

**В.К. ХІЛЬЧЕВСЬКИЙ,
Р.Л. КРАВЧИНСЬКИЙ,
О.В. ЧУНАРЬОВ**

**ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ
ТА ЯКІСТЬ ВОДИ ІНГУЛЬЦЯ
В УМОВАХ ТЕХНОГЕНЕЗУ**

Київ
Ніка-Центр
2012

Рецензенти:

В.В. Гребінь, доктор географічних наук (Київський національний університет імені Тараса Шевченка);

Н.П. Шерстюк, кандидат географічних наук (Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара)

Затверджено Вченою радою географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка 13 лютого 2012 р.

V.K. Khilchevsky, R.L. Kravchynsky, O.V. Chunaryov. Hydrochemical regimen and water quality of Ingulets under technogenesis conditions. – K.: Nika-Centre, 2012. – 179 p.

The monograph contains results of hydrochemical studies carried out in the Ingulets river basin. The largest Ukrainian mining and concentrating factories of Kryvbas are located within the basin territory. The study has been performed based on materials of a long-term observation of a hydrological meteorological service of Ukraine (starting from 1988), monitoring data of the Institute of geological sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, with inclusion of water economic information from the State water agency of Ukraine. Five Ingulets river basin hydroecological regions with different anthropogenic load to the surface water quality were determined: Verkhnyoinguletskyi, Serednyoinguletskyi, Nyzhnyoinguletskyi, Saksagan-Zhovtovodskyi, Vysun-Bokovyi.

Further, in the work basic data of the regional basin systems hydrochemistry are developed, initiated in a monographs of V.K. Khilchevsky and his students dedicated to the basin of Zakhidnyi Buh (2006), Dnipro (2007), Pivdennyi Buh (2009), Ros (2009) and Horyn (2011).

Хільчевський В.К.

Х45 Гідрохімічний режим та якість води Інгульця в умовах техногенезу / В.К. Хільчевський, Р.Л. Кравчинський, О.В. Чунарьов. – К. : Ніка-Центр, 2012. – 180 с.

ISBN 978-966-521-612-4

В монографії висвітлено результати гідрохімічних досліджень в басейні р. Інгулець, на території якого розташовані найбільші в Україні гірничо-збагачувальні комбінати Кривбасу. Дослідження виконано на основі матеріалів багаторічних спостережень гідрометслужби України (починаючи з 1988 р.), моніторингових даних Інституту геологічних наук НАН України із залученням водогосподарської інформації Держвод агентства України. Виділено п'ять гідроекологічних районів у басейні Інгульця з різним ступенем антропогенного навантаження на якість поверхневих вод: Верхньоінгулецький, Середньоінгулецький, Нижньоінгулецький, Саксагань-Жовтоводський, Висунь-Боківий.

В роботі надалі розвиваються основи гідрохімії регіональних басейнових систем, які започатковані в монографіях В.К. Хільчевського та його учнів, присвячених басейну Західного Бугу (2006), Дніпра (2007), Південного Бугу (2009), Росі (2009), Горині (2011).

УДК 556.530.2

ББК 26.222

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
РОЗДІЛ 1 СТАН ВИВЧЕНОСТІ БАСЕЙНУ Р. ІНГУЛЕЦЬ. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	7
1.1. Стан вивченості басейну р. Інгулець	7
1.2. Методика досліджень	15
РОЗДІЛ 2 ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ У БАСЕЙНІ Р. ІНГУЛЕЦЬ	24
2.1. Геолого-геоморфологічна будова і рельєф	24
2.2. Особливості кліматичних умов	28
2.3. Гідрогеологічні особливості	30
2.4. Характеристика господарської діяльності	33
РОЗДІЛ 3 ГІДРОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ Р. ІНГУЛЕЦЬ	60
3.1. Гідрографія басейну	60
3.1.1. Основні притоки р. Інгулець	62
3.1.2. Канали	66
3.1.3. Водойми	69
3.2. Особливості гідрологічного режиму	74
РОЗДІЛ 4 ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ ТА СТІК ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН З ПОВЕРХНЕВИМИ ВОДАМИ БАСЕЙНУ Р. ІНГУЛЕЦЬ	85
4.1. Фізико-хімічні показники води	85
4.2. Головні іони та мінералізація води	96
4.3. Біогенні речовини	104
4.4. Мікроелементи	111
4.5. Специфічні забруднювальні речовини	116
4.6. Гідроекологічний стан Карачунівського водосховища	120
4.7. Стік розчинених речовин	126
РОЗДІЛ 5 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ РІЧКОВИХ ВОД БАСЕЙНУ Р. ІНГУЛЕЦЬ	133

5.1. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну р. Інгулець за осередненими багаторічними сезонними та середньобагаторічними даними	133
5.1.1. Забруднення компонентами сольового складу (I ₁).....	133
5.1.2. Оцінка якості води за еколого-санітарними показниками (I ₂).....	139
5.1.3. Оцінка якості води за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії (I ₃)	144
5.1.4. Інтегральна екологічна оцінка якості річкових вод (I _E)	146
5.2. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну р. Інгулець за найгіршими показниками	151
5.3. Гідроекологічне районування басейну р. Інгулець.....	156
ВИСНОВКИ	164
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	166

ПЕРЕДМОВА

Басейн р. Інгулець є одним із найскладніших природних об'єктів України і потребує постійної уваги до себе вчених та практиків.

Велика кількість водосємних, екологічно небезпечних підприємств Кривбасу і Дніпровського буровугільного басейну, значна урбанізованість території поряд з досить обмеженими водними ресурсами, застарілою та малоефективною природоохоронною інфраструктурою надають особливої гостроти гідроекологічній проблемі в регіоні [42, 86, 144, 149].

Проте, така ситуація була не завжди. Майже до початку 50-х років минулого сторіччя стан води в Інгульці та його лівій притоці р. Саксагань з точки зору санітарно-гігієнічних показників був задовільним. У 40-50-х роках ХХ ст. воду з р. Інгулець використовували як питну у верхній течії річки (с. Лозоватка) в межах міста, а також у нижній течії річки (с. Широке). Випадків захворювань або отруєнь при використанні річкової води серед місцевого населення не було [93]. В своїх розповідях про дитинство 1932-1933 рр. письменник М.А. Миколаєнко, що народився в с. Мар'янівка (село між м. Кривий Ріг та с. Лозоватка) згадував: «Колись Інгулець був такий чистий, такий прозорий, що просто брали воду в долоні і пили без жодного очищення. І видно було на глибину, яка риба там...» [138].

Сьогодні відповідно до основних положень «Національної програми екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води» (постанова Верховної Ради України від 27 лютого 1997 року №123/97-ВР) розв'язання гідроекологічних проблемчч в регіоні та забезпечення різних галузей господарства водними ресурсами необхідної кількості і відповідної якості необхідно здійснювати на принципово новому рівні, враховуючи радикальні зміни характеру природокористування та стратегії розвитку економіки країни. Методичні основи таких теоретико-практичних досліджень ґрунтуються на детальному і комплексному вивченні гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод.

Дана робота виконувалася у рамках держбюджетної наукової теми науково-дослідного сектору гідроекології та гідрохімії географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка № 06 БФ 050-03 „Аналіз антропогенного впливу на гідрологічний, русловий та гідрохімічний режим річок та рівень забрудненості атмосферного повітря території України (2005-2010 рр.)”, а також

науково-дослідних робіт відділу геоекології та пошукових досліджень Інституту геологічних наук НАН України: держбюджетних тем № III-22-04 „Розробка основних напрямів комплексної реабілітації геологічного середовища території промислового регіону, що знаходиться у кризовому екологічному стані (на прикладі Криворізького басейну)” (№ державної реєстрації 0104U00067); „Гідрологічне обґрунтування оцінки перспективних і прогнозних ресурсів підземних вод України” (за договором № 29/10-40) та науково-дослідної роботи „Дослідження оцінки впливу 2-го Саксаганського тунелю та старого русла р. Саксагань на гідрогеологічну ситуацію при розробці запасів багатих залізних руд шахтоуправління ВАТ „АрселорМіттал Кривий Ріг” (за договором № 5727).

Використано також інформацію Державного агентства водних ресурсів України з водокористування та водовідведення у басейні Інгульця.

Авторський колектив: В.К. Хільчевський, доктор географічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри гідрології та гідроекології географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка; Р.Л. Кравчинський, кандидат географічних наук, науковий співробітник відділу геоекології та пошукових досліджень Інституту геологічних наук НАН України; О.В. Чунарьов, кандидат географічних наук, заступник Голови Держводагентства України.

РОЗДІЛ 1

СТАН ВИВЧЕНОСТІ БАСЕЙНУ Р. ІНГУЛЕЦЬ.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Стан вивченості басейну р. Інгулець

Основні напрямки наукових досліджень басейну р. Інгулець пов'язані з вивченням природних умов та природно-ресурсного потенціалу території (геологічні та гідрогеологічні дослідження, спостереження за кліматичними особливостями та вивчення ґрунтового покриву території тощо), гідрологічного режиму та хімічного складу річкових і підземних вод. В останні роки у зв'язку з загальним погіршенням екологічного стану території особливо актуальним є питання гідроекологічної оцінки якості поверхневих вод басейну р. Інгулець.

Природні умови та природно-ресурсний потенціал. Скіфи та греки називали р. Інгулець Пантікапеею, що в перекладі означає рибний шлях. В Іпатіївському літописі (1190 р.) ріка зветься Івлею. Більшість дослідників перекладають це значення як «вартова», «прикордонна», бо розташовувалася на межі давньоруських і половецьких земель. Серед тюрськокомовних народів звалася «Інголь» [43]. Інші дослідження [66] тлумачать переклад назви «Інгулець» як «річка печер». Ще скіфи в долинах ріки копали на зиму печери для своєї худоби. Під сучасною назвою вперше ріка згадується в 1552 р. [43].

Одним з перших описів р. Інгулець та її основної притоки р. Саксагань наведено у записках В.Ф. Зуєва, який в жовтні 1781 р. здійснив подорож із Санкт-Петербургу до Херсону. Він писав: «Дорога лежала уздовж річки Інгулець, яка шириною була різна, дивлячись як кам'янисті береги річки розливатися дозволяли; річка мала нарочиту глибину, подекуди були перебори в заростях чагарнику й очерету, й береги всі майже кам'яні, стрімчасті і до того ж місцями вапнякові, а в іншому місці із залізного шиферу склалися. Інгулець до судноплавства придатний, і по кількості води, в осей час близько десяти сажнів проти звичайного підіймаються...» і далі: «Як в Інгульці, так і в Саксагані водиться безліч раків, і вони дуже великі... Під час великої води заходять до сих місць і соми» [80].

Праця М.І. Максимовича (1901 р.) є одним із перших наукових джерел, де описана загальна характеристика природних умов регіону, гідрографічні та гідрологічні особливості [76].

Основними працями, що повною мірою розкривають сучасні уявлення про фізико-географічні особливості басейну р. Інгулець та принципи районування території є результати багаторічних досліджень провідних науковців Київського національного університету імені Тараса Шевченка [131, 132].

Їх дослідження доповнюють матеріали циклу монографій «Природа Украинской ССР...», виданою установами Академії наук України [114-118], а також праці природничо-економічного напрямку [119].

Фізико-географічні дослідження Л.М. Булави, проведені на регіональному рівні, дають детальну характеристику природних умов та ресурсів досліджуваної території в межах Криворізького промислового регіону [18]. Особливості кліматичних умов басейну р. Інгулець досить добре описані в роботі [55], присвяченій клімату України.

В праці М.М. Паламарчука, Н.Б. Закорчовної [110] представлена загальна характеристика водних ресурсів басейну р. Інгулець.

Найбільш детальні і ґрунтовні наукові відомості щодо особливостей геологічної будови в межах Кривбасу наведені в роботі Я.М. Білявцева [15].

В праці О.О. Мельника [87] наведені документи і матеріали, які поряд із загальними відомостями (фізико-географічний нарис, клімат, гідрографія, геоморфологія тощо) розкривають процес становлення Криворізького залізорудного району, починаючи від першого договору О.М. Поля із селянською громадою містечка Кривий Ріг до останнього передвоєнного місяця. 178 архівних документів відтворюють найголовніші аспекти геологічних досліджень в Криворізькому басейні у 1920-1941 рр.

В адміністративно-територіальному відношенні природні умови та природно-ресурсний потенціал басейну р. Інгулець можна розглядати в системі регіональних географічних досліджень Кіровоградської, Дніпропетровської, Миколаївської та Херсонської областей [90, 66, 58, 113].

Гідрогеологічні дослідження в басейні р. Інгулець розпочаті з праць М.А. Соколова (1846 р.) та І.К. Левінського (1904 р.), у яких висвітлені лише загальні питання залягання підземних вод [43]. Більш детальні дані, що характеризують гідрогеологічні особливості долини р. Інгулець наведені в праці О.К. Алексєєва (1928 р.) [5].

Підземні води долини р. Інгулець у районі сучасного Карачунівського водосховища (для обґрунтування проекту будівництва

водосховища) та р. Саксагань у її верхів'ї протягом 1930-1932 рр. досліджували М.І. Ніколаєв та І.Є. Жернов, тріщинні води в кристалічних докембрійських породах вивчали А.Е. Зеленко (1934-1938 рр.) та П.Н. Торський (1937-1939 рр.) – один із засновників рудничної гідрогеології Кривбасу.

У 1937-1941 рр. у зв'язку з проектом повного зарегулювання стоку р. Саксагань, інститут "Укргідроенергопроект" здійснював пошукові гідрогеологічні роботи у долині річки. У 1938 р. Г.В. Єфанов для долин рр. Інгулець та Саксагань у межах Криворіжжя склав гідрогеологічну карту осадової надкристалічної товщі. Г.В. Єфанову та П.Д. Осипову належить одне з перших узагальнень з гідрогеології Кривбасу (1935-1938 рр.) [43].

У 1944-1962 рр. гідрогеологічні дослідження в регіоні розширюються завдяки роботам В.Д. Натарова [100-104], який вивчав водоносні горизонти палеоген-неогенових і четвертинних відкладів, склав гідрогеологічну карту Кривбасу, досліджував режим шахтних вод, умови формування хімічного складу підземних вод, агресивність шахтних вод і можливості їх використання в бальнеологічних цілях, формування тріщинних підземних вод, умови живлення та стоку підземних вод Криворіжжя, водні властивості гірських порід, історію гідрогеологічних досліджень у регіоні, геологічні та гідрогеологічні передумови формування підземних вод, ресурси та запаси підземних вод. В.Д. Натаров також здійснив гідрогеологічне районування Кривбасу. Наведені факти дають змогу вважати його фундатором досліджень з гідрогеології регіону.

З 50-х років ХХ ст. гідрогеологи спрямовують свою діяльність на новий напрям досліджень у регіоні – проблему карсту. Нею займається А.В. Шербаков (1954 р.). У 1956-1957 рр. ним же розглянуті загальні риси гідрогеології Криворіжжя, палеогідрогеологічні умови формування залізородних родовищ Криворізького басейну. А.В. Шербаков, вперше вказав на роль термальних вод у виникненні багатих залізних руд Кривбасу. В.Ф. Петрунь і Б.І. Пирогов (1962 р.) вивчали карстово-суфозійні процеси в залізородних породах регіону. В.Д. Натаров разом з Д.І. Бегіним (1963 р.) досліджували карст у доломітах і карбонатизованих породах верхньої світи Кривбасу.

Пізніше в 70-90-х роках гідрогеологічні дослідження виконують О.П. Андріяш, А.І. Денисов, С.Л. Целіков, Т.М. Кулькова, Н.В. Лісакова, В.Д. Натаров та ін. При експедиції «Кривбасгеологія» діяла спеціальна гідрогеологічна партія. Праці гідрогеологів стосуються

питань структури підземних вод, їх режиму та розповсюдження, запасів вод підземних горизонтів, особливостей карстових вод, їх хімічного складу.

Підземні води Кривбасу системно і комплексно почали вивчатись в останні 30 років, що пов'язано з інтенсифікацією гірничовидобувної промисловості, урбанізаційних процесів, сільського господарства тощо. Роботи виконувалися в основному підприємствами геологічної служби (трест «Кривбасгеологія», Криворізька геолого-розвідувальна експедиція державного геологічного підприємства «Південукргеологія», Криворізька комплексна геологічна партія підприємства «Південукргеологія», а також інших відомств та міністерств (управління «Укрчорметгеологія» Мінчормет УРСР та ін.).

Зараз у межах басейну на території Кривбасу та на території зрошувальних земель найбільших меліоративних систем (Інгuleцька, Явкинська тощо) створені системи моніторингу підземних вод в системі Держводагентства України. Слід також відзначити важливість та актуальність гідрогеологічних досліджень працівників кафедри фізичної географії та геології Криворізького педагогічного університету – В.Л. Казакова, В.О. Шипунової, О.О. Калініченка [43].

Гідрогеологічні дослідження в басейні р. Інгулець отримали розвиток на початку ХХ сторіччя. Хоча є згадки про отримані ще раніше гідрогеологічні дані для інженерно-будівельних цілей (зокрема гідротехнічне будівництво).

В роботі Г.І. Швеця (1964) за результатами вивчення літописних та архівних джерел наведено узагальнену гідрометеорологічну інформацію, характерну для басейну досліджуваної річки за період з ХІ ст. Проте, ці дані тепер не можуть мати великого значення для практичного використання.

Протягом 20-х років ХХ ст. гідрогеологічними дослідженнями в басейні р. Інгулець займалося управління водного господарства. В цей час починається створення гідрогеологічної мережі спостережень. У 1925 р. на р. Інгулець встановлюється перший гідрогеологічний пост в районі м. Олександрія, у 1933 р. закладаються пости в м. Кривий Ріг та поблизу с. Могилівка. З 1926 р. гідрогеологічні спостереження виконуються на р. Саксагань [43].

До 1970 р. в басейні р. Інгулець сформувалася досить густа мережа гідрогеологічних спостережень – всього 15 пунктів. На даний час в басейні р. Інгулець діє чотири гідрогеологічні пости Гідрометслужби України – в с. Олександро-Степанівка, с. Іскрівка, м. Кривий Ріг та рівневий пост в

с. Калінінське. Крім того, в 1944 р. почала діяти метеостанція в м. Кривий Ріг, метеорологічні дані якої використовуються для водобалансових розрахунків тощо.

Перші наукові гідрологічні дослідження поверхневих вод басейну р. Інгулець в межах Кривбасу здійснені в 1928 р. О.К. Алексєєвим [4].

На початку 30-х років у зв'язку з будівництвом Кресівського водосховища на р. Саксагань та Карачунівського водосховища на р. Інгулець починається їх поглиблене наукове дослідження. Цим займаються Гідрометслужба та відомчі служби гірничого комплексу Кривбасу. На той час основні напрямки гідрологічних досліджень були пов'язані з визначенням перспектив використання водних ресурсів для різних потреб народногосподарського комплексу – судноплавства, електроенергетики, меліоративних заходів, рибного господарства, промисловості, гідротехнічного будівництва тощо [98].

Основні аспекти водогосподарської ситуації та напрямки використання ресурсів поверхневих вод басейну р. Інгулець в минулому і в сучасних умовах досить добре висвітлені в низці публікацій різних науково-дослідних установ – Інституту гідротехніки і меліорації Української академії аграрних наук (тепер Інститут водних проблем і меліорації УААН), Інституту гідромеханіки НАН України, Ради по вивченню продуктивних сил України НАН України (тепер Інститут економіки природокористування і сталого розвитку НАН України) тощо [106, 27]. В дослідженнях водогосподарського напрямку наводяться дані про ресурси поверхневих і підземних вод басейну р. Інгулець, водозабезпеченість і водокористування окремих груп водоспоживачів і водокористувачів; тут також показані шляхи підвищення водозабезпеченості галузей економіки, основні напрямки розвитку екологічно безпечного водокористування і впровадження водозберігаючих технологій. Охарактеризовано основні джерела забруднення поверхневих та підземних вод та способи його запобігання.

За матеріалами попередніх гідрологічних спостережень та пошукових досліджень виходить низка наукових праць Г.І. Швеця (1946 р.), Б.Д. Зайкова (1946 р.) В.І. Мокляка (1948 р.), П.Ф. Калінінова (1954 р.) [42]. У 1959 р. В.Д. Натаров опублікував статтю з історії формування гідрографічної мережі регіону [103].

В книзі М.І. Львовича [75] наведені характеристики середнього річного стоку р. Інгулець та показано перерозподіл стоку (загального, поверхневого та підземного) на період до 1945 р., на початок 60-х років та на перспективу.

В праці В.І. Мокляка [94] разом з розрахунковими елементами максимальних витрат води басейну р. Інгулець в табличній формі наведено основні морфометричні та фізико-географічні характеристики басейну за розрахунковими гідрологічними створами на головній водній артерії та основних притоках.

Не менш важливим є дослідження С.С. Левківського [68], в якому відображено особливості внутрішньорічного розподілу стоку, оцінка водного балансу та водні ресурси досліджуваного басейну, а також вплив господарської діяльності на стік р. Інгулець. Окрему увагу приділено питанню водопостачання Криворізького промислового району.

Найбільш ґрунтовну детальну характеристику гідрологічного режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець до початку 70-х років наведено в монографічній праці «Ресурсы поверхностных вод...» [120]. Тут описані всі основні характеристики гідрологічного режиму: водний режим, руслові процеси, особливості твердого стоку, температурного та льодового режиму тощо.

В праці А.М. Шульгіна [142] висвітлено основні аспекти водного режиму р. Інгулець у непорушених господарською діяльністю умовах та охарактеризовано водогосподарський комплекс, що утворився в басейні річки на той час.

У 1990 р. Л.М. Булава [18] систематизував різнопланову інформацію про поверхневі води Кривбасу, зокрема виконав аналіз природних умов, водних ресурсів та режиму річок Інгулець, Саксагань, Бокова з притокою Боковенька та р. Жовта.

В роботі П.С. Лозовіцького, Н.М. Петренко, І.М. Ромася [73] наведено динаміку коливань середньорічних, середньомісячних, мінімальних річних, максимальних річних витрат води р. Інгулець за багаторічний період в пунктах спостережень с. Олександрівка-Степанівка, с. Іскрівка, м. Кривий Ріг, с. Могилівка, а також розраховано витрати води за цей період за різної забезпеченості.

В статті [122] наведено деякі особливості формування стоку та характеристика водного режиму р. Інгулець в стабілізаційний період низьких рівнів (межнь).

В праці [21] наведено в табличній формі дані, що характеризують гідрографічні та гідрологічні особливості річок басейну Інгульця.

Одними з небагатьох робіт, які стосуються питання особливостей руслових процесів в басейні р. Інгулець є дослідження О.Г. Ободовсь-

кого [105, 106]. Дані питання висвітлені також в роботі І.П. Шуляренко (1997 р.) [143].

Результати вивчення питомої щільності донних відкладів було наведено в доповіді Національної академії наук України академіком Є.Ф. Шнюковим (2005 р.) та І.М. Малаховим (2007) [81].

Слід зазначити, що літературних джерел, у яких викладено результати досліджень виключно гідрологічного напрямку можна знайти небагато. В басейні р. Інгулець вони проводились переважно в комплексі з гідрохімічними, гідрогеологічними та геоекологічними дослідженнями.

Гідрохімічні дослідження в басейні р. Інгулець виконувалися за такими основними напрямками: вивчення хімічного складу поверхневих та підземних вод, дослідження гідрохімічного режиму водних об'єктів, стоку хімічних речовин тощо.

Перші наукові дослідження хімічного складу води та *гідрохімічного режиму* р. Інгулець розпочалися лише на початку 50-х років ХХ ст. у зв'язку з проектуванням й будівництвом найбільшої в колишньому Радянському Союзі Інгулецької зрошувальної системи [7].

Найбільш вагомий внесок у вивчення закономірностей змін хімічного складу поверхневих вод пригирлової ділянки р. Інгулець здійснив відділ гідрохімії Інституту гідробіології НАН України [7-9, 31, 56]. Ці дослідження стали базовими для подальшого вивчення гідрохімічного режиму басейну р. Інгулець. Проте, такі регіональні підходи досліджень не давали змогу виявити закономірності функціонування цілісної гідрохімічної структури. Тому вважається, що до 70-х років ХХ ст. хімічний склад поверхневих вод досліджуваного регіону був вивчений недостатньо і характеризував лише локальні ділянки, зокрема ті, на яких були розташовані пости Гідрометслужби України (район м. Кривий Ріг, центральна та південна частини басейну).

В роботі В.І. Вишневецького та В.О. Косовця [21] в розділі, присвяченому гідрохімічній характеристиці річок України, наводиться табличний матеріал середніх (за 1997-2000 рр.) значень суми іонів, вмісту розчиненого кисню у воді, сполук азоту, фосфору та специфічних забруднювальних речовин.

В роботах вчених Київського національного університету імені Тараса Шевченка Л.М. Горєва, В.І. Пелешенка і В.К. Хільчевського [37, 137] наведено середні багаторічні сезонні дані за концентраціями головних іонів, біогенних речовин (сполук азоту і фосфору), величини

біхроматної окиснюваності, а також вмісту окремих мікроелементів (мідь, цинк, хром) у воді р. Інгулець в м. Кривий Ріг.

Зміну хімічного складу води р. Інгулець за багаторічний період (1947-1998 рр.) під впливом господарської діяльності показано в праці [124].

В статті В.І.Осадчого [108] висвітлено особливості кисневого режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець та наведено основні чинники, що впливають на величину концентрації розчиненого кисню у воді.

За даними досліджень [123] на окремих ділянках р. Інгулець, де техногенний вплив проявляється особливо помітно, виявлено значний кореляційний зв'язок між концентраціями у воді міді, цинку та сухим залишком.

Основні аспекти формування хімічного складу води річок Інгулець та Саксагань під впливом зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу висвітлені в праці вчених Криворізького технічного університету [93].

Подібним змістом вирізняється ціла низка інших робіт, що відображають гідроекологічні проблеми Кривбасу [10, 29, 41, 45, 80 та ін].

Стік хімічних речовин р. Інгулець певною мірою охарактеризовано в праці вчених Київського національного університету імені Тараса Шевченка Д.В. Закревського, В.І. Пелешенка і В.К. Хільчевського [49].

В праці [136] охарактеризовано особливості стоку головних іонів р. Інгулець за основними сезонами (весняна повінь, літньо-осіння і зимова межінь) для двох періодів 1981-1990 рр. та 1991-2000 рр.

Мінливість *екологічного стану* р. Інгулець за багаторічний період (1948-2000 рр.) певною мірою висвітлено в праці науковців НДІ біології Дніпропетровського національного університету [96].

В праці В.М. Медведя [86] охарактеризовано сучасний гідроекологічний стан водних ресурсів річок Інгулець та Саксагань в межах Криворізької промислово-міської агломерації та встановлено взаємозв'язок конкретних видів забруднення з їх джерелами, наведено кількісну і якісну характеристику впливу джерел забруднення.

Узагальнюючу гігієнічну оцінку техногенного забруднення гідроекосистеми Криворіжжя наведено в роботі [121].

За результатами моніторингових досліджень Інституту геологічних наук НАН України 2002-2004 рр. було опубліковано монографічну працю [34], в якій здійснено детальну екологічну оцінку якості вод річок Інгулець та Саксагань за сольовим складом.

Праця В.К. Хільчевського, В.В. Маринич, В.М. Савицького [135] є однією з небагатьох робіт, в якій на базі класичної методики [88, 89] наведено порівняльну оцінку якості води р. Інгулець (1991 та 2000 рр.) за відповідними категоріями.

Особливості формування якості води р. Інгулець як джерела зрошення висвітлено в дослідженнях працівників Херсонського державного аграрного університету [25] та Київського національного університету імені Тараса Шевченка [70-73]. Основні аспекти становлення хімічного складу поливної води магістрального каналу Інгулецької зрошувальної системи також описано в статті Н.М. Абрамової [1].

Досить важливим інформаційним джерелом для гідроекологічних досліджень басейну р. Інгулець є ціла низка картографічних матеріалів [12, 30, 42].

Протягом всього XX ст. до сьогоднішніх днів установами та організаціями гідрометеорологічної, санітарно-епідеміологічної, геологічної служби (гідрогеологічна партія «Кривбасгеологія»), Держводагентства України, гірничовидобувної та переробної галузей на окремих гідрологічних постах і створах контролюються гідрологічний та гідрохімічний режим поверхневих вод басейну р. Інгулець. Результати їх досліджень викладено в низці наукових праць [29, 34, 14, 40, 93].

1.2. Методика досліджень

В основу досліджень покладено басейновий підхід, як метод вивчення цілісно-функціональних геосистем [126].

На підготовчому етапі проведення робіт було зібрано і систематизовано низку архівних і літературних матеріалів, які відображають результати різнобічних досліджень, що проводилися в межах басейну р. Інгулець – від найдавніших до сучасних. Це дало змогу визначити пріоритетні напрямки вивчення гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод і методи досягнення основної мети даної роботи. Для досліджень використано гідрохімічні та гідрологічні дані багаторічних спостережень Гідрометслужби України (1988-2006 рр.) та результати моніторингових досліджень Інституту геологічних наук НАН України, що проводилися в період 1996-2008 рр (рис. 1.1, табл. 1.1).

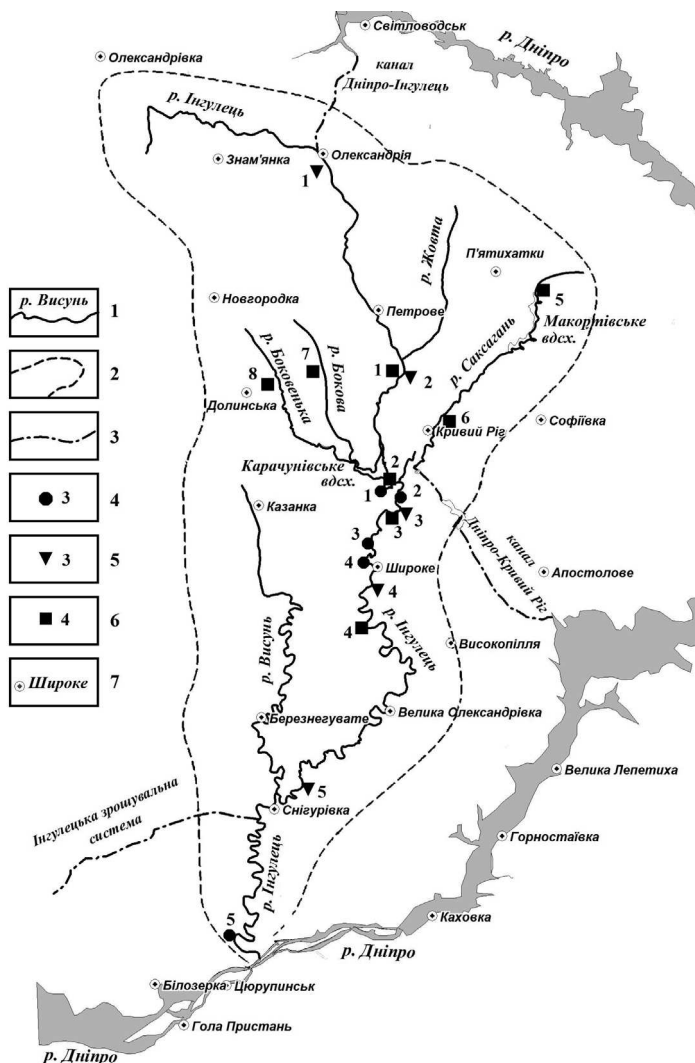


Рис. 1.1. Схема розміщення пунктів моніторингу поверхневих вод басейну р. Інгулець:

1 – річка та її назва; 2 – межі водозбору; 3 – канали; 4-5 – пункти гідрохімічних (4) та гідрологічних (5) спостережень мережі Гідрометслужби України; 6 – пункти моніторингових досліджень ІГН НАН України (див. табл. 1.1); 7 – населений пункт

Таблиця 1.1

**Основні пункти моніторингу поверхневих вод басейну
р. Інгулець (розташування див. на рис. 1.1)**

№ з/п	Річка - пункт	№ з/п	Річка - пункт
Гідрометеорологічна служба України, 1988-2008 рр.			
	<i>Пункти гідрохімічних досліджень</i>		<i>Гідрологічні пости</i>
1	р. Інгулець – м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	1	р. Інгулець – с. Олександро- Степанівка
2	р. Інгулець – м. Кривий Ріг, в межах міста	2	р. Інгулець – с. Іскрівка
3	р. Інгулець – м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	3	р. Інгулець – м. Кривий Ріг
4	р. Інгулець – м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	4	р. Інгулець – с. Могилівка
5	р. Інгулець – с. Садове, 1,2 км нижче села	5	р. Інгулець – с. Калінінське
Інститут геологічних наук НАН України, 1998-2008 рр.			
<i>Гідролого-гідрохімічні пости</i>			
1	р. Інгулець – с. Іскрівка	5	р. Саксагань – с. Сергіївка
2	р. Інгулець – с. Новогданцівка	6	р. Саксагань – м. Кривий Ріг
3	р. Інгулець – м. Кривий Ріг	7	р. Бокова – с. Валове
4	р. Інгулець – с. Андріївка	8	р. Боковенька – р. Великофедорівка

Додатково було також використано дані спостережень районних та міських СЕС, Державного промислового підприємства (ДПП) «Кривбаспромводопостачання», Управління каналу Дніпро-Інгулець, результати моніторингових досліджень Снігурівської гідрогеолого-меліоративної партії та Дніпровського басейнового управління водних ресурсів (БУВР).

Моніторинг гідрометеорологічної служби України. Гідрометеорологічна служба діє у складі Міністерства надзвичайних ситуацій України. Відповідно до визначених зобов'язань, Гідрометслужба бере участь у реалізації державної політики у сфері

гідрометеорології та моніторингу довкілля. За 85-річний період існування організації мережа моніторингових спостережень в басейні р. Інгулець суттєво змінювалась. На сьогоднішній день для контролю якості поверхневих вод кілька разів на рік відбирають і аналізують проби води на р. Інгулець в 3 пунктах спостережень – м. Кривий Ріг, 1 км вище міста; м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста та с. Садове, 1,2 км нижче села.

Режимні спостереження за станом водного об'єкта виконуються на 4 гідрологічних постах (гідропост біля с. Могилівка закритий у 1988 р.). В басейні р. Інгулець в м. Кривий Ріг є метеорологічна станція, дані якої можуть використовуватись для водобалансових розрахунків.

Основним інформативним джерелом, що вміщує результати моніторингових досліджень на мережі Гідрометслужби України є фондова література (гідрохімічні бюлетені, гідрологічні щорічники тощо).

Моніторингові дослідження Інституту геологічних наук НАН України включали два основні види робіт: стаціонарні спостереження на гідрологічних постах та проведення комплексних гідролого-гідрохімічних зйомок.

Місця розміщення гідрологічних постів і пунктів зйомки обумовлені необхідністю створення мережі моніторингу поверхневих вод басейну р. Інгулець та спостережень за тими ділянками водних об'єктів, на яких виникає найбільш значна загроза їх техногенних змін (забруднення). Гідрологічна мережа ІГН НАН України складалася з 4 гідрологічних постів на р. Інгулець, 2 постів на р. Саксагань і по одному – на річках Бокова та Боковенька.

До складу робіт на гідрологічних постах входили спостереження за рівнями води на річках, за льодовими явищами і товщиною льоду, спостереження за розвитком водної рослинності, щодакдні виміри витрат води гідрометричним млинком чи об'ємним способом (під час повені, паводків та в період залпових скидів стічних вод вимірювання витрат води проводилися частіше), щодакдні спостереження за хімічним складом води річок.

Репери гідрологічних постів були прив'язані до реперів державної нівелірної мережі, які мають відмітки висот в Балтійській системі і входять до каталогу нівеліровок. Прив'язка реперів постів здійснювалась нівелюванням IV класу (нівелір Н-10) замкненим ходом. Нівелювання постового обладнання виконувалось від репера гідрологічного поста відповідно до вимог нівелювання IV класу. Для вимірювання

витрат води (швидкості течії) застосовувався гідрометричний млинок ГР-21М.

Гідрологічна і гідрохімічна зйомки проводились під час весняної повені, літньо-осінньої межені, зимової межені і в період скидів стічних вод. З метою оцінки гідрохімічного стану поверхневих вод басейну р. Інгулець виконувався відбір проб води на хімічний аналіз. Проби відбиралися як на гідрологічних постах (10, 20 числа і в останній день місяця), так і на пунктах гідролого-гідрохімічної зйомки. Проби відбиралися на стрижні потоку з глибини 0,2 – 0,5 м в пластмасові пляшки ємністю 1 дм³ і надсилалися в лабораторію ДПП «Кривбаспромводопостачання» для визначення концентрації окремих хімічних компонентів у воді. Пізніше хімічний аналіз відібраних проб води за розширеною програмою виконувався в лабораторії Інституту геологічних наук НАН України.

До складу робіт дослідницького характеру входило вивчення особливостей гідролого-гідрохімічного режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець і впливу господарської діяльності шляхом проведення періодичних гідрологічних та гідрохімічних зйомок (табл. 1.2) поверхневих вод в різні фази водності.

Обробка та інтерпретація даних. Обробка даних спостережень і опробування на гідрологічних постах та пунктах гідрологічної та гідрохімічної зйомки проводилася згідно з нормативно-методичними документами: «Методикою екологічної оцінки ...» (1998 р.) [88], «Методикою картографування екологічного стану ...» (1998 р.) [89] «Наставленнями гидрометеорологическим станциям и постам» [99] та ін.

Аналізуючи гідрологічні, гідрохімічні, метеорологічні дані та особливості водогосподарської ситуації в басейні р. Інгулець для подальшого дослідження було виділено три основні періоди – весняна повінь, літньо-осіння та зимова межень. Вихідну гідрохімічну інформацію Гідрометслужби України та Інституту геологічних наук НАН України за період спостережень було згруповано відповідно до виділених періодів.

Із сформованих за періодами рядів гідрохімічних даних виводилися середні значення для наступних груп компонентів хімічного складу води: 1 – фізико-хімічні показники; 2 – головні іони; 3 – біогенні речовини; 4 – мікроелементи; 5 – специфічні забруднювальні речовини. Схема комплексу гідрохімічних досліджень в басейні р. Інгулець наведена на рис. 1.2.

Таблиця 1.2

Пункти гідролого-гідрохімічних зйомок поверхневих вод басейну р. Інгулець, які виконувалися Інститутом геологічних наук НАН України, 1996-2008 рр.

№ з/п	Місце відбору проб води	№ з/п	Місце відбору проб води
1	р. Інгулець, с. Цибулеве	15	підвідний канал ІнГЗК
2	р. Інгулець, м. Олександрія	16	балка Петрикова, біля автодороги
3	р. Інгулець, Іскрівське вдсх., біля греблі	17	р. Саксагань, міст у с. Веселі Терни
4	р. Жовта, гирло	18	хвостосховище шахти Гвардійська
5	Карачунівське вдсх., міст в с. Лозоватка	19	вдсх. КРЕС, біля греблі
6	Карачунівське вдсх., біля порома	20	Дзержинське вдсх., біля греблі
7	Карачунівське вдсх., біля греблі	21	р. Саксагань, гребля в с. Кам'яне Поле
8	р. Саксагань, гирло	22	хвостосховище ЦГЗК
9	р. Інгулець, біля пішох. мосту ПдГЗК	23	хвостосховище ПнГЗК
10	Канал КМК, гідропост ПдГЗК	24	Макортівське водосх., біля греблі
11	р. Інгулець, біля кар'єра ПдГЗК	25	Тернівські очисні споруди
12	р. Інгулець, с. Новоселівка	26	р. Стара Саксагань, гирло
13	б. Свистунова, біля греблі	27	р. Інгулець, смт Широке
14	р. Інгулець, автоміст ІнГЗК	28	р. Інгулець, Нікольський лиман

Для характеристики кисневого режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець поряд з класичними прийомами було використано методологічний підхід, розроблений в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті, що ґрунтується на графічному порівнянні фактичного значення концентрації кисню у воді з його нормальною концентрацією, що відповідає 100 % насичення [108].

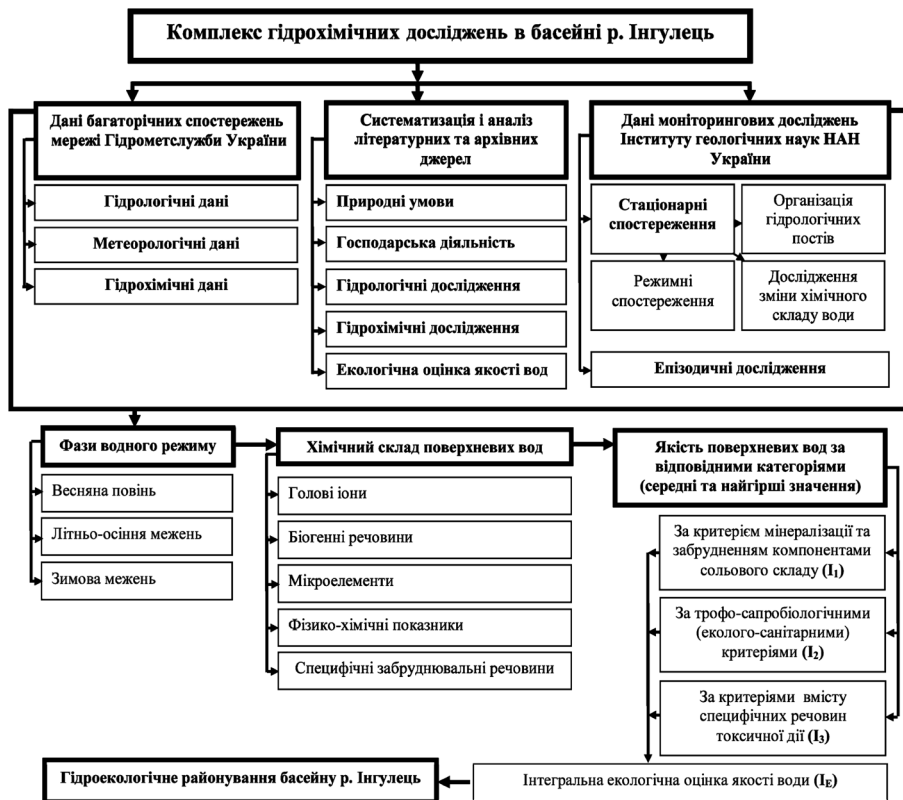


Рис. 1.2. Схема комплексу гідрохімічних досліджень поверхневих вод басейну р. Інгулець

Вивчення стоку хімічних елементів з водами р. Інгулець проводилося за даними моніторингових досліджень 2003 р. Інституту геологічних наук НАН України та Дніпровського басейнового управління водними ресурсами Держводагентства України по водпосту в с. Андріївка.

