив лише половину від ГДК. У більшості випадків концентрації залишалися на рівні нижче 10 мг/дм³.

За результатами аналізу, водне середовище щодо вмісту нітратів можна визнати задовільним. Хоча рівень залишався в межах встановлених нормативів, зафіксовані окремі періоди різких підвищень можуть свідчити про сезонні чи локальні джерела забруднення. Найбільш стабільною ситуація була у 2021 році.

Сульфати у воді свідчать про наявність сірчаноокислих солей, які можуть надходити як з природних джерел (грунт), так і внаслідок органічних речовин. Їхнє походження може бути як мінеральним, так і органічним [103].

Сульфати не лише впливають на органолептичні властивості води (зокрема смак), але й можуть слугувати маркером природних процесів або свідчить про антропогенне забруднення – наприклад, внаслідок застосування добрив або скидання промислових стоків [12, 23, 6].

Динаміка концентрації сульфатів у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр. (рис. 4.6) показує значні коливання. У 2018 році концентрація сульфатів становив 770 мг/дм³, після чого він знизився до 450 мг/дм³, із незначними коливаннями. У 2019–2020 роках спостерігалися різкі підвищення до 1000–1100 мг/дм³, що чергувались із зниженнями до 430–700 мг/дм³. На початку 2021 року рівень перевищив 1000 мг/дм³, а згодом знизився до 350–400 мг/дм³. У 2022 році концентрація стабілізувалась у межах 500–850 мг/дм³.

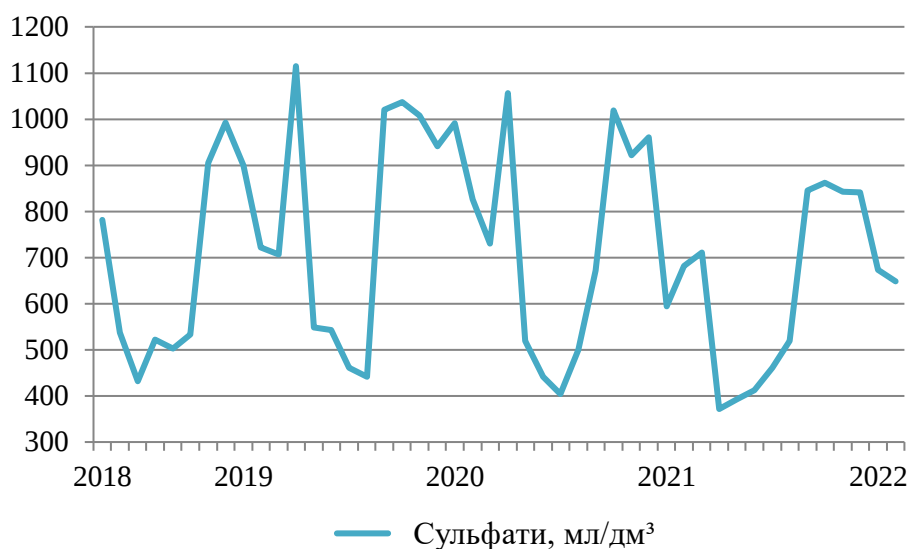


Рис.4.6. Динаміка концентрації сульфатів у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр.*

** побудовано автором за [36]*

Коливання рівнів сульфатів можуть бути зумовлені сезонними природними чинниками, зокрема надходженням дощових або талих вод, що змивають забруднення з поверхні землі до водойм. Також відіграє роль й антропогенний вплив – використання агрохімікатів у сільському господарстві, а також скиди промислових підприємств, передусім у хімічній та видобувній галузях. Крім того, гідрологічні умови, як–от зменшення рівня води в посушливі періоди, сприяють підвищенню концентрацій, тоді як під час повеней забруднення частково розбавляються.

ГДК становить 100 мг/дм³. Жоден із зафіксованих показників не відповідає встановленому нормативу – навіть мінімальні значення перевищували його у 3,5–4 рази. Максимальні ж концентрації, які сягали понад 1100 мг/дм³, перевищували норму у 11 разів. Такий систематичний характер перевищень свідчить не про поодинокі випадки, а про стійку проблему забруднення.