Визначення екологічної оцінки якості води згідно існуючої методики [88] полягає, у визначенні блокових індексів якості води для кожного з трьох блоків – сольового, трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) та специфічних речовин токсичної дії. Для виконання загальної екологічної оцінки якості поверхневих вод басейну р. Інгулець використано інтегральний екологічний індекс, який

розраховується як середнє значення суми індексів вищезазначених блоків. Екологічна оцінка проводилася за середніми та найгіршими значеннями.

За даними комплексних досліджень побудовано відповідні картографічні і табличні матеріали. Результати досліджень було опрацьовано за допомогою стандартних комп'ютерних програм пакету Microsoft Office; за допомогою графічного редактора Grapher 5.0. Для кінцевої обробки та складання карт за результатами досліджень використано повнофункціональну геоінформаційну систему Mapinfo Professional 6.5.

Висновки. Детальний аналіз літературних джерел показав, що басейн р. Інгулець відноситься до числа об'єктів України добре вивчених в багатьох відношеннях. Пріоритетні напрямки наукових досліджень території пов'язані з вивченням природних умов та природно-ресурсного потенціалу (геологічні та гідрогеологічні дослідження, спостереження за кліматичними особливостями та вивчення ґрунтового покриву території тощо), гідрологічного режиму та хімічного складу річкових і підземних вод.

Основний вклад у вивчення басейну р. Інгулець здійснили науковці Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, вчені провідних науково-дослідних інститутів Національної Академії Наук України (Інституту гідробіології, Інституту геологічних наук, Морського гідрофізичного інституту та ін.), фахівці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту та ін.

Проте, практично усі дослідження проводилися, на регіональному, локальному або об'єктовому рівні, що не дає змоги виявити міжсистемні взаємозв'язки та закономірності у функціонуванні річкового басейну, як цілісної геохімічної структури.

Концептуальна основа досліджень, висвітлених в роботі, сформована на засадах і принципах класичної гідрології, гідрохімії та сучасної гідроекології. В основу досліджень покладено басейновий підхід, який в гідрохімічних працях В.К. Хільчевського та його учнів розвивався як основи гідрохімії регіональних басейнових систем [24, 32, 33, 47, 137]. Теоретична складова роботи ґрунтувалась на комплексному використанні трьох інформаційних блоків – літературних і фондових матеріалів, даних багаторічних спостережень Гідрометслужби України (1988-2008 рр.) та результатів моніторингових досліджень Інституту геологічних наук НАН України (1998-2008 рр.).

Додатково було також використано дані спостережень низки відомих установ та організацій.

Дослідження хімічного складу річкових вод виконувалися відповідно до основних фаз водності (весняна повінь, літньо-осіння та зимова межень) за основними гідрохімічними показниками п'яти груп хімічних елементів (головні іони, фізико-хімічні показники, біогенні речовини, мікроелементи та специфічні забруднювальні речовини).

Екологічна оцінка якості води за відповідними категоріями проводилась за середніми та найгіршими значеннями для показників трьох блоків: сольового, трофо-сапробіологічного та специфічних речовин токсичної дії і зведення їх до інтегральної величини.

Систематизація вихідної гідролого-гідрохімічної інформації, розрахунки, графічні побудови та статистична обробка даних виконувалася з використанням комп'ютерних засобів та прикладного програмного забезпечення загального і спеціального призначення.

РОЗДІЛ 2

ПРИРОДНІ УМОВИ ТА ГОСПОДАРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ У БАСЕЙНІ Р. ІНГУЛЕЦЬ

З точки зору природних умов гідрохімічний режим та якість річкових вод (water quality [153]) формується під дією низки факторів, з яких головними є: клімат, що визначає умови концентрування речовин у поверхневих водах, розчинення гірських порід, умови іонного обміну в системі вода – ґрунт, та літологічний склад порід, що складає річковий басейн. Величина мінералізації поверхневих вод також визначається особливістю конкретного водного об'єкта – текучістю, що зумовлює короткочасний контакт води з породами, які складають долини річок, і тому пов'язані з рельєфом місцевості [3, 37, 111].

2.1. Геолого-геоморфологічна будова і рельєф

Згідно з фізико-географічним районуванням України [131, 132] територія басейну р. Інгулець знаходиться в межах двох природних фізико-географічних зон: крайня північна частина басейну розташована в лісостеповій зоні, решта території – в степовій (рис. 2.1, табл. 2.1).

В межах басейну р. Інгулець за **геологічною будовою** виділяються два регіони: північна частина знаходиться в межах Українського кристалічного щита, південна – в Причорноморській впадині. Згідно існуючих геологічних карт у районі досліджень найбільш розповсюджені породи полтавської світи (південна частина) та понтичного ярусу середнього міоцену (середня та нижня частина басейну) [12, 18].

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

Докембрійська товща представлена кварцитами, сланцями, піщаниками криворізької серії [100]. Поверхні порід тріщинуваті. На денну поверхню ці породи виходять не лише в долині р. Інгулець, а й в тальвегах великих балок.

Палеогенові відклади представлені київськими мергелястими глинами потужністю до 10 м.

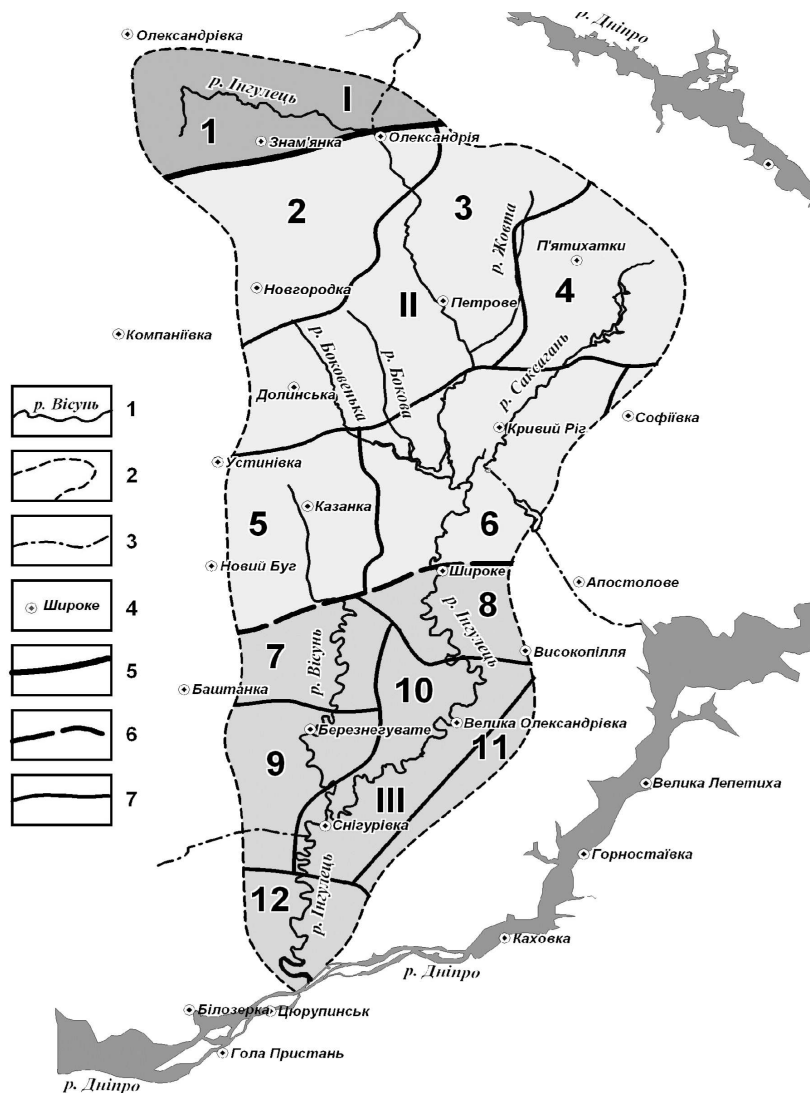


Рис. 2.1. Схема фізико-географічного районування басейну р. Інгулець

1 – річка та її назва; 2 – межі водозбору; 3 – канали; 4 – населений пункт; 5 – межі фізико-географічних зон; 6 – межі фізико-географічних областей; 7 – межі фізико-географічних районів (нумерацію див. у табл. 2.1)

Таблиця 2.1

Фізико-географічне районування басейну р. Інгулець (див. рис. 2.1)

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)
				2	Кіровоградський
Степова	Північна степова	II	Степова область південних відрегів Придніпровської височини	3	Долинсько-Петрівський
				4	П'ятихатський
				5	Новобузький
				6	Інгулецько-Саксаганський
				7	Баштанський
	Південна степова	III	Бузько-Дніпровська степова область Причорноморської низовини	8	Високопільсько-Апостоловський
				9	Снігурівський
				10	Висунь-Інгулецький
				11	Інгулецько-Дніпровський
				12	Нижньоінгулецько-Дніпровський

Неогенові відклади представлені сарматськими пісками, вапняками з прошарками глин загальною потужністю до 20 м і понтичними пісками потужністю до 10 м. На вододілах вони повсюдно перекриті товщею червоно-бурих глин, суглинків загальною потужністю до 9 м. Вище залягають лесоподібні суглинки, потужність яких досягає 20 м.

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

Найбільш різноманітний склад гірських порід спостерігається в середній течії р. Інгулець (в межах Кривбасу та в пригирлових ділянках річок Бокова та Боковенька). Тут поширено породи архею, нижнього протерозою, еоцену, міоцену та олігоцену [66, 113].

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

У верхів'ї біля с. Цибулеве в Кіровоградській області русло р. Інгулець глибоко врізане у височини 100-150 м, розчленовуючи територію району на численні відносно вузькі звивисті вододільні простори і оголює відклади верхнього архею. Особливо чітко виділяється вододіл між лівими притоками верхньої течії Інгульця. По ньому проходить південна межа дніпровського зледеніння [120].

Північна частина річкового басейну вирізняється незначними абсолютними висотами поверхні докембрійського фундаменту (60-100 м). Тут найбільш чітко виражені в рельєфі численні древні льодовикові прохідні долини, які прорізують вододіли між верхів'ями сучасних річок із протилежними напрямками стоку: між верхів'ями Тясмину-Інгульця, Цибульника-Серебрянки, Омельника-Кам'янки та ін [90, 114].

Далі поздовжній профіль р. Інгулець поділяється на декілька ділянок. Перша має увігнуту форму з максимумом увігнутості біля с. Олександрія. Друга ділянка – випукла, з максимумом випуклості в гирлі р. Жовта і слабо увігнута (нижче м. Кривий Ріг), що характеризується відносно плавним зменшенням схилів від 19,7 до 1,3 см/км. Характер профілю в основному погоджується з гіпсометрією поверхні кристалічних порід [120].

В межах Причорноморської западини профіль має плавно увігнуту форму. Залягання підосви алювію в гирловій частині р. Інгулець на глибині до 15 м нижче рівня моря свідчить про виявлення тут молодих понижень [113]. Це один з найбільш еродованих районів області. Яружно-балкові місцевості з еродованими південними чорноземами перехідними до звичайних займають більше 90 % території району

[115]. При цьому урочища із сильно- та середньоеродованими ґрунтами займають близько 50 % території. Яри й балки врізаються в товщу червоно-бурих глин і неогенових вапняків, виходи яких часто прикриті тільки невеликим хрящуватими слабо гумусованим алювієм. Біля 10 % площі району займають долинні заплавні місцевості з лугово-чорноземними солончакуватими ґрунтами, надзаплавно-терасові піщано-степові й надзаплавно-терасові лесово-степові місцевості [120, 131].

2.2. Особливості кліматичних умов

Кліматичні умови басейну р. Інгулець формуються під впливом складного комплексу як загальних, так і місцевих кліматоутворюючих факторів: сонячної радіації, циркуляції повітря, впливу поверхні землі [55, 117].

На формування радіаційного балансу (режиму) території значний вплив справляють антропогенні фактори, пов'язані зі значною запиленістю атмосфери, яка обумовлена діяльністю промисловості Криворізької промислово-індустріальної зони [5, 44, 78]. Створені поруч з містом водосховища викликають виникнення місцевих особливостей циркуляції водяної пари.

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

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

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

За умовами циркуляції початок теплого періоду пов'язано з послабленням північно-східного та східного впливу. Навесні він обумовлює ще повернення холоду, при якому спостерігається різке

похолодання та заморозки. Влітку безпосередній вплив арктичного повітря майже повністю припиняється [55].

Найхолодніший місяць року – січень (-4,3 °C), найтепліший – липень (21,1 °C). Середня багаторічна температура повітря складає 8,7 °C. (табл. 2.2)

Таблиця 2.2

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

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

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

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

За даними багаторічних спостережень в середньому за рік переважають вітри північного та північно-східного напрямків, багато також випадків вітру східного та північно-західного напрямків. В холодну пору року переважають вітри північно-східного та східного напрямків, в теплу - північного та північно-західного. Середня річна швидкість вітру 5 м/с. Найбільші швидкості спостерігаються у зимові місяці та навесні, найменші – влітку та на початку осені. Протягом дня найбільшої швидкості вітер досягає вдень, найменшої – вночі. У середньому за рік реєструється 29 днів з сильним вітром (швидкість понад 15 м/с). Найбільша кількість днів з сильним вітром спостерігається наприкінці весни та в осінні місяці (у середньому по 3-5 днів).

Сумарне випаровування з поверхні суходолу у зимовий період

змінюється не істотно і складає всього 19 мм. Мінімальне випаровування відзначається в грудні (2 мм). У весняний період сумарне випаровування різко зростає (168 мм). Мінімальне випаровування в березні складає 36 мм, а в травні – вже 76 мм. Літній період характеризується максимальними значеннями випаровування: від 82 мм у червні до 61 мм – у серпні. Протягом осені випаровування зменшується від 47 мм у вересні до 9 мм у листопаду. Сумарне випаровування за рік на розглянутій території складає 491 мм.

2.3. Гідрогеологічні особливості

З точки зору гідрогеологічних умов територія досліджень знаходиться у межах двох великих структурно-гідрогеологічних одиниць: північна частина її належить до гідрогеологічної провінції Українського щита, південна – до гідрогеологічної провінції північного схилу Причорноморського артезіанського басейну [4, 12]. Для останньої, порівняно з гідрогеологічною провінцією Українського щита, характерними є підвищені потужність і обводнення водоносних горизонтів осадового чохла, а також їх значне площинне поширення та роль у водопостачанні. В гідрогеологічній провінції Українського щита для водопостачання використовують підземні води кристалічних порід, у той час як водоносні горизонти осадового чохла не мають великого практичного значення [113].

У межах басейну р. Інгулець виділяються водоносні горизонти, приурочені до: *тріщинуватих кристалічних порід докембрію, відкладів бучацької серії і товщі вуглистих пісків, відкладів верхнього еоцену й олігоцену, відкладів міоцену та четвертинних утворень*. Живлення цих водоносних горизонтів відбувається здебільшого завдяки інфільтрації атмосферних опадів та припливу напірних тріщинних вод.

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

Глибина залягання вод коливається від кількох до 110-115 метрів, а в породах криворізької серії – до 250 м і більше. Дебіт свердловин тріщинних вод змінюється від 0,002 до 4,7 $\text{дм}^3/\text{с}$. Переважають сульфатно-гідрокарбонатні, сульфатні, гідрокарбонатно-сульфатні прісні та слабосолонуваті води з мінералізацією від 0,6-1,0 до 2,5-5,1 $\text{г}/\text{дм}^3$.

Тріщинувата зона в породах криворізької серії відзначається високою водонасиченістю, проте значна мінералізація вод ($3-150 \text{ г/дм}^3$), обмежує їх використання для водопостачання. Режим вод порід криворізької серії порушений дослідно-виробничим водопониженням та шахтним водовідливом, внаслідок чого сформувалася депресійна лійка, в центрі якої (в породах саксаганської світи) рівень підземних вод знизився до глибин 720-1200 м, а на крилах (у зоні гірничих виробок) – до 450-600 м [102].

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

Водонепроникним екраном є первинні або вторинні каоліни. Потужність водоносного горизонту коливається в межах 1-15 м, глибина його залягання змінюється від 7-8 до 75-85 м. Ці води є напірними, висота напору від кількох до 32 метрів. Коефіцієнти фільтрації пісків 0,06-27 м/добу, дебіт свердловин змінюється від 0,01 до $3,8 \text{ дм}^3/\text{с}$, питомий дебіт 0,002-1,0 $\text{дм}^3/\text{с}$.

Хімічний склад підземних вод досить різноманітний: в межах гідрогеологічної провінції Українського щита переважають гідрокарбонатно-сульфатні і сульфатно-гідрокарбонатні води змішаного катіонного складу, в гідрогеологічній провінції північного схилу Причорноморського артезіанського басейну – сульфатно-хлоридні, хлоридно-сульфатні, натрій-кальцієві. Води жорсткі й дуже жорсткі, мінералізація їх змінюється від 0,4 до 3 г/дм^3 . Практичне значення горизонту для водопостачання обмежене з огляду на незначні площі його розвитку.

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

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

На тих ділянках, де піски верхнього еоцену та олігоцену перекриті пісками і вапняками міоцену, існує також зв'язок з горизонтами, що залягають вище. Води горизонту в основному безнапірні, у разі наявності в покрівлі водонепроникних відкладів – напірні, величина напору

становить 5-25 м. Дебіти свердловин змінюються від 0,017 до 2,2 дм³/с.

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

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

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

Водоносний горизонт у *четвертинних відкладах* приурочений до суглинків та алювіальних утворень, він часто утворює "верховодку", дуже поширений, відсутній лише у присхилових частинах долин. Водонепроникними шарами є щільні різновиди суглинків та червоно-бурі глини. Глибина його залягання від 1,5 до 12 м, потужність коливається від кількох дециметрів до 20 м, середня – 2-5 м. Суглинки вміщують незначні запаси води, дебіт колодязів і свердловин від 0,002 до 0,3 дм³/с. Добовий водозабір з колодязів становить 0,2-20 м³.

За хімічним складом води хлоридно-сульфатно-натрієві з мінералізацією до 12 г/дм³. Живлення горизонту відбувається завдяки інфільтрації атмосферних опадів, а також різних вод техногенного походження.

Режим горизонту сильно порушений, водонасиченість і якість води

дуже непостійні, проте незважаючи на це, він широко використовується місцевим населенням.

Водоносний горизонт *сучасних алювіальних відкладів* заплавл річок і днищ балок має обмежене поширення і простежується в долинах річок Інгулець, Саксагань, Жовта та Бокова. Водоносним є алювій заплавлних та надзаплавлних терас, представлений пісками різнозернистими, супісками, суглинками мулистими. Горизонт безнапірний, глибина залягання рівня ґрунтових вод змінюється від 0,5 до 5 м, водонасиченість нерівномірна – від 0,3 до 4 $\text{дм}^3/\text{с}$. Води прісні, гідрокарбонатно-сульфатно-кальцієві і гідрокарбонатно-сульфатно-магнієво-кальцієві. Мінералізація від 0,5 до 3-4 г/дм^3 , води відзначаються підвищеною жорсткістю. Горизонт використовується місцевим населенням, добовий водозабір з колодязів становить 0,2-1,0 м^3 [4, 12, 113].

Досліджуючи геолого-гідрогеологічні умови басейну р. Інгулець слід зазначити, що за останні роки у центральній частині території досліджень (район м. Кривий Ріг) спостерігається підвищення геодинамічної активності [112]. Це вкрай негативно може відобразитись на гідроекологічній ситуації вцілому.

2.4. Характеристика господарської діяльності

Господарська діяльність в басейні р. Інгулець має складну та багатогалузеву структуру. Поєднання основних напрямків виробництва з особливостями функціонування систем водокористування утворили низку інших потужних природно-техногенних систем – водогосподарських, функціонування яких ставить р. Інгулець у ряд особливого типу річок України [20, 60].

Вплив господарської діяльності на водні ресурси проявляється, в першу чергу, у зміні гідролого-гідрохімічного режиму та якості поверхневих та підземних вод басейну р. Інгулець, як безпосередньо [41, 149], так і через геосистемні взаємодії [17]. Тому гідроекологічні проблеми регіону зводяться до відповіді на питання – чи правомірною є концепція панування людини над природою [145, 153]?

Водокористування і водовідведення. Важливим чинником впливу на гідролого-гідрохімічні характеристики річок з господарською діяльністю є водокористування та водовідведення [133], облік яких здійснюється Державним агентством водних ресурсів України.

Найбільшими водокористувачами в басейні р. Інгулець є промисловість, житлово-комунальне і сільське господарство. В адміністративно-територіальному відношенні основний забір води в басейні

р. Інгулець здійснюється підприємствами Дніпропетровської та Миколаївської областей. Значно менше використовують водні ресурси водокористувачі Кіровоградщини та Херсонщини [29]. Всього в басейні р. Інгулець нараховується близько 230 підзвітних водокористувачів.

До кінця 80-х років минулого сторіччя використання води в басейні р. Інгулець невпинно зростало через екстенсивний розвиток промислового та сільськогосподарського виробництва. Разом з тим, зростала кількість річкових водозаборів. Зараз в басейні р. Інгулець функціонує близько двадцяти потужних водозаборів, кожен з яких споживає понад 0,001 млн. м³/рік води з поверхневих джерел (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Перелік найбільших водозаборів продуктивністю понад 0,001 млн. м³/рік з поверхневих водних об'єктів в басейні р. Інгулець (2001 р.)

№	Назва підприємства	Джерело води	Забір води, млн.м ³ /рік	Відстань від гирла річки, км
1	2	3	4	5
1	Сільськогосподарські об'єкти Криворізького р-ну (21 об'єкт)	р. Інгулець	0,625	350
2	Сільськогосподарські об'єкти Широківського р-ну (17 об'єктів)	р. Інгулець	0,088	240
3	ДЖКП “Енерговодоканал”, м. Жовті Води	р. Інгулець	14,07	390
4	Районне нерестове управління, м. Олександрія	р. Інгулець	4,567	477
5	Олександрійське управління ЗС	р. Інгулець	0,110	586
6	Цукровий завод, м. Олександрія	р. Інгулець	0,449	474
7	Олександрійський р-н (загальні дані)	р. Інгулець	0,112	580
8	Петрівський р-н (загальні дані)	р. Інгулець	0,283	405
9	Криворізький центральний ГЗК	р. Інгулець	0,608	393
10	Дирекція КГЗКОР, м. Долинська	р. Інгулець	1,142	336
11	Петрівське УЖКГ	р. Інгулець	0,371	393
12	Управління каналів Інгулецької ЗС	р. Інгулець	181,3	83

Продовження табл. 2.3

1	2	3	4	5
13	Мічурінська ЗС	р. Інгулець	0,214	80
14	Обласний виробничий трест “Зеленгосп”, м. Херсон	р. Інгулець	0,004	45
15	Садівниче товариство “Платан”, Білозерський район	р. Інгулець	0,189	45
16	Локомотивне депо ст. П’ятихатки	р. Саксагань	0,020	100
17	Криворізьке відділення Придніпровської залізниці	р. Саксагань	0,079	95
18	Північний ГЗК м. Кривий Ріг	р. Саксагань	0,103	32
19	Завод вогнестійких блоків та бетонів, смт Христофорівка	р. Боковенька	0,021	22
	Разом		204,355	

За даними Держводагентства України, за останні 20 років кількість водозаборів в басейні зменшилась більш, ніж удвічі. Разом з тим скоротився забір поверхневих вод басейну р. Інгулець. За період 1990-2009 рр. використання поверхневих та підземних вод в басейні р. Інгулець зменшилось в півтора рази (рис. 2.2).

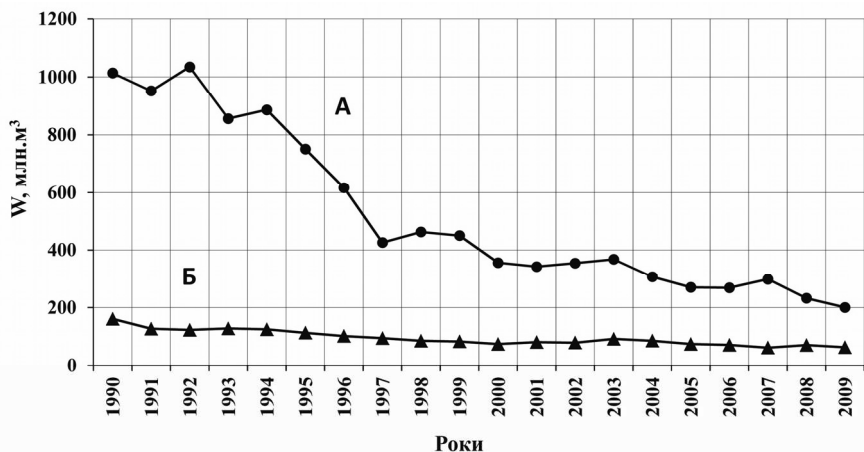


Рис. 2.2. Динаміка забору води з поверхневих водних об'єктів (А) та підземних джерел (Б) у басейні р. Інгулець (1990-2009 рр.), млн. м³/рік

Із загальної кількості водокористувачів в басейні р. Інгулець понад 20 підприємств здійснюють скиди стічних вод в поверхневі джерела, тобто є потенційними точковими джерелами забруднення річкових вод (табл. 2.4).

Таблиця 2.4.

Скиди стічних вод у р. Інгулець та її притоки основними водокористувачами з об'ємом скиду понад 0,5 млн. м³/рік (2001 р.)

№	Назва водокористувача	Приймач стічних вод		Об'єм стічних вод, млн. м ³			
		річка, водосховище	відстань від гирла, км	всього	неочищених	не достатньо очищених	нормативно чистих після очистки
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ВУВКГ м. Знам'янка	р. Інгулець	588	1,091	-	1,091	-
2	Розріз «Морозівський» м. Олександрія	р. Інгулець	488	5,353	-	4,903	-
3	ТЕЦ м. Олександрія	р. Інгулець	480	1,830	-	1,220	0,610
4	Розріз «Протопопівський»	р. Інгулець	476	1,043	-	-	-
5	ВУВКГ м. Олександрія	р. Інгулець	470	6,263	-	6,263	-
6	ДПП «Кривбаспром-водопостачання», м. Кривий Ріг	р. Інгулець	336	0,684	-	0,684	-
7	Шахта «Першотравнева»	р. Інгулець	330	4,486	4,486	-	-
8	Турбінний завод «Схід», м. Кривий Ріг	р. Інгулець	320	0,450	-	0,450	-
9	РУ ім. XX партійного з'їзду, м. Кривий Ріг	р. Інгулець	320	1,092	1,092	-	-
10	Новокриворізький ГЗК, м. Кривий Ріг	р. Інгулець	320	3,434	3,313	-	0,121
11	Південний ГЗК, м. Кривий Ріг	р. Інгулець	320	3,516	3,516	-	-

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8
12	Інгулецький ГЗК, м. Кривий Ріг	р. Інгулець	311	12,40	2,441	9,96	-
13	Комбінат «АрселорМіттал Кривий Ріг», м.Кривий Ріг	р. Інгулець	311	61,72	20,93	40,78	-
14	Криворізька ГРЕС-2, м. Зеленодольськ	р. Інгулець	290	6,784	-	6,784	-
15	Центральний ГЗК, м. Кривий Ріг	р. Саксагань	320	1,554	1,554	-	-
16	Північний ГЗК, м. Кривий Ріг	р. Саксагань	33	13,18	16,18	-	-
17	Вовнопрядильна Фабрика, м. Кривий Ріг	р. Саксагань	32	0,558	-	0,558	-
18	Центральний рудоремонтний завод, м. Кривий Ріг	р. Саксагань	15	1,032	-	1,032	-
19	АК «Ашурст» м. Жовті Води	р. Жовта	18	3,900	3,900	-	-
20	ДКП «Енерговодоканал», м. Жовті Води	р. Жовта	18	8,133	-	8,133	-
21	КГЗКОР, м. Долинська	р. Боковенька	250	2,076	-	2,076	-
	Разом			146,8	63,7	83,9	0,73

Водозабезпечення житлово-комунального господарства. Основним питанням в басейні р. Інгулець є проблема водозабезпечення житлово-комунального господарства. Як уже зазначалось, майже до початку 50-х років минулого сторіччя стан води в річок Інгулець і Саксагань з точки зору санітарно-гігієнічних показників був задовільним. У 40-50-х роках ХХ ст. воду з р. Інгулець використовували для питних цілей у верхній течії річки (с. Лозоватка) в межах міста, а також у нижній течії річки (с. Широке). Випадків захворювань

або отруєнь при споживанні річкової води серед місцевого населення не було [93].

На сучасному етапі норма водокористування підприємствами житлово-комунального господарства в басейні р. Інгулець коливається в межах 125-160 $\text{дм}^3/\text{добу}$ на одного мешканця. Найвищий рівень водопостачання має м. Кривий Ріг. Чисельність населення міста (724 тис. осіб) становить близько 67% всього міського населення, що проживає в межах басейну р. Інгулець. Тому основний обсяг водокористування в житлово-комунальній сфері для населення в басейні Інгульця припадає на забезпечення потреб м. Кривий Ріг і становить близько 130 млн. м^3 на рік [34].

Для водопостачання населених пунктів південної частини басейну та інших водокористувачів споруджено 26 ставків загальним об'ємом 10 млн. м^3 , а для водопостачання м. Миколаєва – Жовтнєве водосховище (32 млн. м^3), які періодично наповнюються водою з Інгулецької зрошувальної системи [31].

На кожному водосховищі функціонують водоочисні станції (ВОС) для підготовки питної води, які розміщені в їх приберегових зонах. Найбільші ВОС – Карачунівська (1957 р.), потужністю 250,0 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$ та Радушанська (1961 р.), потужністю 950,0 тис. $\text{м}^3/\text{добу}$. В м. Снігурівка водопостачання здійснюється з підземних джерел [34].

На цих ВОС діє стандартний технологічний процес водопідготовки питної води – коагуляційна обробка, горизонтальна сепарація, фільтрування на піщаних фільтрах, попереднє і кінцеве хлорування [133].

Внаслідок несанкціонованого скиду високомінералізованих шахтних вод підприємствами Кривбасу у червні 1995 р. значно погіршилась якість води в р. Інгулець за вмістом хлоридів. Через це була припинена подача води для водопостачання м. Миколаєва, хоча місто відчувало гострий дефіцит питної води в умовах епідемії холери. Вміст хлоридів у магістральному каналі системи водопостачання перевищував допустимий рівень у 1,5-3 рази [23].

Проблема водопостачання сільського населення в басейні є найбільш складною. Рівень забезпечення сільського населення гарантованим водопостачанням залишається в цілому низьким і здійснюється, в основному, з шахтних колодязів та індивідуальних свердловин, іноді з поверхневих джерел чи групових водопроводів. Часто в сільських місцевостях облаштовують спеціальні басейни для заповнення їх привізною питною водою. Лише деякі крупні фермерські

господарства здійснюють водопостачання локальними водопроводами із свердловин, іноді з поверхневих джерел чи групових водопроводів.

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

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

Водопровідні очисні споруди, які проектувалися та будувалися згідно з раніше діючими нормативами, сьогодні вже не спроможні без удосконалення технологій і застосування нових високоефективних реагентів перешкодити надходженню у питну воду шкідливих речовин [34].

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

Так, 7 липня 2005 р. в м. Кривий Ріг у зв'язку з проблемами в електропостачанні було здійснено аварійний скид неочищених стічних вод у р. Інгулець. 8 липня 2005 р. відділом державного аналітичного контролю та моніторингу було відібрано проби в 5 контрольних створах р. Інгулець, починаючи від с. Заградівка на кордоні з Дніпропетровською областю і до с. Дар'івка в нижній течії Інгульця. Результати проведених досліджень показали зростання вмісту амонію (в 3,3 рази), фосфатів (в 3,5 рази), БСК₅ (в 1,8 рази) порівняно з попереднім відбором, що є наслідком аварійного скиду. 11 липня 2005 р. повторно були відібрані проби води в контрольних створах р. Інгулець. Порівняно з результатами досліджень від 8 липня 2005 р. у воді верхньої течії знизився вміст амонію, фосфатів, БСК₅, що засвідчило про тенденцію поступового зменшення наслідків аварії на стані води р. Інгулець.

Інша аварія трапилась 26 березня 2007 р. в м. Кривий Ріг на каналізаційній насосній станції (КНС) №8, що розташована по вул. Мелешкіна. В результаті розриву електромотора напірного засуву насосного агрегату №1, неочищені стічні води обсягом 16893,5 м³

потрапили в р. Саксагань, що створило загрозу для життя і здоров'я населення та завдало суттєвої шкоди гідроекосистемі. Відібрані в місці скиду стічних вод і нижче за течією р. Саксагань проби води показали помітне погіршення її якості за бактеріологічними показниками.

Як бачимо, у зв'язку з частими аваріями на об'єктах житлово-комунального господарства і малою потужністю очисних споруд (а в деяких випадках і цілковитою їх відсутністю) необхідним є проведення невідкладних заходів щодо спорудження, реконструкції та розширення систем повного циклу господарсько-питного водопостачання та відведення господарсько-побутових стічних вод.

Подібні проблеми характерні не лише для м. Кривий Ріг, а й для інших міст та невеликих населених пунктів території досліджень. Так, в м. Олександрія необхідною є першочергова реконструкція і розширення насосних станцій господарсько-побутової каналізації. Розширення та реконструкцію очисних споруд слід провести і в м. Снігурівка (Миколаївська область), в смт Архангельське (Високопільський район Херсонської області) тощо. В смт Велика Олександрівка (Херсонська область) каналізаційні очисні споруди взагалі відсутні, тому їх будівництво (потужністю близько 3 тис. м³/добу) і введення в експлуатацію забезпечить покращення еколого-санітарного стану річкової мережі.

Сьогодні актуальним є порушення функціонування водоохоронних зон (35-40%), будівництво приватних будинків поблизу річок без належної документації та з порушенням законодавства. Це створює загрозу забруднення поверхневих вод господарсько-побутовими твердими і рідкими відходами [77]. Тому слід провести упорядкування водоохоронних зон і прибережних смуг, посилити контроль за дотриманням положень Водного Кодексу України та відповідальність за його порушення.

За постійної зміни структури та циклічності функціонування водогосподарського комплексу басейну р. Інгулець, напруженням з дотримання якості поверхневих вод, ресурси підземних вод розглядаються як найбільш перспективні для використання в господарсько-питних цілях (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Обсяги підземних вод, запланованих до використання в господарсько-питних цілях у басейні р. Інгулець, млн. м³/рік [34]

№ ділянок	Річка - ділянка	Обсяги водокористування		
		2000 р.	2005 р.	2010 р.
1	р. Інгулець від витoku до Олександрійського вдсх	6,85	6,96	7,08
2	р. Інгулець від Олександрійського до Іскрівського вдсх	2,12	2,12	2,13
3	р. Інгулець від Іскрівського до Карачунівського вдсх	0,27	0,26	0,26
4	р. Саксагань від витoku до Макортівського вдсх	3,16	3,16	3,27
5	р. Висунь від витoku до гирла	3,08	3,37	3,58
6	р. Інгулець від водпоста в м. Кривий Ріг до гирла р. Висунь	3,14	3,47	3,88
7	р. Інгулець від гирла р. Висунь до гирла р. Інгулець	1,38	1,51	1,68
Разом		19,6	20,8	21,8

Водозабезпечення промисловості. Як відомо, господарська діяльність в басейні р. Інгулець характеризується значним розвитком промисловості [54, 109]. В межах території досліджень розташовані два потужні промислові осередки України – Криворізький залізорудний басейн, частина Дніпровського буровугільного басейну (район м. Олександрія) [119].

Помітний антропогенний вплив людини на поверхневі води розпочався з 1881 р. в районах поширення покладів залізних руд. У цей період утворилися перші шахти і почали формуватися гірничопромислові геотехногенні системи. Вже за одинадцять років було збудовано перше велике підприємство – Гданцівський чавунно-ливарний завод у м. Кривий Ріг [87].

З діяльністю перших промислових гірничовидобувних та обробних підприємств було пов'язано забруднення трьох річок – р. Інгулець (нижче м. Кривий Ріг), р. Саксагань (нижче с. Веселі Терни) та р. Жовта (в районі с. Аннівка). Забруднення гідроєкосистеми відбувалося за рахунок скиду високомінералізованих рудничних шахтних і кар'єрних вод, а також недоочищених стічних вод металургійних підприємств у

поверхневі джерела. Певну роль у забрудненні відігравали господарсько-побутові стічні води великих міст регіону (м. Олександрія, м. Жовті Води, м. Знам'янка, м. Кривий Ріг) та невеликих населених пунктів.

Як показали дослідження, на сьогоднішній день в межах басейну р. Інгулець функціонує понад сотня промислових підприємств та об'єктів, які забруднюють поверхневі води басейну р. Інгулець [44, 64, 139].

Система водопостачання підприємств промислового сектору та водовідведення промислових стічних вод має свої особливості. Значні об'єми використання водних ресурсів у промисловості пов'язано зі специфікою технології видобутку та переробки корисних копалин. Найбільш водоемні промислові підприємства розташовані в м. Кривий Ріг, м. Жовті Води та м. Олександрія. В них сконцентровано близько 90% всього промислового виробництва в межах досліджуваного регіону [34].

В басейні р. Інгулець з надр щорічно відкачується 50-55 млн. м³ високомінералізованих вод (мінералізація понад 30 г/дм³), з яких шахтних - близько 40 млн. м³, кар'єрних – 16 млн. м³ [44, 93].

Середні значення мінералізації шахтних вод по окремих шахтах коливається в межах 30-95 г/дм³, а в окремих пробах досягають 170 г/дм³. В сольовому складі переважають іони хлору (до 57 г/дм³), натрій-калію (до 32 г/дм³), магнію (до 2,6 г/дм³), сульфатів (до 1,5 г/дм³). Тому за хімічним складом рудничні води характеризуються як високомінералізовані, солоні і розсоли. Хімічний тип вод хлоридно-натрієво-магнієво-сульфатний. Як бачимо, рудничні води за хімічним складом мало чим відрізняються від морських, а за солоністю навіть переважають їх [10].

До 1960 р. шахтні води скидалися безпосередньо в річки Інгулець і Саксагань. Внаслідок такої діяльності екологічний стан гідроєкосистеми значно погіршився. Тому в 1961-1964 рр. було споруджено спеціальні акумулюючі водойми (основні характеристики див. в розділі 3) та ставок-накопичувач в балці Свистунова (1977 р.) [22, 29, 79], в які транспортуються високомінералізовані шахтні води.

За останні роки спостерігається зменшення обсягів відкачуваних вод із шахт Кривбасу, хоча вони і залишаються на досить високому рівні – близько 20 млн. м³ на рік (рис. 2.3).

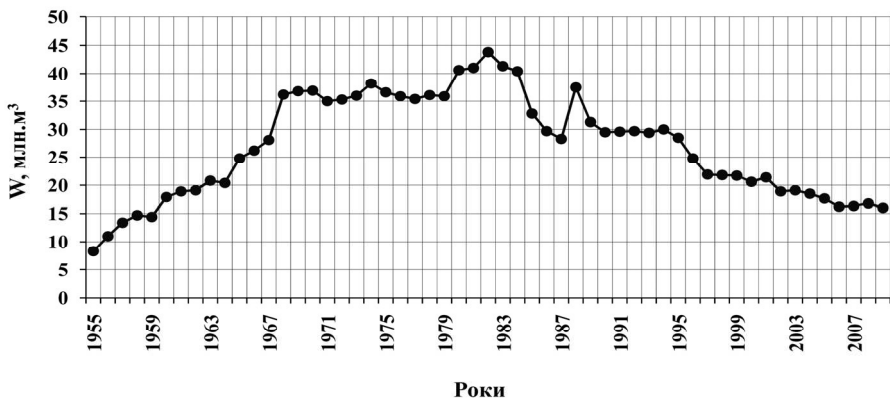


Рис. 2.3. Багаторічна динаміка обсягів відкачування шахтних вод Кривбасу за 1955-2009 рр., млн. м³/рік

У хвостосховищах кар'єрні і шахтні води змішуються з річковою водою, в результаті чого мінералізація знижується до 5-20 г/дм³. Звідси води транспортуються і використовуються в системах зворотного водопостачання підприємств. Проте, в зв'язку із систематичним переповненням хвостосховищ і ставка-накопичувача у балці Свистунова в зимовий період проводять скиди високомінералізованих рудничних та шахтних вод в об'ємі 70-90 млн. м³ до річок Інгулець та Саксагань [85, 91, 140].

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

Рудничні води забруднюються впродовж року і побічними продуктами гірничо-металургійних комплексів (пульпа, промислові і господарсько-побутові стічні води), причому, з балки Свистунова рудничні води скидаються в концентрованому, нічим не розбавленому вигляді [44, 93, 148]. Загальну схему технічного водопостачання та відведення в межах Криворізького ТВК наведено на рис. 2.4.

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



Рис. 2.4. Водогосподарська ситуація в середній течії басейну р. Інгулець (територія Криворізького територіально-виробничого комплексу):

1 - шахта; 2 – підприємство; 3 – кар'єр; 4 – водойма; 5 – місця скидів виробничих стічних вод

Це підтверджується матеріалами звітності Державного агентства водних ресурсів України. Багаторічну динаміку скидів виробничих стічних вод до р. Інгулець за період наведено на рис. 2.5.

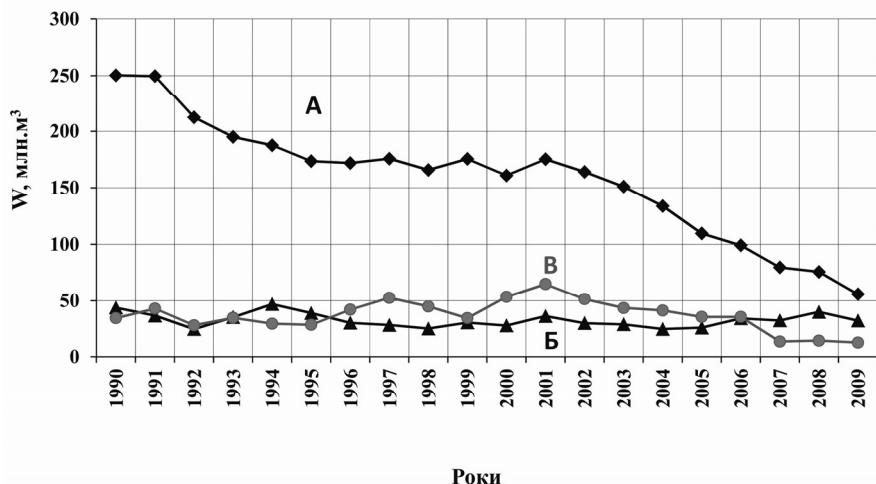


Рис. 2.5. Багаторічна динаміка скидів виробничих стічних вод до поверхневих джерел в басейні р. Інгулець (млн. м³/рік):

А – загальні скиди виробничих стічних вод; Б – шахтні та кар'єрні води; В – неочищені стічні води

Разом із стічними водами підприємств до поверхневих джерел надходить значна кількість забруднювальних хімічних речовин (табл. 2.6).

Організація та введення систем оборотного водопостачання має важливе економічне та водоохоронне значення. Якщо при звичайному водопостачанні на виплавку 1 т сталі використовується 200 м³ води, то при замкнутому циклі – 20 м³ [43].

В системах оборотного водопостачання промислових структур Кривбасу щорічно знаходиться 4364,3 млн. м³ технічної води. Для роботи підприємств і функціонування технологій виробництва необхідне постійне оновлення технічної води і додавання свіжої (з р. Інгулець вище м. Кривий Ріг та з Дніпра по каналу Дніпро – Кривий Ріг, а також з р. Саксагань) [60].

Таблиця 2.6

Обсяги скидів забруднювальних речовин до річок Інгулець і Саксагань за 2002-2007 рр. (за даними Державного агентства водних ресурсів України)

Річка	Рік	Об'єм скидів (млн.м ³)	Вагова маса забрудн. речовин (тис.т)	Нафто- продукти (т)	Завислі речовини (тис.т)	Мінералізація речовин за сухим залишком (тис.т)	Сульфати (тис.т)	Хлориди (тис.т)	Азот амонійний (тис.т)	Феноли (т)	Нітрати (тис.т)
р. Інгулець*	2002	109,811	691,121	48,402	1,255	434,568	48,895	198,754	0,231	0,347	2,729
	2003	103,525	531,825	36,278	1,194	333,668	39,751	151,897	0,095	0,100	2,287
	2004	97,506	395,878	29,836	1,127	208,019	44,655	137,083	0,090	0,098	2,092
	2005	74,479	445,088	21,905	1,082	181,408	37,711	222,691	0,064	0,065	1,690
	2006	66,263	440,556	22,212	1,101	182,362	44,428	209,278	0,053	0,050	1,469
	2007	55,003	353,010	16,008	0,732	132,313	24,734	192,624	0,020	0,024	1,248
	2002	14,191	153,247	2,890	0,167	93,114	13,235	46,192	0,008	0,014	0,302
р. Саксагань	2003	13,958	111,112	2,499	0,167	69,155	8,763	32,542	0,012	0,016	0,285
	2004	15,817	75,996	1,685	0,168	45,666	7,638	21,977	0,009	0,025	0,204
	2005	14,318	58,084	1,962	0,167	35,871	7,797	13,631	0,009	0,011	0,288
	2006	14,346	79,748	3,314	0,269	46,747	17,204	14,536	0,015	0,009	0,356
	2007	12,024	22,487	1,633	0,145	14,161	4,683	2,967	0,005	0,008	0,300

Продовження таблиці 2.6

Річка	Рік	Нітри (тис.т)	СПАР (т)	Залізо (т)	Мідь (т)	Цинк (т)	Хром 6+ (т)	Марганець (т)	Алюміній (т)	Фосфати (т)	Роданіди (т)
р.Ігулець*	2002	0,189	1,670	51,274	0,320	0,002	0,230	5,669	0,402	86,164	3,235
	2003	0,074	1,949	42,047	0,236		0,238	3,347	0,260	75,795	2,370
	2004	0,111	2,467	40,821	0,220	0,002	0,393	2,907	0,053	70,980	2,267
	2005	0,069	2,861	34,628	0,162	0,001	0,011	1,798	0,106	93,359	1,641
	2006	0,043	2,352	41,229	0,164	0,000	0,004	1,587	0,222	91,706	0,847
	2007	0,016	2,132	23,717	0,070	0,001	0,096	1,658	0,127	79,421	
	2002	0,011	0,073	3,736		0,000	0,000			0,723	
р.Саксагань	2003	0,008	0,624	2,866						17,231	
	2004	0,008	0,933	2,557			0,009			28,405	
	2005	0,006	0,998	3,034			0,011			37,189	
	2006	0,006	0,809	4,667			0,004			37,879	
	2007	0,005	0,843	2,332			0,001			37,865	

Примітка: * Дані приведені з урахуванням обсягів скидів в р. Саксагань;

Значення 0,000 – обсяги речовин, що надаються в кілограмах, складають менше 0,5 кг;

Незаповнені клітини – відсутність даних.

Разом з регламентованими скидами промислових стічних вод відбувається санітарна промивка русел річок Інгулець та Саксагань низькомінералізованими водами Карачунівського та Макортівського водосховищ. Середній щорічний об'єм води, що використовується на промивку русел коливається в межах 60-200 млн.м³ з максимальними витратами води понад 50 м³/с. (рис. 2.6).

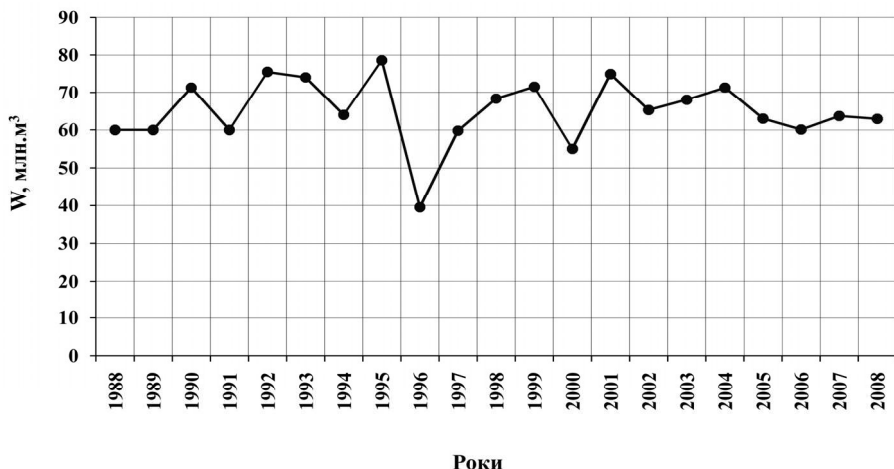


Рис. 2.6. Багаторічна зміна обсягу вод, використаних на промивку річок Інгулець та Саксагань з Карачунівського і Макортівського водосховищ, млн. м³/рік (1993-2008 рр.)

В даний час скидання шахтних вод Кривбасу здійснюється згідно «Регламенту скидів надлишку оборотних стічних вод гірничорудних підприємств Кривбасу», що ґрунтується на розрахунку розбавлення стічних вод водами річок Саксагань та Інгулець. При цьому, враховується здатність гідроекосистеми до самоочищення.

Обсяг води для промивки р. Інгулець та р. Саксагань не залежать від кількості скинутих у них зворотних вод. Цей обсяг визначається і встановлюється регламентом промивки, виходячи з ємнісних ресурсів води в каскаді водосховищ на р. Саксагань та об'ємного показника закумульованої води в руслі р. Інгулець нижче Карачунівського водосховища, який залежить від фактичного рівня р. Дніпро в нижній течії.

Логічно припустити, що зменшення обсягів скидів високомінералізованих промислових стічних вод підприємств гірничовидобувної та

переробної промисловості Кривбасу до поверхневих джерел зумовить певне поліпшення гідроекологічної ситуації.

Не дивлячись на зменшення загальних обсягів скидів промислових стічних вод підприємств Кривбасу з 116 млн. м³ до 95 млн. м³, забруднення річок навіть посилилося за рахунок зменшення ефективності робіт очисних споруд. Дослідження показали, що останнім часом спостерігається підвищення водообміну хвостосховищ з річковою мережею через підземні горизонти. Про це свідчить зміна рівнів підземних вод в районі досліджень (рис. 2.7) та їх еколого-гідрохімічний стан [65].

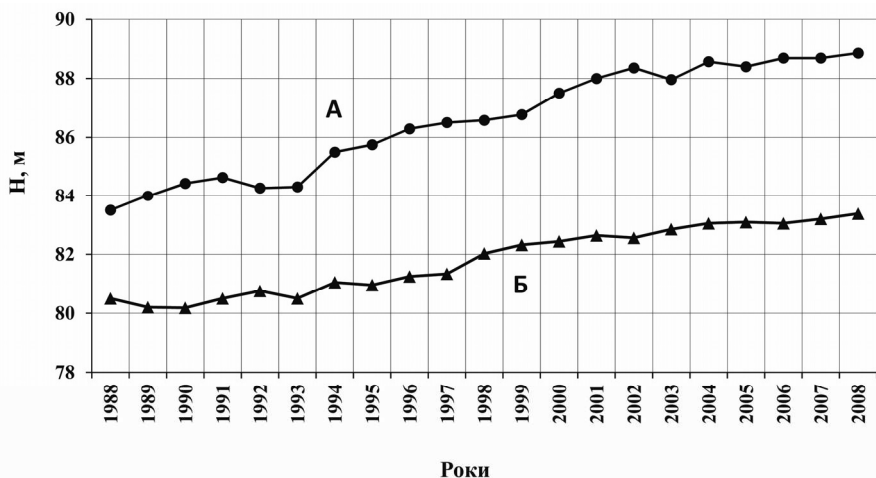


Рис. 2.7. Багаторічна зміна рівнів підземних вод (Н, м) поблизу хвостосховища Центрального гірничо-збагачувального комбінату (А) та біля русла р. Інгулець (Б) (1988-2008 рр.)

Як наслідок, в сучасних умовах актуальною проблемою територій Кривбасу є підтоплення значних площ. Рівень ґрунтових вод в середньому залягає на глибині 2,5 м від поверхні, а місцями і до 1 м [80].

Тому слід провести комплекс заходів щодо поліпшення гідроекологічної ситуації в регіоні [14, 57], та зменшення фільтраційних втрат з хвостосховищ [11, 13, 51, 53] (в тому числі необхідно звернути увагу на можливість застосування синтетичних плівок [19]).

Детальний огляд проблеми водопостачання та водовідведення дозволив відзначити ще одну проблему регіону, пов'язану з господар-

ською діяльністю – це незадовільний стан або цілковита відсутність дощових каналізаційних систем на урбанізованих територіях. Поблизу промислових майданчиків та виробничих ділянок, на яких практично відсутня зливна каналізація, значна кількість нафтопродуктів та інших забруднювальних речовин, під час зливових дощів надходять безпосередньо до поверхневих водних об'єктів. Тому облаштування систем водовідведення дозволить перенаправити стічні води з урбанізованих територій до міських очисних споруд. Таке гостре питання стоїть зокрема в м. Кривий Ріг поблизу промислових підприємств Криворізького ТВК (вздовж Мопрівської траси, по вул. Лермонтова, вул. Пушкіна та ін.) та в м. Олександрія, в якому крім того слід здійснити облаштування існуючої мережі дощової каналізації системами уловлювання забруднювальних речовин у зливових водах.

Водозабезпечення сільського господарства. Додатковий вплив на гідроекологічний стан поверхневих вод здійснює активне сільсько-господарське використання території. Неприятливі посушливі кліматичні умови території басейну зумовили необхідність створення зрошувальних систем і каналів [58, 69, 112, 142].

Нерівномірний розподіл опадів по території зумовлює нестабільність землеробства. Особливо це стосується південної частини басейну, де випадає в середньому за рік 400-450 мм опадів. Для отримання гарантованих врожаїв у басейні р. Інгулець побудовано унікальні зрошувальні системи [36].

Типовим прикладом господарської діяльності в сфері зрошувального землеробства є будівництво та функціонування найбільшої в Україні *Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи (ІЗС)* (1951-1963 рр.), яка знаходиться на півдні Миколаївської та заході Херсонської областей [68]. Зараз площа зрошуваних земель становить понад 60 тис. га, а площа обводнення – 175 тис. га.

Грунтовий покрив у межах системи представлений чорноземами південними гумусними та темно-каштановими ґрунтами [115]. На глибині кількох метрів від поверхні залягають горизонти легкорозчинних солей, які мають негативний вплив на стан меліорованих земель [70, 71].

Джерело живлення Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи – р. Дніпро, вода з якого антирічкою по заглибленому на відстані 80 км руслу р. Інгулець надходить до місця водозабору головної насосної станції продуктивністю 36 м³/с. В межах водозабору вода інгулецька і дніпровська змішується (співвідношення близько 20-

25% та 75-80% відповідно), внаслідок чого набуває допустимої якості [1, 25, 72].

Проте якість поливної води не є ідеальною і використання її тягне за собою низку проблем, пов'язану з засоленням ґрунтів на значній площі [70, 146].

Агрегати, які закачують воду до Інгулецького магістрального каналу включаються відразу після закінчення промивки р. Інгулець і працюють впродовж всього вегетаційного періоду (березень - квітень – кінець серпня - вересень). Із зупинкою Головної насосної станції (ГНС) перестає діяти «антирічка» і стік води з р. Інгулець в Дніпро, як правило, поновлюється.

Інгулецька головна насосна станція, що розташована на правому березі р. Інгулець в районі с. Ново-Василівка Снігурівського району по двох напірних трубопроводах діаметром 2,8 м та довжиною 600 м подає воду на висоту 60 м в заспокійливий басейн магістрального каналу. Розподільна мережа на масиві розташована за похилом місцевості, що дає можливість подавати воду самопливом у міжгосподарські розподільні канали (загальна довжина 465 км) та мережу внутрішньогосподарських каналів (загальною довжиною 1263 км).

Всі канали були споруджені у земляному руслі, під час реконструкції їх у 80-ті роки облицьовані збірними залізобетонними плитами по поліетиленовій плівці та монолітним бетоном. Водопостачання всіх галузей сільськогосподарського виробництва здійснюється за рахунок ставків, які живлять внутрішньогосподарські канали. Для зрошення використовують дощувальні машини і установки. На сільгоспугіддях вирощують зернові та кормові культури.

У процесі експлуатації зрошувальної системи спостерігається засолення ґрунтів [96, 97], підтоплення зрошуваних земель і зворотний стік та інші негативні явища. Здійснюються заходи щодо запобігання цих явищ – зменшення фільтрації, додержання зрошувальних норм, застосування сучасних засобів зрошування тощо.

З Інгулецького магістрального каналу вода подається для Миколаївського облводгоспу на Якинську і Спаську зрошувальні системи (площі зрошення 50,2 тис.га та 10,4 тис. га відповідно) та поповнення Жовтневого водосховища (для водопостачання м. Миколаєва) [8]. За останній час забір води з річки Дніпро каналом Інгулецької зрошувальної системи значно зменшився (рис. 2.8), а динаміка об'ємів води, використаної на полив, має непостійний характер і залежить головним чином від низки кліматичних факторів, зокрема від кількості опадів.

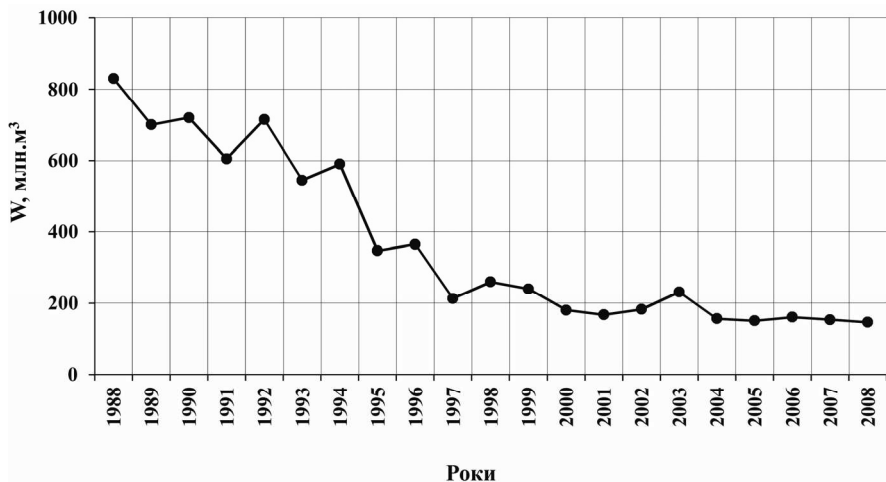


Рис. 2.8. Графік зміни обсягів забору води з р. Дніпро Інгулецьким магістральним каналом Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи за 1991-2008 рр., млн. м³/рік

До спорудження в пониззі Інгульця Головної насосної станції (ГНС) гирлова ділянка знаходилася майже постійно (за винятком періоду весняної повені) в підпорі зі сторони Дніпра, вода якого піднімалася на значну відстань (понад 70 км) вверх по руслу р. Інгулець. Внаслідок цього на вказаній ділянці мінералізація води послідовно зменшувалася вниз за течією річки; хімічний склад води знову змінювався на гідрокарбонатно-кальцієвий. Так, якщо біля м. Снігурівка (близько 80 км від гирла) мінералізація води Інгульця в 1951-1956 рр. досягала 1500-2000 мг/дм³, а інколи і більших величин, то біля с. Єлизаветградки (65 км вище гирла) вона зазвичай не перевищувала 1000 мг/дм³, а в гирлі – 300-500 мг/дм³. Лише інколи на початку паводку, коли з верхніх ділянок відбувався стік більш мінералізованої води, мінералізація води Інгульця на короткий час підвищувалася до 1000-1300 мг/дм³ (а інколи досягає понад 3000 мг/дм³) [129].

Після спорудження в 1957 р. Головної насосної станції (ГНС) на р. Інгулець вся ділянка від гирла до ГНС (80 км) перетворилась в «антирічку», по якій під час роботи ГНС у вегетаційний період (квітень – жовтень) дніпровська вода надходить до Інгулецького магістрального каналу. Внаслідок цього мінералізація води в нижній

течії р. Інгулець знижується до таких же незначних величин, що характерні для дніпровської води (200–400 мг/дм³), яка фактично превалює в цей час у пониззі Інгульця. Коли ГНС не працює (листопад – березень), то відбувається природне підвищення мінералізації води Інгульця, яке в результаті підпору з боку Дніпра не на стільки значне в пониззі Інгульця, як на вище розташованих ділянках [31, 39].

Функціонування пониззя Інгульця за схемою «антиріка»

Промивка р. Інгулець у 2010 р. (за схемою «антиріка»). На виконання доручення Кабінету Міністрів України від 04.11.2009 №1318-р «Про скидання надлишків зворотних вод у р. Інгулець», після завершення регламентованого скиду високомінералізованих вод, обсяг якого становив 11,3 млн.м³, Держводагентством України розроблено регламент промивки русла р. Інгулець з об'ємом води 180 млн.м³ (вартість електроенергії 35 млн.грн.).

На Міжвідомчій нараді при Держводагентстві України був схвалений розподіл дольової участі в оплаті за подану воду між підприємствами Кривбасу, Мінприроди, Держводагентства України, Кіровоградської ОДА, Дніпропетровської ОДА разом з Криворізькою міськрадою (за рахунок екологічних фондів та інших джерел фінансування). У червні підприємства Кривбасу та Держводагентство України вишукали можливість здійснити оплату електроенергії за подану воду у сумі 25 млн. грн. Ще 10 млн. грн. передбачалось за рахунок Дніпропетровської ОДА або інших джерел фінансування. Держводагентство України неодноразово зверталось до Мінприроди та Дніпропетровської ОДА щодо необхідності виділення коштів для забезпечення виконання регламенту екологічного оздоровлення р. Інгулець та водообміну у Карачунівському водосховищі, однак позитивного рішення не прийнято.

Враховуючи вищезазначену ситуацію, водогосподарськими організаціями Держводагентством України здійснено промивку русла р. Інгулець шляхом подачі дніпровської води каналом Дніпро – Інгулець через Карачунівське водосховище. Загальний об'єм подачі води становив 60 млн.м³, вартістю 17,6 млн.грн. профінансованою гірничо-рудними підприємствами Кривбасу. Скид з Карачунівського водосховища здійснювався з 19 квітня по 20 червня, витратами 10–20 м³/с. Загальний обсяг скиду води з водосховища становив 76,6 млн.м³.

У результаті промивки склад води за вмістом хлоридів у р. Інгулець досяг нормативної якості 300 мг/дм³ при нормі 350 мг/дм³ (табл. 2.7),

що дало можливість забезпечити своєчасну подачу води на зрошення у Миколаївській та Херсонській областях.

Таблиця 2.7

Вміст хлоридів та жорсткість води р. Інгулець в 2010 р.

Дата	Пункт	Хлориди, мг/дм ³		Жорсткість, мг.екв./дм ³		Подано води каналом, млн.м ³
		норма	факт	норма	факт	
15.04.10	Інгулецька ГНС	350	420	7	14	
	с. Андріївка	350	700	7	15	
06.05.10	Інгулецька ГНС	350	320	7	12	18,353
	с. Андріївка	350	300	7	12	
01.06.10	Інгулецька ГНС	350	310	7	12	40,334
	с. Андріївка	350	310	7	13	
22.06.10	Інгулецька ГНС	350	320	7	12	60,0
	с. Андріївка	350	320	7	14	
29.06.10	Інгулецька ГНС	350	360	7	13,0	
	с. Андріївка	350	780	7	17,0	
13.07.10	Інгулецька ГНС	350	450	7	14,0	
	с. Андріївка	350	840	7	16,0	
31.08.10	Інгулецька ГНС	350	750	7	14,5	-
	с. Андріївка	350	1120	7	20,0	

Разом з цим, після завершення скиду з Карачунівського водосховища, якість води у пониззі р. Інгулець почала погіршуватись. З метою подачі води нормативної якості на зрошення, Інгулецькою головною насосною станцією, як і у попередні роки подавалась дніпровська вода за схемою «антиріка». На ці цілі з державного бюджету на оплату витраченої електроенергії було направлено у 2010 р. близько 15 млн.грн.

Промивка р. Інгулець у 2011 р. (без застосування схеми «антиріка»). Згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України від 03.11.2010 № 2047-р з листопада 2010 р. до 28 лютого 2011 р. гірничорудними підприємствами Кривбасу здійснювався дозований скид 11,1 млн. м³ високомінералізованих стічних вод.

На виконання доручення Уряду, з метою покращення якості води в р. Інгулець та подачі води нормативної якості водокористувачам, Держводагентством України на 2011 р. було розроблено та затверджено

Регламент промивки русла р. Інгульця дніпровською водою через Карачунівське водосховище об'ємом 120-130 млн.м³.

Загальний об'єм поданої води у басейн Інгульця протягом вегетаційного періоду 2011 р. становив 121,8 млн.м³, а вартість заходу склала 39,9 млн.грн. Подачу 100 млн.м³ каналом Дніпро – Інгулець було профінансовано гірничо-рудними підприємствами Кривбасу (31,2 млн.грн.), 21,8 млн.м³ – Держводагентством України (8,7 млн.грн.).

Промивку р. Інгулець та її загальне екологічне оздоровлення, шляхом встановлення тривалих попусків води з Карачунівського водосховища з паралельним водообміном по каскаду водосховищ, було здійснено згідно з Регламентом з 17 квітня по 15 серпня витратами 10-20 м³/с. Загальний обсяг скиду води з Карачунівського водосховища склав 130,6 млн.м³.

Такі цілеспрямовані заходи дозволили значно покращити екологічну ситуацію в басейні і, зокрема, показники якості води у р. Інгулець за вмістом хлоридів (300-320 мг/дм³ при нормі 350 мг/дм³ та жорсткості протягом усього вегетаційного періоду (табл. 2.8), а також забезпечити вчасну подачу води нормативної якості на зрошення сільськогосподарських угідь у Миколаївській та Херсонській областях.

Таблиця 2.8

Вміст хлоридів та жорсткість води р. Інгулець в 2011 р.

Дата	Пункт	Хлориди, мг/дм ³		Жорсткість, мг.екв./дм ³		Подано води каналом, млн.м ³
		норма	факт	норма	факт	
14.04.11	Інгулецька ГНС	350	980	7	19,5	0,7
	с. Андріївка	350	850	7	16,0	
05.05.11	Інгулецька ГНС	350	300	7	13,0	19,8
	с. Андріївка	350	300	7	14,0	
02.06.11	Інгулецька ГНС	350	320	7	13,0	45,59
	с. Андріївка	350	316	7	13,0	
28.07.11	Інгулецька ГНС	350	310	7	13,0	96,8
	с. Андріївка	350	310	7	13,0	
16.08.11	Інгулецька ГНС	350	320	7	19,0	115,1
	с. Андріївка	350	290	7	11,0	
01.09.11	Інгулецька ГНС	350	340	7	14,0	121,793
	с. Андріївка	350	980	7	17,0	

Крім Інгулецької зрошувальної системи в межах басейну знаходиться ще низка меліоративних систем. Серед них вирізняється *Карачунівська*, яка ще в 70-х роках ХХ ст. зрошувала найбільшу площу земель на території України – 110 тис.га [112]. Інша зрошувальна система – *Криворізька* вирізняється тим, що для поливу застосовує біологічно і механічно очищені стічні води. Така технологія використання водних ресурсів є досить ефективною у запобіганні забруднення поверхневих вод [43].

На сьогоднішній день загальна площа зрошуваних земель в басейні р. Інгулець становить понад 80 тис. га, з яких у Кіровоградській області – 13,1 тис. га, Дніпропетровській – 25,3 тис.га, Миколаївській – 39,2 тис. га, Херсонській – 5,3 тис. га [34].

В результаті застосування на полях засобів захисту рослин (пестицидів), добрив (азотних, фосфорних, калійних тощо) та меліорантів (карбонати, сульфати, хлориди кальцію та магнію, сульфати заліза тощо) поверхневі і підземні джерела басейну р. Інгулець помітно відчувають вплив інтенсифікації землеробства. В середньому щорічно на сільгоспугіддя вноситься близько 100 кг/га азотних і фосфорних добрив (70 і 30 кг/га відповідно) та 1,1 кг/га пестицидів. Прояв забруднення агрохімічними засобами має сезонний характер, пік навантаження якого припадає, як правило, на період літньо-осінньої межени.

Хоча концентрація окремих компонентів, таких як пестициди, у воді не значна, проте вони є ксенобіотиками (чужими для природи) і наявність «слідів» цих агрохімічних засобів у будь-якій кількості в компонентах ландшафту є прямим показником антропогенного впливу [134].

На території Миколаївської та Херсонської областей існує декілька осередків забруднення підземних вод, на яких основною забруднювальною речовиною є нітрати. Вміст нітратів в зоні впливу цих осередків у підземних водах четвертинних і неогенових відкладів, де немає природного захисту водоносних горизонтів, коливається від 17 мг/дм³ до 200 мг/дм³ (ГДК – 45 мг/дм³), що спричинило, приміром, до нітратного забруднення підземних вод на групових водозаборах в м. Снігурівка та на інших ділянках [34].

За свідченнями жителів с. Іскрівка, в пригирловій ділянці р. Жовта (ліва притока р. Інгулець) щорічно (найчастіше в літній період) відбувається прямий скид залишків невикористаних об'ємів засобів захисту рослин у поверхневі джерела. Проте результати низки хімічних

аналізів жодних аномальних концентрацій специфічних забруднювальних речовин не зафіксували.

Для покращення стану гідроекосистеми р. Інгулець збудовано два потужні канали Дніпро – Інгулець та Дніпро – Кривий Ріг, які здійснюють додаткову подачу дніпровської води кращої якості [20].

Рибне господарство. Важливими користувачами ресурсів поверхневих вод басейну р. Інгулець є рибні господарства [92]. Рибу розводять переважно у водоймах типу річкових загат, балкових (Єрастівський став), копаних та наливних ставах [46].

В 1966 р. на території басейну був утворений досить потужний та продуктивний рибогосподарський комплекс, який включав найбільші водойми (Карачунівське, Південне, Зеленодольське, Кресівське, Миколаївське, Шолохівське та Макортівське водосховища), нагульні ставки та риборозплідник. У серпні 1999 р. рибгосп було перетворено на ВАТ «Криворіжрибсільгосп» [43].

Крім того, більшість ставків та водосховищ басейну р. Інгулець (зокрема Карачунівське та Олександрійське водосховища) мають важливе рекреаційне значення – тут знаходиться значна кількість баз відпочинку регіонального значення (в тому числі табори відпочинку для працівників виробничого комплексу Кривбасу та їх сімей) [62].

З точки зору перспектив розвитку рекреаційного та туристичного комплексу басейну Інгульця досить цікавими є результати досліджень В.Д. Натарова (1960 р.), які показали, що шахтні води Кривбасу можна використовувати в бальнеологічних цілях [104].

Водні ресурси р. Інгулець та її приток мають досить суттєві запаси гідроенергії. В 30-х роках XX ст. ефективно функціонувала Велико-Олександрівська гідроелектростанція [98]. Зараз енергія води в басейні р. Інгулець практично не використовується.

До 1917 р. р. Інгулець була однією з чотирьох середніх річок на території колишньої УРСР, де відбувалося регулярне судноплавство (середня та нижня течія) [75, 98]. До 60-х років річка була судноплавна лише на 109 км від гирла до с. Калінінського [112]. Ще в 70-х роках XIX сторіччя на р. Інгулець функціонував малотонажний флот [120]. У зв'язку зі значним зарегулюванням річкового стоку та будівництвом низки гідротехнічних споруд створились несприятливі умови для судноплавства. Зараз судноплавною є ділянка річки від с. Дар'івка до гирла Інгульця загальною довжиною 18 км [23].

Разом з тим, слід зазначити, що активна господарська діяльність в басейні р. Інгулець впливає на екологічний стан не лише гідроеко-

систем, а й інших компонентів природи – повітряний басейн, ґрунти, підземні води, ландшафти тощо [107], що вимагає комплексної реабілітації (rehabilitation [150]) реконструйованих територій.

Висновки. Особливості формування хімічного складу води Інгульця та його приток визначаються, у першу чергу, регіональними відмінностями природних умов території. Значна протяжність басейну з півночі на південь спричиняє помітні відмінності в кліматичних та геолого-гідрогеологічних особливостях. Згідно з фізико-географічним районуванням України територія басейну р. Інгулець знаходиться в межах двох фізико-географічних зон: крайня північна частина басейну розташована в лісостеповій зоні, решта території – в степовій, що характеризується недостатньою вологістю.

Кліматичні умови басейну р. Інгулець формуються під впливом складного комплексу як загальних, так і місцевих кліматоутворюючих факторів: сонячної радіації, циркуляції повітря, впливу поверхні землі. Опади для всієї території басейну пов'язані переважно з діяльністю циклонів, меншою мірою – з процесами внутрімасової конвекції. Протягом року в басейні р. Інгулець випадає близько 450 мм опадів. Найбільша кількість опадів випадає у червні, найменша – у лютому - березні та вересні - жовтні. Між періодами випадання опадів в теплу частину року часто спостерігаються тривалі періоди бездощів'я.

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

У геологічній будові центральної частини басейну переважають залізорудні формації криворізької серії нижнього протерозою. Це територія одного з найбільших у світі родовищ – Криворізького залізорудного басейну. Тому природний вміст у воді р. Інгулець у районі м. Кривий Ріг заліза, кадмію, інших металів значно вищий, ніж у річках, які протікають територіями, де відсутні поклади залізних руд.

Для поверхневих і підземних вод усього басейну характерною є висока мінералізація, обумовлена засоленістю лесів і червоно-бурих глин, що складають поверхню. Хімічний склад річкових вод визначається значним впливом морських третинних відкладів, збагачених солями NaCl і CaSO_4 , які становлять значну частину території басейну і дренуються водотоками.

Територія досліджень характеризується значним розвитком промисловості. В межах басейну р. Інгулець розміщені два потужні промислові осередки України: на півночі – Дніпровський буровугіль-

ний басейн (район м. Олександрія), у центральній частині – Криворізький залізрудний басейн.

Основними чинниками, що впливають на кількісні та якісні показники водних ресурсів басейну р. Інгулець є забори води та скиди промислових і господарсько-побутових стічних вод різної категорії якості. З точки зору галузевої структури водокористування основними водокористувачами в басейні р. Інгулець є промисловість, житлово-комунальне і сільське господарство. В адміністративно-територіальному відношенні значний забір води в басейні р. Інгулець здійснюється підприємствами Дніпропетровської та Миколаївської областей, значно менше – Кіровоградської та Херсонської. Всього в басейні р. Інгулець нараховується близько 230 зареєстрованих підзвітних водокористувачів.

Особливості водовідведення в промисловості пов'язані з проблемою утилізації високомінералізованих ($12-13 \text{ г/дм}^3$, а інколи $30-40 \text{ г/дм}^3$) вод, що відкачуються із надр шахт та кар'єрів. До 1960 р. промислові стічні води скидалися безпосередньо до річок Інгулець і Саксагань, що призвело до різкого погіршення їх екологічного стану. Сьогодні шахтні та кар'єрні води відводяться до спеціальних відстійників – хвостосховищ (або ставків-накопичувачів), де промислові стічні води змішуються з річковою (загальна мінералізація води при цьому у водоймах знижується до $5-20 \text{ г/дм}^3$) і використовуються в системах оборотного водопостачання підприємств. Проте, в зв'язку із систематичним переповненням хвостосховищ у міжвегетатійний період надлишки високомінералізованих промислових стічних вод об'ємом 70-90 млн. м^3 скидають до річок Інгулець та Саксагань (згідно регламенту).

Застаріла природоохоронна інфраструктура та обладнання на житлово-комунальних і промислових підприємствах призводить до частих аварійних ситуацій, що супроводжуються непередбачуваними та неконтрольованими скидами до річок неочищених стічних вод.

Незважаючи на напружену екологічну ситуацію в регіоні поверхневі води басейну р. Інгулець мають значний потенціал для розвитку рибного господарства, рекреаційно-туристичного комплексу (на окремих ділянках), гідроенергетики та річкового транспорту.

РОЗДІЛ 3

ГІДРОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАСЕЙНУ

Р. ІНГУЛЕЦЬ

Формування гідрологічного режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець залежить від особливостей поєднання та взаємодії складного комплексу природних та антропогенних чинників. Головними природними факторами, як уже зазначалось, є фізико-географічні, геологічні та гідрогеологічні. У сучасних умовах суттєвий вплив на зміну гідрологічних характеристик має господарська діяльність, особливо забір поверхневих і підземних вод, зарегульованість річок, скиди стічних вод, ураженість басейну екзогенними геологічними процесами, особливо під впливом залізрудних і вугільних розробок тощо.

Для детальнішої характеристики гідрологічних умов басейну р. Інгулець необхідно дослідити гідрографічні і морфометричні особливості, гідрологічний режим водотоків, що в класичному варіанті включає вивчення просторово-часових змін витрат і рівнів води, термічного режиму, твердого стоку та умов формування русла.

3.1. Гідрографія басейну

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

Річкова мережа басейну складається з р. Інгулець, 43 річок довжиною понад 10 км (кожна), 142 річок меншої довжини, а також великої кількості балок, які не мають постійного стоку води [21, 124]. Річка Інгулець та її притоки утворились у льодовиковий період, внаслідок активного танення льоду, що надійшов з північного сходу до Придніпровської височини [93].

Сумарна довжина малих річок складає 1992 км, з них довжиною менше 10 км – 879 км. Річкова мережа добре розвинена у верхній частині басейну, де знаходяться майже всі основні притоки. Саме у верхів'ї формується 80% сумарного стоку річки. Середня густота річкової мережі в досліджуваному басейні становить $0,18 \text{ км/км}^2$.

В гідрографічному відношенні р. Інгулець належить до басейну Дніпра і є його найнижчою правою притокою 1-го порядку. Довжина річки становить 549 км, а площа його басейну – 14870 км². Свій початок річка бере з заболоченої балки поблизу с. Топила Знам'янського району Кіровоградської області. Верхів'я р. Інгулець до с. Диківка має вигляд каскаду ставків і заболочених водойм. До м. Олександрія річка в'ється стрічкою, потім ширшає [43, 90]. Прямуючи Дніпропетровською, Миколаївською та Херсонською областями р. Інгулець впадає в р. Дніпро на 46 км від його гирла. При впадінні від с. Тарасівка річка утворює Інгулецький (Нікольський) лиман, розділяючись на два рукави, з яких лівий має довжину 1,5 км, а правий 0,9 км.

Русло річки до ст. Цибулеве пряме, нижче – звивисте. Русло переважно нерозгалужене, у верхів'ях вузьке, у середній течії шириною 20-30 м, порожисте. Глибина на перекатах становить 0,2-0,6 м, на плесах – до 5 м. Швидкість течії річки у межень біля м. Кривий Ріг незначна, на перекатах – 0,2-0,5 м/с. Похил річки змінюється від 1,2 м/км у верхів'ї до 0,37 м/км у пониззі [28].

При розробці Скелеватського родовища магнетитових кварцитів Кривбасу (Південний гірничо-збагачувальний комбінат) русло р. Інгулець було перенесено на схід від родовища [93].

Долина річки переважно трапецієподібна, в нижній течії на окремих ділянках ящикоподібна. До м. Кривий Ріг вона порівняно вузька, шириною 1,0-1,5 км, нижче, перетинаючи область осадових відкладів, розширюється до 2,5-3,5 км. Схили висотою 20-40 м, переважно помірно круті та круті, на окремих ділянках пологі, в місцях відслонення кристалічних гірських порід скелясті, нижче м. Кривий Ріг подекуди відслонюються вапняки. Плогі схили розорані, більш круті використовуються як пасовища. Заплава звичайно двостороння, нижче м. Кривий Ріг – частіше одностороння, то правобережна, то лівобережна. Переважаюча її ширина становить 0,5-0,6 км, подекуди вона розширюється до 2,3 км, інколи відсутня. Складена вона піщаними та піщано-глинистими алювіальними відкладами з прошарками гравелістого та уламкового матеріалу. Рослинність лучна та чагарникова; найнижчі ділянки заплави заболочені. У населених пунктах заплава розорана під городи.

3.1.1. Основні притоки р. Інгулець

Серед приток р. Інгулець найбільшими є річки Жовта, Бокова з притокою Боковенька, Саксагань та Висунь (Вісунь) [83, 116, 128].

Порівняльна характеристика гідрографічних показників основних річок басейну р. Інгулець наведено в табл. 3.1 [110].

Таблиця 3.1

Гідрографічні характеристики основних річок басейну р. Інгулець

№ з/п	Річка	Куди впадає (зліва/зправа)	Довжина, км	Площа водозбору, км ²	Ширина русла, м	Ширина заплави, м	Похил, м/км
1	р. Інгулець	р. Дніпро (зправа)	549	14870	25	1500	1,2-0,37
2	р. Жовта	р. Інгулець (зліва)	58	490		150	1,6
3	р. Саксагань	р. Інгулець (зліва)	144	2025	10	400	1,5
4	р. Бокова	р. Інгулець (зправа) (Карачунівське вдсх)	72	1320	10	250	1,5
5	р. Боковенька	р. Бокова (зліва)	61	645	15	150	1,6
6	р. Висунь	р. Інгулець (зправа)	196	2670	20	200	0,9

Річка Жовта – ліва притока р. Інгулець. Свою назву отримала за рахунок значного природного вмісту заліза у воді, що час від часу надає річці бурого відтінку. Довжина р. Жовтої становить 58 км, а площа басейну – 490 км². Бере початок поблизу с. Михайлівки Олександрійського району Кіровоградської області. Долина річки трапеціє-подібна шириною до 2,5 км, русло – помірно звивисте, часто меандруюче. Коефіцієнт звивистості становить близько 1,26, середній похил –1,6 м/км. Заплава річки широка, місцями сягає до 0,4-0,6 км, влітку густо заростає очеретом. Живлення переважно снігове та дощове. Льодовий покрив нестійкий, з грудня до березня; в окремі зими його не буває. Стік частково зарегульований ставками. Воду використовують для сільськогосподарського водопостачання та зрошування. На р. Жовта знаходиться м. Жовті Води [28, 43].

Річка Саксагань – найбільша ліва притока р. Інгулець, бере початок у місці виходу ґрунтових вод на захід від с. Адалимівка

Криничанського району Дніпропетровської області на висоті 150 м над рівнем моря. Довжина р. Саксагань становить 144 км, площа басейну – 2025 км². Басейн річки нагадує витягнутий, майже рівнобедрений трикутник, вершина якого знаходиться в гирлі річки, а основа біля витоку. Довжина басейну становить 90 км, середня ширина – 23 км, довжина вододільної лінії – близько 250 км.

Річкова мережа басейну р. Саксагань помірно розвинута і складається з 10 річок довжиною понад 10 км кожна, 29 річок менших 10 км, що мають відносно постійну течію та близько 100 незначних, як правило сухих балок, що мають поверхневий стік під час весняного сніготанення і літніх злив. Основні притоки – р. Лозоватка та р. Демурина. Природних озер в басейні нема, але штучні водосховища і ставки мають площу водної поверхні 24 км², в тому числі Кресівське водосховище 5 км² і Макортівське – 12 км² [28, 101].

У місцях, де річка заважала видобутку корисних копалин, її русло відвели по «новому руслу». Така діяльність називається «гідрологічним геоцидом». Так у 1908 р. під час льодоходу по р. Саксагань була зруйнована дамба і затоплено кар'єр, що розробляв Тарапаківський пласт (нинішній Центрально-міський район, парк ім. газети «Правда»). Тому річку відвели по штучному руслу, а на місці природного річища на палях збудували жилі будинки. У районі гірничих відводів рудників ім. Кірова та ім. Держинського р. Саксагань направлена в підземні тунелі – канал №2 та №1. Підземне русло перетворило річку на низку окремих замулених ставків [93].

Тому р. Саксагань на даний час впадає в р. Інгулець у Центральному районі м. Кривий Ріг після виходу з підземного п'ятикілометрового колектора, який знаходиться на ділянці шахта "Саксагань"–Чорногорка.

Долина річки пряма, до впадіння р. Демурина переважно неясно вираженої V-подібної форми, нижче – трапецієподібна і тільки в місцях, де річка прорізає сильно дислокований комплекс криворізької метаморфічної серії, вона V-подібна. Ширина долини змінюється від 0,6 км біля витоку до 4,5 км нижче с. Сергіївка, частіше всього досягаючи 1,5-2,5 км. Схили переважно опуклі, висотою 30-40 м, помірно круті. До с. Варварівка і нижче с. Божедарівка схили слабо розчленовані, далі – сильно розчленовані. Складені вони глинистими і пілуват-важкосуглинистими ґрунтами, часто відслонюються гірські кристалічні породи і тільки в с. Саївка – вапняки.