За вмістом сульфатів якість води можна визнати незадовільною. Часті й суттєві перевищення гранично допустимих рівнів становлять загрозу для здоров'я населення, особливо якщо така вода використовується для питних

чи побутових потреб. Крім того, високий вміст сульфатів негативно впливає на екологічний стан водойм і може завдавати шкоди водним організмам. Ситуація потребує системного вирішення – зменшення джерел забруднення, посилення екологічного контролю та оновлення очисної інфраструктури.

Фосфати належать до біогенних компонентів, що відіграють важливу роль у процесах евтрофування водойм. У природному середовищі фосфор трапляється як у формі органічних, так і неорганічних сполук, здебільшого в завислому стані. Його надходження до водних об'єктів зумовлене природним чинниками і впливом людської діяльності [34].

Перевищення допустимих значень вказує на перенасичення води поживними речовинами, що стимулює розвиток водоростей і знижує якість водного середовища [6]. Для ефективного контролю стану водойм слід проводити моніторинг вмісту фосфатів із частотою, що залежить від їх частки у загальному забрудненні: за внеску до 12 % – щорічно, від 12 до 22 % – двічі на рік, понад 22 % – щоквартально [6].

Динаміка концентрації фосфатів у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр. (рис. 4.7) характеризується помірною мінливістю.

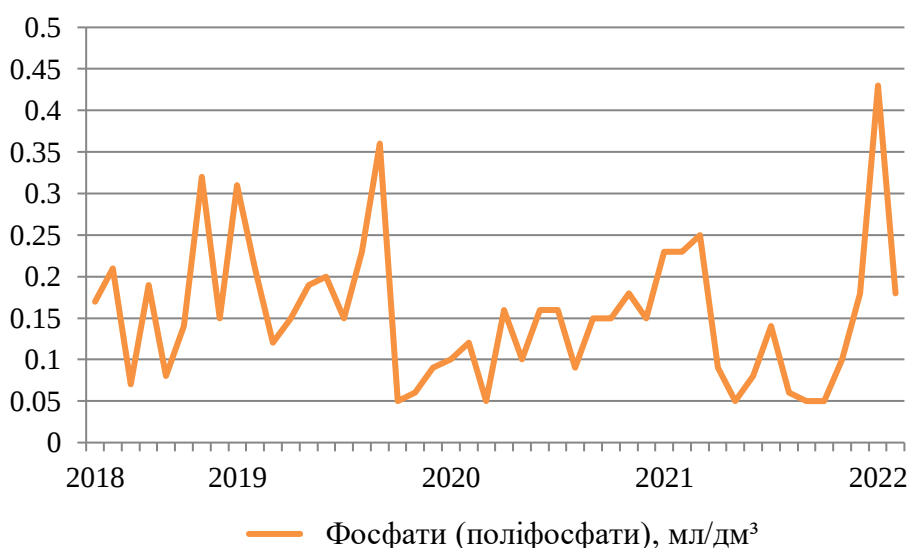


Рис. 4.7. Динаміка концентрації фосфатів у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр.*

** побудовано автором за [36]*

У 2018 році рівень коливався в межах 0,06–0,18 мг/дм³, а вже у 2019 році підвищився до 0,3 мг/дм³. У 2020 році відзначено зменшення нижче 0,05 мг/дм³, за яким послідувало зростання до 0,35 мг/дм³. У 2021 році показники були відносно стабільними – від 0,1 до 0,2 мг/дм³. На початку 2022 року концентрація перевищила 0,45 мг/дм³, однак згодом різко впала.

Факторами, що могли спричинити такі зміни, є сезонні змиви з полів, скиди стічних вод побутового або промислового походження, підвищення температури води, що стимулює біогенні процеси, а також можливі аварійні чи заплановані скиди підприємств. Такі чинники, ймовірно, стали причиною сплесків концентрацій у 2020 та 2022 роках.

Гранично допустимий рівень фосфатів у воді для господарсько–побутового використання становить 0,3 мг/дм³. У 2019, 2020 і особливо 2022 роках зафіксовано перевищення цього показника. В інші роки концентрації залишалися на рівні або нижчому за встановлену норму.

Таким чином, якість води за вмістом фосфатів у зазначений період не відзначалась стабільністю. Періодичні перевищення ГДК вказують на суттєвий антропогенний вплив на водні ресурси. Найбільш критична ситуація спостерігалася на початку 2022 року, коли рівень фосфатів перевищив норму більш ніж на 50%. Натомість у відносно стабільні періоди – особливо в середині 2020–2021 років – показники залишалися в межах допустимих, що свідчить про задовільну якість води в ті проміжки часу.

Хлориди у природній водах відображають наявність хлорид–іонів (Cl⁻), які переважно містяться у формі солей натрію, кальцію та магнію. У прісноводних об'єктах їх концентрація зазвичай становить кілька мг/л, тоді як у морській воді цей показник може бути значно вищим [30, 48].

Завдяки високій розчинності хлориди легко поширюються у водному середовищі, а їхній вміст зростає разом зі збільшенням загальної мінералізації. Зростання концентрації хлоридів часто є ознакою потрапляння у водойми господарсько–побутових стічних вод [48].

Аналіз вмісту хлоридів у воді зазвичай здійснюється методами аналітичної хімії, зокрема шляхом титрування азотнокислим сріблом після попереднього підкислення зразка [13]. Динаміка концентрації хлоридів у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр. відображена на рис. 4.8.

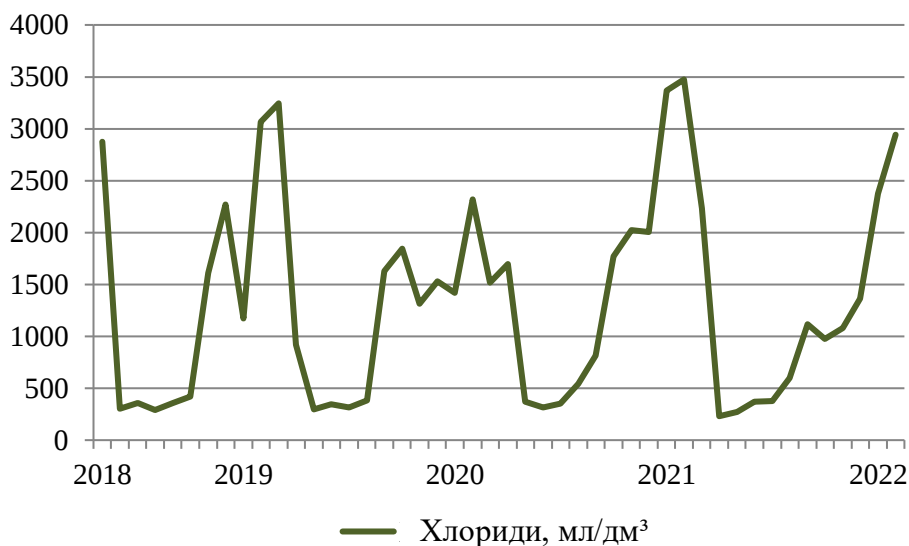


Рис. 4.8. Динаміка концентрації хлориди у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр.*

** побудовано автором за [36]*

Починаючи з 2018 року, рівень хлоридів демонстрував різкі коливання – від 2900 мг/дм³ на початку року до 300–400 мг/дм³ у подальший період. У 2019–2020 роках концентрація залишалась нестабільною, із піковими значеннями до 3200 мг/дм³ та коливаннями в межах 1000–2000 мг/дм³. У 2021 році зафіксовано максимальне значення близько 3500 мг/дм³, після чого відбувся спад і нове зростання. На початку 2022 року концентрація знову сягнула 3000 мг/дм³.

Серед антропогенних джерел, які змінюють коливання рівня хлоридів – скиди стічних вод промислових підприємств, зокрема хімічної та енергетичної галузей. У сільському господарстві забруднення можуть походити від мінеральних добрив або систем зрошення. Крім того, в умовах посухи чи зменшення стоку у річках послаблюється процес розбавлення

забруднюючих речовин, що сприяє їх накопиченню. Подекуди підвищені значення можуть бути наслідком природної мінералізації води.

Відповідно до нормативів, допустимий вміст хлоридів у воді для господарсько–питного водокористування становить 300 мг/дм³. У період з 2018 по 2022 роки рівень хлоридів значно й часто перевищував цю межу – інколи у 5–10 разів. Лише в окремі моменти спостерігалось наближення до допустимого рівня.

Рівень хлоридів у воді протягом усього аналізованого періоду свідчить про незадовільний стан водного середовища за цим показником. Постійне перевищення нормативів може бути свідченням хронічного забруднення – як техногенного, так і природного походження. Такий стан води становить потенційну загрозу для здоров'я людей, екосистем та ефективності виробничих процесів, що потребують якісної води. Ситуація вимагає ретельного виявлення джерел забруднення і посилення контролю за скидами у водойми.