Схили здебільшого відкриті, у місцях де є виходи кристалічних

порід - відслонені; пологісті і помірно круті схили розорані, круті - порослі травою. У середній та нижній течії схили, в основному лівий, терасовані. Першу надзаплавну терасу з висотою уступу 4-6 м після спорудження Макортівського водосховища в багатьох населених пунктах затоплено.

Русло р. Саксагань нерозгалужене, до с. Варварівка слабо звивисте, нижче – звивисте. У місцях, де річка огинає кристалічні породи, утворилося велика кількість закрутів, найбільшими з яких є Кресівський, Октябрський, Шмаківський і Мудреній.

У верхній і середній течії русло в багатьох місцях слабо врізане в дно долини, на значній протяжності воно пересохле, має вигляд чергування плес з мілководними ділянками і поросле водною рослинністю. Переважна ширина річки на плесах 20-40 м, глибина – 2,0-3,0 м; на перекатах русло звужується до 5-10 м, а глибина зменшується до 0,5-1,0 м. Найбільшу ширину – 600 м річка має у верхньому б'єфі Кресівського водосховища біля с. Соколівка, тут же і найбільша глибина. Річка має переважно снігове живлення; дощові і ґрунтові води відіграють другорядну роль. Швидкість течії незначна; максимальна – 0,4 м/с спостерігається в нижній течії річки.

У верхній і нижній течії річка перегороджена греблями. Дно переважно нерівне, на плесах мулисте, грузьке, на перекатах – піщано-мулисте або кам'янисте, тверде [28, 43].

З 1934 р. на локальних ділянках почали зменшуватися площі басейну річок Інгулець та Саксагань внаслідок формування зон обвалів над підземними вирубками [93].

Річка Бокова – є правою притокою р. Інгулець (впадає до Карачунівського водосховища) і за морфометричними параметрами відноситься до типових малих річок України. Довжина її становить 72 км, а площа водозбору – 1320 км². Річка Бокова бере початок біля с. Варварівки Долинського району Кіровоградської області на висотних відмітках близько 155 м, а закінчується на висоті 59 м; загальний похил річки становить 1,5 м/км.

Долина річки трапецієподібна, завширшки 1-2 км, заплава відносно неширока – до 0,2 км. Русло у верхів'ї досить звивисте ($k=1,59$) і характеризується шириною до 10 м та середньою глибиною до 2 м. Живлення р. Бокова, як і для багатьох річок цієї фізико-географічної зони, переважно снігове та дощове. Льодостав нестійкий і триває з грудня до березня. У пониззі річка зарегульована ставками. Має одну значну притоку – р. Боковеньку [28, 43].

Річка Боковенька – ліва притока р. Бокова, права притока р. Інгулець другого порядку. Довжина річки становить 61 км, а площа басейну - 645 км². Бере початок біля с. Василівка Долинського району Кіровоградської області. Річкова долина Боковеньки переважно трапецієподібна, завширшки до 1 км. Русло пряме, шириною 10-15 м і глибиною до 2,5-4 м. Коефіцієнт звивистості річки становить 1,81; а середній похил – близько 1,6 м/км. Основна притока Боковеньки – р. Очеретна. Живлення цих річок переважно снігове та дощове. Льодостав встановлюється з грудня до березня. Річка зарегульована ставками, у пониззі знаходиться Христофорівське водосховище [28, 43].

Річка Висунь (Вісунь) – найбільша права притока р. Інгулець. Довжина її становить 196 км, площа басейну – 2670 км². Висунь бере свій початок поблизу с. Вишневого Арбузинського району Миколаївської області в межах Причорноморської низовини. Долина річки досить широка (до 3 км), у верхів'ї симетрична, у нижній течії – терасована, асиметрична. Річкове русло у верхній течії переважно пряме, у нижній ділянці басейну має звивистий характер. Ширина русла сягає до 20 м, а середня глибина коливається від 0,8 до 1,5 м. Похил річки незначний - 0,9 м/км. Живлення р. Висунь переважно снігове. Льодостав на річці встановлюється з грудня до березня. Висунь зарегульована численними ставками та невеликими водосховищами. Впадає до р. Інгулець поблизу с. Павло-Мар'янівка Снігурівського району Херсонської області біля залізничного моста [28, 43].

За останні 10 років внаслідок зменшення інтенсивності впровадження та проведення програм з екологічного оздоровлення малих та середніх водотоків на багатьох річках спостерігається інтенсивне замулення та заростання русел. В донних відкладах водосховищ, ставків та річок сконцентровано значна кількість забруднювальних речовин, які є вторинним джерелом забруднення поверхневих вод. Крім того переформування річкових русел внаслідок інтенсивного осадконакопичення сприяє обмілінню річок, що впливає, в першу чергу, на інтенсифікацію процесів евтрофікації та погіршення кисневого режиму. Тому для забезпечення нормального функціонування екосистем слід періодично проводити механізовані розчистки та регулювання водного режиму найбільш замулених ділянок річкових русел [74]. Це стосується, насамперед, р. Жовтої (Петрівський район Кіровоградської області), р. Інгулець (в межах Високопільського району) та р. Висунь (близько 40 км в Березнегуватському районі Миколаївської області).

3.1.2. Канали

Особливою складовою гідрографічної мережі басейну р. Інгулець (як зазначалося в розділі 2) є низка каналів, з функціонуванням яких пов'язана подача дніпровської води кращої якості (Інгулецький магістральний зрошувальний канал, канали Дніпро – Інгулець та Дніпро – Кривий Ріг), та каналів, що подають воду для потреб промисловості.

Канал Дніпро - Інгулець – це найбільша гідротехнічна споруда, яка призначена для вирішення проблеми екологічного оздоровлення р. Інгулець на державному рівні. Будівництво каналу розпочалося у 1979 р., а введення в експлуатацію відбулося у 1988 р. з продуктивністю подачі води $45 \text{ м}^3/\text{с}$.

Траса каналу простягається від Цибульниківської затоки Кременчуцького водосховища на Дніпрі до Олександрійського (Войнівського) водосховища на р. Інгулець. Загальна довжина каналу сягає 39,5 км. Трасу поділено на 5 ділянок, всі вони мають трапецієподібний профіль (ширина по дну 8 м), крім Березівської (ширина по дну 12-16 м) та Костянтинівської (профіль якої прямокутний, завширшки 8-9 м) ділянок. Протифільтраційне облицювання виконане на ділянці завдовжки 10,7 км, на всіх інших ділянках каналу дно закладене нижче рівня ґрунтових вод.

До основних гідротехнічних споруд каналу належать дві насосні станції – головна та станція другого підйому (продуктивність кожної $51 \text{ м}^3/\text{с}$). До головної станції вода надходить по каналу завдовжки 4,5 км. Головна насосна станція підіймає воду на 45,0 м до водовипускної споруди. Далі вона самопливом тече відкритим трапецієподібним штучним руслом, через перший тунель, транзитне Склівське водосховище (об'ємом $1,1 \text{ млн. м}^3$), другий тунель, і знову руслом до насосної станції другого підйому. Далі вода підіймається на висоту 10,5 м і знову самопливом тече по руслу через сім перепадів до швидкотоку, а звідти руслом – до р. Інгулець.

Режим роботи каналу значною мірою залежить від наповнення існуючого на р. Інгулець Карачунівського водосховища, яке є регулятором її багаторічного стоку. В багатоводні роки, коли власних водних ресурсів достатньо для забезпечення різних галузей господарства в межах басейну Інгульця, подача дніпровської води через даний канал не проводиться.

Загальний об'єм води на санітарні попуски каналом в р. Інгулець, згідно проекту, становить $200 \text{ млн. м}^3/\text{рік}$. Проте, фактична подача

щорічно визначається відповідною Програмою на підставі рішення міжвідомчої комісії з промивки р. Інгулець. В останні роки через канал до р. Інгулець подається дніпровська вода в об'ємі близько 30-60 млн.м³/рік. Динаміку об'ємів забору води з р. Дніпро каналом Дніпро-Інгулець за 1991-2008 рр. наведено на рис. 3.1.

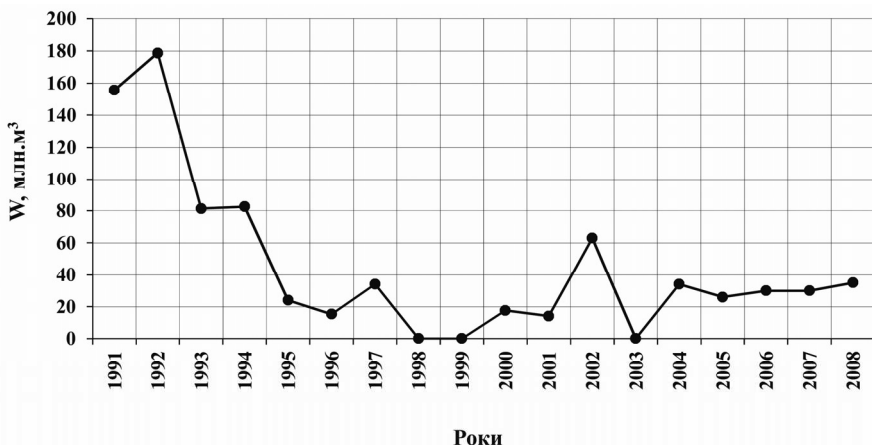


Рис. 3.1. Графік зміни об'ємів забору води з р. Дніпро каналом Дніпро - Інгулець за 1991-2008 рр., млн.м³/рік

Агрегати насосних станцій для перекачування води вмикають, як правило, в період кінець березня – початок квітня. В 2002 р. запаси води у Карачунівському водосховищі вичерпались до критичного рівня і канал задіяли для перерозподілу стоку в зимовий період.

За звичайних умов впродовж кількох днів подача води відбувається на пониженому рівні для перевірки агрегатів. Згодом насоси переводять на підвищену потужність – 16 м³/с і більше. В такому режимі канал працює впродовж всього попередньо визначеного періоду (як правило один-два місяці). Після закінчення подачі води визначеного об'єму насосні агрегати вимикаються до наступного року.

Перекидання Дніпровської води в р. Інгулець проводиться з метою обводнення та оздоровлення головної водної артерії, а також допомагає забезпечувати водою Кіровоградський та Криворізький промислові райони і сільськогосподарські угіддя Кіровоградської, Дніпропетровської та Миколаївської областей.

Середні багаторічні показники хімічного складу води, що надходить з Кременчуцького водосховища до р. Інгулець характери-

зуються низькою загальною мінералізацією (290 мг/дм^3), низьким вмістом хлоридів (24 мг/дм^3) та сульфатів (близько 40 мг/дм^3).

Канал Дніпро - Кривий Ріг – канал у Дніпропетровській області призначений для водопостачання Криворізького промислового району та зрошування прилеглих сільгоспугідь. Споруджений 1957-1961 рр., у 1975-1979 рр. реконструйований. В даний час належить до відомства ДПП «Кривбаспромводопостачання».

Канал починається з Мар'янської затоки Каховського водосховища, проходить поблизу м. Апостолове і закінчується резервним Південним водосховищем (об'ємом $57,3 \text{ млн. м}^3$). З водосховища вода подається у систему Криворізького водопроводу та по відкритому каналу №33 передбачена подальша подача води у Кресівське водосховище на р. Саксагань.

Загальна довжина каналу Дніпро-Кривий Ріг складає 41,3 км. Вода по трасі каналу подається на висоту 83,8 м за допомогою 3 насосних станцій, максимальна продуктивність яких становить відповідно $44 \text{ м}^3/\text{с}$, $52 \text{ м}^3/\text{с}$ та $33 \text{ м}^3/\text{с}$. Пропускна здатність каналу взимку $26,5 \text{ м}^3/\text{с}$, влітку – $44 \text{ м}^3/\text{с}$.

Магістральна частина каналу має полігональний поперечний переріз, ширина його по дну 4 м. Глибина води в каналі 3,6-4,25 м. У зоні коливання рівнів води стінки каналу вкриті шаром щебеню для захисту від розмиву. Загальний об'єм води, що надходить по каналу Дніпро-Кривий Ріг для потреб господарсько-питного і технічного водопостачання, становить 929 млн. м^3 , для зрошення – 93 млн. м^3 на рік [28].

Згідно інформації провідних спеціалістів ДПП «Кривбаспромводопостачання» в сучасних умовах надходження дніпровських вод по каналу значно вверх по р. Інгулець практично відсутнє. Це пов'язано зі значними затратами на електроенергію. За останні 8 років транспортування води каналом до р. Саксагань відбулося лише один раз з метою розбавлення стічних вод і проводилось за кошти підприємств-забруднювачів.

Як показують дослідження, на екологічний стан поверхневих вод басейну р. Інгулець позитивно впливає перекачка дніпровської води по каналу Дніпро-Інгулець. Існує чітка залежність між об'ємом дніпровських вод та мінералізацією води в Карачунівському водосховищі. Останнім часом спостерігається зменшення обсягів подачі дніпровської води і разом з тим фіксується погіршення гідроекологічного стану р. Інгулець в середній та нижній течії. Тому

для екологічної реабілітації водного середовища слід повернутись до проектних потужностей каналу Дніпро – Інгулець і забезпечити безперервну подачу дніпровської води об'ємом 120 млн. м³ на рік.

3.1.3. Водойми

В середині 50-х років ХХ ст. виникла нова форма перетворення гідрографічної мережі басейну р. Інгулець внаслідок будівництва штучних водойм. Це призвело до зміни гідрологічного режиму річок, зміни гідрографічного малюнка басейну та морфометричних параметрів річок, а інколи до їх повного знищення (затоплення частини річкових долин і зникнення русел, затоплення заплави, першої надзаплавної тераси).

Водосховища. Зараз стік р. Інгулець зарегульований на 80 % існуючими водосховищами – Олександрійським (Войнівським), Іскрівським та Карачунівським. Крім того, в басейні розміщена велика кількість невеликих водосховищ і ставків (близько 749), загальною площею 22,8 км² [34].

Вплив водосховищ на гідрохімічні характеристики річкових вод має подвійний характер. З одного боку під впливом ставків і водосховищ величина річкового стоку, в цілому за рік, зменшується через додаткове випаровування. При цьому, збільшується концентрація солей у воді і якість її погіршується. У весняний та літній періоди за рахунок малої проточності водойм підвищується кольоровість води, каламутність, різко збільшується кількість фітопланктону, зростає індекс бактерій групи кишкової палички та вірусне забруднення.

З іншого боку, Олександрійське, Іскрівське та Карачунівське водосховища є транспортним коридором та акумулятором дніпровських вод, що надходять переважно у весняний період по каналу Дніпро – Інгулець. Закумульована у цих водоймах вода використовується для забезпечення різних потреб (зокрема господарсько-питного водопостачання) водними ресурсами необхідної кількості і відповідної якості, а також для весняної промивки р. Інгулець під час скиду кар'єрних, шахтних і стічних вод Кривбасу. Основні характеристики найбільших водосховищ в басейні р. Інгулець наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Основні характеристики найбільших водосховищ в басейні р. Інгулець

№ п/п	Назва водосховища	Річка	Рік введення об'єкта в експлуатацію	Середня глибина, м	Довжина, км	Ширина, км	Площа водного дзеркала, га	Об'єм, млн. м ³	Рівень води, абс. відм., м
1	Диківське	р. Інгулець	-	-	-	-	194	3,58	-
2	Олександрійське (Войнівське)	р. Інгулець	-	-	-	-	12,3	5,66	93,5
3	Іскрівське	р. Інгулець	1958	3,67	35	1,7	1120	40,7	75,0
4	Карачунівське	р. Інгулець	1938	6,88	35,0	5,3-1,3	4480	308,5	59,0
5	Макортівське	р. Саксагань	1958	4,35	57	0,35	1330	57,88	81,1
6	Кресівське	р. Саксагань	-	-	-	-	520	10,22	50,4
7	Дзержинське	р. Саксагань	1957	3,0	1,0	1,0-0,37	160	1,11	41,0
8	Христофорівське	р. Боковенька	-	-	-	-	225	-	-

На малих річках більшість ставків побудовано без необхідної проектної документації. Надмірне зарегулювання стоку призводить до замулення русел малих рік, зменшенню необхідних екологічних витрат, погіршенню санітарно-епідеміологічної ситуації.

Хвостосховища. Ще один тип водойм, що характерний для басейну р. Інгулець – хвостосховища. Це типові техногенні водні об'єкти, які використовуються для зберігання рідких відходів промислового виробництва (див. розділ 2). Хвостосховища в межах досліджуваного басейну розміщені переважно в межах Криворізького ТВК. Їх вплив на річкові води полягає у фільтрації забруднювальних речовин в підземні горизонти з подальшою міграцією до поверхневих джерел [13, 34, 40, 93, 141].

В процесі видобутку і переробки залізних руд за понад 100 років накопичено значні об'єми розкритих порід у відвалах і відходів збагачення (хвостів) у хвостосховищах. Хвости - це відходи збагачення корисних копалин, в яких вміст цінного компонента звичайно менший, ніж у вихідній сировині, оскільки в них переважають частки пустої породи.

Як показують дослідження ІГН НАН України, хвости збагачення криворізьких гірничо-збагачувальних комбінатів (близько 2,6 млрд.м³) вміщують вісмут, стронцій, нікель, титан, германій, скандій, ванадій, уран, золото, срібло. Прогнозні запаси металів у хвостосховищах криворізьких гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК) можуть становити: срібла – 9700 т, золота – 2600 т, ванадію – 500000 т, германію – 33000 т, вольфраму – 16000 т, заліза – 452 млн. т. Тому в перспективі, можливо, відходи стануть ефективно використовувати для отримання чорних, кольорових та рідкісних металів і нерудної мінеральної сировини [26]. Загальний об'єм відходів у шести хвостосховищах ГЗК Кривбасу, за різними оцінками, складає від 4 до 6 млрд. т. твердої фракції.

Всі хвостосховища Кривбасу належать до комбінованих рівнинно-балкових. За способом спорудження вони спочатку мали характерні риси хвостосховищ гребельного типу, але останнім часом у зв'язку з переповненням і нарощуванням гребель набули ознак хвостосховищ поступової надбудови. В залежності від рельєфу місцевості хвостосховища Кривбасу відносять до комбінованих рівнинно-балкового типу.

Виключенням є хвостосховище Інгулецького ГЗК, яке відноситься до рівнинного типу. Всі хвостосховища мають перший клас

капітальності будівництва, тобто відносяться до особливо відповідальних гідротехнічних споруд.

Заповнення хвостосховищ усіх ГЗК Кривбасу відходами збагачення (так званими, лежалими хвостами) виконується за допомогою пульпопроводів, по яких відходи збагачення (так звані, текучі хвости) транспортуються об'єднаним потоком з усієї збагачувальної фабрики. Текучі хвости мають вигляд суспензій моно-, бі- та полімінеральних частинок у воді з вмістом твердої фракції 4–6 мас. %. Переважаючий розмір часток коливається від 0,001 мм до 3–5 мм.

Мінералогічні дослідження дозволили виявити низку загальних закономірностей у зміні мінерального складу хвостів. В цілому, для родовищ Криворізького ТВК цей склад, головним чином, залежить від мінерального складу, кількості і просторових співвідношень в рудах кристалів магнетиту, залізної слюди та інших мінеральних фаз, ступеню розкриття магнетиту і залізної слюди та інших показників, які тісно пов'язані з мінералогічними показниками руд відповідних родовищ. Значну роль відіграє також ефективність роботи збагачувального обладнання.

В Петрівському районі знаходиться досить небезпечний з екологічної точки зору об'єкт – хвостосховище гідрометалургійного заводу ДП «Східний гірничо-збагачувальний комбінат» (СхідГЗК), яке розташоване в балці Щербаківська. Хвостосховище СхідГЗК – техногенна водойма призначена для прийняття і освітлення пульпи, що утворюється при переробці урановмісної гірничої маси за схемою сірчано-кислотного вилуговування.

Хвостосховище СхідГЗК у балці Щербаківська вміщує:

- залишки збагачення (в тому числі шлам та хвости) і брикетування уранових і торієвих руд (IV клас безпеки); шламоподібні, помірно небезпечні відходи шламу миття автотранспорту (III клас безпеки);

- шламоподібні помірно небезпечні відходи шламу гідрооксидів кольорових металів (осад очисних споруд гальванічного виробництва, що містить оксиди кольорових важких металів; шлами гальванічні, які отримано в процесі електрокоагуляційного очищення та при використанні залізовмісних реагентів; шлам, що містить нікель, який утворюється в процесі нікелювання) (III клас безпеки). Спектр радіоактивних речовин у твердій фазі хвостів, яких наповнюють хвостосховище, має такий вигляд: Ra^{226} , To^{230} , Pb^{210} , Po^{210} , U.

Основні характеристики найбільших хвостосховищ в басейні р. Інгулець наведено в табл. 3.3.

Таблиця. 3.3

**Основні характеристики найбільших хвостосховищ гірничо-збагачувальних комбінатів в басейні
р. Інгулець**

№ п/п	Назва об'єкта	Відомча приналежність	Рік введення в експлуатацію	Довжина, км	Ширина, км	Площа, га	Об'єм, млн. м ³	Рівень води, абс. відм., м	Середня мінералізація води, г/дм ³
1	Хвостосховище Войкове	ВАТ «Південний ГЗК»	1977	2,5	1,5	203,9	169,2	129,5	12,3
2	Хвостосховище у балці Грушевата	ВАТ «Південний ГЗК»	1974	1,5	0,6	203,0	22,0	68,5	8,9
3	Хвостосховище Миролюбівське	ГЗК металургійного комбінату «АрселорМіттал Кривий Ріг»	1976	3,4	1,0	236,3	124,8	123,3	14,3
4	Хвостосховище Об'єднане	ВАТ «Південний ГЗК», ГЗК КДГМК «АрселорМіттал Кривий Ріг»	1964	4,4	1,5	297,8 229,1	175,25 146,75	132,2	12,1
5	Став-накопичувач у балці Свистунова	Підприємство Кривбаспахто- закриття	1975	2,79	0,6	134,4	7,51	85,48	32,7
6	Хвостосховище ІнГЗК	ВАТ «Інгулецький ГЗК»	1965	2,5	2,2	353,0	431,2	122,0	4,2
7	Хвостосховище у балці Щербаківська	Гідрометалургійний завод «Схід ГЗК»	1958	-	-	614,94	40,7	138,3	-

Накопичення шахтних вод в шламосховищах не вирішує проблему їхньої утилізації, оскільки в міру наповнення об'єму хвостосховища щорічно відбувається спуск цих вод до р. Інгулець взимку. При цьому, не виключена можливість аварійного скиду накопичених вод внаслідок руйнування дамб, або з інших причин. Так, у 1987 р. відбувся прорив 30 млн. м³ шахтних вод з хвостосховища у балці Свистунова через карстові пустоти в р. Інгулець [82].

Цікавим явищем перебудови природної гідрологічної структури Кривбасу – є поява **природно-техногенних озер**. Такі озера виникли самостійно – в западинах кар'єрів (у Жовтневому гранітному, залізорудному №1 Новокриворізькому ГЗК, кар'єрі Візирка) внаслідок накопичення атмосферних опадів, талих снігових вод і, частково, підземних вод. Причому, озеро Жовтневого гранітного кар'єру вже зараз використовується місцевим населенням в рекреаційних цілях – для купання і відпочинку

Ще одне природно-техногенне озеро утворилося в провальній котловині рудуправління ім. Р. Люксембург (район селища Краматорівка). Тут бортові зсуви суглинків і глин зумовили появу западин з водотривким дном, яка згодом заповнилася атмосферними водами [93].

В гирловій частині р. Інгулець знаходиться ще один вид водойм - Інгулецький (Нікольський) **лиман**. Це заплавне озеро у Білозерському районі Херсонської області, розташоване за 3 км від гирла р. Інгулець, з яким сполучається протоками. Довжина лиману становить 3,1 км, ширина 0,8 км, площа дзеркала 2,16 км², пересічна глибина 1 м, максимальна – 3 м. Улоговина озера має овальну форму. Береги високі, круті; є невеликі острови. Живиться переважно за рахунок водообміну з Інгульцем. Дно вкрите шаром темно-сірого мулу завтовшки до 1 м та черепашкою.

3.2. Особливості гідрологічного режиму

Басейн р. Інгулець знаходиться на території двох гідрологічних районів – Нижньодніпровського (північна частина басейну) та Причорноморського (південна частина). Межа між цими гідрологічними районами проходить приблизно по кордону Українського кристалічного щита з Причорноморською низовиною [120]. В період мінімального стоку річкові води Інгульця відносяться до хлоридно-сульфатних, натрієво-кальцієво-магнієвих вод [137].

Водний режим р. Інгулець типовий для рівнинних річок півдня

України і зумовлюється кліматичними, гідрогеологічними, орографічними характеристиками та ступенем зарегульованості водотоку [38, 67].

Основна область живлення річки розташована у верхній частині басейну, що межує з Лісостеповою зоною. У весняний та значною мірою у зимовий періоди річка та її притоки живляться за рахунок талих вод [48]. В інші періоди року річковий стік підтримується притоком підземних вод та частково дощовими опадами. Оскільки частка підземного стоку є незначною (10-20% від поверхневого), багато невеликих річок басейну чи окремі їх ділянки в посушливі роки пересихають на період від кількох днів до 6-8 місяців і більше; в зимовий період характерним є їх промерзання тривалістю до кількох місяців [34].

Спостереження за стоком води виконувалися в м. Кривий Ріг (з 1936 р.), що розташований в 252 км від гирла Інгульця. В раніше розміщених нижче гідростворах спостереження припинені. Використання цих даних для аналізу водного режиму гирлової ділянки р. Дніпро, в яку впадає Інгулець, не є можливим, оскільки в період вегетації по р. Інгулець подається вода з р. Дніпро в Інгулецьку зрошувальну систему (утворюється «антирічка»). Для визначення внеску р. Інгулець в режим стоку власної гирлової ділянки необхідно проводити спеціальні дослідження [52].

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

Максимальні весняні витрати води р. Інгулець по гідропосту в м. Кривий Ріг в багатоводні роки досягають $180 \text{ м}^3/\text{с}$, в маловодні – $25 \text{ м}^3/\text{с}$. В решту частину року витрати води досить незначні, а в серпні та вересні (в маловодні роки також в липні) вони падають до нуля. За багаторічними даними, середньорічні витрати води складають в середній за водністю рік $11 \text{ м}^3/\text{с}$ (або близько $0,3 \text{ км}^3$ в рік, що складає 0,6% стоку р. Дніпро) в багатоводний рік – $19 \text{ м}^3/\text{с}$ і в маловодний – $3 \text{ м}^3/\text{с}$ [30].

Багаторічна динаміка середньорічних витрат води р. Інгулець по гідропосту в м. Кривий Ріг наведено на рис. 3.2.

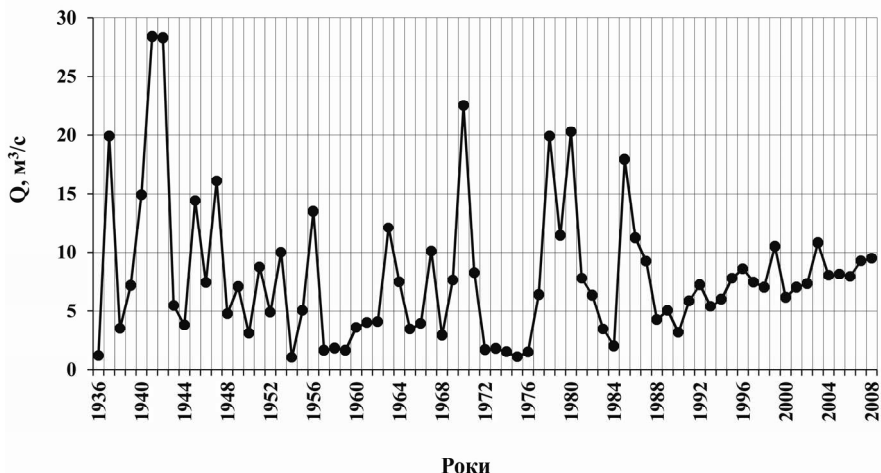


Рис. 3.2. Багаторічна динаміка середньорічних витрат води р. Інгулець в м. Кривий Ріг, м³/с

Південна частина басейну, що знаходиться в межах Нижнього Придніпров'я, характеризується недостатнім зволоженням; кількість талих вод в регіоні відносно мала, дощі випадають рідко, а перерви між ними досить тривалі. У формуванні поверхневих вод тут бере участь лише 5-20 мм опадів, а підземних – 0-4 мм.

Як показують результати досліджень [82] природний річковий стік р. Інгулець складає лише 25-50% від загального річного стоку.

Сучасний водний режим поверхневих вод басейну р. Інгулець порушений господарською діяльністю та роботою цілого ряду гребель, зокрема греблі водосховища Криворізької районної електростанції на р. Саксагань, кам'яно-земляної греблі з водозливом в 0,66 км вище гідрологічного поста м. Кривий Ріг, низкою ставків та водосховищ, забором води на зрошення, водопостачання, а також скиданням шахтних та кар'єрних вод через каналізоване русло р. Саксагань і через балки, які прилягають до р. Інгулець [34]. Внаслідок господарської діяльності середній стік у верхній частині р. Інгулець збільшився на 130%, в нижній – на 29% [27].

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

Значний стік весняної повені утворюється у дружні та пізні весни

внаслідок інтенсивного танення значних снігозапасів чи випадання дощових опадів, які накладаються на основну хвилю талих вод [89]. Середні дати настання весняної повені на р. Інгулець припадають на останні числа лютого – перші числа березня. Пік повені припадає на другу декаду березня. Весняна повінь звичайно проходить одним піком, рідко розчленовуючись на декілька. Максимальні підйоми рівнів в різних місцях досягають 5,0-10,3 м. Під час весняної повені заплава Інгульця затоплюється на глибину від 0,5 до 5,0 м. Як показують дослідження, на головних притоках р. Інгулець весняна повінь починається, як правило, в другій половині лютого або на початку березня і проходить одним або кількома піками.

Характеристику максимального стоку весняної повені на р. Інгулець за багаторічний період наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4

Характеристика максимального стоку весняної повені р. Інгулець за багаторічний період

Річка-пункт	Площа водозбору, км ²	$Q_{\text{макс}}$, м ³ /с	Рік	Максимальні витрати води весняної повені різної забезпеченості, %					
				1	2	5	10	25	50
р. Інгулець – с. Олександрополе-Степанівка	1400	330	1932	394	335	250	197	115	31,7
р. Інгулець – с. Іскрівка	4410	550	1978	605	525	400	315	195	135
р. Інгулець – м. Кривий Ріг	8600	1110	1937	1020	884	847	482	280	129
р. Інгулець – с. Могилівка	9280	851	1937	957	802	607	445	253	114

Дощові паводки. У формуванні дощових паводків на річках басейну р. Інгулець основну роль відіграють дощі, їх характер та інтенсивність. Підйоми рівнів води внаслідок випадання дощів в літньо-осінній період характеризуються незначним підвищенням річкового стоку і короткочасною тривалістю. В окремі роки ця фаза водного режиму практично відсутня, що зумовлено фізико-географічними особливостями басейну. Характеристика максимального стоку літньо-осінніх паводків р. Інгулець за багаторічний період наведена в табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Характеристика максимального стоку літньо-осінніх паводків р. Інгулець за багаторічний період

Річка-пункт	Площа водо- збору, км ³	$Q_{\text{макс}}$, м ³ /с	Рік	Максимальні витрати та шар стоку дощових паводків різної забезпеченості, %					
				1	2	5	10	25	50
р. Інгулець – м. Кривий Ріг	8600	140	1941	222	155	93,2	66,6	31,1	22,5
р. Інгулець – с. Могилівка	9280	134	1941	241	198	141	99,0	50,0	14,2

Слід зазначити, що за останні 20 років величини максимального стоку р. Інгулець значно зменшилися (рис. 3.3). Як видно на рисунку низькі значення максимальних річних витрат спостерігалися наприкінці 50-х – на початку 60-х років та в середині 70-х років XX ст. Проте, в сучасних умовах даний період має тривалий характер.

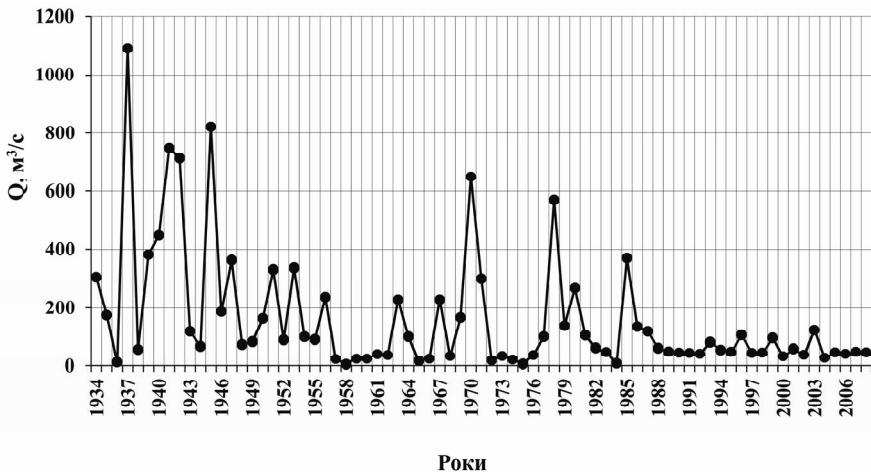


Рис. 3.3. Багаторічна динаміка максимальних річних витрат води р. Інгулець в м. Кривий Ріг, м³/с

Детальні дослідження показують, що зменшення максимальних річних витрат води характерно і для більшості приток р. Інгулець. Подальша тенденція такої зміни стокових характеристик може призвести до посилення екологічної деградації всієї гідроекосистеми.

Мінімальний стік в басейні р. Інгулець формується під впливом особливостей підземного живлення річки. Мінімальні витрати води спостерігаються в річках у меженний період, коли річки переходять практично на живлення за рахунок підземних вод [122]. Проведені розрахунки показали, що величина підземного живлення поверхневих вод басейну р. Інгулець становить близько 20 % річного стоку.

Літньо-осіння межень настає у травні або на початку червня. Рівні влітку низькі та стійкі, лише значні дощові опади, які бувають найчастіше у червні-серпні, викликають підйом рівня води, який не перевищує 1,0 м. Найбільші підйоми в окремі роки досягають 1,5-2,2 м. Тривалість літніх повеней не перевищує 10-20 днів. В окремі роки протягом місяця спостерігається кілька, найчастіше незначних за висотою та короткотривалих, дощових паводків. На притоках в цей час стік майже завжди відсутній за виключенням річок Жовта та Саксагань.

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

Характеристика мінімального стоку р. Інгулець за багаторічний період наведено в табл. 3.6 та рис. 3.4.

Таблиця 3.6

Характеристика мінімального стоку р. Інгулець за багаторічний період (в чисельнику зимовий мінімальний стік, а в знаменнику – літньо-осінній)

Річка-пункт	Середня мінімальна витрата води, м ³ /с		Мінімальна 30-доб. витрата води, м ³ /с забезпеченістю, %					Мінімальна добова витрата води, м ³ /с забезпеченістю, %	
	Q ₃₀	Q _{доб}	75	80	90	95	97	80	97
р. Інгулець – м. Кривий Ріг	<u>1,50</u> 1,21	<u>0,99</u> 0,86	<u>0,50</u> 0,65	<u>0,46</u> 0,60	<u>0,39</u> 0,44	<u>0,35</u> 0,40	<u>0,34</u> 0,35	<u>0,35</u> 0,40	<u>0,18</u> 0,25
р. Інгулець – с. Могилівка	<u>1,73</u> 0,95	<u>1,06</u> 0,53	<u>0,65</u> 0,35	<u>0,60</u> 0,30	<u>0,50</u> 0,17	<u>0,40</u> 0,08	<u>0,35</u> 0,08	<u>0,35</u> 0,12	<u>0,10</u> 0,00

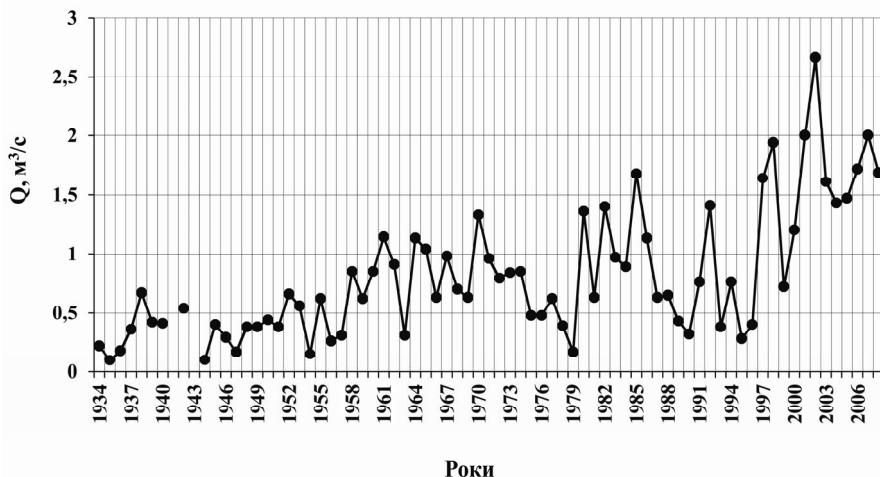


Рис. 3.4. Багаторічна динаміка мінімальних річних витрат води р. Інгулець в м. Кривий Ріг, м³/с

Аналіз мінімального стоку р. Інгулець в багаторічному розрізі показав, що за період 1934-2006 рр. величини мінімальних річних витрат помітно збільшилися [73]. Основні показники водних ресурсів р. Інгулець наведено в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Основні показники водних ресурсів р. Інгулець за багаторічний період [23]

Річка - пункт	Площа водо-збору, км²	Середні багаторічні величини річного стоку			Водні ресурси (км³) забезпеченістю 50-90%		
		витрата води Q, м³/с	модуль стоку M, л/с з км²	об'єм стоку W, км³	50	75	95
р. Інгулець – с. Олександропо-Степанівка	1400	2,45	1,75	0,077	0,065	0,038	0,014
р. Інгулець – с. Іскрівка	4410	5,37	1,22	0,169	0,145	0,085	0,033
р. Інгулець – м. Кривий Ріг	8600	8,45	0,98	0,267	0,180	0,112	0,035
р. Інгулець – с. Могилівка	9280	9,51	1,03	0,300	0,250	0,125	0,037

Середній річний водний баланс р. Інгулець за багаторічний період наведено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Середній річний водний баланс р. Інгулець за багаторічний період

Пункт	Елементи водного балансу, об'єм (W), км ³ / шар, мм					
	опаді	стік поверхневий	стік підземний	випаровування	поверхневе випаровування	інфільтрація
р. Інгулець – м. Кривий Ріг	<u>4,51</u> 524	<u>0,22</u> 26	<u>0,043</u> 5	<u>4,24</u> 493	<u>1,84</u> 214	<u>2,44</u> 284
р. Інгулець – с. Могилівка	<u>4,82</u> 519	<u>0,28</u> 30	<u>0,025</u> 3	<u>4,51</u> 486	<u>1,96</u> 211	<u>4,54</u> 489

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

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

Проте, залежність між температурою повітря і температурою води в річці порушується місцевими умовами, що чітко проявляється на окремих ділянках. Так, орографічні особливості нижньої течії (широке русло, що уповільнює течію, значна звивистість річки та її мілководність) сприяє доброму прогріванню води в теплу пору року [31]. В зимовий період такі місцеві умови сприяють зменшенню середніх температур води р. Інгулець біля с. Калінінське порівняно з іншими ділянками.

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

Середня річна температура води приток становить 11,1°C, зміню-

ючись в межах від 10,5°C (р. Бокова) до 11,7°C (р. Висунь). На р. Саксагань біля с. Веселі Терни багаторічне значення температури сягає 10,7°C.

В міжвегетаційний період на термічний режим окремих ділянок р. Інгулець та р. Саксагань (в межах Кривбасу) значний вплив здійснюють теплі промислові, шахтні та господарсько-побутові стічні води [120]. Їх скиди в річкову мережу зумовили збільшення температури води в створі гідрологічного поста в м. Кривий Ріг на 0,5°C (жовтень-січень) порівняно з іншими пунктами спостережень.

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

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

Замерзають річки, як правило, в першій половині грудня, в окремі роки - у середині листопада або на початку грудня. Внаслідок частих відлиг льодостав мало стійкий. Тривалість льодоставу становить близько 90 діб. Середня товщина льоду на річках коливається в межах 20-35 см, найбільшого значення – 65-75 см вона досягає наприкінці зими (лютий – березень). На окремих ділянках річок спостерігається цілковите промерзання (до дна).

Осіннього льодоходу зазвичай не буває. В роки з нестійкими температурами льодостав встановлюється інколи лише через місяць після появи льоду. Початок весняного льодоходу спостерігається в другій, а інколи і в першій половині березня [15, 28]. В сучасних умовах весняний льодохід триває від 1-5 до 8-9 днів. Часто під час льодоходу біля мостів і на крутих поворотах річок відбуваються короточасні затори льоду. У окремі роки льодоходу не буває і лід тоне на місці. В другій половині березня річки повністю очищаються від льоду.

Твердий стік. Кількість наносів, що транспортують річки і вміст природних розчинних речовин – досить важливий показник для можливого використання вод: водопостачання населення, низки галузей промисловості, зрошення, в рибному господарстві [68].

Разом з поверхневими водами басейну р. Інгулець транспортується багато твердих частинок – наносів, що становлять твердий стік. Кількість і склад їх не однакові і залежать від фізико-географічних особливостей територій, по яких протікають річки та інтенсивності

процесів ерозії, що розвиваються на різних ділянках річкового басейну. Внутрішньорічну динаміку середніх витрат наносів (кг/с) р. Інгулець - с. Іскрівка за багаторічний період наведено на рис. 3.5.

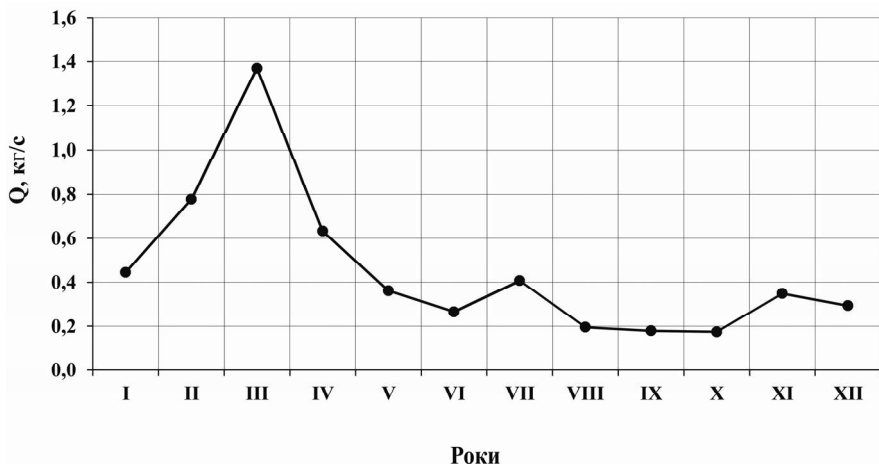


Рис. 3.5. Динаміка внутрішньорічного розподілу середніх витрат наносів р. Інгулець - с. Іскрівка за багаторічний період, кг/с

В степовій зоні слабка природна дренаваність території, наявність суглинків, що легко піддаються змиву, а також кліматичні особливості сприяють активному протіканню руслових процесів [105, 106, 142] тому річкові води на даній території відрізняються підвищеними значеннями каламутності. У верхній ділянці річки (в створах гідрологічних постів с. Олександрівка-Степанівка та м. Кривий Пір) середні річні показники каламутності води коливаються в межах $20\text{--}13\text{ г/м}^3$ і збільшуються вниз за течією до значень, що часто перевищують 40 г/м^3 . Крім того, в межах Криворізького ТВК щільність донних відкладів значно вища, ніж в інших частинах басейну [16, 81], що відображається на зміні твердого стоку річки.

Спостереження протягом останніх 20 років [52] показали, що на головній водній артерії території досліджень в межах с. Могиливіка середня каламутність потоку становила 130 г/дм^3 , максимальна – 760 г/дм^3 .

В річному розрізі максимум витрат завислих наносів р. Інгулець припадає на період високих вод. У верхній течії р. Інгулець середньорічна витрата завислих наносів становить близько $0,1\text{ кг/с}$, а в

нижній – часто перевищує 1 кг/с.

Висновки. Таким чином, річкова мережа басейну Інгульця добре розвинена у верхній частині, де знаходяться майже всі основні притоки. Серед приток р. Інгулець найбільшими є річки Жовта, Бокова з притокою Боковенька, Саксагань та Висунь.

В 50–60-х роках ХХ сторіччя гідрографічна мережа набула структурних змін внаслідок будівництва штучних водойм (водосховищ та хвостосховищ), спрямлення та поглиблення річкових русел на окремих ділянках, утворення природно-техногенних озер, спорудження низки каналів, що забезпечують додаткову подачу води з Дніпра кращої якості – Дніпро - Кривий Ріг та Дніпро - Інгулець. Це докорінно змінило гідрологічний режим річок та їх морфометричні параметри.

Пригирлова ділянка р. Інгулець знаходиться в підпорі від дніпровських вод, що пов'язано орографічними особливостями території та функціонуванням Інгулецької зрошувальної системи.

З точки зору природних умов, водний режим річок басейну Інгульця характеризується досить значною весняною повінню, а також короткочасним зливовими підйомами рівнів в літньо-осінній період. Впродовж літньо-осіннього меженного періоду витрати води в річках досить незначні, і часто знижуються до нуля. Природний річковий стік р. Інгулець складає лише 25-50 % від загального річкового стоку.

Термічний режим річок басейну характеризується максимальними показниками в літні місяці. Проте залежність між температурою повітря і температурою води в річці порушується місцевими умовами та впливом господарської діяльності. Замерзають річки, переважно, в першій половині грудня, скресають – в першій половині березня; льодостав нестійкий (близько 90 діб), місцями водотоки промерзають до дна.

Твердий стік характеризується чіткою закономірністю збільшення середньорічних витрат завислих наносів з півночі на південь. В степовій зоні річкові води характеризуються підвищеною каламутністю, що пов'язано з наявністю легкорозмивних порід. В багаторічному відношенні виявлена тенденція до зменшення середньорічних витрат наносів та значень каламутності річкових вод.

РОЗДІЛ 4

ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ ТА СТІК ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН З ПОВЕРХНЕВИМИ ВОДАМИ БАСЕЙНУ Р. ІНГУЛЕЦЬ

Гідрохімічний режим річок характеризується закономірними змінами хімічного складу води річки або окремих його компонентів в просторі і часі, які обумовлені фізико-географічними умовами басейну та антропогенним впливом, а також проявляється у вигляді багаторічних, сезонних і добових коливань концентрації компонентів хімічного складу і показників фізичних властивостей води, рівня забрудненості води, стоку розчинених хімічних речовин тощо [50].

4.1. Фізико-хімічні показники води

Водневий показник (pH) характеризує концентрацію (активність) іонів водню і є одним із найважливіших показників якості води, що має важливе значення для хімічних і біологічних процесів, які протікають у природних водах. Цей показник, як відомо, є відносно стабільним і змінюється у незначних межах, що обумовлено буферними властивостями води. В річкових водах його значення, як правило, коливається в межах 6,5–8,5 і залежить від сезонних коливань [50].

Дослідження показали, що середні значення водневого показника змінюються у відносно широких межах ($pH = 7,9$ – $8,4$). Вниз за течією (Іскрівське водосховище) середньорічна величина pH носить більш стабільний характер (коливається в межах 8,1– $8,2$) та збільшується до 8,4– $8,5$ (максимально граничні значення для слаболужних вод) в межах Карачунівського водосховища. Середня течія р. Інгулець (м. Кривий Ріг в межах міста, м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста та м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста) характеризувалася меншими значеннями pH , що змінювалися в межах 7,4– $7,7$. Причиною цих відмінностей є прямий вплив шахтних і рудничних вод Кривбасу, pH яких має низькі значення, що інколи можуть досягати величини 1,0 (сильно кислі води). У нижній ділянці річки величини pH коливалися в межах 7,95– $8,1$. Детальний аналіз багаторічної динаміка даного показника показали, що 3 листопада 1990 р. в створі с. Садове, 1,2 км нижче села був відзначений найменший за останні 20 років показник pH води р. Інгулець – 6,25. Це окремий випадок, який, ймовірно, зумовлений скидами промислових стічних вод підприємств Кривбасу.

У внутрішньорічному відношенні залежність pH від фази водного режиму не має чіткої закономірності. Лише у верхньому та нижньому створах максимальні значення pH спостерігаються в період проходження весняної повені (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Середні значення фізико-хімічних показників у воді р. Інгулець 1988-2008 рр.

Гідрохімічний створ	Період	pH	O ₂		CO ₂ , мг/дм ³	БО, мгО/дм ³	БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³
			мг/дм ³	% насичення			
м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	1	8,1	10,0	81,9	3,5	42,7	2,50
	2	8,2	8,05	87,8	2,95	37,7	2,58
	3	8,2	10,1	74,3	2,2	32,0	2,75
	4	8,2	9,4	81,4	2,8	37,2	2,62
м. Кривий Ріг, в межах міста	1	7,8	8,7	77,0	8,6	50,0	3,76
	2	7,8	7,8	79,8	8,4	46,7	4,30
	3	7,9	8,9	66,8	8,9	40,0	4,02
	4	7,8	8,5	74,5	8,7	44,4	4,05
м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	1	7,9	8,5	74,5	7,0	46,0	3,51
	2	7,95	7,4	80,8	8,5	46,1	3,73
	3	7,95	8,9	67,6	7,0	41,9	3,64
	4	7,95	8,3	74,3	7,4	44,7	3,63
м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	1	7,65	7,4	60,3	7,3	42,7	3,67
	2	7,85	7,0	76,1	8,8	48,0	3,79
	3	7,85	9,2	66,0	7,7	44,0	3,93
	4	7,8	7,9	67,4	7,8	44,8	3,79
с. Садове, 1,2 км нижче села	1	8,1	10,5	86,8	4,6	28,7	3,27
	2	7,95	6,8	81,1	3,7	32,6	2,85
	3	7,95	11,0	79,0	4,7	29,2	2,51
	4	8,0	9,4	82,3	4,3	30,2	2,88

Примітки: Тут і далі під цифровими значеннями в графі «Період» мається на увазі: 1 – весняна повінь; 2 – літньо-осіння межень; 3 – зимова межень; 4 – середньорічні показники

На р. Саксагань середня величина pH становила 8,1 (табл. 4.2) і залежала від величини антропогенного впливу, що змінюється по довжині [29]. Так, вище місць скидів промислових стічних вод (Макортівське водосховище) показник pH становив 8,9, а в районі скидів — змінювався вся від 8,6 (с. Сергіївка) до 8,42 (с. Веселі Терни).

Таблиця 4.2

Середні значення фізико-хімічних показників у воді основних приток р. Інгулець 1988-2008 рр.

Гідрохімічний створ	Період	pH	O_2		CO_2 , мг/дм ³	БО, мгО/дм ³	БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³
			мг/дм ³	% насичення			
р. Жовта – с. Іскрівка	1	8,3	8,2	82,8	7,3	40,5	2,9
	2	7,7	7,5	95,5	9,5	39,4	3,7
	3	8,1	7,9	70,2	4,2	40,2	3,3
	4	8,2	7,9	85,8	7	40,8	3,5
р. Бокова – с. Валове	1	7,7	8,4	83,3	8,9	40,4	2,9
	2	7,7	7,4	90,4	6,2	39,5	3
	3	7,8	7,9	69,8	9,4	38,4	2,7
	4	7,7	7,8	84	8,2	39,6	2,9
р. Боковенька – с. Великофедорівка	1	7,8	8,0	79,8	4,5	39	2,7
	2	7,3	6,9	100,5	3,1	36,4	2,8
	3	7,6	7,3	70,4	6,6	35	2,8
	4	7,5	7,5	86,9	4,7	36,4	2,8
р. Саксагань – м. Кривий Ріг	1	8,5	9,4	75,3	2,8	43	2,6
	2	7,6	7,2	92	10	41,2	3,6
	3	8,4	9,0	73,5	2,9	46,3	2,9
	4	8,1	8,5	78,8	5,2	42	3,3
р. Висунь – смт. Березнегувате	1	7,4	7,9	70,1	3,2	39,3	2,6
	2	7,3	7,1	105,5	2,4	34,4	2,8
	3	7,4	7,2	60,8	4,8	41,2	2,5
	4	7,4	7,4	85,2	3,5	38,2	2,7

Максимальні показники концентрації іонів водню у воді решти приток характерні для періоду високих вод (під час проходження весняної повені), мінімальні спостерігаються переважно в період літньо-осінньої межені.

В цілому, за показником *pH* поверхневі води басейну р. Інгулець інколи характеризуються як «нейтральні» (*pH*=6,5-7,5), проте найчастіше величина *pH* коливається в межах 7,5-8,5 (слаболужні води).

Детальний аналіз спостережень за останні 20 років дозволяє відзначити певну тенденцію збільшення середньорічних значень водневого показника у воді р. Інгулець на 4 % (зокрема в межах Криворізького ТВК), що свідчить про посилення впливу рудничних та шахтних вод на стан гідроекосистеми (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Зміна середньорічних значень *pH* в створах основних гідрохімічних постів р. Інгулець за багаторічний період (1988-2008 рр.)

Рік	Гідрохімічний створ				
	м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	м. Кривий Ріг, в межах міста	м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	с. Садове, 1,2 км нижче села
1988	7,80	7,70	7,60	7,62	7,89
1990	7,97	7,62	7,57	7,6	7,81
1992	8,00	7,58	7,52	7,55	7,88
1994	8,39	7,73	7,57	7,61	7,83
1996	8,08	7,63	7,60	7,44	8,00
1998	8,25	7,53	7,60	7,50	8,05
2000	8,06	7,70	7,56	7,61	8,03
2002	8,06	7,63	7,68	7,70	8,05
2004	8,12	7,89	7,84	7,67	8,09
2006	8,42	8,16	8,44	7,97	8,07
2008	8,08	7,83	7,96	7,65	8,02

Незважаючи на це, в цілому рівень *pH* поверхневих вод басейну р. Інгулець коливається в межах, при яких безпосередньо не впливає на споживчу якість води.

Кисень (*O₂*) — один з найважливіших газів, який постійно

присутній у природних водах. Кисень необхідний для існування більшості водних організмів і, як сильний окисник, відіграє важливу санітарно-гігієнічну роль, сприяючи швидкій мінералізації органічних залишків [111].

Кількісний вміст кисню у воді залежить від температури, вмісту розчинених речовин, визначається парціальним тиском у повітрі і описується законом Генрі. За парціального тиску 1 атм. вміст кисню зумовлюватиметься величиною його розчинності, яка тісно пов'язана з температурою води. Ця концентрація називається нормальною, відповідає 100% насичення і описується рівнянням [108]:

$$O_2 \text{ (мг/дм}^3\text{)} = 0,0045 \text{ t}^2 \text{ (}^\circ\text{C)} - 0,3688 \text{ t (}^\circ\text{C)} + 14,557$$

Концентрації розчиненого O_2 в поверхневих водах змінюються від нуля до 14 мг/дм³ і характеризуються значними сезонними коливаннями, які в основному залежать від співвідношення інтенсивності процесів його продукування та споживання [50].

У внутрішньорічному відношенні мінімальні показники вмісту розчиненого у воді кисню, як правило, спостерігаються в періоди року з максимальними значеннями температури повітря і води.

Під час весняної повені середня концентрація кисню у воді р. Інгулець становила 9,4 мг/дм³ (78,5 % насичення O_2), змінюючись у межах від 10,5 мг/дм³ (86,8 % насичення) біля с. Садове, 1,2 км нижче села до 8,3 мг/дм³ (77,0 % насичення O_2) в межах міста м. Кривий Ріг.

Середній вміст O_2 у воді р. Інгулець в період літньо-осінньої межени сягає мінімальних значень (близько 7,1 мг/дм³ або 78,8 % насичення) відносно інших періодів, змінюючись від 7,9 мг/дм³ (1 км вище м. Кривий Ріг) до 6,5 мг/дм³ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

В зимовий період кисневий режим поверхневих вод є кращим порівняно з літньо-осінньою межею. Середні показники O_2 сягають значень, що характерні для періоду весняної повені і становлять 9,2 мг/дм³, коливаючись в межах від 11,0 (с. Садове, 1,2 км нижче села) мг/дм³ до 8,1 мг/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Найкращим кисневим режимом відрізняються верхня та нижня ділянки річки (1 км вище м. Кривий Ріг та с. Садове, 1,2 км нижче села відповідно). У верхній течії р. Інгулець середньорічна концентрація розчиненого у воді кисню коливається в межах 8,0-8,1 мг/дм³ і зменшується до 7,9 мг/дм³ у воді Карачунівського водосховища. В межах Криворізького ТВК вміст O_2 у воді в середньому становить близько 8,2 мг/дм³, що на майже 5% менше, ніж середній багаторічний показник по басейну (8,6 мг/дм³).

Кисневий режим в нижній течії р. Інгулець характеризувався циклічним характером. Закономірним залишається мінімальний вміст кисню у літній період (6,97 мг/дм³, що відповідало близько 81,1 % насичення O_2). Під час літньо-осінньої межени 1988 р. вміст кисню у воді пригирлової ділянки Інгульця досягав критично мінімальної концентрації (4,0-4,3 мг/дм³), що могло б призвести до масової загибелі риби.

Зміну середньорічних значень вмісту розчиненого кисню у воді р. Інгулець за багаторічний період зображено в табл. 4.4.

Таблиця 4.4

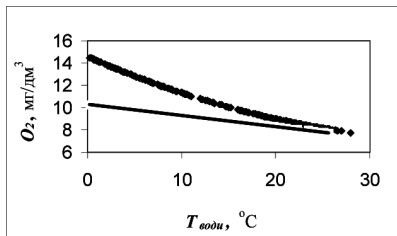
Зміна середньорічних значень вмісту розчиненого кисню у воді р. Інгулець за багаторічний період (1988-2008 рр.), мг/дм³

Рік	Гідрохімічний створ				
	м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	м. Кривий Ріг, в межах міста	м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	с. Садове, 1,2 км нижче села
1988	9,21	7,72	7,69	7,68	9,10
1990	9,30	7,80	7,59	7,98	9,22
1992	8,76	8,10	8,53	8,73	9,24
1994	8,98	7,75	7,97	7,90	9,89
1996	9,37	8,30	8,00	8,06	8,28
1998	8,83	7,74	8,26	8,40	8,94
2000	8,93	8,00	8,36	8,10	9,12
2002	8,89	8,49	8,46	8,30	9,29
2004	8,84	8,20	8,69	8,60	10,3
2006	9,63	8,30	8,57	8,50	9,86
2008	8,9	8,22	8,30	8,60	9,70

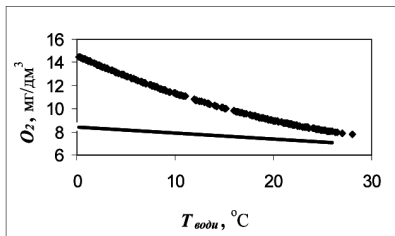
Як показали дослідження, за останні роки загальний кисневий режим р. Інгулець дещо покращився і стабілізувався. Причиною цього, ймовірно, стало впровадження низки управлінських рішень стосовно скидів промислових стічних вод у поверхневі джерела, що носить циклічний характер.

Застосування методики характеристики кисневого режиму, розробленої в УкрНДГМІ [108], дає змогу наочно показати, що забезпечення киснем води р. Інгулець протягом усього року на більшості пунктів

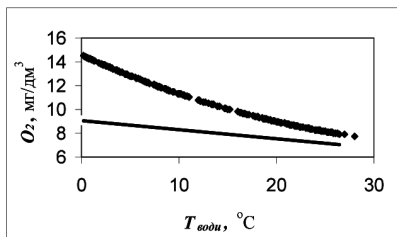
спостережень є незадовільним, оскільки емпіричні криві залежності вмісту кисню від температури води розміщені нижче нормальної кривої розчинності кисню; виняток становлять результати досліджень в пригирловій ділянці, де емпірична крива залежності вмісту кисню від температури розміщена найбільш наближено і паралельно до нормальної кривої розчинності кисню (рис. 4.1).



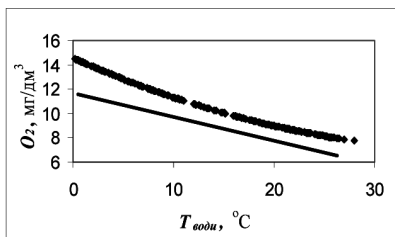
1 км вище м. Кривий Ріг



м. Кривий Ріг, в межах міста

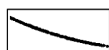


м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста

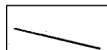


с. Садове, 1,2 км нижче села

Умовні позначення:



1



2

Рис. 4.1. Порівняльна характеристика емпіричних залежностей вмісту кисню від температури води в р. Інгулець (1988-2008 рр.):

1 - нормальна концентрація кисню у воді; 2 - концентрація кисню у воді р. Інгулець.

Цікавими є результати досліджень 2007 р., які показали, що в створі гідрологічного поста с. Калінінське спостерігається часте перенасичення води р. Інгулець киснем, а емпірична крива залежності вмісту кисню від температури більшою мірою розміщена вище нормальної кривої розчинності кисню. Це пояснюється орографічними характеристиками місцевості. Повільна течія і значна звивистість річки в нижній течії обумовили утворення застійних ділянок, що поряд з

мілководністю сприяє доброму прогріванню води в теплу пору року. Внаслідок цього тут активно протікають процеси фотосинтезу як фітопланктону, так і вищої водної рослинності, що досить розвинута по берегах. Насиченість води киснем в теплі місяці року часто досягає 120-150% (16-20 мг/дм³), а зазвичай коливається в межах 70-100% (7-11 мг/дм³), лише інколи зменшуючись до 40-50% (4-6 мг/дм³). Подібна ситуація спостерігається і у формуванні кисневого режиму основних приток р. Інгулець [61]. Виняток становить р. Саксагань, де хімічний склад води значною мірою залежить від постійного антропогенного навантаження [34].

Обробка та інтерпретація даних спостережень Гідрометслужби України 1988-1989 рр. показують досить добрий кисневий режим р. Саксагань: значення вмісту розчиненого кисню у воді р. Саксагань коливаються в межах 10,2-7,7 мг/дм³, а емпірична крива залежності вмісту кисню у воді від температури розміщена наближено до нормальної кривої розчинності кисню.

Аналізуючи дані сучасних гідрохімічних досліджень низки наукових організацій та установ, слід зазначити, що за весь період спостережень ні дефіцит кисню, ні перенасичення ним води р. Саксагань фактично не було зафіксовано.

За даними останніх досліджень [5] в літній меженний період вміст кисню у воді р. Саксагань коливається в межах від 14,7 мг/дм³ (Макортівське водосховище) до 9,0 мг/дм³ в районі скидів стічних вод підприємств Кривбасу (с. Веселі Терни).

Діоксид вуглецю (CO_2) – надзвичайний компонент, що відіграє важливе значення для рослинних організмів як джерело вуглецю, без якого в природних водах не існувало б життя. Крім того, CO_2 є каталізатором розчинності води і джерелом утворення іонів HCO_3^- і CO_3^{2-} [111].

В поверхневих водах концентрація CO_2 не перевищує 20-30 мг/дм³. Вміст CO_2 в поверхневих водах, який пов'язаний з інтенсивністю фотосинтезу, закономірно змінюється протягом року - зменшується навесні та влітку і зростає восени, досягаючи максимуму наприкінці зими. Проте, проведені дослідження в басейні р. Інгулець показують відсутність такої закономірності, що обумовлено місцевими особливостями території досліджень.

Під час весняної повені середня концентрація CO_2 у воді р. Інгулець становить – 6,21 мг/дм³, змінюючись у межах від 3,53 мг/дм³ (1 км вище м. Кривий Ріг) до 8,55 мг/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах

міста). В період літньо-осінньої межени спостерігається зростання середньої концентрації CO_2 у воді р. Інгулець до $6,41 \text{ мг/дм}^3$, при коливаннях в межах від $2,95 \text{ мг/дм}^3$ (1 км вище м. Кривий Ріг) до $8,82 \text{ мг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

Середня концентрація CO_2 у воді р. Інгулець в період зимової межени дещо знижується, порівняно з літньо-осінньою межею, і становить $6,1 \text{ мг/дм}^3$, змінюючись від $2,2 \text{ мг/дм}^3$ (1 км вище м. Кривий Ріг) до $8,86 \text{ мг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Визначено, що між концентрацією вуглекислого газу у воді р. Інгулець та величиною pH на усіх ділянках існує чіткий взаємозв'язок:

$$pH = 0,0044(C_{CO_2})^2 - 0,1139(C_{CO_2}) + 8,2222; R = 0,75$$

де C_{CO_2} – концентрація вуглекислого газу у воді; R – коефіцієнт кореляції.

Аналіз багаторічної динаміки середньорічного вмісту вуглекислого газу у воді р. Інгулець дозволяє побачити стрімке зменшення його концентрації впродовж останніх 20 років (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Зміна середньорічного вмісту вуглекислого газу у воді р. Інгулець за багаторічний період (1988-2008 рр.), мг/дм^3

Рік	Гідрохімічний створ				
	м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	м. Кривий Ріг, в межах міста	м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	с. Садове, 1,2 км нижче села
1988	7,19	5,10	6,52	8,20	7,60
1990	6,62	1,75	5,64	7,55	7,60
1992	6,39	2,33	8,78	7,55	7,77
1994	6,16	1,53	7,25	8,42	8,40
1996	4,70	1,30	4,21	7,21	9,20
1998	4,19	1,32	7,41	8,03	10,2
2000	4,40	1,12	4,32	6,41	7,19
2002	3,79	0,93	5,32	7,21	3,05
2004	3,06	1,12	3,86	1,38	6,19
2006	1,16	0,00	6,41	2,13	3,24
2008	0,05	0,05	3,11	4,22	5,00

За даними спостережень Гідрометслужби України у 2008 р. вміст

CO₂ по окремих гідрохімічних створах р. Інгулець в більшу частину року наближався до нуля.

Концентрація вуглекислого газу у воді основних приток р. Інгулець (за винятком р. Саксагань) підлягає сезонним закономірностям розподілу – зменшується навесні та влітку і зростає восени, досягаючи максимальних значень наприкінці зими.

Для кількісної оцінки вмісту органічної речовини у воді р. Інгулець використані показники **біхроматної окиснюваності** (БО, мг О/дм³) та 5-ти добового **біохімічного споживання кисню** (БСК₅, мг О₂/дм³) [111].

Дослідження багаторічної зміни значень біхроматної окиснюваності води р. Інгулець показують, що за останній період з 1988 по 2008 р. цілому по річці середньорічний показник помітно зменшився на 20% (з 45 мг О/дм³ до 35 мг О/дм³) (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

Зміна середньорічних показників біхроматної окиснюваності води р. Інгулець за багаторічний період (1988-2008 рр.), мг О/дм³

Рік	Гідрохімічний створ				
	м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	м. Кривий Ріг, в межах міста	м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	с. Садове, 1,2 км нижче села
1988	38,7	45,1	37,3	34,7	73,2
1990	45,3	46,7	48,0	44,0	28,9
1992	42,7	48,0	53,3	49,3	39,5
1994	40,7	42,0	48,3	52,0	31,6
1996	41,2	43,8	43,4	42,0	20,6
1998	42,0	40,2	42,2	-	31,7
2000	38,4	41,4	44,4	-	30,5
2002	34,9	42,9	42,1	41,4	32,5
2004	31,8	40,1	43,3	41,0	28,3
2006	29,3	39,5	34,3	38,2	26,9
2008	20,7	32,4	22,8	29,5	24,5

У внутрішньорічному циклі під час весняної повені середня величина БО становить 42,4 мг О/дм³, змінюючись у межах від 32,8 мг О/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 49,3 мг О/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

В період літньо-осінньої межені середнє значення *БО* води р. Інгулець майже не змінюється – 42,1 мг О/дм³, при коливаннях в межах від 33,3 мг О/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 46,0 мг О/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Середня величина *БО* води р. Інгулець в період зимової межені дещо зменшується, порівняно з літньо-осінньою межею, і становить 39,0 мг О/дм³, змінюючись від 33,3 мг О/дм³ (м. Кривий Ріг, 1 км вище міста) до 44,0 мг О/дм³ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

Середні багаторічні значення біхроматної окиснюваності води приток р. Інгулець коливаються у вузьких межах 36,4 – 42,0 мг О/дм³.

У поверхневих водах значення *БСК₅* змінюється від 0,5 до 4,0 мг/дм³ щодо *О₂* при цьому мають місце сезони коливання, які переважно залежать від змін температури та початкової концентрації розчиненого кисню.

Під час весняної повені середнє значення *БСК₅* води р. Інгулець становить 3,3 мг О₂/дм³, змінюючись у межах від 2,5 мг О₂/дм³ (м. Кривий Ріг, 1 км вище міста) до 3,8 мг О₂/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Під час літньо-осінньої межені середні значення *БСК₅* води р. Інгулець дещо зменшувалися і становили 3,4 мг О₂/дм³, при коливаннях в межах від 2,6 мг О₂/дм³ (м. Кривий Ріг, 1 км вище міста) до 4,3 мг О₂/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Середнє значення *БСК₅* води р. Інгулець в період зимової межені таке ж, як і влітку – 3,4 мг О₂/дм³, змінюючись від 2,5 мг О₂/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 4,0 мг О₂/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Аналіз багаторічної зміни середньорічних величин біохімічного споживання кисню води р. Інгулець (як і у випадку з біхроматною окиснюваністю води) дає змогу прослідкувати загальну тенденцію зменшення цього показника на 20 %.

Як показали дослідження, серед основних приток р. Інгулець за показником біохімічного споживання кисню вирізняються р. Жовта та р. Саксагань, в яких середньорічні величини *БСК₅* у воді сягають 3,2 – 3,3 мг О₂/дм³.

В цілому, аналіз багаторічних даних дозволив виявити загальну тенденцію погіршення стану гідроекосистеми за зміною фізико-хімічних показників. Проте, середні значення *pH*, газового складу, *БО* та *БСК₅* у воді досліджуваного басейну за останні 20 років знаходяться переважно в межах ГДК.

4.2. Головні іони та мінералізація води

Хімічний склад річкових вод значною мірою визначається вмістом іонів HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ . Їх називають макрокомпонентами або головними іонами. Солі цих іонів становлять 90-95% всіх солей у прісних водах і понад 99 % – високо мінералізованих [124, 147].

Згідно класифікації О.О. Алекіна за ступенем мінералізації [3] та відповідно до «Схематичної карти районування малих річок УРСР за ступенем мінералізації» [56] поверхневі води верхів'я басейну р. Інгулець відносяться до третього району (води з підвищеною мінералізацією – 500-1000 мг/дм³), решта території – до четвертого району (високомінералізовані води – понад 1000 мг/дм³).

Під час весняної повені мінералізація води р. Інгулець мала невисокі показники і змінювалась від 930-1100 мг/дм³ у верхній ділянці річки, вниз за течією дещо збільшувалась до 1320 мг/дм³ (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста) і в нижній частині басейну становила 388 мг/дм³.

При цьому в іонному складі переважали гідрокарбонатні іони у нижній ділянці річки (177,2 мг/дм³) та сульфати в межах Криворізького ТВК (407,1 мг/дм³).

В період літньо-осінньої межені середнє значення величини мінералізації води р. Інгулець становить 972 мг/дм³, при коливаннях від 348 мг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 1410 мг/дм³ (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста).

Під час зимової межені мінералізація води р. Інгулець досягає максимальних величин і в середньому становить 1092 мг/дм³, змінюючись в межах від 374 мг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 1500 мг/дм³ (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста). Разом з тим, у верхній та середній ділянках річки переважали сульфатні іони, що змінювались від 353,9 мг/дм³ (м. Кривий Ріг, 1 км вище міста) до 343,7 мг/дм³ (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста).

Сезонний розподіл середніх концентрацій головних іонів та мінералізації води р. Інгулець за багаторічний період (1988-2008 рр.) наведено в табл. 4.7.

Таблиця 4.7

Сезонний розподіл середніх концентрацій головних іонів та мінералізації води р. Інгулець за багаторічний період (1988-2008 рр.), мг/дм³

Гідрохімічний створ	Період	Головні іони, мг/дм ³						$\Sigma_{\text{іонів}}$
		HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	
м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	1	275,2	289,9	139,8	130,3	63,9	67,5	930
	2	309,4	282,9	130,5	103,9	52,4	106,0	986
	3	300,1	353,9	122,6	127,4	54,9	121,0	1034
	4	294,9	308,9	131,0	120,5	57,1	98,2	983
м. Кривий Ріг, в межах міста	1	282,8	340,0	113,5	151,3	68,0	59,7	1031
	2	267,9	328,9	118,6	146,2	85,0	132,0	1087
	3	277,7	390,0	148,6	170,0	89,0	87,1	1179
	4	276,1	353,0	126,9	155,8	80,7	92,9	1099
м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	1	303,0	407,1	226,3	140,0	77,6	132,0	1320
	2	293,2	322,4	353,5	148,6	81,8	201,0	1406
	3	327,6	443,7	280,5	152,6	86,1	245,0	1500
	4	308,0	391,1	286,8	147,1	81,8	192,7	1408
м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	1	358,2	340,2	159,1	155,0	91,0	114,0	1157
	2	346,2	290,0	142,1	123,3	87,0	109,0	1032
	3	390,5	388,7	217,6	165,0	95,0	157,0	1371
	4	365,0	339,6	172,9	147,8	91,0	126,7	1187
с. Садове, 1,2 км нижче села	1	177,2	58,5	48,1	47,6	18,6	48,9	388
	2	170,7	48,3	35,4	43,4	17,0	43,6	348
	3	174,6	88,0	44,3	52,6	24,6	43,8	374
	4	174,1	64,9	42,6	47,9	20,1	45,4	370

Аналіз багаторічної динаміки середньорічних значень мінералізації води р. Інгулець показує загальну тенденцію до її збільшення по всіх основних гідрохімічних створах (табл. 4.8), що є прямим показником підвищення антропогенного навантаження на гідроєкосистему.

Зміна середньорічних значень мінералізації води р. Інгулець за багаторічний період (1988-2008 рр.), мг/дм³

Рік	Гідрохімічний створ				
	м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	м. Кривий Ріг, в межах міста	м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	с. Садове, 1,2 км нижче села
1988	933,9	940,0	967,0	992,1	864,0
1990	1127,4	1122,8	1128,3	1068,0	389,8
1992	999,3	1105,0	1049,0	1042,7	339,5
1994	846,3	1028,0	1157,3	1237,0	336,0
1996	1279,6	1295,1	1355,4	1425,4	338,0
1998	1205,0	1292,6	1361,4	-	335,0
2000	1598,9	1592,1	1660,2	-	368,3
2002	1400,4	1420,8	1527,8	1620,4	353,3
2004	1014,7	1821,4	2091,1	1920,7	333,0
2006	825,5	1693,7	1814,7	1809,5	350,5
2008	782,2	1522,3	1496,6	1541,4	346,8

В катіонному складі звертають на себе увагу високі концентрації іонів натрію (Na^+). Хоча вони і розглядаються в сукупності як сума $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ і середньорічні концентрації коливаються в діапазоні від 45,4 мг/дм³ (в пониззі Інгульця) до 192,7 мг/дм³ в середній частині басейну, проте їх роль у формуванні гідроecологічного стану басейну р. Інгулець займає не останню роль [103].

Результати моніторингових досліджень Інституту геологічних наук НАН України показали, що в межах Криворіжжя середньорічна концентрація $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ становить понад 500 мг/дм³ і впродовж року не опускається нижче 200 мг/дм³, що є прямим показником стабільного впливу шахтних та кар'єрних вод, що мають хлоридно-натрієвий склад.

Щодо середньорічних концентрацій у воді іонів кальцію (Ca^{2+}), то в просторовому відношенні вони змінюються від 120,5 мг/дм³ у верхній ділянці річки, вниз за течією концентрація Ca^{2+} дещо збільшується до 147,8-155,8 мг/дм³ та у нижній ділянці сягає мінімальних значень 47,9 мг/дм³.

Зміна концентрацій іонів кальцію по сезонах характеризується

максимальними показниками у верхній ділянці в період весняної повені ($130,3 \text{ мг/дм}^3$), на решті території – під час зимової межені, коли проводять скиди промислових стічних вод.

Діапазон коливань і абсолютні значення мінералізації води основних приток змінюються в досить широких межах. Так, в період скидів промислових стічних вод в зимовий період до р. Саксагань загальна мінералізація води підвищується до 6 г/дм^3 і більше. На решті приток величина мінералізації формується під переважним впливом низки природних факторів. Проте і за таких умов сума головних іонів у річковій воді протягом усього року має у високі значення (рис. 4.2).

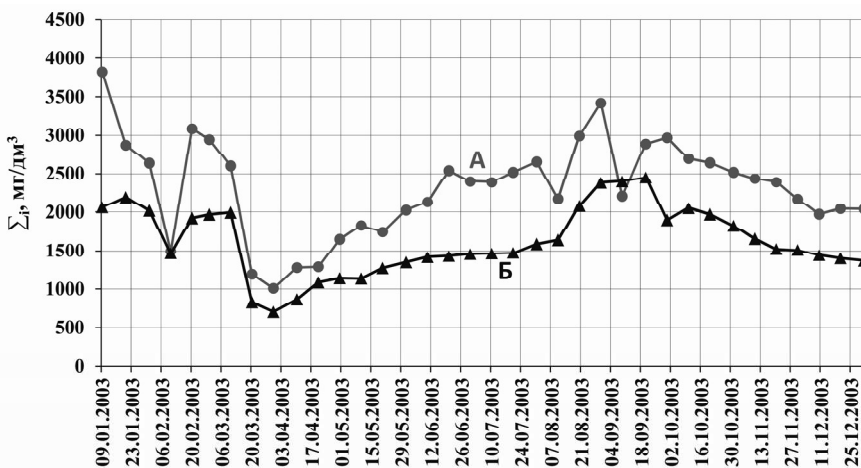


Рис. 4.2. Внутрішньорічна динаміка мінералізації води (Σ_i) р. Бокова – с. Валове (А) та р. Боковенька – с. Великофедорівка (Б) у 2003 р., мг/дм^3

Середнє багаторічне значення мінералізації води приток становить 2076 мг/дм^3 , змінюючись від 2424 мг/дм^3 (р. Висунь) до 1574 мг/дм^3 (р. Боковенька) (табл. 4.9).

Аналіз сезонного розподілу величин мінералізації води приток р. Інгулець показав, що максимальні значення характерні для періоду зимової межені, мінімальні показники спостерігались в період весняної повені.

Таблиця 4.9

Сезонний розподіл середніх концентрацій головних іонів та мінералізації води основних приток р. Інгулець за багаторічний період (1998-2008 рр.), мг/дм³

Гідрохімічний створ	Період	Головні іони, мг/дм ³						$\Sigma_{\text{іонів}}$
		HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg_{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	
р. Жовта – с. Іскрівка	1	169,4	590	120,4	162	95,5	185	1630
	2	185,2	843	256,1	149	118	312	2075
	3	203,3	714	280,0	133	132	255	2419
	4	186,0	716	218,8	148	115	251	2041
р. Бокова – с. Валуве	1	171,0	750	170,9	153	96,4	214	1624
	2	206,3	1050	290,0	235	147	329	2573
	3	275,5	960	320,0	250	166	287	2545
	4	208,0	980	260,3	213	136	277	2247
р. Боковенька – с. Великофедорівка	1	144,3	480	191,1	112	62,3	205	1153
	2	149,0	769	259,1	142	107	308	1807
	3	228,0	824	290,0	197	119	278	1761
	4	172,8	750	246,7	150	96,1	264	1574
р. Саксагань – м. Кривий Ріг	1	126,3	695	265,1	129	98,7	299	1715
	2	137,7	714	333,4	134	93,7	295	1637
	3	161,6	943	593,8	210	135	330	2929
	4	150,4	786	463,6	158	109	308	2094
р. Висунь – смт. Березнегувате	1	130,0	615	320,5	133	120	355	1644
	2	141,1	965	365,2	112	165	392	2100
	3	159,0	998	434,6	183	185	448	2450
	4	143,4	859	373,4	143	157	398	2065

Наглядне відображення та характеристика основних властивостей хімічного складу річкових вод басейну р. Інгулець за головними іонами і в різні сезони можна здійснити за допомогою формули Курлова (табл. 4.10).

Хімічний тип річкових вод басейну р. Інгулець за формулою Курлова

№ п/ п	Річка-пост	Сезони		
		Весняна повінь	Літньо-осіння межень	Зимова межень
1	р. Інгулець, м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	$\frac{SO_4 42 HCO_3 31 Cl 27}{Ca 51 Mg 41 (Na + K) 8}$	$\frac{SO_4 40 HCO_3 35 Cl 25}{Ca 46 Mg 39 (Na + K) 15}$	$\frac{SO_4 47 HCO_3 31 Cl 25}{Ca 50 Mg 35 (Na + K) 15}$
2	р. Інгулець, м. Кривий Ріг, в межах міста	$\frac{SO_4 47 HCO_3 31 Cl 22}{Ca 53 Mg 40 (Na + K) 7}$	$\frac{SO_4 47 HCO_3 30 Cl 23}{Ca 44 Mg 43 (Na + K) 13}$	$\frac{SO_4 48 HCO_3 27 Cl 25}{Ca 49 Mg 43 (Na + K) 8}$
3	р. Інгулець, м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	$\frac{SO_4 43 HCO_3 32 Cl 25}{Ca 45 Mg 41 (Na + K) 14}$	$\frac{Cl 46 SO_4 31 HCO_3 22}{Ca 42 Mg 39 (Na + K) 19}$	$\frac{SO_4 41 HCO_3 35 Cl 24}{Ca 41 Mg 38 (Na + K) 21}$
4	р. Інгулець, м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	$\frac{SO_4 40 HCO_3 34 Cl 26}{Ca 45 Mg 44 (Na + K) 11}$	$\frac{SO_4 38 HCO_3 36 Cl 26}{Mg 47 Ca 41 (Na + K) 12}$	$\frac{SO_4 39 HCO_3 31 Cl 30}{Ca 44 Mg 42 (Na + K) 14}$
5	р. Інгулець, с. Садове, 1,2 км нижче села	$\frac{HCO_3 53 Cl 25 SO_4 22}{Ca 51 Mg 32 (Na + K) 17}$	$\frac{HCO_3 58 SO_4 21 Cl 21}{Ca 51 Mg 33 (Na + K) 16}$	$\frac{HCO_3 48 SO_4 31 Cl 21}{Ca 49 Mg 38 (Na + K) 13}$
6	р. Жовта – с. Іскрівка	$\frac{SO_4 67 Cl 18 HCO_3 15}{Ca 43 Mg 41 (Na + K) 16}$	$\frac{SO_4 63 Cl 11 HCO_3 26}{Mg 44 Ca 34 (Na + K) 23}$	$\frac{SO_4 57 Cl 30 HCO_3 13}{Mg 50 Ca 31 (Na + K) 19}$
7	р. Бокова – с. Валове	$\frac{SO_4 67 Cl 21 HCO_3 12}{Mg 42 Ca 40 (Na + K) 18}$	$\frac{SO_4 65 Cl 25 HCO_3 10}{Mg 42 Ca 40 (Na + K) 18}$	$\frac{SO_4 60 Cl 27 HCO_3 13}{Mg 44 Ca 41 (Na + K) 15}$
8	р. Боковенька – с. Велико- федорівка	$\frac{SO_4 56 Cl 30 HCO_3 14}{Ca 40 Mg 37 (Na + K) 23}$	$\frac{SO_4 62 Cl 28 HCO_3 10}{Mg 42 Ca 34 (Na + K) 24}$	$\frac{SO_4 59 Cl 28 HCO_3 13}{Ca 41 Mg 41 (Na + K) 18}$
9	р. Саксагань – м. Кривий Ріг	$\frac{SO_4 60 Cl 31 HCO_3 9}{Mg 42 Ca 33 (Na + K) 25}$	$\frac{SO_4 56 Cl 35 HCO_3 9}{Mg 40 Ca 35 (Na + K) 25}$	$\frac{SO_4 50 Cl 43 HCO_3 7}{Mg 41 Ca 39 (Na + K) 20}$
10	р. Висунь – смт. Березне- гувате	$\frac{SO_4 53 Cl 38 HCO_3 9}{Mg 44 Ca 30 (Na + K) 26}$	$\frac{SO_4 61 Cl 32 HCO_3 7}{Mg 53 Ca 22 (Na + K) 25}$	$\frac{SO_4 58 Cl 35 HCO_3 7}{Mg 48 Ca 29 (Na + K) 23}$

Досить цікавими є дослідження **взаємозв'язку мінералізації річкової води з водністю**. Такі дослідження ґрунтуються на використанні статистичних методів і є невід'ємним елементом прогнозування якості поверхневих вод та стану гідроєкосистеми зокрема [125].