Біохімічне споживання кисню за п'ять діб (БСК₅) гідрохімічний показник, який визначає ступінь органічного забруднення водного середовища. Він вказує, яку кількість розчиненого кисню (у мг/л) використовують мікроорганізми для розкладу органічних речовин у воді за 5 днів при температурі 20 °С. Чим більше є це значення, тим більше органічних домішок міститься у воді [11, 52].

Вимірювання БСК₅ здійснюється шляхом інкубації зразків води у темряві протягом п'яти діб. Після завершення цього терміну визначається різниця у концентрації розчиненого кисню. При розрахунках також беруть до уваги кисень, спожитий розчинником. Для отримання достовірних результатів необхідно забезпечити стабільну інкубацію та уникати впливу світла [11, 7].

Якщо його значення не перевищує 3 мг/л, вода вважається чистою. Межі від 3 до 6 мг/л свідчать про середній рівень забруднення, а перевищення 6 мг/л вказує на значне органічне навантаження, що становить

загрозу для життя водних організмів. Для водойм, що використовуються з питною або господарською метою, гранично допустиме значення БСК₅ зазвичай становить до 3 мг/л [11, 43]. Динаміка концентрації БСК₅ у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр. (рис. 4.9) показує значну мінливість.

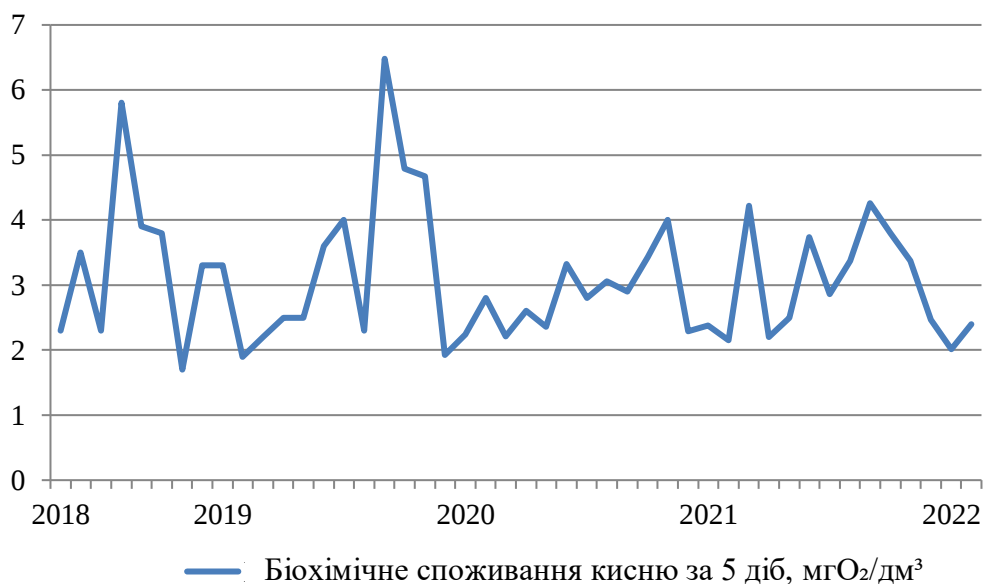


Рис.4.9. Динаміка концентрації Біохімічне споживання кисню за п'ять діб (БСК₅) у воді річки Інгулець на гідропості с. Андріївка протягом 2018–2022 рр.*

** побудовано автором за [36]*

За даними у 2018 році значення БСК₅ варіювались від менше ніж 2 до понад 5 мгО₂/дм³, що вказує на коливання органічного забруднення. У 2019 році ситуація частково стабілізувалась, хоча подекуди фіксувалися перевищення 3 мгО₂/дм³. У 2020 році рівень БСК₅ різко підскочив до 6,5 мгО₂/дм³, а надалі поступово знижувався. Протягом 2021 року показники наближались до гранично допустимих значень із незначними перевищеннями. У 2022 році концентрація стабілізувалась і не виходила за межі нормативу.