Як показали дослідження, на річках з низьким антропогенним навантаженням залежність мінералізації води з водністю має лінійний і досить тісний кореляційний зв'язок. Так, на річках Бокова та Боковенька взаємозв'язок між витратами води та сумою головних іонів має лінійний характер (рис. 4.3) і описується відповідними рівняннями:

$$\Sigma_i = -2650,1Q + 3040,5 ; R=0,77$$

$$\Sigma_i = -950,98Q + 1890,9 ; R=0,58$$

де Σ_i - мінералізація води, мг/дм³; Q – витрата води, м³/с; R - коефіцієнт кореляції

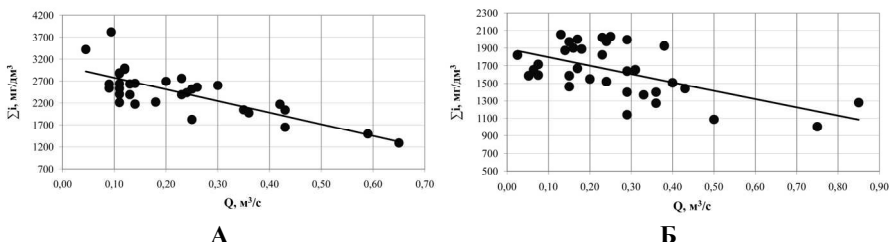


Рис. 4.3. Графік залежності мінералізації води (Σ_i) від витрат води р. Бокова – с. Валове (А) та р. Боковенька – с. Великофедорівка (Б) за даними багаторічних спостережень (1998-2008 рр.)

Цей приклад відображає класичний варіант [9], коли зі збільшенням водності річки, внаслідок надходження маломінералізованих талих або дощових вод, мінералізація річкової води зменшується.

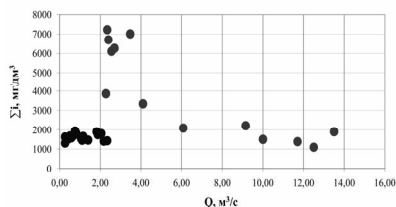
Натомість на річках, що протікають в межах Криворізької територіально-виробничого комплексу взаємозв'язок мінералізації води з водністю має свої особливості і характеризується поділом генеральних сукупностей точок залежностей А та Б (рис. 4.4) на дві окремі групи А1, А2 та Б1, Б2, що описуються формулами:

$$\text{р. Саксагань – м. Кривий Ріг} \left\{ \begin{array}{l} \Sigma_i = 13232Q^{-0,8783}; R = 0,98 \\ \Sigma_i = -122,93Q + 1755,4; R = 0,43 \end{array} \right. ; \frac{A1}{A2}$$

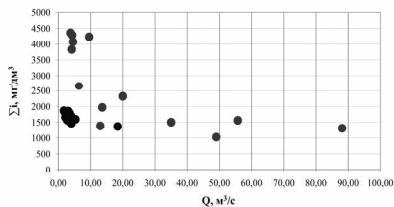
$$\text{р. Інгулець – м. Кривий Ріг} \left\{ \begin{array}{l} \Sigma_i = 7060,9Q^{-0,422}; R = 0,88 \\ \Sigma_i = -72,628Q + 1910,5; R = 0,53 \end{array} \right. ; \frac{B1}{B2}$$

де Σ_i – мінералізація води, мг/дм³; Q – витрата води, м³/с; R – коефіцієнт кореляції.

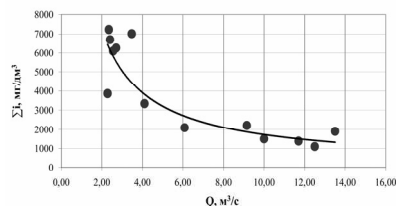
Такі залежності характеризують періоди скидів промислових стічних вод до поверхневих джерел (A1, B1) та стабілізаційний період (A2, B2) і мають значні кореляційні взаємозв'язки.



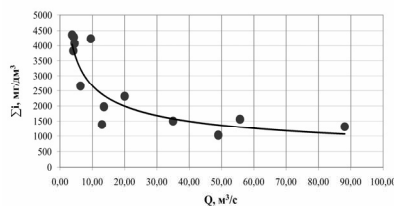
A



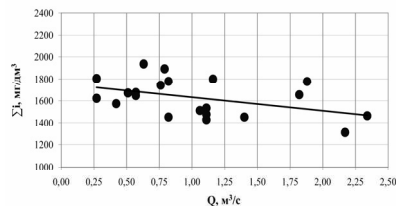
B



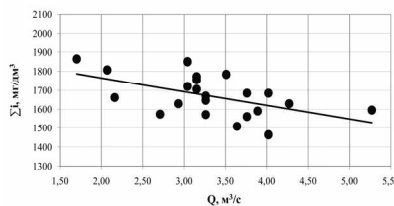
A1



B1



A2



B2

Рис. 4.4. Графік залежності мінералізації води (Σ_i) від витрат води р. Саксагань – м. Кривий Ріг (A, A1, A2) та р. Інгулець – м. Кривий Ріг (B, B1, B2) за даними спостережень Інституту геологічних наук НАН України (1998-2008 рр.)

4.3. Біогенні речовини

Біогенними називають мінеральні речовини, які приймають активну участь у життєдіяльності водних організмів. До них відносяться сполуки азоту (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-), фосфору ($H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), кремнію ($HSiO_3^-$, SiO_3^{2-}), заліза (Fe_2^+ , Fe_3^+) [125]. У води ці речовини надходять головним чином при розпаді решток тваринних і рослинних організмів, життєдіяльність яких проходить у водному середовищі, з поверхні водозбору та зі стічними водами [127]. Концентрація біогенних речовин у природних водах, зазвичай, незначна і значно залежить від температури води, яка визначає інтенсивність життєдіяльності організмів і процеси утворення та розпаду органічних речовин [50]. Значний вміст біогенних речовин у воді є показником погіршення санітарного стану водного об'єкта [111, 126].

Мінеральні сполуки азоту. Азот у поверхневих водах знаходиться у вигляді вільних молекул N_2 , розчинних газоподібних сполук NH_3 , іонів мінеральних сполук: амонійних (NH_4^+), нітритних (NO_2^-) та нітратних (NO_3^-), а також численних органічних речовин у молекулярному і колоїдному стані. Тому загальний вміст азоту може слугувати одним із найголовніших показників потенціальної евтрофікації водних об'єктів [151].

Гранично допустимі концентрації (ГДК) азоту амонійного та азоту нітритного для водойм рибогосподарського використання становлять, відповідно, 0,39 мг/дм³ та 0,02 мг/дм³.

Азот амонійний ($N-NH_4^+$). В сучасних умовах величина вмісту $N-NH_4^+$ у поверхневих водах басейну р. Інгулець часто перевищує ГДК в 1,5-2 рази, що впливає на споживчу якість води.

За даними досліджень [29] концентрація амонійного азоту у воді р. Інгулець набуває максимальних значень під час скидів виробничих та господарсько-побутових стічних вод.

З іншого боку, мінімальні значення характерні для ділянок, які розташовані вище скидів (Карачунівське водосховище) та в гирлі річки (Нікольський лиман), а максимальні – в районі впливу скидів біля с. Могилівка (2,50 мг N/дм³), с. Широке (2,80 мг N/дм³) та с. Латівка (1,80 мг N/дм³).

Слід зазначити, що найбільше забруднення річки амонійним азотом спостерігається біля вказаних населених пунктів під час літнього меженого періоду. Така закономірність характерна і для річки в гідрохімічних створах Гідрометслужби України (рис. 4.11).

Таблиця 4.11

Сезонний розподіл середніх концентрацій біогенних елементів у воді р. Інгулець по довжині за багаторічний період (1988-2008 рр.), мг/дм³

Гідрохімічний створ	Період	$N-NH_4^+$ мг N/дм ³	$N-NO_2^-$ мг N/дм ³	$N-NO_3^-$ мг N/дм ³	$N_{заг}$ мг N/дм ³	$P_{мін}$ мг P/дм ³	$P_{заг}$ мг P/дм ³
м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	1	0,81	0,029	0,70	1,54	0,127	0,279
	2	1,08	0,059	0,48	1,62	0,139	0,283
	3	0,88	0,042	0,55	1,47	0,129	0,222
	4	0,92	0,043	0,58	1,54	0,132	0,261
м. Кривий Ріг, в межах міста	1	1,02	0,036	0,24	1,30	0,172	0,361
	2	1,69	0,041	0,22	1,95	0,240	0,314
	3	1,06	0,032	0,26	1,35	0,207	0,291
	4	1,26	0,036	0,24	1,54	0,206	0,322
м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	1	1,00	0,080	0,84	1,92	0,146	0,255
	2	1,11	0,076	0,70	1,89	0,168	0,318
	3	1,00	0,074	0,79	1,86	0,124	0,215
	4	1,04	0,077	0,78	1,90	0,146	0,263
м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	1	1,12	0,107	0,75	1,98	0,152	0,329
	2	1,20	0,100	0,39	1,69	0,178	0,346
	3	1,19	0,062	0,92	2,17	0,123	0,225
	4	1,17	0,089	0,69	1,95	0,151	0,300
с. Садове, 1,2 км нижче села	1	0,33	0,023	0,30	0,65	0,104	0,219
	2	0,30	0,059	0,29	0,65	0,121	0,214
	3	0,27	0,046	0,28	0,60	0,120	0,226
	4	0,30	0,043	0,29	0,63	0,115	0,233

У воді р. Саксагань концентрація $N-NH_4^+$ змінювалася по довжині. Підвищення концентрації амонійного азоту починається біля с. Веселі Терни і максимальних значень сягає м. Кривий Ріг, в межах міста (середньорічні значення тут часто сягають понад 1 мг N/дм³).

Цікавим залишається той факт, що на р. Висунь в період літньо-осінньої межени вміст амонійного азоту у воді залишається значно меншим, ніж в інші сезони. Так за даними Березнегуватської СЕС

концентрація $N-NH_4^+$ у літній меженний період у створах вище та нижче смт Березнегувате становила відповідно 0,31 мг N/дм³ та 0,18 мг N/дм³. Як видно з табл. 4.13, на решті приток значення вмісту у воді амонійного азоту в літній період сягає максимальних значень. Сезонний розподіл концентрацій іонів $N-NH_4^+$ у воді головних приток р. Інгулець наведено в табл. 4.12.

Таблиця 4.12

Сезонний розподіл середніх концентрацій біогенних елементів у воді основних приток р. Інгулець за багаторічний період (1998-2008 рр.), мг/дм³

Гідрохімічний створ	Період	$N-NH_4^+$ мг N/дм ³	$N-NO_2^-$ мг N/дм ³	$N-NO_3^-$ мг N/дм ³	$N_{заг}$ мг N/дм ³	$P_{мін}$ мг P/дм ³	$P_{заг}$ мг P/дм ³
р. Жовта – с. Іскрівка	1	0,39	0,030	2,4	2,820	0,44	0,51
	2	0,50	0,170	8,5	9,170	1,10	1,22
	3	0,42	0,069	4,2	4,689	0,63	0,71
	4	0,44	0,090	5,0	5,530	0,72	0,81
р. Бокова – с. Валове	1	0,35	0,015	1,9	2,265	0,68	0,72
	2	0,58	0,074	4,4	5,054	0,95	1,05
	3	0,57	0,042	2,2	2,812	0,75	0,79
	4	0,50	0,044	2,8	3,344	0,79	0,85
р. Боковенька – с. Великофедорівка	1	0,60	0,024	0,9	1,524	0,43	0,49
	2	0,66	0,040	6,1	6,800	1,00	1,00
	3	0,32	0,045	3,7	4,065	0,94	0,98
	4	0,53	0,036	3,6	4,166	0,79	0,82
р. Саксагань – м. Кривий Ріг	1	0,49	0,037	2,1	2,627	0,12	0,16
	2	0,62	0,054	7,7	8,374	0,64	0,68
	3	0,57	0,106	6,4	7,076	0,95	1,04
	4	0,57	0,066	5,4	6,036	0,57	0,63
р. Висунь – смт. Березнегувате	1	0,60	0,022	3,2	3,822	0,54	0,57
	2	0,25	0,149	9,4	9,799	0,89	0,93
	3	0,60	0,058	4,6	5,258	0,42	0,46
	4	0,48	0,076	5,7	6,256	0,62	0,65

Азот нітритний ($N-NO_2^-$). В 90-і роки ХХ сторіччя концентрації нітритного азоту у воді лише зрідка перевищували ГДК для рибогосподарських водойм. Проте останні спостереження зафіксували значне зростання кількості нітритного азоту у воді Інгульця та Саксагані, особливо під час скидання промислових мінералізованих вод. Так, в районі скидів кількість нітритів досягає $0,54 - 1,31 \text{ мг N/дм}^3$, при гранично допустимій концентрації – $0,05 \text{ мг N/дм}^3$ [29].

Як показали дослідження, під час весняної повені середня концентрація азоту нітритного перевищує ГДК у 2,5 рази і становить $0,056 \text{ мг N/дм}^3$, при коливаннях від $0,023 \text{ мг N/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $0,107 \text{ мг N/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

В період літньо-осінньої межені середня концентрація $N-NO_2^-$ помітно підвищується і становить $0,067 \text{ мг N/дм}^3$, при коливаннях від $0,041 \text{ мг N/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, в межах міста) до $0,100 \text{ мг N/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

Зимова межень характеризується зміною концентрацій нітриного азоту у воді в межах від $0,032 \text{ мг N/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, в межах міста) до $0,074 \text{ мг N/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста) і в середньому по річці становить $0,051 \text{ мг N/дм}^3$.

Вміст у воді приток нітритного азоту коливається в межах від $0,036 \text{ мг N/дм}^3$ (р. Боковенька) до $0,09 \text{ мг N/дм}^3$ (р. Жовта) і в середньому становить $0,062 \text{ мг N/дм}^3$.

Концентрація нітритного азоту у поверхневих водах басейні р. Інгулець в більшій частині року знаходиться в межах ГДК. Проте, в період літньо-осінньої межені вміст $N-NO_2^-$ у річках часто перевищує допустимий рівень в 1,5-2,5 рази, що безпосередньо впливає на споживчу якість води.

Азот нітратний ($N-NO_3^-$). Під час весняної повені концентрація азоту нітратного у воді р. Інгулець становить $0,57 \text{ мг N/дм}^3$, при коливаннях від $0,24 \text{ мг N/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, в межах міста) до $0,84 \text{ мг N/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста). За даними досліджень Інституту геологічних наук НАН України [15] в період літньої межені кількість нітратів і нітритів є значно меншою, за винятком річкової ділянки біля с. Шестерня, де їх кількість різко зростає ($5,624 \text{ мг N/дм}^3$), причому переважно за рахунок нітратного азоту ($5,610 \text{ мг N/дм}^3$); підвищені показники нітратного азоту в період скидів промислових вод (зимовий період) виявлені на більшості ділянок р. Інгулець. Безпосередньо в районі скидів його кількість досягала 3-5 мг N/дм^3 , що перевищує значення ГДК в 1,5-2,5 рази.

Середня багаторічна концентрація нітратного азоту у воді приток р. Інгулець коливалася в межах від 2,8 мг N/дм³ (р. Бокова) до 5,7 мг N/дм³ (р. Висунь) і в середньому становить 4,5 мг N/дм³. Максимальні значення вмісту у воді приток $N-NO_3^-$ характерні для періоду літньо-осінньої межені; кілька разів на рік можуть перевищувати рівень ГДК (10 мг N/дм³) в 1,5-3,5 рази. Так, за даними досліджень Березнегуватської СЕС влітку 2008 р. вище і нижче смт Березнегувате концентрація нітратного азоту у воді р. Висунь становила відповідно 13,8 мг N/дм³ та 28,7 мг N/дм³.

Аналіз багаторічної динаміки середньорічних значень концентрації загального азоту у воді р. Інгулець (табл. 4.13) показав, що за період 1988-2008 рр. його вміст дещо зменшився.

Таблиця 4.13

Зміна середньорічних концентрацій загального азоту у воді р. Інгулець за багаторічний період (1988-2008 рр.), мг N/дм³

Рік	Гідрохімічний створ				
	м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	м. Кривий Ріг, в межах міста	м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	с. Садове, 1,2 км нижче села
1988	2,39	2,31	2,63	2,62	1,00
1990	2,26	2,00	1,99	2,38	0,42
1992	1,51	1,40	1,45	1,58	0,74
1994	0,60	0,92	1,25	1,19	0,57
1996	0,95	1,21	1,45	1,41	0,41
1998	1,20	1,72	2,00	-	0,28
2000	1,17	0,98	1,39	-	0,37
2002	1,00	1,24	1,88	2,10	0,45
2004	0,93	1,92	1,75	1,95	0,55
2006	1,30	1,89	1,98	1,78	0,66
2008	0,88	1,35	1,87	1,64	0,65

Мінеральні сполуки фосфору є одними із важливих біогенних елементів, що визначають продуктивність водного об'єкту. Сполуки фосфору надходять у природні води в результаті процесів життєдіяльності і розпаду водних організмів, вивітрювання і розчинення порід, які містять ортофосфати, обміну з донними відкладами, надходження з

поверхні водозбору. Важливим фактором підвищення вмісту фосфору в природних водах, що нерідко призводить до евтрофування водних об'єктів, є господарська діяльність людини. Забрудненню природних вод сполуками фосфору сприяє широке застосування фосфорних добрив, поліфосфатів як миючих засобів, флотореагентів і пом'якшувачів води.

Вміст сполук фосфору зазнає значних сезонних коливань, оскільки залежить від співвідношення інтенсивності процесів фотосинтезу і біохімічного окиснення органічних речовин. Мінімальні концентрації фосфатів у поверхневих водах спостерігаються, як правило, весною і влітку. Їх зростання відбувається восени і взимку [50, 111, 151].

Фосфати (PO_4^{3-}). Виявлено, що під час весняної повені середня концентрація фосфатів у воді р. Інгулець становила 0,140 мг/дм³, при коливаннях від 0,104 мг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 0,172 мг/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

В період літньо-осінньої межені середній вміст PO_4^{3-} у воді р. Інгулець сягав 0,169 мг/дм³, змінюючись від 0,121 мг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 0,240 мг/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

В період зимової межені середня концентрація фосфатів у воді р. Інгулець порівняно з літньо-осінньою меженню, була дещо меншою і становила 0,141 мг/дм³, при коливаннях в межах від 0,120 мг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 0,207 мг/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Як показують дослідження, у внутрішньорічному відношенні концентрація фосфатів у воді р. Інгулець не перевищували ГДК (тобто 3,5 мг/дм³). Лише під час регламентованих скидів промислових стічних вод до поверхневих джерел (за даними [15]) вміст PO_4^{3-} у воді досягає 3 мг/дм³ і зменшується в пригирловій ділянці до 1,6 мг/дм³. Проте, якщо до уваги брати рибогосподарські нормативи (ГДК=0,50 мг/дм³), то р. Інгулець характеризується незадовільним екологічним станом стосовно вмісту PO_4^{3-} .

Дослідження показали, що в останні роки спостерігається помітне зменшення вмісту фосфатів у воді р. Інгулець.

Виявлено, що концентрація фосфатів у воді приток р. Інгулець значно вищий, ніж в основній річці і в середньому становить близько 0,70 мг/дм³, змінюючись в межах від 0,79 мг/дм³ (р. Бокова) до 0,57 мг/дм³ (р. Саксагань). У гідроекологічному відношенні р. Жовта відрізняється стабільним вмістом у воді підвищених показників PO_4^{3-} впродовж року порівняно з іншими річками досліджуваного регіону.

Концентрація у річковій воді **фосфору загального (мінеральний і органічний)** залежить від багатьох факторів: процесів вивітрювання ґрунтів і порід, швидкості розпаду органічних речовин, гідробіологічних процесів тощо.

Під час весняної повені середній вміст $P_{\text{заг}}$ у воді р. Інгулець становив $0,289 \text{ мг/дм}^3$, при коливаннях від $0,219 \text{ мг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $0,361 \text{ мг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Під час літньо-осінньої межені вміст загального фосфору у воді р. Інгулець зростав до $0,295 \text{ мг/дм}^3$, і в просторовому відношенні змінювався від $0,214 \text{ мг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $0,346 \text{ мг/дм}^3$ (1 км вище м. Кривий Ріг).

В період зимової межені середня концентрація $P_{\text{заг}}$ у воді Інгульця, порівняно з літньо-осінньою межею, зменшувалася (за винятком пригирлової ділянки) і становила $0,244 \text{ мг/дм}^3$, при коливаннях від $0,215 \text{ мг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста) до $0,291 \text{ мг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Детальний аналіз багаторічної динаміки концентрації загального фосфору у р. Інгулець за період 1988-2008 рр. показав тенденцію зменшення вмісту $P_{\text{заг}}$ у воді.

Концентрації загального фосфору у воді приток р. Інгулець були помітно вищими відносно основної річки і коливалися в межах від $0,63 \text{ мг/дм}^3$ (р. Саксагань) до $0,85 \text{ мг/дм}^3$ (р. Бокова). При цьому, зберігалась загальна сезонність у їх зміні: мінімальні значення спостерігались восени, максимальні – в період літньо-осінньої межені.

Кремній (Si) є постійним компонентом складу природних вод і лише низька розчинність сполук кремнію пояснює його незначний вміст у воді.

Режим кремнію в поверхневих водах до певної міри подібний до режиму сполук азоту і фосфору, проте кремній не лімітує розвиток рослинності [45].

Під час весняної повені середня концентрація Si у воді р. Інгулець становить $4,2 \text{ мг/дм}^3$, при коливаннях від $2,8 \text{ мг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $4,9 \text{ мг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, в межах міста та м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста).

Під час літньо-осінньої межені середня концентрація кремнію у воді р. Інгулець зростає до $4,7 \text{ мг/дм}^3$, при коливаннях від $2,5 \text{ мг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $6,1 \text{ мг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста).

В період зимової межені середня концентрація кремнію у воді

р. Інгулець ще більше підвищується і становить $5,5 \text{ мг/дм}^3$, при коливаннях від $2,9 \text{ мг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $6,7 \text{ мг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Загальна тенденція коливань середньорічних значень концентрації кремнію у воді р. Інгулець прямує в бік збільшення їх відносного вмісту. Проте в останні роки спостерігається помітне зменшення концентрації Si , що позитивно впливає на загальний екологічний стан гідроекосистеми.

На основних притоках р. Інгулець вміст Si у воді визначався лише на окремих ділянках р. Саксагань: максимальні значення кремнію спостерігалися в період літньо-осінньої межені ($9,1 \text{ мг/дм}^3$), мінімальні – під час проходження весняної повені ($5,6 \text{ мг/дм}^3$). В зимовий меженний період концентрація кремнію у воді р. Саксагань мала проміжну величину ($7,7 \text{ мг/дм}^3$).

4.4. Мікроелементи

Мікроелементи – це хімічні елементи, сполуки яких зустрічаються в природних водах у дуже малих концентраціях (декілька мікрограм і менше в 1 дм^3), що зумовлено їх низькою міграційною здатністю. Це найбільша група хімічного складу природних вод до якої входять: типові катіони (Li^+ , Rb^+ , Cs^+ , Be^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} та ін.); іони важких металів (Cu^{2+} , Ag^+ , Au^+ , Pb^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} та ін.); амфотерні комплексоутворювачі (Cr , Mo , V , Mn); типові аніони (Br^- , I^- , F^- , B^{3-}) [3, 50].

Дія мікроелементів проявляється у зміні активності процесу обміну речовин в організмах та деяких їх специфічних функцій [50]. Тому при значних концентраціях у воді мікроелементи можуть бути дуже токсичними для організму людини.

Проблема забруднення поверхневих вод басейну Інгульця важкими металами займає одне з основних місць в структурі гідроекологічних досліджень [84].

Залізо майже завжди присутнє в водах та донних відкладах Інгульця, оскільки воно повсюдно розсіяне в гірських породах [6]. Вміст заліза у поверхневих водах становить десяті частки міліграма в 1 дм^3 , поблизу боліт – одиниці міліграма.

Найбільші концентрації заліза (до кількох десятків і сотень міліграмів в 1 дм^3) спостерігаються в підземних водах з низьким значенням pH (шахтні та рудничні води) внаслідок окиснення сульфідів

металів. У цих водах домінують в розчині катіонна, молекулярна та комплексна форми. Підвищений вміст заліза (понад 1 мг/дм³) погіршує якість води і можливість її використання для питних і технічних цілей [50].

Гранично-допустима концентрація заліза відповідно до європейських стандартів становить 0,2 мг/дм³ (200 мкг/дм³), а у Новій Зеландії – 0,01 мг/дм³ (10 мкг/дм³) [152].

Сезонний розподіл середніх концентрацій заліза у воді р. Інгулець по довжині за багаторічний період наведено в табл. 4.14.

Таблиця 4.14

Сезонний розподіл середніх концентрацій мікроелементів у воді р. Інгулець по довжині за багаторічний період (1988-2008 рр.), мкг/дм³

Гідрохімічний створ	Період	$Fe_{заг}$	Cu	Zn	Mn
м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	1	129,5	5,6	32,2	33,5
	2	102,5	3,2	34,6	47,0
	3	174,5	6,4	26,8	52,0
	4	135,5	5,1	31,2	44,5
м. Кривий Ріг, в межах міста	1	139,5	6,3	33,9	40,5
	2	167,0	4,5	26,8	48,5
	3	175,0	6,3	35,8	60,0
	4	160,5	5,7	32,2	49,5
м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	1	144,5	7,2	27,3	48,0
	2	123,0	4,9	29,9	45,0
	3	174,5	5,7	32,2	52,0
	4	147,0	5,9	29,8	48,0
м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	1	168,0	6,6	41,1	48,5
	2	181,5	4,95	37,2	48,5
	3	195,0	8,8	49,3	66,0
	4	181,5	6,8	42,5	54,5
с. Садове, 1,2 км нижче села	1	90,0	8,4	26,4	9,0
	2	66,0	9,8	22,4	19,6
	3	50,0	7,1	31,9	16,8
	4	69,0	8,4	26,9	15,1

Під час весняної повені середня концентрація $Fe_{заг}$ у воді р. Інгулець становила 130 мкг/дм³, при коливаннях від 70 мкг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 180 мкг/дм³ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

За період літньо-осінньої межені середній вміст $Fe_{заг}$ у воді р. Інгулець змінювався в діапазоні від 60 мкг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 280 мкг/дм³ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста) і в середньому становив 150 мкг/дм³.

Під час зимової межені середня концентрація загального заліза у воді р. Інгулець становить 140 мкг/дм³, при коливаннях від 10 мкг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 300 мкг/дм³ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

Подальші дослідження показали, що за період спостережень 1988-2008 рр. спостерігається неоднорідний хід зміни середньорічних концентрацій загального заліза у воді р. Інгулець: до 1996 р. відзначається загальне підвищення $Fe_{заг}$ у воді, часто досягаючи (за даними досліджень [34]) максимального значення понад 700 мкг/дм³, а починаючи з 1998 р. фіксується певне зменшення середньорічних концентрацій загального заліза у річковій воді.

У воді приток, як видно з табл. 4.15, середньорічні концентрації $Fe_{заг}$ коливалися в межах 90-20 мкг/дм³, що характерно для р. Інгулець в сучасних умовах. Перевищення ГДК не було зафіксовано. Серед основних приток Інгульця слід відзначити річки Саксагань та Жовта, де впродовж року вміст заліза у воді коливався в межах 150-300 мкг/дм³.

Така особливість зумовлена впливом виробничих стічних вод підприємств Криворізького ТВК та особливостями природних умов (зокрема геологічної будови та гідрогеологічних умов).

Якщо на р. Жовта чіткої сезонності у зміні $Fe_{заг}$ протягом календарного року не виявлено, то у воді р. Саксагань в м. Кривий Ріг максимальні концентрації заліза у воді характерні для періоду зимової межені (під час регламентних скидів високомінералізовані стічних вод підприємств Кривбасу), а мінімальні – в період весняної повені (коли проводять промивку річкового русла).

Сезонний розподіл середніх концентрацій мікроелементів у воді основних приток р. Інгулець за багаторічний період (1988-2008 рр.), мкг/дм³

Гідрохімічний створ	Період	$Fe_{заг}$	Cu	Zn	Mn
р. Жовта – с. Іскрівка	1	150	9,4	22,4	22,7
	2	270	12	30,5	45,2
	3	210	13	15,9	36,4
	4	210	11,5	22,9	34,6
р. Бокова – с. Валове	1	90	4,2	19,2	25,0
	2	140	11,2	18,4	18,2
	3	160	13,2	16,1	31,2
	4	130	9,5	17,9	24,8
р. Боковенька – с. Великофедорівка	1	110	3,1	11,4	16,8
	2	190	5,2	20,4	45,9
	3	190	5,1	15,2	22,0
	4	160	4,5	15,7	28,3
р. Саксагань – м. Кривий Ріг	1	230	12	12,4	43,4
	2	280	15	24,2	63,2
	3	300	24	22,3	55,5
	4	270	17	19,6	54,0
р. Висунь – смт. Березнегувате	1	110	24	14,8	42,3
	2	50	32	35,2	34,2
	3	100	28	19,4	21,8
	4	90	28	23,1	32,7

Мідь (Cu). За результатами аналізу проб води в басейні р. Інгулець виявлено, що мідь для середньої та нижньої течії р. Інгулець є пріоритетним токсикантом. Її концентрації під час скидів промислових вод зростали у порівнянні з меженним періодом у 8-9 разів. Найбільший негативний вплив на рибу та інших гідробіонтів спричиняє іонна форма міді [29]. Проте, як показали дослідження, значна частина міді знаходиться у формі комплексних сполук з органічними речовинами, що знижує токсичну дію на їхню фауну водойм. Основним джерелом надходження міді у поверхневі води є стічні води підприємств хімічної та металургійної галузей, шахтні води тощо.

В період весняної повені середня концентрація Cu у воді

р. Інгулець становила $17,3 \text{ мкг/дм}^3$, при коливаннях від $5,5 \text{ мкг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $27,0 \text{ мкг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста).

Під час літньо-осінньої межені середня концентрація міді у воді р. Інгулець становить $18,2 \text{ мкг/дм}^3$, при коливаннях під $4,2 \text{ мкг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $26,0 \text{ мкг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста).

Під час зимової межені середня концентрація Cu у воді річки становить $20,1 \text{ мкг/дм}^3$, при коливаннях від $7,3 \text{ мкг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $28,0 \text{ мкг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста). Серед приток виділяється р. Висунь, де вміст міді у воді часто перевищує величину ГДК у 5-12 разів. Проте середньорічні показники лишаються на рівні допустимих концентрацій.

Цинк (Zn) належить до елементів досить поширених у природі. Майже всі сполуки цинку, крім ZnF_2 , добре розчинні у воді. Внаслідок цього, на відміну від міді й свинцю, цинк більш поширений у природних водах. Цинк належить до активних мікроелементів, які впливають на ріст та розвиток рослинних організмів. Крім того, в організмі він також зменшує токсичність кадмію та міді. В той же час концентрації Zn , які перевищують ГДК, негативно впливають на організми [50].

В період весняної повені середня концентрація цинку у воді р. Інгулець становить $29,5 \text{ мкг/дм}^3$, при коливаннях від $21,7 \text{ мкг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $53,8 \text{ мкг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

Літньо-осіння межень характеризується середньою концентрацією Zn у воді р. Інгулець, що становила $48,4 \text{ мкг/дм}^3$, при коливаннях від $27,2 \text{ мкг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $69,9 \text{ мкг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

Під час зимової межені середній вміст цинку у воді р. Інгулець дещо менший порівняно з літньо-осінньою межею, і становив $32,3 \text{ мкг/дм}^3$, при коливаннях від $8,3 \text{ мкг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $55,2 \text{ мкг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

У воді приток концентрація цинку, як правило, не перевищувала рівня гранично допустимої концентрації (1000 мкг/дм^3) і в найгіршому випадку досягала 0,7-0,8 ГДК. Серед приток вирізняється р. Висунь, де концентрація Zn , в порівнянні з іншими річками, помітно підвищена в різні сезони року.

Дослідження показали [123], що у річковій воді Інгульця біля

с. Андріївка та Карачунівського водосховища між *Cu* і *Zn* виявлено значний кореляційний зв'язок (0,66 та 0,55 відповідно);

Марганець (Mn) у вільному вигляді в природі не зустрічається. Основні фактори, що визначають зміни вмісту марганцю у воді – співвідношення між поверхневим і підземним водним стоком, інтенсивність споживання його при фотосинтезі, розкладання фітопланктону, мікроорганізмів і вищої водної рослинності. Марганець сприяє утилізації діоксиду вуглецю (CO_2) рослинами, бере участь у процесах відновлення нітратів та асиміляції азоту рослинами, а також у деяких інших біохімічних процесах [50].

Під час весняної повені середня концентрація марганцю у воді р. Інгулець становить 37,1 мкг/дм³, при коливаннях від 23,4 мкг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 55,5 мкг/дм³ (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста).

В період літньо-осінньої межені середня концентрація *Mn* у воді р. Інгулець зменшується до 45,8 мкг/дм³, при коливаннях від 18,6 мкг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 75,4 мкг/дм³ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

Під час зимової межені середня концентрація марганцю у воді р. Інгулець становить 55,7 мкг/дм³, при коливаннях від 22,5 мкг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 75,7 мкг/дм³ (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

У воді приток, як і в основній річці, концентрації марганцю в різні фази водного режиму не перевищували рівень ГДК, а середньорічні значення коливалися в межах від 24,8 мкг/дм³ (р. Бокова) до 54,0 мкг/дм³ (р. Саксагань).

4.5. Специфічні забруднювальні речовини

Забруднювальними речовинами вважають такі, що надходять у водний об'єкт у результаті господарської діяльності, або виникають у ньому в кількостях, що виходять за природні граничні коливання, або за середній природний фон у даний період і призводять до погіршення якості води для водокористування. До них можна віднести СПАР, феноли, нафтопродукти та інші [111].

Синтетичні поверхнево активні речовини (СПАР) – речовини, які здатні адсорбуватися на поверхнях поділу фаз і знижувати внаслідок цього свою поверхневу енергію (поверхневий натяг). Потрапляючи у водні об'єкти, СПАР здійснюють значний вплив на фізико-біологічний стан гідросфери, погіршуючи на тривалий час кисневий режим і

органолептичні властивості. Головними факторами зниження їх концентрацій є процеси біохімічного окиснення, сорбція завислими речовинами і донними відкладами [50]. Гранично допустима концентрація СПАР для водних об'єктів рибогосподарського використання становить 100 мкг/дм³.

Встановлено, що під час весняної повені середня концентрація СПАР у воді р. Інгулець становить 40 мкг/дм³, змінюючись від 20 мкг/дм³ у нижній ділянці річки (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 60 мкг/дм³ у середній течії (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста) (табл. 4.16).

Таблиця 4.16

Сезонний розподіл середніх концентрацій специфічних забруднювальних речовин у воді р. Інгулець за багаторічний період (1988-2008 рр.), мкг/дм³

Гідрохімічний створ	Період	СПАР	Феноли	Нафтопродукти
м. Кривий Ріг, 1 км вище міста	1	60,0	4,0	172,5
	2	55,0	5,5	121,0
	3	80,0	4,0	129,0
	4	65,0	4,5	140,5
м. Кривий Ріг, в межах міста	1	50,0	5,5	140,0
	2	70,0	5,5	111,0
	3	90,0	5,0	112,0
	4	70,0	5,5	121,0
м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста	1	50,0	4,5	175,5
	2	60,0	5,0	154,0
	3	85,0	4,5	144,0
	4	65,0	4,5	157,5
м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста	1	55,0	5,5	171,5
	2	60,0	6,0	163,5
	3	80,0	5,5	133,5
	4	65,0	5,5	156,0
с. Садове, 1,2 км нижче села	1	20,0	2,0	33,0
	2	20,0	2,5	31,0
	3	10,0	1,0	27,5
	4	20,0	1,5	29,5

Літньо-осінній меженний період характеризується дещо підвищеною середньою концентрацією *СПАР* у воді Інгульця (близько 50 мкг/дм³), при коливаннях від 20 мкг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 70 мкг/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

У період зимової межени середня концентрація *СПАР* у воді р. Інгулець набуває значень, характерних для літньо-осінньої межени – 50 мкг/дм³, при коливаннях від 10 мкг/дм³ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 90 мкг/дм³ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Спостереження за вмістом *СПАР* у воді основних приток р. Інгулець практично не проводилися (табл. 4.17). Проте, одиночні хімічні аналізи відібраних проб води, виконаних за дослідженнями Інституту геологічних наук НАН України та на основних притоках басейну р. Інгулець показали, що концентрація *СПАР* у річкових водах не перевищувала рівня ГДК (тобто 100 мкг/дм³).

Таблиця 4.17

Сезонний розподіл середніх концентрацій специфічних забруднювальних речовин у воді основних приток р. Інгулець (1988-2008 рр.), мкг/дм³

Гідрохімічний створ	Період	<i>СПАР</i>	<i>Феноли</i>	<i>Нафтопродукти</i>
р. Жовта – с. Іскрівка	1	-	3,2	125,0
	2	-	2,0	290,0
	3	-	3,0	162,0
	4	-	2,7	192,0
р. Бокова – с. Валове	1	-	4,1	110,0
	2	-	3,0	70,0
	3	-	3,0	90,0
	4	-	3,4	90,0
р. Боковенька – с. Великофедорівка	1	-	3,0	90,0
	2	-	4,0	130,0
	3	-	3,0	65,0
	4	-	3,3	95,0
р. Саксагань – м. Кривий Ріг	1	-	5,5	285,0
	2	-	5,8	190,0
	3	-	5,7	140,0
	4	-	5,7	205,0
р. Висунь – смт. Березнегувате	1	-	4,0	80,0
	2	-	5,0	170,0
	3	-	4,0	110,0
	4	-	4,3	120,0

Феноли – це нестійкі і піддатливі до біохімічного та хімічного окиснення ароматичні сполуки, які мають у молекулі гідроксильні групи, безпосередньо зв'язані з атомами вуглецю ядра. У природних водах феноли перебувають у розчиненому стані у вигляді фенолатів, фенолатних іонів і вільних фенолів, можуть вступати в реакції конденсації та полімеризації, утворюючи складні гумусоподібні й інші досить стійкі сполуки. Оскільки феноли впливають на органолептичні і токсикологічні властивості води, їх вміст обмежується у природних водах, які використовуються для водопостачання, ріборозведення тощо [111].

Аналіз сезонного розподілу специфічних забруднювальних речовин показав, що під час весняної повені середня концентрація фенолів у воді р. Інгулець становить $5,0 \text{ мкг/дм}^3$, що перевищує ГДК в 5 разів, при коливаннях від $2,0 \text{ мкг/дм}^3$ у нижній ділянці річки до $6,0 \text{ мкг/дм}^3$ на території, що протікає в межах Криворізького ТВК (м. Кривий Ріг, в межах міста та м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

В період літньо-осінньої межені середня концентрація фенолів у воді р. Інгулець, так як і в період весняної повені, становить $5,0 \text{ мкг/дм}^3$, при коливаннях від $2,0 \text{ мкг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $6,0 \text{ мкг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, в межах міста).

Під час зимової межені середній вміст фенолів у воді Інгульця сягає найменших значень – $4,0 \text{ мкг/дм}^3$, і змінюється від $1,0 \text{ мкг/дм}^3$ (с. Садове, 1,2 км нижче села) до $6,0 \text{ мкг/дм}^3$ (м. Кривий Ріг, в межах міста та м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

Багаторічна динаміка середньорічних значень концентрації фенолів у воді р. Інгулець дозволяє побачити загальну тенденцію зменшення даного полютанта у воді. За ступенем забрудненості фенолами серед приток Інгульця виділялася р. Саксагань, у воді якої концентрація даних речовин коливалася в межах $5,5\text{-}5,8 \text{ мкг/дм}^3$ і в середньому становила $5,7 \text{ мкг/дм}^3$. Значні концентрації фенолів також зафіксовані у воді р. Висунь ($4,0\text{-}5,0 \text{ мкг/дм}^3$). Найкращим станом за вмістом даного показника характеризувалась р. Жовта (див. табл. 4.17).

Нафтопродукти відносяться до числа найбільш поширених і небезпечних речовин, які забруднюють природні води. В річкові води вони потрапляють виключно за рахунок діяльності людини з промисловими та господарсько-побутовими стічними водами.

Нафтопродукти негативно впливають на організм людини і тварин, водяну рослинність, фізичний, хімічний та біологічний стан водного об'єкта. Найбільш небезпечними є конденсовані вуглеводні типу 3,4-

бензапірену, які мають канцерогенні властивості.

Як бачимо з таблиці 4.16, під час весняної повені середня концентрація нафтопродуктів у воді р. Інгулець становила 120 мкг/дм^3 , при коливаннях від 30 мкг/дм^3 (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 160 мкг/дм^3 (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста).

У період літньо-осінньої межені середня концентрація нафтопродуктів у воді р. Інгулець незначно підвищується і становить близько 130 мкг/дм^3 , при коливаннях від 33 мкг/дм^3 (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 170 мкг/дм^3 (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста).

Під час зимової межені середня концентрація нафтопродуктів у воді р. Інгулець сягає мінімальних значень і становить близько 100 мкг/дм^3 , при коливаннях від 29 мкг/дм^3 (с. Садове, 1,2 км нижче села) до 150 мкг/дм^3 (м. Кривий Ріг, 1 км нижче міста).

Серед основних приток р. Інгулець максимальним вмістом нафтопродуктів у воді відрізняється р. Саксагань. На решті приток середньорічні концентрації НП коливаються в межах $90\text{-}192 \text{ мкг/дм}^3$.

В окремі періоди року вміст нафтопродуктів у воді р. Жовта періодично перевищував величину ГДК (200 мкг/дм^3), що негативно позначилось на споживчій якості води.