Коливання рівня БСК₅ переважно зумовлені сезонними впливами — з настанням тепла активізується розкладання органічних речовин, що веде до

підвищеного споживання кисню. Суттєвий вплив мають і несанкціоновані скиди стічних вод, які особливо проявлялися у попередні роки. Крім того, низький рівень води знижує здатність річок до самоочищення. Починаючи з 2021 року, ймовірно, було покращено очищення стоків або зменшилось антропогенне навантаження, що сприяло стабілізації показника.

Допустиме значення БСК₅ становить 3 мгО₂/дм³. У період 2018–2020 років це обмеження часто перевищувалося, подекуди навіть у два рази, що свідчить про серйозне органічне забруднення. Натомість у 2021–2022 роках ситуація значно покращилась – більшість результатів були в межах нормативу або близькі до нього.

У період 2018–2020 років рівень БСК₅ свідчив про незадовільну якість води, оскільки значення часто перевищували встановлені норми. Починаючи з 2021 року, стан води покращився – показники переважно стабілізувались і відповідали екологічним стандартам. Однак окремі випадки перевищень усе ще мають місце, що підкреслює важливість постійного спостереження та ретельного аналізу потенційних джерел забруднення.

4.3. Рекомендації щодо покращення екологічного стану річки

На основі проведеного аналізу гіdroхімічного стану річки Інгулець виявлено ряд критичних проблем, що потребують комплексного підходу до їх вирішення. Основними джерелами забруднення є скидання високомінералізованих шахтних вод Криворізького залізорудного басейну, промислові стоки та дифузне забруднення від сільськогосподарської діяльності.

Модернізація системи очищення та нейтралізації шахтних вод є критично важливою для зменшення надходження сульфатів і хлоридів. Необхідно збільшити потужність існуючих ставків–накопичувачів шахтних вод та впровадити додаткові ступені очищення води перед скиданням у річку. Регулярне промивання русла дніпровською водою через канал

«Дніпро–Інгулець» слід здійснювати за чітким графіком, особливо в періоди максимального накопичення забруднень.

Посилення державного контролю за дотриманням нормативів скидання промислових стоків є необхідним для запобігання аварійним викидам. Створення єдиної системи моніторингу якості води з автоматичними станціями контролю дозволить оперативно реагувати на погіршення ситуації. Координація діяльності між водокористувачами та природоохоронними органами має забезпечити узгоджене управління водними ресурсами басейну.

Відновлення прибережних захисних смуг з високою фільтруючою здатністю сприятиме зменшенню надходження біогенних речовин та завислих частинок. Створення буферних зон навколо промислових об'єктів знизить ризик потрапляння забруднень у водотоки. Впровадження екологічно чистих технологій у гірничо–металургійному комплексі регіону дозволить кардинально зменшити техногенне навантаження.

Розробка комплексної програми реабілітації басейну річки Інгулець з визначенням пріоритетних напрямків та етапів реалізації забезпечить системний підхід до вирішення проблем. Залучення міжнародного досвіду та технологій очищення високомінералізованих вод може значно підвищити ефективність заходів. Створення фінансових механізмів компенсації екологічної шкоди стимулюватиме підприємства до впровадження екологічно безпечних технологій.

Реалізація запропонованих заходів дозволить поступово покращити гідрохімічний стан річки Інгулець, зменшити техногенне навантаження на водну екосистему та забезпечити сталий розвиток регіону при збереженні водних ресурсів для майбутніх поколінь.

ВИСНОВОК

1. Фізико–географічні умови басейну річки Інгулець характеризуються значним різноманіттям. Басейн охоплює чотири області півдня України з площею 14 627 км², простягаючись від лісостепової зони на півночі до степової на півдні. Рельєф змінюється від височин 100–200 м у верхів'ї до рівнинних ділянок висотою до 50 м у гирлі. Клімат помірно континентальний з середньорічною температурою 7–11°C та нерівномірним розподілом опадів (275–350 мм у теплий період, 150–175 мм у холодний). Ґрунтовий покрив представлений переважно чорноземами з переходом до каштанових ґрунтів на півдні. Заплавна зона вирізняється багатством водної флори та фауни, включаючи рідкісні види, занесені до Червоної книги України.

2. Формування гідрографічної мережі басейну обумовлене взаємодією геологічних, кліматичних і антропогенних чинників. Основними природними факторами є геологічна будова (перехід від кристалічних порід Українського щита до осадових порід Причорноморської западини), рельєф та кліматичні умови. Морфометричні розрахунки показали: довжину головної річки 517,2 км, коефіцієнт звивистості 2,18, густоту річкової сітки 0,24 км/км², коефіцієнт розгалуженості 6,74, коефіцієнт асиметрії басейну 0,21. Басейн має витягнуту форму (коефіцієнт форми 0,04) з переважанням правобережних приток, що зумовлено особливостями геологічної будови та нахилом поверхні.

3. Гідрографічні особливості річкової мережі басейну включають 67 приток довжиною понад 10 км та близько 300 менших водотоків. Найбільшими притоками є Висунь (206 км) та Саксагань (130 км), які формують основну частину стоку. Порядкова класифікація за методом Гравеліуса показала максимальний порядок V з переважанням приток II порядку (42,9%), тоді як за методом Штралера виявлено максимальний порядок VI з домінуванням приток I порядку (75,4%). Значну роль у регулюванні стоку відіграють водосховища загальним об'ємом понад

530 млн м³ (Карачунівське, Іскрівське, Південне та інші) та система каналів, зокрема канал «Дніпро–Інгулець» довжиною 39,5 км. Річкова мережа характеризується асиметричністю з переважанням правобережних приток та значним техногенним регулюванням.

4. Гідрологічний режим річки Інгулець у 2018–2022 роках характеризується вираженою сезонністю з весняним максимумом та літньо–осінньою і зимовою межами. Аналіз витрат води показав найвищі середні показники на гідропості м. Кривий Ріг (6,49 м³/с), найбільшу мінливість – в с. Олександро–Степанівка (коефіцієнт варіації 1,12). Спостерігається загальна тенденція до зниження водності, особливо помітна у 2022 році. Рівневий режим демонструє суттєві відмінності між ділянками: найбільші амплітуди коливань характерні для с. Олександро–Степанівка (150–200 см), найменші – для с. Іскрівка (50–75 см). Внутрішньорічний розподіл стоку підтверджує залежність від снігового живлення: весняний максимум забезпечує 35–45% річного стоку, літньо–осінній мінімум – лише 8–15%.

5. Гідрохімічні особливості річки Інгулець характеризуються значним антропогенним впливом внаслідок скидання високомінералізованих шахтних вод Криворізького залізрудного басейну. Вода належить до сульфатно–гідрокарбонатного класу з кальцієво–магнієвим типом, середньорічна мінералізація зростає від 983 мг/дм³ вище Кривого Рогу до 1408 мг/дм³ нижче міста. Аналіз гідрохімічного режиму за 2018–2022 рр. виявив систематичні перевищення ГДК за сульфатами (у 3,5–11 разів), хлоридами (у 5–10 разів) та нітритами (до 9 разів). Для покращення стану необхідний комплексний підхід: модернізація системи очищення шахтних вод, збільшення потужності ставків–накопичувачів, регулярне промивання русла дніпровською водою, посилення державного контролю та створення автоматизованої системи моніторингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альохіна Т. М., Тарасевич Т. В. Зміни гідрохімічного стану Інгулець внаслідок російської агресії. Збірники наукових праць Міжнародної Карпатської школи. 2024. С. 48–51
2. Альохіна Т.М. Природа мінливості хімічного складу донних осадків річки Інгулець: Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. К. : ІГНС, 2009. Вип. 17. С. 125–131.
3. Амоній у питній воді та його вплив на людський організм [Веб–сайт]. URL: <https://bogo-rada.gov.ua/?p=15869>
4. Аніщенко Л. Я., Полозенцева В. О. Сердлов Б. С., Винокуров М. О.. Оцінка впливу регульованого скидання високомінералізованих штатних вод Кривбасу на господарське використання р. Інгулець. Науковий журнал “Інженерія природокористування” 2019 №4(14), с. 91–102
5. Атлас річок України [Веб–сайт]. URL: <https://river.land.kiev.ua/inguletc.html>
6. Бедункова О. О., Статник І. І., Боярин М. В.. Вибір Індикаторів моніторингу якості поверхневих вод річки Случ. Науковий журнал: Водні біоресурси та аквакультура 1(13)/2023. Видавничий дім “Гельветика” 2023, С. 109–123 (212)
7. Біологічні основи визначення БСК [Веб–сайт]. URL: <https://www.ecoinstrument.com.ua/bsk/>
8. Бобко А.О. Гранулометричний склад донних відкладів р. Інгулець. *Мінералогічний вісник КТУ*. 2006. № 29 (16) С. 104–107.
9. Богадьорова Л. М., Найдьонов П. О. Геологічна будова та мінералогічні особливості р. Інгулець. «Актуальні проблеми вдосконалення природоохоронних напрямів в науці і освіті очима молодих вчених». Матеріали наукової Інтернетконференції викладачів, молодих вчених та здобувачів вищої освіти. м. Херсон. 02 – 03 березня 2022 р., С. 128–133
10. Богомаз М.С. Річка називається... Дніпропетровськ: ЗАТ Вид–во