4.6. Гідроекологічний стан Карачунівського водосховища

Карачунівське водосховище є замикаючим у каскаді водосховищ на р. Інгулець і завдяки найбільшому об'єму служить основним регулятором стоку річки. Як зазначалось вище, водойма використовується для питного водопостачання (одне з основних джерел питної води у Кривбасі), а також для зрошення прилеглих земель [29]. Тому дослідження гідрохімічного режиму Карачунівського водосховища має винятково актуальний характер.

Як уже зазначалось, особливості сучасної гідроекологічної ситуації в Карачунівському водосховищі визначаються залежністю від гідрологічного режиму та кількості води, що надходить по каналу Дніпро-Інгулець; надходження забруднювальних речовин з прилеглих територій з поверхневим та підземним стоком; рівнем розвитку компонентів біоти в екосистемі та іхтіотоксикологічною ситуацією.

Фізико-хімічні показники води. У воді Карачунівського водосховища величини *pH* помітно вищі відносно верхньої ділянки і мають з водністю обернений взаємозв'язок. В період літньо-осінньої та зимової межені величини *pH* досягають максимальних значень (*pH* = 8,4-8,5),

під час проходження весняної повені та наповнення водосховища величини водневого показника зменшується до 8,0-8,1.

Кисневий режим водосховища характеризується досить добрими показниками. Під час весняної повені середня концентрація кисню становить 8,9 мг/дм³. В період літньо-осінньої межені вміст кисню у воді сягає мінімальних значень (близько 7,3 мг/дм³). Середні багаторічні показники відносного вмісту кисню у воді Карачунівського водосховища в період літньої межені коливаються в межах 100-140 %, інколи досягаючи значень 160 % насичення [95]. В зимовий період кисневий режим Карачунівського водосховища вод є найкращим. Концентрація O_2 у воді змінюється в межах 9,9-12 мг/дм³ і в середньому становить 10,8 мг/дм³.

Вміст *вуглекислого газу* у воді водосховища знаходиться у чіткій залежності від сезону року. Мінімальні значення характерні для періоду літньо-осінньої межені (3,5 мг/дм³). В зимовий період концентрація CO_2 у воді дещо збільшується і в середньому становить 4,5 мг/дм³. В період весняної повені вміст CO_2 коливається в межах 3,7-4,2 мг/дм³ і в середньому становить 4,0 мг/дм³.

У внутрішньорічному циклі під час весняної повені середня величина *біхроматної окиснюваності (БО)* становить 43,5 мг О/дм³. В період літньо-осінньої межені середнє значення БО води дещо зменшується 41,4 мг О/дм³ і досягає мінімальних значень в період зимової межені (36,0 мг О/дм³).

Величина *біохімічного споживання кисню* в Карачунівському водосховищі змінюється за площею і за сезонами (табл. 4.18).

Таблиця 4.18

Середні значення рН, газового складу, БО та БСК₅ у воді Карачунівського водосховища за характерними фазами водного режиму (1993-2009 рр.)

Період	рН	O_2		CO_2 , мг/дм ³	БО, мгО/дм ³	БСК ₅ , мгО ₂ /дм ³
		мг/дм ³	% насичення			
Весняна повінь	8,1	8,9	90	3,5	43,5	1,9
Літньо-осіння межень	8,2	7,3	85	4,0	41,4	2,4
Зимова межень	8,2	10,8	120	4,5	36,0	1,7
Середні багаторічні значення	8,2	8,4	98	4,0	40,3	2,1

Максимальні значення характерні для періоду літньої межени. За даними [2, 95], якщо в одній частині водойми в період літньої межени БСК₅ становить 2,0 мг О₂/дм³, то в той же період біохімічне споживання кисню в іншій частині може сягати 3,6 мг О₂/дм³.

Мінералізація і головні іони. За матеріалами спостережень Дніпровського басейнового управління водних ресурсів, у 1993-2009 рр. середнє значення мінералізації води в Карачунівському водосховищі складало 1190 мг/дм³, хлоридів – 143 мг/дм³, сульфатів – 463 мг/дм³ (рис. 4.5).

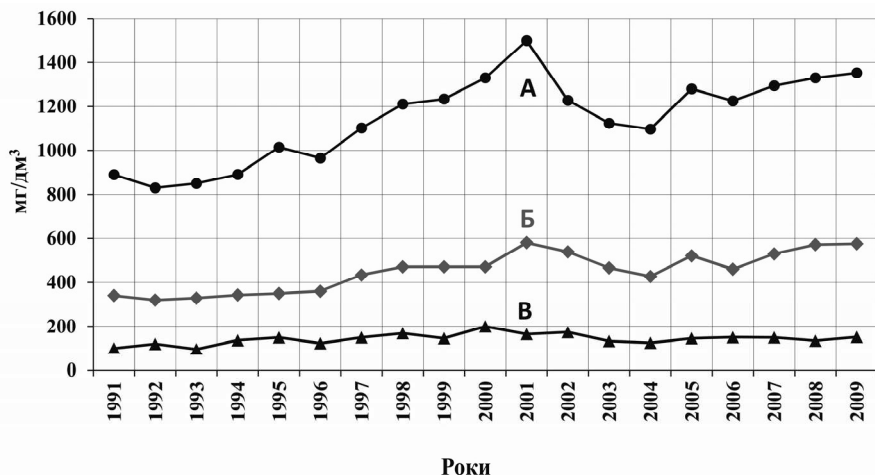


Рис. 4.5. Динаміка середньорічних значень мінералізації (А), концентрації сульфатів (Б) та хлоридів (В) у воді Карачунівського водосховища, мг/дм³

Як видно з рис. 4.5, за останні роки спостерігається чітка тенденція збільшення концентрації головних іонів у воді водосховища, що впливає на споживчу якість води. Як показали дослідження, між обсягом подачі дніпровської води по каналу Дніпро - Інгулець та зміною мінералізації води у водосховищі існує тісний кореляційний зв'язок, що описується формулою:

$$y = 4E + 15x^{-4,658}, R=0,86$$

Звідси випливає, що погіршення гідроекологічної ситуації у верхній ділянці Інгульця зумовлено зменшенням обсягу подачі води по каналу Дніпро-Інгулець (рис. 4.6).

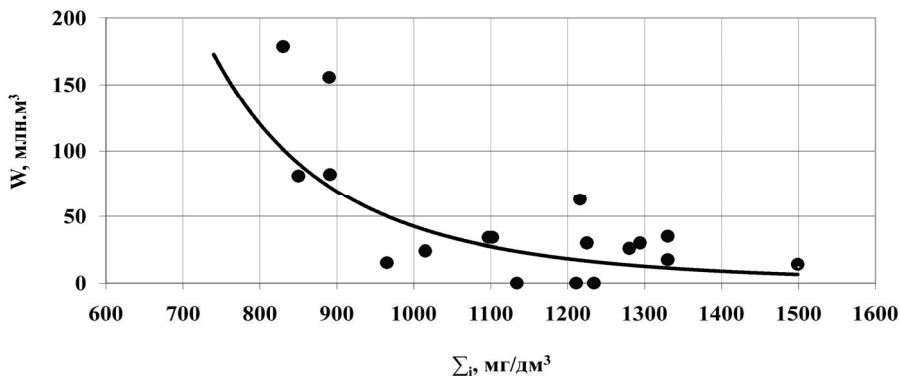


Рис. 4.6. Графік залежності мінералізації води у Карачунівському водосховищі від обсягу подачі води по каналу Дніпро - Інгулець за багаторічний період (1991-2009 рр.)

У внутрішньорічному циклі концентрація головних іонів у воді водосховища характеризується відносною стабільністю і поступовою зміною. Найхарактернішим поліантом є сульфатні іони, їх концентрація в останні роки тримається на рівні 420-530 мг/дм³. Вміст хлоридів у воді є менш стабільним і непередбачуваним. В останні роки їх концентрація коливається в межах 120-170 мг/дм³, а інколи, на нетривалий період, перевищує рівень ГДК і сягає 360 мг/дм³. Характерну внутрішньорічну зміну концентрацій головних іонів у воді Карачунівського водосховища наведено в табл. 4.19.

Таблиця 4.19

Концентрація головних іонів у воді Карачунівського водосховища за характерними фазами водного режиму (1991-2009 рр.), мг/дм³

Період	Головні іони, мг/дм ³						$\Sigma_{\text{іонів}}$
	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	
Весняна повінь	273	486	135	89	74	182	1190
Літньо-осіння межень	293	482	136	87	73	150	1177
Зимова межень	261	476	177	86	76	164	1207
Середні багаторічні значення	276	481	149	87	74	166	1190

Біогенні речовини приймають активну участь у життєдіяльності водних організмів. У воді Карачунівського водосховища спостерігається підвищений вміст біогенних речовин відносно води р. Інгулець у середній та нижній течії. Особливо в даному відношенні вирізняються фосфати. Якщо у воді р. Інгулець середня концентрація PO_4^{3-} становить 0,17 мг Р/дм³, то у воді Карачунівського водосховища їх вміст коливається в межах 0,27-0,97 мг Р/дм³ і лише в одиничних випадках сягає мінімальних значень (0,04 мг Р/дм³) (табл. 4.20).

Таблиця 4.20

Концентрація біогенних речовин у воді Карачунівського водосховища за характерними фазами водного режиму (1991-2009 рр.)

Період	$N-NH_4^+$ мг N/дм ³	$N-NO_2^-$ мг N/дм ³	$N-NO_3^-$ мг N/дм ³	$N_{заг}$ мг N/дм ³	$P_{мін}$ мг Р/дм ³	$P_{заг}$ мг Р/дм ³
Весняна повінь	0,19	0,05	1,31	1,55	0,42	0,49
Літньо-осіння межень	0,21	0,07	1,18	1,46	0,54	0,62
Зимова межень	0,14	0,02	1,84	2,00	0,90	0,94
Середнє значення	0,18	0,05	1,44	1,67	0,62	0,68

Середньорічні концентрації сольового амонію ($N-NH_4^+$) коливались в межах 0,1-0,3 мг N/дм³. За даними досліджень [95], мінімальні значення спостерігалися в 1971 та 1984 рр. (0 та 0,07 мг N/дм³, відповідно).

Аналіз та інтерпретація низки гідрохімічних даних показує, що вміст **мікроелементів** у воді Карачунівського водосховища протягом 1993-2009 рр. не перевищував рівень ГДК. Середній багаторічний вміст **заліза** у воді в 1,5-2,0 рази менший, ніж у воді середньої течії р. Інгулець і сягає 60 мкг/дм³. Найвищі значення не перевищують 180-200 мкг/дм³.

За даними Дніпровського БУВРу вміст *міді* у воді знаходиться в досить низьких концентраціях (0,0 мкг/дм³). Проте проведені дослідження показують, що в літній меженний період концентрація *Си* коливається в межах 15-18 мкг/дм³.

Вміст *цинку*, як і *міді*, також знаходиться у воді водосховища в незначних концентраціях. Максимальні значення *Zn* характерні для періоду літньо-осінньої межени (20-30 мкг/дм³), мінімальні концентрації спостерігаються під час проходження весняної повені.

Внутрішньорічна зміна концентрацій *марганцю* у воді, характеризується максимальними показниками в період літньо-осінньої межені (81 мкг/дм³) та мінімальними значеннями в період зимової межені. Концентрація мікроелементів у воді Карачунівського водосховища за характерними фазами водного режиму наведена в табл. 4.21.

Таблиця 4.21

Концентрація мікроелементів у воді Карачунівського водосховища за характерними фазами водного режиму (1991-2009 рр.), мкг/дм³

Період	<i>Fe_{заг}</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Mn</i>
Весняна повінь	55,0	5,0	14,0	37,5
Літньо-осіння межень	57,9	15,0	24,0	80,7
Зимова межень	62,0	10,4	18,0	28,0
Середнє значення	58,0	10,1	19,0	49,0

Специфічні забруднювальні речовини у воді водосховища знаходяться у концентраціях, що у 2-3 рази менші, ніж у воді середньої течії р. Інгулець. Зокрема це стосується концентрації *нафтопродуктів*. Як видно з табл. 4.22 вміст нафтопродуктів набирає максимальних значень в період весняної повені, коли вода водосховища використовується на промивку основного русла річки. До літнього меженного періоду концентрація нафтопродуктів дещо зменшувалася і в період зимової межені досягає мінімальних показників (в середньому 24 мкг/дм³).

Таблиця 4.22

Концентрація специфічних забруднювальних речовин у воді Карачунівського водосховища за характерними фазами водного режиму (1991-2009 рр.), мкг/дм³

Період	СПАР	Феноли	Нафтопродукти
Весняна повінь	-	2	56
Літньо-осіння межень	-	2	50
Зимова межень	-	1	24
Середнє значення	-	2	43

Концентрація і внутрішньорічна динаміка *фенолів* у воді водосховища повторює ситуацію, характерну для нижньої ділянки р. Інгулець в створі біля с. Садове, 1,2 км нижче села. У період проходження весняної повені та під час літньо-осінньої межені концентрація фенолів сягає максимальних значень ($2,0 \text{ мкг/дм}^3$), під час зимової межені їх вміст зменшується до 1 мкг/дм^3 .

Вміст *СПАР* у воді водосховища не визначався. Проте, визначені концентрації АПАР, в багаторічному і внутрішньорічному відношенні коливаються в межах $0\text{-}50 \text{ мкг/дм}^3$, що фактично не впливає на споживчу якість води.

Таким чином, хімічний склад води Карачунівського водосховища змінюється в часі як протягом року у зв'язку з сезонними змінами водного режиму, так і в багаторічному розрізі через різну водність окремих років.

Результати спостережень Дніпровського БУВР та Інституту геологічних наук НАН України показують, що в період 1993-2008 рр. спостерігається загальне погіршення екологічного стану водосховища за окремими гідрохімічними показниками. Особливо це стосується проблеми підвищення загальної мінералізації води за рахунок збільшення концентрації хлоридних і сульфатних іонів [2].

Дещо підвищені значення еколого-санітарних показників (вміст газів, біогенних та органічних сполук) були характерні для літнього, найбільш напруженого періоду року і обумовлені головним чином, розвитком внутріводойменних біологічних та біохімічних процесів [45, 121, 130]. Про це опосередковано свідчить: зміщення величини *pH* в бік збільшення лужності; відсутність вільної вуглекислоти і наявність карбонатної вуглекислоти; підвищений вміст кисню і перенасиченість ним поверхневих шарів води внаслідок фотосинтезу; незначний вміст біогенних елементів в зв'язку з поглинанням їх фітопланктоном.

4.7. Стік розчинених речовин

Стік розчинених речовин – кількість неорганічних та органічних сполук в іонно-молекулярному і колоїдному стані, які виносяться річками з даної території за певний проміжок часу (рік, сезон, місяць тощо) [3, 49].

Кількісні характеристики іонного стоку визначалися за HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, а також їх сумою (Σ_i); кількісні характеристики стоку біогенних речовин визначалися за такими

показниками: NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , $N_{заг}$, P_{min} ; стік мікроелементів – за концентраціями $Fe_{заг}$, Cu , Zn , Mn .

Для дослідження стоку хімічних речовин з водами р. Інгулець був обраний гідрологічний пост, розташований в с. Андріївка. Вибір саме цього створу обумовлено його розміщенням нижче основних об'єктів-забруднювачів річки та наявністю достатньої кількості інформації. Відстань від поста до гирла становить близько 272 км, площа водозбору – 9310 км².

Стік досліджених хімічних речовин протягом конкретного сезону певного року в абсолютних величинах **R** розраховувався за рівнянням [35, 49]:

$$R = W \cdot C$$

де **W** – водний стік, м³; **C** – середня концентрація хімічного компонента, приведена у відповідності до вмісту в 1 м³ води.

Крім абсолютних значень стоку головних іонів та інших розчинених речовин обчислювалися також показники зазначеного стоку **P_i**, розмірність яких визначається в тоннах з 1 км² площі водозбору за визначений проміжок часу. Ці показники тісно пов'язані з величиною іонного стоку **R** з відповідної території:

$$P_i = \frac{R}{F},$$

де **F** – площа водозбору, км² [106, 130].

Іонний стік. Проведені дослідження показали [63], що середньорічний іонний стік з водами р. Інгулець в створі с. Андріївка за період 2000-2008 рр. становив 1013,1 тис. т/рік (табл. 4.23).

Розподіл іонного стоку за фазами водного режиму має свої особливості. Найбільша частка (близько 60%) в іонному річному стоці припадає на час проходження весняної повені. У цей період у виносі розчинених мінеральних речовин річковою водою переважають сульфатні іони. Їх частка у сумарному іонному стоці перевищує 40%.

Таблиця 4.23

Середньорічний та сезонний іонний стік р. Інгулець

Період	Q, м ³ /с	W, км ³	Головні іони						Σ _i
			HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	
Весняна повінь	39,1	0,304	<u>37.1</u> 3,98	<u>262.1</u> 28,2	<u>100.3</u> 10,8	<u>40.1</u> 4,31	<u>28.9</u> 3,10	<u>128.9</u> 13,9	<u>600.5</u> 64,5
Літньо-осіння межень	6,3	0,049	<u>6.1</u> 0,66	<u>44.2</u> 4,74	<u>58.8</u> 6,32	<u>12.9</u> 1,39	<u>8.0</u> 0,86	<u>40.2</u> 4,32	<u>162.0</u> 17,4
Зимова межень	9,3	0,096	<u>8.4</u> 0,90	<u>52.1</u> 5,59	<u>93.7</u> 10,1	<u>17.1</u> 1,83	<u>10.3</u> 1,10	<u>62.5</u> 6,71	<u>250.6</u> 26,9
За рік	16,1	0,510	<u>51.6</u> 5,54	<u>358.3</u> 38,5	<u>252.9</u> 27,2	<u>70.1</u> 7,53	<u>47.1</u> 5,06	<u>231.6</u> 24,9	<u>1013.1</u> 108,8

Примітка* над рисою – тис.т, під рисою – т/км²

Частка кожного з головних іонів у загальному іонному стоці р. Інгулець за сезонами показала, що переважаючими аніонами є хлоридні іони. Їх внесок у сумарний річний стік річки становить близько 33,8%, проте інколи можуть домінувати сульфати (особливо під час весняної повені). Серед катіонів виділяється Na⁺+K⁺, частка яких в загальному іонному стоці річки складає 24,9 %.

У період літньо-осінньої та зимової межені спостерігалось зменшення виносу головних іонів (приблизно у 2,5-4,5 рази).

Разом з тим, якщо порівнювати періоди низьких рівнів (літньо-осіння та зимова межень), то частка зимового іонного стоку є більшою, що спричинено скидами промислових стічних вод підприємств Кривбасу (табл. 4.24).

Таблиця 4.24

Сезонний іонний стік р. Інгулець, % від річного

Період	Головні іони						Σ _i
	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	
Весняна повінь	72	73	40	57	61	56	59
Літньо-осіння межень	12	12	23	18	17	17	16
Зимова межень	16	15	37	24	22	27	25

Під час межені основною складовою в іонному стоці є хлориди. Їх відносний вміст в період літньо-осінньої та зимової межені становить

відповідно 23% та 37% від річного. Сумарний внесок HCO_3^- та Mg^{2+} в річний іонний стік є найменшим і становить близько 5%.

Стік біогенних речовин характеризується помітно меншими величинами. Детальний аналіз середньорічного та сезонного стоку біогенних речовин з водами р. Інгулець, що зображено в табл. 4.25, дозволяє побачити близькість між характеристиками стоку амонійного азоту та нітритів.

Таблиця 4.25

Середньорічний та сезонний стік біогенних речовин з водами р. Інгулець

Період	$Q, \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$	$W, \frac{\text{км}^3}{\text{с}}$	$N\text{--}NH_4^+$	$N\text{--}NO_2^-$	$N\text{--}NO_3^-$	$N_{\text{заг}}$	$P_{\text{мін}}$
Весняна повінь	39,1	0,304	$\frac{0,085}{0,009}$	$\frac{0,030}{0,003}$	$\frac{0,730}{0,078}$	$\frac{0,845}{0,091}$	$\frac{0,091}{0,010}$
Літньо-осіння межень	6,3	0,049	$\frac{0,047}{0,005}$	$\frac{0,010}{0,001}$	$\frac{0,594}{0,064}$	$\frac{0,651}{0,07}$	$\frac{0,033}{0,004}$
Зимова межень	9,3	0,096	$\frac{0,038}{0,004}$	$\frac{0,029}{0,003}$	$\frac{1,012}{0,109}$	$\frac{1,080}{0,116}$	$\frac{0,036}{0,004}$
За рік	16,1	0,510	$\frac{0,171}{0,018}$	$\frac{0,069}{0,007}$	$\frac{2,34}{0,251}$	$\frac{2,576}{0,277}$	$\frac{0,160}{0,017}$

Примітка* над рисою – тис.т, під рисою – т/км²

В середньому за рік разом з річковою водою через гідроствор в с. Андріївка виноситься близько 2-3 тис. т біогенних речовин. Максимальний їх виніс характерний, як і в попередньому випадку, для періоду весняної повені. В цей час з водами р. Інгулець переноситься близько 0,845 тис. т $N_{\text{заг}}$, що становить 33% від середньорічної величини (табл. 4.26).

Таблиця 4.26

Середньорічний та сезонний стік біогенних речовин з водами р. Інгулець, % від річного

Період	$N\text{--}NH_4^+$	$N\text{--}NO_2^-$	$N\text{--}NO_3^-$	$N_{\text{заг}}$	$P_{\text{мін}}$
Весняна повінь	50	44	31	33	57
Літньо-осіння межень	28	14	25	25	20
Зимова межень	23	42	43	42	23

Під час весняної повені домінуючими у стоці біогенних речовин є нітрати (близько 730 тис. т), а найменші значення характерні для нітритів (0,030 тис. т). При цьому мінерального фосфору виноситься близько 0,091 тис. т, що становить 57% від річного стоку.

До періоду літньо-осінньої межені частка стоку біогенних речовин зменшується в 1,5-2,5 рази і, як правило, трохи збільшується в період зимової межені. На літньо-осінню та зимову межень припадає відповідно 25 та 42 % від річного стоку $N_{\text{заг}}$.

Детальний аналіз середньорічного та сезонного стоку біогенних речовин з водами р. Інгулець дозволяє побачити близькість між величинами стоку амонійного азоту та мінерального фосфору. Розподіл стоку біогенних речовин по фазам водного режиму в основному співпадає з розподілом водного стоку.

Стік мікроелементів. Валова частка стоку мікроелементів в басейні р. Інгулець формується під впливом скидів промислових стічних вод підприємств Кривбасу. Найбільшими величинами стоку характеризується залізо через його достатньо великі концентрації у воді р. Інгулець. Під час весняної повені через гідрологічний створ в с. Андріївка проходить близько 0,064 тис. т $Fe_{\text{заг}}$, що становить 57% від середньорічного (табл. 4.27 – табл. 4.28).

Частка літньо-осінньої межені у стоці $Fe_{\text{заг}}$ становить 26 %, а зимової – 17%. За даними гідрохімічних досліджень у воді р. Інгулець в створі гідрологічного поста біля с. Андріївка на період спостережень концентрація Cu та Zn була досить низькою (нижче рівня чутливості аналізу).

Таблиця 4.27

Середньорічний та сезонний стік мікроелементів з водами р. Інгулець

Період	Q , $\text{м}^3/\text{с}$	W , км^3	$Fe_{\text{заг}}$	Cu	Zn	Mn
Весняна повінь	39,1	0,304	$\frac{0,064}{0,007}$	0	0	$\frac{0,027}{0,003}$
Літньо-осіння межень	6,3	0,049	$\frac{0,029}{0,003}$	0	0	$\frac{0,014}{0,002}$
Зимова межень	9,3	0,096	$\frac{0,019}{0,002}$	0	0	$\frac{0,007}{0,001}$
За рік	16,1	0,510	$\frac{0,111}{0,012}$	0	0	$\frac{0,048}{0,005}$

Примітка* над рискою – тис.т, під рискою – т/км²

Сезонний стік мікроелементів з водами р. Інгулець, % від річного

Період	$Fe_{заг}$	Cu	Zn	Mn
Весняна повінь	57	0	0	57
Літньо-осіння межень	26	0	0	30
Зимова межень	17	0	0	13

Тому стік даних хімічних елементів можна вважати таким, що не впливає на споживчу якість води (тобто близьким 0).

Абсолютні значення стоку марганцю дещо менші порівняно з загальним залізом. Під час весняної повені з водами р. Інгулець виноситься близько 57% Mn , в період літньої та зимової межені – відповідно 30 та 13 % від середньорічного значення. Таким чином розподіл стоку хімічних елементів за фазами водного режиму співпадає з розподілом водного стоку.

Разом з тим виявлено, що незважаючи на гідрохімічні особливості Саксагані [34, 101] іонний стік фактично не впливає на якість води Інгульця [59]. Так само виявлено, що Інгулець фактично не впливає на гідроекологічний стан нижньої ділянки Дніпра.

Висновки. Встановлено, що для гідрохімічного режиму річок території досліджень характерна чітка просторова неоднорідність. У верхів'ї басейну максимальні (найгірші) гідрохімічні показники (газовий режим, сольовий склад, біогенні елементи, мікроелементи, специфічні забруднювальні речовини) характерні для періоду літньо-осінньої межені, мінімальні – під час весняної повені (період подачі води по каналу Дніпро-Інгулець).

В середній частині басейну гідрохімічний режим характеризується найгіршими показниками: вміст розчиненого у воді кисню впродовж року на 10 % нижчий, ніж у верхній та нижній течії, що свідчить про наявність у воді речовин, на які він активно витрачається; середньорічні значення CO_2 , BO та $БСК_5$ мають підвищені значення; концентрації біогенних речовин, мікроелементів та специфічних забруднювальних речовин часто перевищують ГДК. Найгірші гідрохімічні показники характерні для періоду зимової межені (під час скидів промислових стічних вод підприємств Кривбасу), найкращі – в період весняної повені (під час промивки русла).

В нижній ділянці р. Інгулець гідрохімічний режим характери-

зується найкращими показниками і залежить від дніпровських вод, що надходять «антирікою» вверх по течії Інгульця на 80 км, проте загальної сезонності у зміні хімічного складу поверхневих вод не виявлено. У січні-лютому під час скидів промислових стічних вод підприємств Кривбасу мінералізація на даній ділянці інколи збільшується до $3,5 \text{ г/дм}^3$, при цьому зростають концентрації інших елементів, зокрема важких металів та специфічних забруднювальних речовин.

Гідроekологічний стан річок Бокова, Боковенька та Висунь характеризується підвищеними гідрохімічними показниками, що набувають максимальних значень в період літньо-осінньої межені: зокрема спостерігається підвищена мінералізація води, вміст біогенних речовин, специфічних забруднювальних речовин та погіршення кисневого режиму.

В межах території Кривбасу залежність між мінералізацією води та водністю річки порушується водогосподарською діяльністю. Щорічно з водами р. Інгулець виноситься близько 1 млн. т розчинених хімічних речовин (95 % – головні іони, 3 % – біогенні речовини; 2 % – мікроелементи та специфічні забруднювальні речовини). У внутрішньорічному відношенні 81 % від сумарного виносу хімічних речовин припадає на період весняної повені і транспортується в нижню ділянку р. Дніпро. Решта розчинених хімічних речовин надходить до Інгулецької зрошувальної системи з річковими водами, що використовуються для поливу земельних площ Миколаївської та Херсонської областей.

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ РІЧКОВИХ ВОД БАСЕЙНУ Р. ІНГУЛЕЦЬ

Проведений аналіз гідрохімічних даних на мережі моніторингових спостережень в басейні р. Інгулець дозволяє оцінити якість поверхневих вод за різними показниками.

Грунтова екологічна оцінка якості поверхневих вод необхідно проводити для планування і здійснення водоохоронних цілей, зокрема для проведення регіонального гідроекологічного моніторингу в басейні р. Інгулець, екологічного, гідроекологічного або еколого-економічного районування річкового басейну, екологічного картографування території досліджень тощо.

5.1. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну р. Інгулець за осередненими багаторічними сезонними та середньобагаторічними даними

Найбільш поширеним методом виконання екологічної оцінки якості води за відповідними категоріями (тобто, за компонентами сольового складу, за еколого-санітарними показниками та специфічними речовинами токсичної дії) є проведення досліджень на рівні синтезу та аналізу осереднених багаторічних сезонних та середньобагаторічних гідрохімічних показників.

5.1.1. Забруднення компонентами сольового складу (I_1)

Як показали отримані результати, *за критерієм мінералізації* (табл. 5.1) води р. Інгулець у зазначені періоди відносилися переважно до класу солонуватих вод (II) категорії β -мезогалинних (3). Це підтверджують і результати моніторингових досліджень Інституту геологічних наук НАН України [29].

Детальний аналіз внутрішньорічного розподілу величини мінералізації води р. Інгулець в межах різних ділянок річки показав, що в окремих гідрохімічних створах має місце перехідний характер класу води, що змінюється від прісних (гіпогалинних) до солонуватих (β -мезогалинних). Основна причина таких відмінностей є реструктуризація господарської діяльності в басейні р. Інгулець та зміна характеру водоохоронних заходів (див. розділ 2). Тому в окремих

створах р. Інгулець фактичні прісні води можна вважати такими, що перейшли від β -мезогаєлини до олігогаєлини внаслідок розбавлення менш мінералізованими водами з вищерозташованих ділянок. Тому такі води в подальшому можна класифікувати як солонуваті β -мезогаєлини.

Проте, слід зазначити, що протягом всього періоду спостережень (1988-2008 рр.) у нижній ділянці р. Інгулець (с. Садове, 1,2 км нижче села) води належали виключно до 1-ї категорії II класу якості вод («відмінні» за станом та «дуже чисті» за ступенем забрудненості).

Вода приток р. Інгулець досить подібна за хімічним складом до води основної річки. Тому за *критерієм мінералізації* їх води відносилися до класу солонуватих вод (II) категорії β -мезогаєлини (3) (табл. 5.2).

Аналіз просторових змін мінералізації води за окремими притоками за результатами моніторингових досліджень ІГН НАН України та СЕС свідчить, що значних змін їх якості за цим критерієм не спостерігається. Проте слід відзначити, що у верхів'ях окремих приток (зокрема річок Висунь та Жовта) за ступенем мінералізації вода характеризується досить добрими показниками і може використовуватись для питних цілей.

Відносно *критеріїв забруднення компонентами сольового складу* води р. Інгулець належали до 1-2 категорій I- II класів якості. Тому за екологічним станом їх можна віднести до відмінних і дуже добрих та дуже чистих і чистих за ступенем чистоти (табл. 5.3 – 5.4). Значення відповідного блокового індексу I_1 змінювались в межах 1,0-2,0 у верхній і середній течії та 1,7-2,7 у нижній ділянці річки.

При цьому слід відзначити, що найбільшим внеском в інтегральну величину I_1 характеризувалися сульфатні іони. За ступенем чистоти за цими іонами досліджувані води належали переважно до досить чистих та чистих.

Згідно критеріїв забруднення компонентами сольового складу води основних приток р. Інгулець належали переважно до 2-3 категорій II-III класів якості. Тому за екологічним станом їх можна віднести до дуже добрих та добрих за екологічним станом і чистих та досить чистих за ступенем забрудненості.

Таблиця 5.1

Класифікація якості води р. Інгулець за критерієм мінералізації, 1988-2008 рр.

Гідрохімічний пост	Роки	Період	Мінералізація, мг/дм ³	Клас якості		Категорія якості	
м. Кривий Ріг, 1 км. вище міста	1988-1997	1	914,9	I	прісні	2	олігогалинні
		2	986,0	I	прісні	2	олігогалинні
		3	1072,4	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	991,1	I	прісні	2	олігогалинні
	1998-2008	1	950,8	I	прісні	2	олігогалинні
		2	1276,3	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		3	1083,3	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	1103,5	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
м. Кривий Ріг, в межах міста	1988-1997	1	1010,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		2	937,6	I	прісні	2	олігогалинні
		3	1146,7	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	1031,4	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
	1998-2008	1	1540,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		2	1600,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		3	1300,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	1480,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
м. Кривий Ріг, 1 км. нижче міста	1988-1997	1	1413,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		2	1195,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		3	1311,1	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	1306,4	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
	1998-2008	1	1736,7	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		2	1681,7	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		3	1840,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	1752,8	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
м. Кривий Ріг, 7 км. нижче міста	1988-1997	1	1020,7	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		2	985,4	I	прісні	2	олігогалинні
		3	1415,5	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	1140,5	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
	1998-2008	1	1269,4	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		2	1118,1	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		3	1213,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	1200,2	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
с. Садове, 1,2 км. нижче села	1988-1997	1	401,1	I	прісні	1	гіпогалинні
		2	355,2	I	прісні	1	гіпогалинні
		3	484,3	I	прісні	1	гіпогалинні
		4	413,5	I	прісні	1	гіпогалинні
	1998-2008	1	347,1	I	прісні	1	гіпогалинні
		2	345,0	I	прісні	1	гіпогалинні
		3	341,7	I	прісні	1	гіпогалинні
		4	344,6	I	прісні	1	гіпогалинні

Таблиця 5.2

Класифікація якості води основних приток р. Інгулець за критерієм мінералізації, 1998-2008 рр.

Річка	Роки	Період	Мінералізація, мг/дм ³	Клас якості		Категорія якості	
р. Жовта – с. Іскрівка	1998-2008	1	1630,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		2	2075,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		3	2419,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	2041,3	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
р. Бокова – с. Валове	1998-2008	1	1624,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		2	2573,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		3	2545,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	2247,3	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
р. Боковенька – с. Великофедорівка	1998-2008	1	1153,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		2	1807,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		3	1761,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	1573,7	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
р. Саксагань – м. Кривий Ріг	1998-2008	1	1715,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		2	1637,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		3	2929,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	2093,7	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
р. Висунь – смт. Березнегувате	1998-2008	1	1644,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		2	2100,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		3	2450,0	II	солонуваті	3	β-мезогалинні
		4	2064,7	II	солонуваті	3	β-мезогалинні

Найбільшим внеском в інтегральну величину I_1 характеризувалися сульфатні іони. За ступенем забрудненості даними іонами досліджувані води змінювались від чистих до слабо забруднених, а в окремих випадках відносились до помірно забруднених.

За ступенем забрудненості хлоридними іонами води основних приток р. Інгулець змінювались від дуже чистих (I клас 1 категорія) до слабо забруднених (III клас, 4 категорія).

Серед приток найкращим екологічним станом за критерієм забруднення компонентами сольового складу відрізнялася р. Боковенька, води якої у внутрішньорічному відношенні характеризуються як відмінні та дуже добрі за станом та дуже чисті і чисті за ступенем їх чистоти (забрудненості).

Таблиця 5.3

Характеристика якості води р. Інгулець за критеріями забруднення компонентами сольового складу, 1988-2008 рр.

Гідрохімічний пост	Роки	Період	Блоковий індекс, I _p	Клас якості води	Категорія якості	Субкатегорія	Екологічна класифікація	
							за станом води	за ступенем чистоти води
м. Кривий Ріг, 1 км. вище міста	1988-1997	1	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		2	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		3	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		4	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
	1998-2008	1	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		2	1,3	I	1	1(2)	відмінні	дуже чисті
		3	1,3	I	1	1(2)	відмінні	дуже чисті
		4	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
м. Кривий Ріг, в межах міста	1988-1997	1	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		2	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		3	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		4	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
	1998-2008	1	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
		2	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
		3	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		4	1,3	I	1	1(2)	відмінні	дуже чисті
м. Кривий Ріг, 1 км. нижче міста	1988-1997	1	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		2	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		3	1,7	II	2	1-2	відмінні	дуже чисті
		4	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
	1998-2008	1	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
		2	1,7	II	1	1-2	відмінні	дуже чисті
		3	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
		4	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
м. Кривий Ріг, 7 км. нижче міста	1988-1997	1	1,3	I	1	1(2)	відмінні	дуже чисті
		2	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		3	1,3	I	1	1(2)	відмінні	дуже чисті
		4	1,3	I	1	1(2)	відмінні	дуже чисті
	1998-2008	1	1,3	I	1	1(2)	відмінні	дуже чисті
		2	1,0	I	1	1	відмінні	дуже чисті
		3	1,3	I	1	1(2)	відмінні	дуже чисті
		4	1,3	I	1	1(2)	відмінні	дуже чисті
с. Садове, 1,2 км. нижче села	1988-1997	1	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
		2	1,7	II	1	1-2	відмінні	дуже чисті
		3	2,7	II	3	2-3	дуже добрі	досить чисті
		4	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
	1998-2008	1	1,7	II	1	1-2	відмінні	дуже чисті
		2	1,7	II	1	1-2	відмінні	дуже чисті
		3	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
		4	1,7	II	1	1-2	відмінні	дуже чисті

Таблиця 5.4

Характеристика якості води основних приток р. Інгулець за критерієм забруднення компонентами соляового складу, 1998-2008 рр.

Річка	Роки	Період	Блоковий індекс I_1	Клас якості води	Категорія якості	Субкатегорія	Екологічна класифікація	
							за станом води	за ступенем чистоти
р. Жогта – с. Іскрівка	1998-2008	1	1,7	II	2	1-2	дуже добрі	чисті
		2	2,7	II	3	2-3	добрі	досить чисті
		3	2,3	II	2	2(3)	дуже добрі	чисті
		4	2,3	II	2	2(3)	дуже добрі	чисті
р. Бокова – с. Валове	1998-2008	1	1,7	II	2	1-2	дуже добрі	чисті
		2	3,7	III	4	3-4	задовільні	слабко забруднені
		3	3,3	II	3	3(4)	добрі	досить чисті
		4	3,0	II	3	3	добрі	досить чисті
р. Боковенька – с. Великофедорівка	1998-2008	1	1,3	I	1	1(2)	відмінні	дуже чисті
		2	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
		3	2,3	II	2	2(3)	дуже добрі	чисті
		4	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
р. Саксагань – м. Кривий Ріг	1998-2008	1	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
		2	2,0	II	2	2	дуже добрі	чисті
		3	3,7	III	4	3-4	задовільні	слабко забруднені
		4	2,7	II	3	2-3	добрі	досить чисті
р. Висунь – смт. Березнегувате	1998-2008	1	2,3	II	2	2 (3)	дуже добрі	чисті
		2	3,7	II	3	3-4	добрі	досить чисті
		3	3,7	II	3	3-4	добрі	досить чисті
		4	3,0	II	3	3	добрі	досить чисті

5.1.2. Оцінка якості води за еколого-санітарними показниками (I_2)

Екологічна оцінка якості річкових вод за блоком еколого-санітарних (трофо-сапробіологічних) показників (I_2) виконувалася за гідрофізичними (завислі речовини, прозорість) та гідрохімічними (рН, азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний, фосфор фосфатів, розчинений кисень, БО та БСК₅) показниками.

За сезонними і середньобагаторічними трофо-сапробіологічними показниками (табл. 5.5 – 5.7) води р. Інгулець переважно відносяться до III класу якості вод 4-ї категорії, що характеризуються як “задовільні”, “слабко забруднені”, “евтрофні”, “β”-мезосапробні”.

На ділянках, що знаходяться в межах Криворізького ТВК (м. Кривий Ріг, 1 км. нижче міста та 7 км. нижче міста) якість річкових вод помітно погіршується. В цих місцях води р. Інгулець часто переходять від 4-ї до 5-ї категорії якості (“посередні”, “помірно”, “забруднені”, “ев-політрофні”, “α”-мезосапробні”).

В нижній ділянці р. Інгулець (с. Садове, 1,2 км. нижче села) води відносяться до II-III класу якості 3-4 категорії, що характеризуються як перехідні від “добрих”, “чистих”, “мезоевтрофних”, “β”-мезосапробних” до “задовільних”, “забруднених”, “евтрофних”, “β”-мезосапробних”.

Абсолютні значення інтегральних трофо-сапробіологічних блокових індексів I_2 протягом репрезентативного періоду спостережень змінювались в досить широких межах: від 3,3 у нижній частині річки до 4,7 (м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста).

Роль окремих компонентів трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) блоку у формуванні його сумарної величини значно відрізняються між собою. Найбільшим внеском у величину I_2 відзначалися прозорість, азот амонійний, азот нітритний, азот нітратний, фосфор фосфатів та біхроматна окиснюваність, категорія якості яких коливалась здебільшого в межах 6-7, інколи сягаючи найкращих (мінімальних) значень категорії якості в діапазоні III класу (тобто води помірно забруднені).

За прозорістю усі поверхневі води басейну р. Інгулець характеризуються як брудні за ступенем чистоти (забрудненості) і погані за станом (6 категорія якості).

Таблиця 5.5

Характеристика якості води р. Інгулець за трофо-сапробіологічними показниками, 1988-1997 рр.

Гідрохімічний пост	Період	Біологічний індекс I ₂	Клас якості води	Категорія якості	Субкатегорія	Екологічна класифікація		
						за трофічністю	за сапробністю	за станом води
м. Кривий Ріг, 1 км. вище міста	1	4,0	III	4	4	евтрофні	β''- мезосапробні	задовільні
	2	4,3	III	4	4(5)	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
	3	4,1	III	4	4	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
	4	4,2	III	4	4	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
м. Кривий Ріг, в межах міста	1	4,0	III	4	4	евтрофні	β''- мезосапробні	задовільні
	2	4,5	III	4	4(5)	евтрофні	β''- мезосапробні	задовільні
	3	4,2	III	4	4	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
	4	4,2	III	4	4	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
м. Кривий Ріг, 1 км. нижче міста	1	4,3	III	4	4(5)	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
	2	4,5	III	4	4(5)	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
	3	4,3	III	4	4(5)	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
	4	4,4	III	4	4(5)	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
м. Кривий Ріг, 7 км. нижче міста	1	4,4	III	4	4(5)	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
	2	4,5	III	4	4(5)	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
	3	4,4	III	4	4(5)	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
	4	4,4	III	4	4(5)	евтрофні	β''- мезосапробні	слабо забруднені
с. Садове, 1,2 км. нижче села	1	3,5	II	3	3(4)	мезоевтрофні	β'- мезосапробні	задовільні
	2	3,5	II	3	3(4)	мезоевтрофні	β'- мезосапробні	досить чисті
	3	3,7	III	4	3-4	евтрофні	β''- мезосапробні	досить чисті
	4	3,5	II	3	3(4)	мезоевтрофні	β'- мезосапробні	досить чисті

Таблиця 5.6

Характеристика якості води р. Інгулець за трофо-сапробіологічними показниками, 1998-2008 рр.