«Поліграфіст», 1998. – 78 с.

11. БСК5 : ключовий показник забруднення водойм [Веб-сайт]. URL: <https://sw.dei.gov.ua/post/3776>

12. Визначення сульфатів у питній воді [Веб-сайт]. URL: <https://ekspertiza.com.ua/uk/tse-korisno-znati/910-vyznachennia-sulfativ-u-pytnii-vodi>

13. Визначення хімічних показників води [Веб-сайт]. URL: http://socrates.vsau.org/b04213/elbook/view_page.php?book_id=1&user=575&page_id=22

14. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ, 2003. 324с.

15. Вміст нітритів у воді [Веб-сайт]. URL: <https://ekspertiza.com.ua/uk/tse-korisno-znati/862-vmist-nitrytiv-u-vodi>

16. Вплив амонію (аміаку) у воді на організм людини [Веб-сайт]. URL: <https://ziko.com.ua/all-article-amiak-amoniy-v-pytniy-vodi/>

17. Географічна енциклопедія України / ред. Маринич О.М. Київ. Т. 3. 157 с.

18. Гідрографія України: методичні рекомендації до виконання практичних робіт. Методична розробка для студентів географічного факультету. Луцьк, 2022. 94 с.

19. Ґрунти та ґрунтові ресурси України [Веб-сайт]. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/>

20. Енциклопедія Криворіжжя / ред. Б. В. Балакіна В.Г. Кривий Ріг. Т. 1. 427 с.

21. Загальні відомості щодо показників якості вод і їх нормативів [Веб-сайт]. URL: chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/1175232/mod_resource/content/1/2%20%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA-8-41.pdf

22. Заморій П. К. Четвертинні відклади Української РСР. Київ, 1961. 550 с.
23. Караїм, О., Караїм, В., Лавринюк, З., Боярин, М., Джам, О. (2023). Оцінка гідрохімічних показників в аспекті екологічного управління у басейні річки Стрипа. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 4, 49–56, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-4-6>
24. Кисень у житті водойм [Веб-сайт]. URL: <https://silverspring.com.ua/uk/advice/17-kisen-u-zhitti-vodojm>
25. Кліматичні умови України [Веб-сайт]. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/climate-2.html>
26. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Сучасні проблеми формування якості води Інгулецької зрошувальної системи в разі застосування промивки річки Інгулець упродовж квітня – серпня та шляхи їх вирішення. *Аграрні інновації*. 2021. № 7. С. 53–59.
27. Кравчинський Р.Л., Хільчевський В.К. Характеристика гідроекологічного стану басейну Інгульця. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія : періодичний науковий збірник*. 2010. Т. 4 (21). С. 118–124.
28. Курило О.В. Фізико-географічна характеристика басейну річки Інгулець. *Наукові записки Херсонського відділу Українського географічного товариства : зб. наук. Праць*. 2019. Вип. 11. С. 75–79.
29. Лавринюк, З., Караїм, О., Гулай, Л. (2021). Гідрохімічний аналіз та особливості використання поверхневих вод річки Оконка. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 24–29, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-4>
30. Лекція 3. Визначення основних показників якості природних вод. [Веб-сайт]. URL: <chromeextension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://kcpnu.edu.ua/wpcontent/uploads/sites/11/2020/09/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%8F-3-%D0%9D2%D0%9E-nn.pdf>
31. Лозовіцький П.С. Гідрохімічна характеристика та іригаційна оцінка води основних джерел зрошення півдня України. *Меліорація і водне господарство*. 1997. Вип. 84. С. 71–83.

32. Малахов І.М., Бобко А.О.– Результати досліджень розподілу питомої щільності техногенних донних відкладів р. Інгулець. *Доповіді Національної академії наук України*, 2007. № 5 С. 190–193.
33. Маринич О. М.. Географічна енциклопедія України. Київ 1989–1993
34. Методи оцінки якості природних вод: Конспект лекцій. Одеса: Екологія, 2011. 92 с.
35. Митяй І. С., Дегтяренко О. В., Хомич В. В., Семенюк С. К.. Гідроекологічна характеристика Малоолександрівського водосховища р. Інгулець у зв'язку з відновленням роботи міні-ГЕС. *Animal science and food technology*. К. : НУБіП України 2020. Т. 11, № 1. С. 56–66.
36. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України [Веб–сайт]. URL: <http://monitoring.davr.gov.ua/ecowatermon/gdkmap/Index>
37. Непокупний А. П., Стрижак О. С., Цілуйко К. К.. Словник гідронімів України. “Наукова думка” Київ, 1979. С. 784
38. Нітрати в питній воді [Веб–сайт]. URL: <https://www.phc.org.ua/news/nitrati-v-pitniy-vodi-v-chomu-nebezpeka-dlya-organizmu>
39. Ободовський О.Г. Гідролого–екологічна оцінка руслових процесів (на прикладі річок України). Київ. 2001. 274 с.
40. Оцінка споживчих якостей питної водопровідної води в м. Ужгород [Текст] / С. В. Галла–Бобик, Е. Й. Осійський, С. М. Сухарев, Д. І. Молнар // Науковий вісник Ужгородського університету : серія: Хімія / редкол.: С.Ю. Чундак (гол. ред.), В.І. Гомонай, Н.П. Голуб та ін. – Ужгород : Вид–во УжНУ "Говерла", 2006. – Вип. 15 – 16. – С. 50–53. – Біліогр.: с.53
41. Розчинений у воді кисень [Веб–сайт]. URL: <https://www.softwave.com.ua/uk/rozchineniyd-oxigen-ukr/>
42. Сметана М. Г., Казаков В. Л. Земельні та рослинні ресурси. *Природнича географія Кривбасу : монографія*. Кривий Ріг, 2005. С. 143–145.
43. Ткачук О. П., Демчук О. А.. Екологічна ефективність очистки поверхневих вод методом структуризації, забруднених діяльністю

агропромислового комплексу. *Сільське господарство та лісництво: збірник наукових праць*. Вінницький національний аграрний університет №21, 2021 р. С. 220–232

44. Фізико–географічне районування України [Веб–сайт]. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning–1.html>

45. Флора і фауна [Веб–сайт]. URL: <https://studfile.net/preview/5721017/page:2/>

46. Хільчевський В.К., Кравчинський Р.Л., Чунарьов О.В. Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу. Київ: Ніка–Центр. 2012. 180 с.

47. Хільчевський В.К., Маринич В.В., Савицький В.М. Порівняльна оцінка якості річкових вод басейну Дніпра. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2002. Т.4. С. 167–178.

48. Хлориди та хлор у воді [Веб–сайт]. URL: <https://alfafiltr.com/ua/xloridyi–v–vode.html>

49. Шахман І. О., Лобода Н. С.. Оцінка якості води у створі р. Інгулець – м. Снігурівка за гідрохімічними показниками. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса 2016. № 17. С. 123–136.

50. Швець Г. І., Дрозд Н. І., Левченко С. П.. “Каталог річок України”. Видавництво АН УРСР, Київ, 1957. С. 127

51. Шибанова А. М., Погребенник В. Д., Мітрясова О. П., Руда М. В., Джумеля Е. А., Паславський М. М.. Екологічне оцінювання якості води річки дністер. *Науковий вісник НЛТУ України : збірник наукових праць*. Львів, 2021, том 31, № 5. 118 с.

52. Щесюк Є., Стельмах В. Гідрографічна характеристика р. Інгулець. Суспільно–географічні чинники розвитку регіонів : матеріали : VIII Міжнар. наук.– практ. інтернет–конф., м. Луцьк, 12–14 квіт. 2024 р. 2024. С. 69–71.

53. Щесюк Є., Стельмах В. Гідрографічна характеристика р. Інгулець. Суспільно–географічні чинники розвитку регіонів : матеріали : X Міжнар. наук.– практ. інтернет–конф., м. Луцьк, 15–16 трав. 2025 р. 2025. С. 126–129.