Гідрохімічний пост	Період	Біологічний індекс I ₂	Клас якості води	Категорія якості	Субкатегорія	Екологічна класифікація			
						за трофічність	за сапробність	за станом води	за ступенем чистоти
м. Кривий Ріг, 1 км. вище міста	1	3,9	III	4	4(3)	евтрофні	β ¹ -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
	2	4,2	III	4	4	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
	3	3,9	III	4	4(3)	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
	4	4,3	III	4	4(5)	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
м. Кривий Ріг, в межах міста	1	4,0	III	4	4	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
	2	4,2	III	4	4	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
	3	4,0	III	4	4	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
	4	4,1	III	4	4	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
м. Кривий Ріг, 1 км. нижче міста	1	4,5	III	4	4(5)	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
	2	4,6	III	5	4-5	ев-політрофні	α ¹ -, мезосапробні	посередні	помірно забруднені
	3	4,3	III	4	4(5)	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
	4	4,3	III	4	4(5)	ев-політрофні	α ² -, мезосапробні	посередні	помірно забруднені
м. Кривий Ріг, 7 км. нижче міста	1	4,7	III	5	4-5	ев-політрофні	α ² -, мезосапробні	посередні	помірно забруднені
	2	4,7	III	5	4-5	ев-політрофні	α ² -, мезосапробні	посередні	помірно забруднені
	3	4,5	III	4	4(5)	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
	4	4,5	III	4	4(5)	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
с. Садове, 1,2 км. нижче села	1	3,3	II	3	3(4)	мезоевтрофні	β ¹ -, мезосапробні	добрі	досить чисті
	2	3,9	III	4	4(3)	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
	3	3,5	II	3	3(4)	мезоевтрофні	β ¹ -, мезосапробні	добрі	досить чисті
	4	3,6	III	4	3-4	евтрофні	β ² -, мезосапробні	задовільні	слабо забруднені

Таблиця 5.7

Характеристика якості води приток р. Інгулець за еколого-санітарними показниками, 1998-2008 рр.

Річка	Роки	Період	Біологічний індекс I ₂	Класи якості води	Категорія якості	Субкатегорія	Екологічна класифікація			
							за трофічністю	за сапробністю	за станом води	за ступенем чистоти
р. Жовта – с. Іскрівка	1998-2008	1	4,5	III	4	4(5)	евтрофні	β ⁰ - мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
		2	4,5	III	4	4(5)	евтрофні	β ⁰ - мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
		3	4,7	III	5	4-5	ев-політрофні	α ⁰ - мезосапробні	посередні	помірно забруднені
		4	4,6	III	5	4-5	ев-політрофні	α ⁰ - мезосапробні	посередні	помірно забруднені
р. Бокова – с. Валове	1998-2008	1	4,1	III	4	4	евтрофні	β ⁰ - мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
		2	4,6	III	5	4-5	ев-політрофні	α ⁰ - мезосапробні	посередні	помірно забруднені
		3	4,6	III	5	4-5	ев-політрофні	α ⁰ - мезосапробні	посередні	помірно забруднені
		4	4,4	III	4	4(5)	евтрофні	β ⁰ - мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
р. Боковенька – с. Велико-федорівка	1998-2008	1	4,4	III	4	4(5)	евтрофні	β ⁰ - мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
		2	4,4	III	4	4(5)	евтрофні	β ⁰ - мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
		3	4,6	III	5	4-5	ев-політрофні	α ⁰ - мезосапробні	посередні	помірно забруднені
		4	4,5	III	4	4(5)	евтрофні	β ⁰ - мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
р. Саксагань – м. Кривий Ріг	1998-2008	1	4,4	III	4	4(5)	евтрофні	β ⁰ - мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
		2	4,7	III	5	4-5	ев-політрофні	α ⁰ - мезосапробні	посередні	помірно забруднені
		3	5,0	III	5	5	ев-політрофні	α ⁰ - мезосапробні	посередні	помірно забруднені
		4	4,6	III	5	4-5	ев-політрофні	α ⁰ - мезосапробні	посередні	помірно забруднені
р. Висунь – смт. Березнегувате	1998-2008	1	4,5	III	4	4(5)	евтрофні	β ⁰ - мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
		2	4,3	III	4	4(5)	евтрофні	β ⁰ - мезосапробні	задовільні	слабо забруднені
		3	4,6	III	5	4-5	ев-політрофні	α ⁰ - мезосапробні	посередні	помірно забруднені
		4	4,4	III	4	4(5)	евтрофні	β ⁰ - мезосапробні	задовільні	слабо забруднені

За вмістом амонійного азоту (NH_4^+) та мінерального фосфору води відповідають здебільшого категорії 4-5, а інколи і категорії 6, що характеризуються як погані за станом та брудні за ступенем чистоти.

За вмістом іонів NO_2^- поверхневі води р. Інгулець, як правило, належать до 5-6, а інколи і до 7-ї категорії кисті (дуже погані та дуже брудні води).

За величиною біхроматної окиснюваності води р. Інгулець здебільшого характеризуються як помірно забруднені та брудні, що відповідає 5-6 категорія якості.

Найкращими показниками якості характеризувалися завислі речовини та розчинений у воді кисень: за вмістом завислих речовин поверхневі води Інгульця належали переважно до 1-3 категорія якості (тобто змінювались від відмінних, дуже чистих вод до добрих, досить чистих вод); за вмістом розчиненого у воді кисню води відносились переважно 1 та 2 категорія якості (тобто змінювались від відмінних, дуже чистих вод до дуже добрих, чистих вод), а інколи і до 4 категорії якості (особливо в період літньо-осінньої межени), що характеризувало води як “задовільні” за станом та “слабко забруднені” за ступенем чистоти.

Детальний аналіз величин трофо-сапробіологічного блоку свідчить про значну роль у формуванні якості води р. Інгулець зовнішніх процесів.

Разом з тим спостерігається чітка закономірність просторового розподілу окремих величин еколого-санітарних показників: мінімальні концентрації компонентів даного блоку спостерігалися переважно в нижній ділянці річки, максимальні – в річках, що протікають територією Криворізької індустріально-промислової зони.

Поверхневі води основних приток р. Інгулець за середньорічними величинами еколого-санітарного блоку відносились до вод III класу 4-5 категорії якості, тобто характеризувалися, за трофністю як евтрофні та ев-політрофні, за сапробністю відповідали переважно α' -мезосапробним та β'' -мезосапробним водам.

За останні роки спостерігається певне погіршення гідроекологічного стану Інгульця за трофо-сапробіологічними показниками, зокрема в нижній ділянці.

5.1.3. Оцінка якості води за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії (I_3)

Екологічна оцінка якості річкових річкових вод басейну р. Інгулець за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії (I_3) проводилась за аналізом специфічних забруднюючих речовин (феноли та нафтопродукти) та мікроелементів (мідь, цинк, хром, залізо, марганець).

В порівнянні з трофо-сапробіологічними показниками оцінка якості поверхневих вод басейну р. Інгулець за вмістом специфічних речовин токсичної дії мала кращі показники: досліджувані води відносилися до II-III класів якості. За концентраціями окремих компонентів цієї групи забруднювальних речовин вказані води відносилися до 2-5 категорії якості. Тобто, за екологічним станом річкові води змінювались від добрих до посередніх, а за ступенем забрудненості – від досить чистих до помірно забруднених.

Результати досліджень Інституту геологічних наук НАН України показали, що найбільшим токсикантом у воді р. Інгулець є мідь. В порівнянні з періодом літньо-осінньої межени концентрація міді у воді взимку збільшується у 8-9 разів. Однак, як показали дослідження, значна частина міді знаходилась в складі комплексних сполук з органічними речовинами і тому, найбільш ймовірно, не могла суттєво підвищити токсичність водного середовища.

Проте сукупні гідрохімічні дані за період 1988-2008 рр. показали, що найбільшим внеском у величину I_3 відзначалися нафтопродукти і феноли. За їх вмістом в багаторічному аспекті досліджені води характеризувалися в багатьох випадках належністю до 5, а інколи й 6 категорії якості води, тобто були посередніми чи поганими за станом або помірно забрудненими чи брудними за ступенем чистоти (табл. 5.8 – 5.9).

В просторовому відношенні найгірша якість води за показниками специфічних речовин токсичної дії характерна для території Криворізького ТВК (р. Саксагань-м. Кривий Ріг), для частини Інгульця, що знаходиться пригирловій ділянці забруднення води цими компонентами було помітно меншим.

Таблиця 5.8

Характеристика якості води р. Інгулець за критерієм вмісту специфічних речовин токсичної, 1988-2008 рр.

Гідрохімічний пост	Роки	Період	Блоковий індекс I ₃	Клас якості води	Категорія якості	Субкатегорія	Екологічна класифікація	
							за станом води	за ступенем чистоти
м. Кривий Ріг, 1 км. вище міста	1988-1997	1	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		2	4,1	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		3	4,1	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		4	4,1	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
	1998-2008	1	3,9	III	4	4(3)	задовільні	слабко забруднені
		2	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		3	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		4	3,9	III	4	4(3)	задовільні	слабко забруднені
м. Кривий Ріг, в межах міста	1988-1997	1	4,1	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		2	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		3	4,1	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		4	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
	1998-2008	1	4,1	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		2	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		3	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
		4	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
м. Кривий Ріг, 1 км. нижче міста	1988-1997	1	4,1	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		2	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
		3	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
		4	4,1	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
	1998-2008	1	4,1	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		2	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		3	4,1	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		4	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
м. Кривий Ріг, 7 км. нижче міста	1988-1997	1	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
		2	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
		3	4,6	III	4	4-5	задовільні	слабко забруднені
		4	4,4	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
	1998-2008	1	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
		2	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
		3	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
		4	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
с. Садове, 1,2 км. нижче села	1988-1997	1	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		2	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
		3	3,3	II	3	3(4)	добрі	досить чисті
		4	3,5	II	3	3(4)	добрі	досить чисті
	1998-2008	1	2,7	II	3	2-3	добрі	досить чисті
		2	2,9	II	3	3(2)	добрі	досить чисті
		3	2,7	II	3	2-3	добрі	досить чисті
		4	2,7	II	3	2-3	добрі	досить чисті

Таблиця 5.9

Характеристика якості води основних приток р. Інгулець за критерієм вмісту специфічних речовин токсичної, 1998-2008 рр.

Гідрохімічний пост	Роки	Період	Блоковий індекс І ₃	Клас якості води	Категорія якості	Субкатегорія	Екологічна класифікація	
							за станом води	за ступенем чистоти
р. Жовта – с. Іскрівка	1998-2008	1	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		2	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
		3	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		4	4,2	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
р. Бокова – с. Валове	1998-2007	1	3,7	III	4	3-4	задовільні	слабко забруднені
		2	3,8	III	4	4(3)	задовільні	слабко забруднені
		3	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		4	3,7	III	4	3-4	задовільні	слабко забруднені
р. Боковенька – с. Великофедорівка	1998-2008	1	3,5	II	3	3(4)	добрі	досить чисті
		2	4,2	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		3	3,5	II	3	3(4)	добрі	досить чисті
		4	3,7	III	4	3-4	задовільні	слабко забруднені
р. Саксагань – м. Кривий Ріг	1998-2008	1	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
		2	4,7	III	5	4-5	задовільні	слабко забруднені
		3	4,7	III	5	4-5	задовільні	слабко забруднені
		4	4,7	III	5	4-5	задовільні	слабко забруднені
р. Висунь – смт. Березнегувате	1998-2008	1	3,8	III	4	4(3)	задовільні	слабко забруднені
		2	4,2	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		3	4,0	III	4	4	задовільні	слабко забруднені
		4	4,3	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені

5.1.4. Інтегральна екологічна оцінка якості річкових вод (І_Е)

За підсумковими інтегральними індексами І_Е якість річкових вод змінювалася в межах 2,6-3,5 (II клас 3 категорія якості води) на основній річці та 3,5-4,5 (II-III клас 3-4 категорії якості) на притоках ((табл. 5.10 – 5.12, рис. 5.1).

Об'єднана екологічна оцінка якості води р. Інгулець за середніми значеннями інтегрального екологічного індексу I_E , 1988-1997 рр.

Гідрохімічний пост	Пе-ріод	Блокові індекси			Об'єднана оцінка				Екологічна класифікація	
		I_1	I_2	I_3	I_E	клас якості води	категорія якості	сукате-горія	за станом води	за ступенем чистоти
м. Кривий Ріг, 1 км. вище міста	1	1,0	4,0	4,0	3,0	II	3	3	добрі	досить чисті
	2	1,0	4,3	4,1	3,1	II	3	3	добрі	досить чисті
	3	1,0	4,1	4,1	3,1	II	3	3	добрі	досить чисті
	4	1,0	4,2	4,1	3,1	II	3	3	добрі	досить чисті
м. Кривий Ріг, в межах міста	1	1,0	4,0	4,1	3,0	II	3	3	добрі	досить чисті
	2	1,0	4,5	4,0	3,2	II	3	3	добрі	досить чисті
	3	1,0	4,2	4,1	3,1	II	3	3	добрі	досить чисті
	4	1,0	4,2	4,0	3,1	II	3	3	добрі	досить чисті
м. Кривий Ріг, 1 км. нижче міста	1	1,0	4,3	4,1	3,1	II	3	3	добрі	досить чисті
	2	1,0	4,5	4,3	3,3	II	3	3(4)	добрі	досить чисті
	3	1,7	4,3	4,3	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті
	4	1,0	4,4	4,1	3,2	II	3	3	добрі	досить чисті
м. Кривий Ріг, 7 км. нижче міста	1	1,3	4,4	4,3	3,3	II	3	3(4)	добрі	досить чисті
	2	1,0	4,5	4,3	3,3	II	3	3(4)	добрі	досить чисті
	3	1,3	4,4	4,6	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті
	4	1,3	4,4	4,4	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті
с. Садове, 1,2 км. нижче села	1	2,0	3,5	4,0	3,2	II	3	3	добрі	досить чисті
	2	1,7	3,5	4,3	3,2	II	3	3	добрі	досить чисті
	3	2,7	3,7	3,3	3,2	II	3	3	добрі	досить чисті
	4	2,0	3,5	3,5	3,0	II	3	3	добрі	досить чисті

Таблиця 5.11

Об'єднана екологічна оцінка якості води р. Інгулець за середніми значеннями інтегрального екологічного індексу I_E , 1998-2008 рр.

Гідрохімічний пост	Період	Блокові індекси				Об'єднана оцінка				Екологічна класифікація	
		I ₁	I ₂	I ₃	I _E	клас якості води	категорія якості	субкатегорія	за станом води	за ступенем чистоти	
м. Кривий Ріг, 1 км. вище міста	1	1,0	3,9	3,9	2,9	II	3	3(2)	добрі	досить чисті	
	2	1,3	4,2	4,0	3,2	II	3	3	добрі	досить чисті	
	3	1,3	3,9	4,0	3,1	II	3	3	добрі	досить чисті	
	4	1,0	4,3	3,9	3,1	II	3	3	добрі	досить чисті	
м. Кривий Ріг, в межах міста	1	2,0	4,0	4,1	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
	2	2,0	4,2	4,0	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
	3	1,0	4,0	4,3	3,1	II	3	3	добрі	досить чисті	
	4	1,3	4,1	4,0	3,1	II	3	3	добрі	досить чисті	
м. Кривий Ріг, 1 км. нижче міста	1	2,0	4,5	4,1	3,5	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
	2	1,7	4,6	4,0	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
	3	2,0	4,3	4,1	3,5	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
	4	2,0	4,3	4,0	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
м. Кривий Ріг, 7 км. нижче міста	1	1,3	4,7	4,3	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
	2	1,0	4,7	4,3	3,3	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
	3	1,3	4,5	4,3	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
	4	1,3	4,5	4,3	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
с. Садове, 1,2 км. нижче села	1	1,7	3,3	2,7	2,6	II	3	2-3	добрі	досить чисті	
	2	1,7	3,9	2,9	2,8	II	3	3(2)	добрі	досить чисті	
	3	2,0	3,5	2,7	2,7	II	3	2-3	добрі	досить чисті	
	4	1,7	3,6	2,7	2,7	II	3	2-3	добрі	досить чисті	

Таблиця 5.12

Об'єднана екологічна оцінка якості води приток р. Інгулець за середніми значеннями інтегрального екологічного індексу I_E , 1998-2008 рр.

Річка	Роки	Пе-ріод	Блокові індекси				Об'єднана оцінка				Екологічна класифікація	
			I ₁	I ₂	I ₃	I _Е	клас якості води	категорія якості	субкатегорія	за станом води	за ступенем чистоти	
р. Жовта – с. Іскрівка	1998-2008	1	1,7	4,5	4,0	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
		2	2,7	4,5	4,3	3,8	III	4	4(3)	задовільні	слабо забруднені	
		3	2,3	4,7	4,0	3,7	III	4	3-4	задовільні	слабо забруднені	
		4	2,3	4,6	4,2	3,7	III	4	3-4	задовільні	слабо забруднені	
р. Бокова – с. Валове	1998-2008	1	1,7	4,1	3,7	3,2	II	3	3	добрі	досить чисті	
		2	3,7	4,6	3,8	4,0	III	4	4	задовільні	слабо забруднені	
		3	3,3	4,6	4,0	4,0	III	4	4	задовільні	слабо забруднені	
		4	3,0	4,4	3,7	3,7	III	4	3-4	задовільні	слабо забруднені	
р. Боковенька – с. Велико-федорівка	1998-2008	1	1,3	4,4	3,5	3,1	II	3	3	добрі	досить чисті	
		2	2,0	4,4	4,2	3,5	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
		3	2,3	4,6	3,5	3,5	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
		4	2,0	4,5	3,7	3,4	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
р. Саксагань – м. Кривий Ріг	1998-2008	1	2,0	4,4	4,3	3,6	III	4	3-4	задовільні	слабо забруднені	
		2	2,0	4,7	4,7	3,8	III	4	4(3)	задовільні	слабо забруднені	
		3	3,7	5,0	4,7	4,5	III	4	4(5)	задовільні	слабо забруднені	
		4	2,7	4,6	4,7	4,0	III	4	4	задовільні	слабо забруднені	
р. Висунь – смт. Березнегувате	1998-2008	1	2,3	4,5	3,8	3,5	II	3	3(4)	добрі	досить чисті	
		2	3,7	4,3	4,2	4,1	III	4	4	задовільні	слабо забруднені	
		3	3,7	4,6	4,0	4,1	III	4	4	задовільні	слабо забруднені	
		4	3,0	4,4	4,3	3,9	III	4	4(3)	задовільні	слабо забруднені	

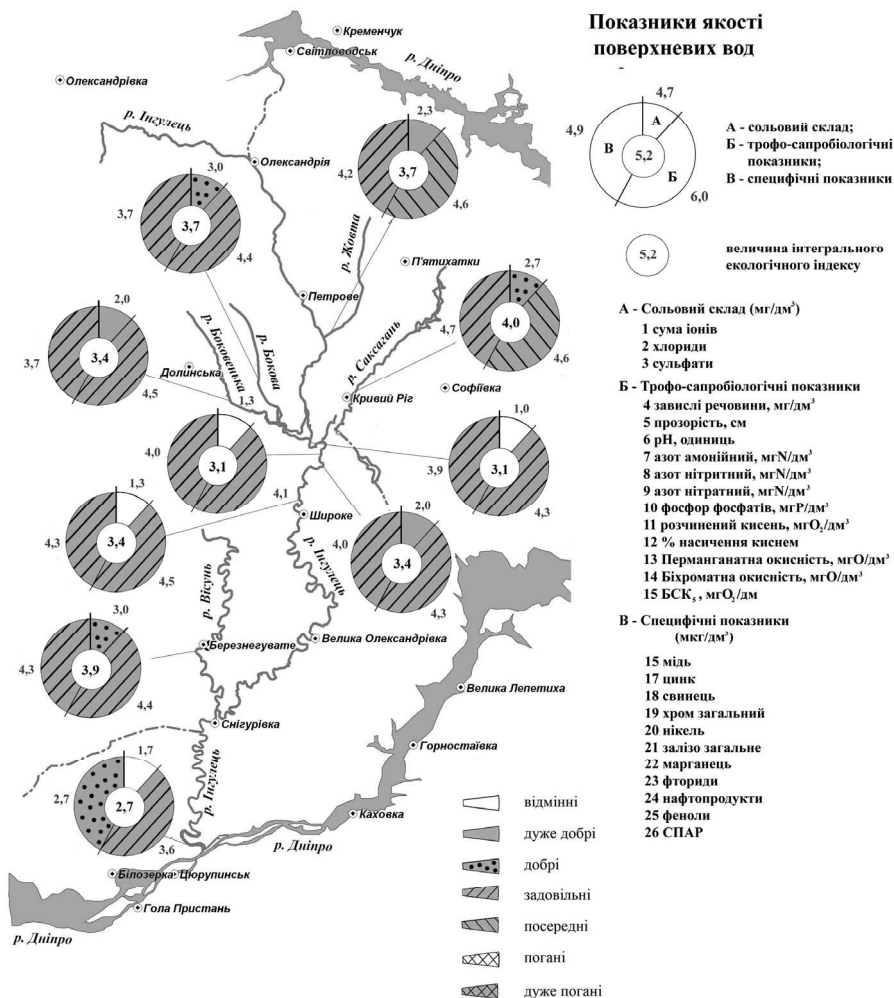


Рис. 5.1. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну р. Інгулець за середньорічними показниками (1998-2008 рр.)

Тому річкові води Інгульця за багаторічний період характеризувались, як добрі за станом та досить чисті за ступенем забрудненості. На притоках води змінювались від добрих до задовільних за екологічним станом та досить чистих і слабо забруднених.

Ці дослідження співпадають з дослідженнями науковців Київського національного університету ім. Тараса Шевченка [135].

В просторовому відношенні найкращим гідроекологічним станом характеризувались основні притоки Інгульця (річки Бокова, Боковенька, Висунь) особливо в період весняної повені, коли води відповідали добрим за станом та досить чистим за ступенем забрудненості.

Порівняльний аналіз величин I_1 , I_2 , I_3 показує, що стан досліджених вод за цими осередненими показниками протягом зазначених періодів спостережень загалом змінювався мало. Найбільший внесок в сумарне забруднення переважної більшості річок належить еколого-санітарному складу (I_1).

5.2. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну р. Інгулець за найгіршими показниками

Як показали дослідження, максимальні (найгірші або найменші) гідрохімічні показники поверхневих вод басейну р. Інгулець спостерігаються в період скидів промислових вод підприємств Кривбасу та господарсько-побутових стічних вод населених пунктів. На ділянках, де антропогенний вплив мінімальний, на якісні показники поверхневих вод впливає притік підземних вод, що мають підвищену мінералізацію.

Забруднення компонентами сольового складу (I_1). За максимальними (найгіршими) значеннями мінералізації поверхневі води басейну р. Інгулець належать переважно до вод II класу якості 3 категорії, тобто до солонуватих β -мезогалинних.

За даним критерієм відрізняються р. Саксагань та р. Інгулець у створі м. Кривий Ріг, 7 км нижче міста, де поверхневі води відносяться до II класу 4 категорії (солонуваті води α -мезогалинні).

Згідно критеріїв забруднення компонентами сольового складу досліджені води належать до 2 - 7 категорій II - IV класів якості. Тому за екологічним станом вони змінюються в досить широкому діапазоні: від дуже добрих за станом та чистих за ступенем чистоти до дуже поганих та дуже брудних.

Значення відповідного блокового індексу I_1 змінюється в межах 2,3 – 7,0 на р. Інгулець та коливається в діапазоні від 3,0 до 6,5 на основних притоках. При цьому найбільшим внеском в інтегральну величину I_1 характеризувалися переважно іони хлору на основній річці та сульфатні іони на притоках.

За найгіршими значеннями **трофо-сапробіологічних показників** досліджені води відносяться до III-IV класу якості 5-6 категорії. За трофністю води характеризуються як політрофні та ев-політрофні, а за сапробністю α' -мезосапробні та α'' -мезосапробні.

Тому за екологічним станом досліджені води можна характеризувати як посередні і погані за станом води та помірно забруднені і брудні за ступенем чистоти.

Абсолютні значення інтегральних трофо-сапробіологічних блокових індексів I_2 змінювалися в межах 5,5-6,2 на основній річці та 5,5-6,1 на її притоках.

При цьому на р. Інгулець найбільший внесок у формування сумарної величини I_2 належить іонам NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^- . На основних притоках максимальні показники I_2 значною мірою залежить від концентрації у воді нітритного (NO_2^-) та нітратного азоту (NO_3^-). Разом з тим, для поверхневих вод басейну р. Інгулець незадовільним є кисневий режим, що характеризується недостатчею кисню або перенасичення ним та підвищеним значенням біхроматного окиснення.

Специфічні речовини токсичної дії (I_3). Значний внесок у погіршення якості поверхневих вод басейну р. Інгулець вносять специфічні речовини токсичної дії. За їх максимальним вмістом досліджені води відносяться до III-IV класів 5-6 категорії якості.

Максимальні значення інтегрального показника I_3 вод р. Інгулець змінювались в межах 4,9-6,3. На притоках даний показник характеризується відносною стабільністю і коливається в меншому діапазоні від 4,8 до 5,7.

Найбільшим внеском у величину I_3 відзначалися у всіх гідрохімічних створах нафтопродукти та феноли. За їх максимальним вмістом поверхневі води басейну р. Інгулець відносяться до 6-7 категорії якості, тобто характеризуються як погані чи дуже погані за станом та брудні чи дуже брудні за ступенем чистоти.

Слід відзначити, що поверхневі води р. Інгулець та р. Саксагань також досить забруднені важкими металами (Cu, Zn, Cr, Fe, Mn), які надходять до поверхневих джерел з стічними водами підприємств залізорудної промисловості (зокрема видобувної та переробної галузей) Кривбасу.

За максимальними показниками дані води відносяться до вод 5-7 категорії III-IV класів якості, тобто за екологічним станом змінюються від посередніх до дуже поганих, а за ступенем чистоти (забрудненості) – від помірно забруднених до дуже брудних.

Найкращими якісними показниками за максимальними значеннями специфічних речовин токсичної дії характеризується гирлова ділянка р. Інгулець (с. Садове, 1,2 км. нижче села) та води річок Бокова, Боковенька і Висунь.

За найгіршими гідрохімічними показниками **інтегральний індекс I_E** змінювалися в межах 4,5-6,5 (на р. Інгулець) та 4,6-6,0 (на притоках) (табл. 5.13 – 5.14, рис. 5.2). Максимальний внесок у величину I_E здійснює блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників. За об'єднаною екологічною оцінкою якості поверхневі води басейну р. Інгулець належать до 4-6 категорії III-IV класу якості, тобто характеризуються як задовільні та слабо забруднені, часто досягаючи поганого стану та за ступенем чистоти відносилися до брудних вод.

Таким чином, в просторовому відношенні за найгіршими (максимальними або мінімальними) показниками найкращим гідроекологічним станом вирізняється верхня та нижня течія р. Інгулець. Найгірша ситуація спостерігається на річкових ділянках, що знаходяться в межах впливу Криворізького ТВК. Причому тут найбільший внесок у формування величини $I_{E_{\max}}$ здійснили показники сольового блоку I_1 .

Таблиця 5.13

Об'єднана екологічна оцінка якості води р. Інгулець за максимальними значеннями I_E , 1998-2008 рр.

Гідрохімічний пост	Блокові індекси				Об'єднана оцінка			Екологічна класифікація	
	I_1	I_2	I_3	I_E	клас якості води	категорія якості	субкатегорія	за станом води	за ступенем чистоти
м. Кривий Ріг, 1 км. вище міста	2,3	5,9	5,3	4,5	III	4	4(5)	задовільні	слабко забруднені
м. Кривий Ріг, в межах міста	5,7	5,5	5,4	5,5	III	5	5(6)	посередні	помірно забруднені
м. Кривий Ріг, 1 км. нижче міста	5,7	6,2	5,6	5,8	IV	6	5-6	погані	брудні
м. Кривий Ріг, 7 км. нижче міста	7,0	6,2	6,3	6,5	IV	6	6(7)	погані	брудні
с. Садове, 1,2 км. нижче села	4,7	6,0	4,9	5,2	III	5	5	посередні	помірно забруднені

Таблиця 5.14

Об'єднана екологічна оцінка якості води р. Інгулець за максимальними значеннями I_E , 1998-2008 рр.

Гідрохімічний пост	Блокові індекси				Об'єднана оцінка			Екологічна класифікація	
	I_1	I_2	I_3	I_E	клас якості води	категорія якості	субкатегорія	за станом води	за ступенем чистоти
р. Жовта – с. Іскрівка (гирло)	3,0	5,5	5,3	4,6	III	5	4-5	посередні	помірно забруднені
р. Бокова – с. Валове	5,3	5,5	4,8	5,2	III	5	5(6)	посередні	помірно забруднені
р. Боковенька – с. Великофедорівка	4,0	5,7	4,8	4,8	III	5	5(4)	посередні	помірно забруднені
р. Сакагань – м. Кривий Ріг	6,7	5,5	5,7	6,0	IV	6	6	погані	брудні
р. Висунь – смт. Березнегувате	5,3	6,1	4,8	5,4	III	5	5(6)	посередні	помірно забруднені

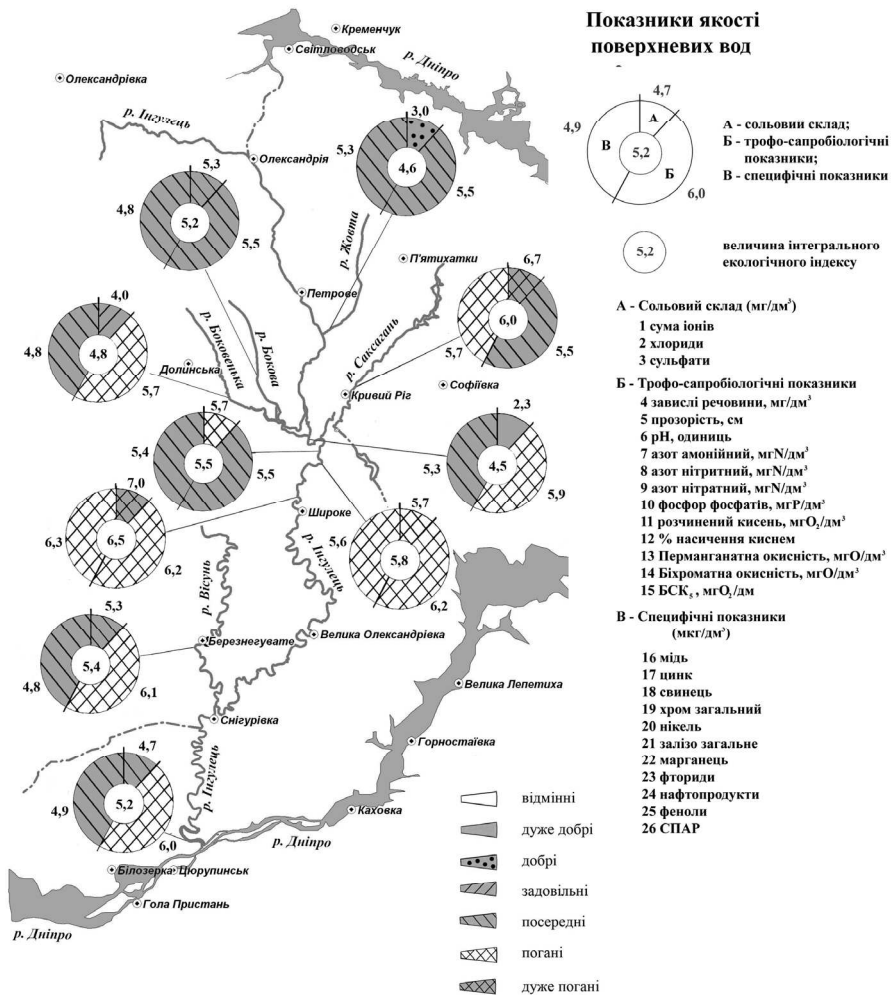


Рис. 5.2. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну р. Інгулець за найгіршими показниками (1998-2008 рр.)

5.3. Гідроекологічне районування басейну р. Інгулець

Здійснення об'єктивної гідроекологічної оцінки будь-якого річкового басейну, прогнозування стану гідроекосистеми, а також ефективне планування заходів по охороні водних ресурсів не можливе без вирішення такого важливого науково-практичного завдання, як виділення однорідних гідроекологічних структур (районів) в межах цілісної гідрохімічної системи, тобто проведення гідроекологічного районування (Hydro-Environmental Structurization (or Zoning) of Territories).

Районування в класичному його розумінні – це поділ певної території на такі таксони, які б відповідали хоча б двом критеріям: однорідності специфіки виділених територіальних осередків та взаємозв'язку елементів, що їх складають.

Серед численних підходів до районування і комп'ютерного картографування територій за гідрологічними, гідрохімічними, гідроекологічними та іншими показниками в останні роки особливої популярності набувають комп'ютерно-модельні методи. Їх основним елементом є складний полікритеріальний (багатовимірний або мультиваріаційний) математико-статистичний аналіз, що включає послідовне проведення факторного і кластерного аналізу.

З точки зору стохастичної гідрології факторний аналіз дозволяє з багатьох чинників, що впливають на формування гідроекологічного стану басейну Інгульця виділити основні, які з високою достовірністю відображатимуть процес формування гідрохімічного режиму та якості поверхневих вод.

Використані для статистичного аналізу вихідні дані можна поділити на чотири групи: *гідрографічні характеристики річок та водозборів* (географічні координати пункту спостережень, довжина річки від витoku до створа заданого гідрохімічного створу, площа водозбору, похил річки та середня висота водозбору), *гідрометеорологічні параметри*, що визначають водний баланс території (норма річних опадів, величина випаровування, витрата води та модуль річкового стоку), *водогосподарські дані*, які показують величину прямого антропогенного впливу на річкові води (обсяги скидів використаної води до поверхневих джерел) та *гідрохімічні показники*, що відображають якісні характеристики водних об'єктів (основні показники п'яти груп компонентів хімічного складу води (див. розділ 4)).

Для визначення факторів формування гідроекологічного стану

басейну р. Інгулець спочатку було досліджено взаємозв'язок між застосованими компонентами шляхом побудови кореляційної матриці. Такий підхід дозволив побачити як деякі схожі за походженням показники об'єднуються в групи. Для вираження факторів через показники з метою пояснення їх фізичної суті формувалась транспонована матриця (табл. 5.15).

Величини власної значимості та значимості факторів показують, що на 42,3 % гідроекологічний стан басейну р. Інгулець визначається впливом фактора F_1 , який тісно пов'язаний з гідрографічними та кліматичними характеристиками. Тому перший фактор можна інтерпретувати як такий, що відображає природні умови формування гідроекологічного стану р. Інгулець та його основних приток.

Фактор F_2 несе в собі 33,7 % інформації про досліджувану територію. Аналіз ознакових навантажень даного фактора показує, що він має значний зв'язок з обсягом скидів виробничих стічних вод до річок (0,95), з концентраціями біогенних елементів (0,73-0,91), мікроелементів (0,66-0,91) та специфічних забруднювальних речовин (0,61-0,65). Тому другий фактор можна інтерпретувати як такий, що характеризує величину антропогенного впливу на річкові води басейну Інгульця і відображається в кількості скидів використаної води до річкової мережі

Значущості факторів F_3 и F_4 є незначимими (8,46 % та 6,43 % відповідно) і при проведенні гідроекологічного районування ними можна нехтувати.

Таким чином, головними факторами формування гідроекологічного стану басейну р. Інгулець є: широтне положення точки спостережень (коефіцієнт кореляції з інтегральним показником якості води $R=0,61$); обсяги скидів виробничих стічних вод до річок ($R=0,64$); мінералізація води ($R=0,66$); концентрація у воді хлоридів ($R=0,69$), нітритів ($R=0,68$), біхроматна окиснюваність ($R=0,90$), біохімічне споживання кисню ($R=0,75$), вміст міді ($R=0,70$), загального заліза ($R=0,70$), марганцю ($R=0,80$), нафтопродуктів ($R=0,78$) та фенолів ($R=0,79$).

Таблиця 5.15

Основні фактори формування гідроекологічного стану басейну р. Інгулець

Чинники	Факторні навантаження a_{ij}			
	F_1	F_2	F_3	F_4
Широта пункту спостережень, φ	-0,86	0,15	0,34	0,16
Довгота пункту спостережень, λ	-0,53	0,67	0,37	-0,22
Довжина річки, L	0,92	0,24	-0,07	-0,26
Площа водозбору, F	0,86	0,50	0,04	-0,04
Середній похил річки, I	-0,74	-0,54	0,29	-0,15
Середня висота водозбору, $H_{\text{сер}}$	-0,64	-0,02	0,72	0,17
Середня багаторічна кількість опадів, X	-0,78	-0,21	0,43	0,00
Середня багаторічна випаровуваність, $E_{\text{макс}}$	-0,71	-0,69	-0,03	0,02
Середня багаторічна витрата води, $Q_{\text{сер}}$	0,12	0,89	0,28	0,30
Середній багаторічний модуль стоку, M	-0,43	0,77	0,39	-0,16
Середній обсяг скидів виробничих стічних вод, $W_{\text{вироб.}}$	-0,15	0,95	-0,14	-0,12
Середня багаторічна мінералізація води, $\sum_i$	-0,92	-0,10	-0,12	0,09
Середня концентрація у воді гідрокарбонатних іонів, HCO_3^-	0,20	0,80	0,09	0,52
Середня концентрація у воді сульфатних іонів, SO_4^{2-}	-0,89	-0,27	-0,21	0,14
Середня концентрація у воді хлоридних іонів, Cl^-	-0,74	0,28	0,04	-0,31
Середня концентрація у воді іонів кальцію, Ca^{2+}	-0,87	0,05	-0,10	0,32
Середня концентрація у воді іонів магнію, Mg^{2+}	-0,90	-0,20	-0,28	0,19
Середня концентрація у воді іонів натрію та калію, $\text{Na}^+ + \text{K}^+$	-0,84	-0,42	-0,18	-0,14
Середня концентрація у воді завислих речовин, з.р.	-0,93	-0,16	-0,10	0,04
Середній багаторічний водневий показник, pH	0,60	-0,59	0,43	0,20
Середня концентрація у воді азоту амонійного, NH_4^+	-0,12	0,91	-0,12	0,35
Середня концентрація у воді азоту нітритного, NO_2^-	-0,22	0,73	-0,34	0,00
Середня концентрація у воді азоту нітратного, NO_3^-	-0,76	-0,42	-0,06	-0,40
Середня концентрація у воді фосфатів, PO_4^{3-}	-0,62	-0,73	-0,24	-0,01
Середня концентрація розчиненого у воді кисню, O_2	0,70	0,24	0,48	-0,35
Біхроматна окиснюваність, БО	-0,62	0,59	-0,42	0,11
Біохімічне споживання кисню, БСК_5	-0,25	0,82	-0,33	-0,09
Середня концентрація у воді міді, Cu^{2+}	-0,23	0,91	-0,16	-0,21
Середня концентрація у воді цинку, Zn	0,35	0,78	-0,34	-0,01
Середня концентрація у воді загального заліза, $\text{Fe}_{\text{заг}}$	-0,50	0,67	0,49	-0,17
Середня концентрація у воді марганцю, Mn	-0,66	0,71	0,21	0,09
Середній вміст у воді нафтопродуктів, н/п	-0,65	0,67	0,15	-0,11
Середній вміст у воді фенолів, ф	-0,54	0,61	-0,15	0,01
Власні значення λ_j	14,4	11,5	2,88	2,19
Значення факторів, %	42,3	33,7	8,46	6,43

Примітки: факторні навантаження є значимими ($\beta=0,05$) при їх значенні не менше 0,60.

Завдання кластерного аналізу полягає в тому, щоб на основі даних, які є в множині X розкласти множину об'єктів Y на m кластерів (підмножин) $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$ так, щоб кожен об'єкт Y_i належав одній підмножині розкладання і щоб об'єкти, які належать одному і тому ж кластеру, були подібними. Відповідно, об'єкти, які належать різним кластерам, мають бути різнорідними.

Основним критерієм виділення кластерів є міра подібності груп об'єктів, яка характеризує відстань на площині між об'єктами. Найбільш близькі між собою об'єкти входять в один кластер. Будь – яка міра подібності представляє собою деяку функцію, яка ставить у відповідність кожній парі точок k , деяке число S_{kl} .

Критерієм об'єднання у кластери часто являється дисперсія величин розрахункових характеристик, яка є характеристикою неоднорідності груп об'єктів. Найчастіше дисперсія обчислюється за формулою:

$$D = \frac{1}{2n^2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \rho_{ij}$$

де n - кількість об'єктів, ρ_{ij} - величина міри відмінності для об'єктів P_{Q_i} та P_{Q_j} .

Під час розрахунків перегляд груп тривав до виділення такої групи (переважно пари об'єктів), для якої дисперсія мінімальна. Об'єкти, що входять до даної групи, найбільш близькі між собою. При наступних кроках групування формувалася або нова пара, або відбувалося приєднання об'єкта до уже утвореної раніше пари або групи об'єктів. Міра неоднорідності (дисперсія) з кожним наступним кроком кластеризації зростає і прямує до одиниці. При досягненні $D=1$ залишається лише одна група, яка поєднує всі об'єкти, що розглядаються.

Ієрархічна структура гідроекологічних систем, виділених нами в межах басейну р. Інгулець, представлена в табл. 5.16.

Результати кластерного аналізу параметрів територіальної структури басейну р. Інгулець

Гідрохімічний пост	Номер гідропоста	Кластер	Відстань
р. Інгулець - м. Кривий Ріг, 1 км. вище міста	1	3	0,00
р. Інгулець - м. Кривий Ріг, в межах міста	2	5	0,18
р. Інгулець - м. Кривий Ріг, 1 км. нижче міста	3	5	0,16
р. Інгулець - м. Кривий Ріг, 7 км. нижче міста	4	5	0,20
р. Інгулець - с. Садове, 1,2 км. нижче села	5	2	0,00
р. Жовта - с. Іскрівка	6	4	0,20
р. Бокова - с. Валове	7	1	0,16
р. Боковенька - с. Великофедорівка	8	1	0,11
р. Саксагань - м. Кривий Ріг	9	4	0,20
р. Висунь - смт Березнегувате	10	1	0,13

Усі виділені таксономічні одиниці в гідроекологічному відношенні суттєво відрізняються один від одного, хоча дефіцит водних ресурсів, як за об'ємами, так і за якісними показниками, відчуваються повсюдно.

Схема гідроекологічного районування басейну р. Інгулець та характеристика основних гідроекологічних районів наведено на рис. 5.3 та табл. 5.17.

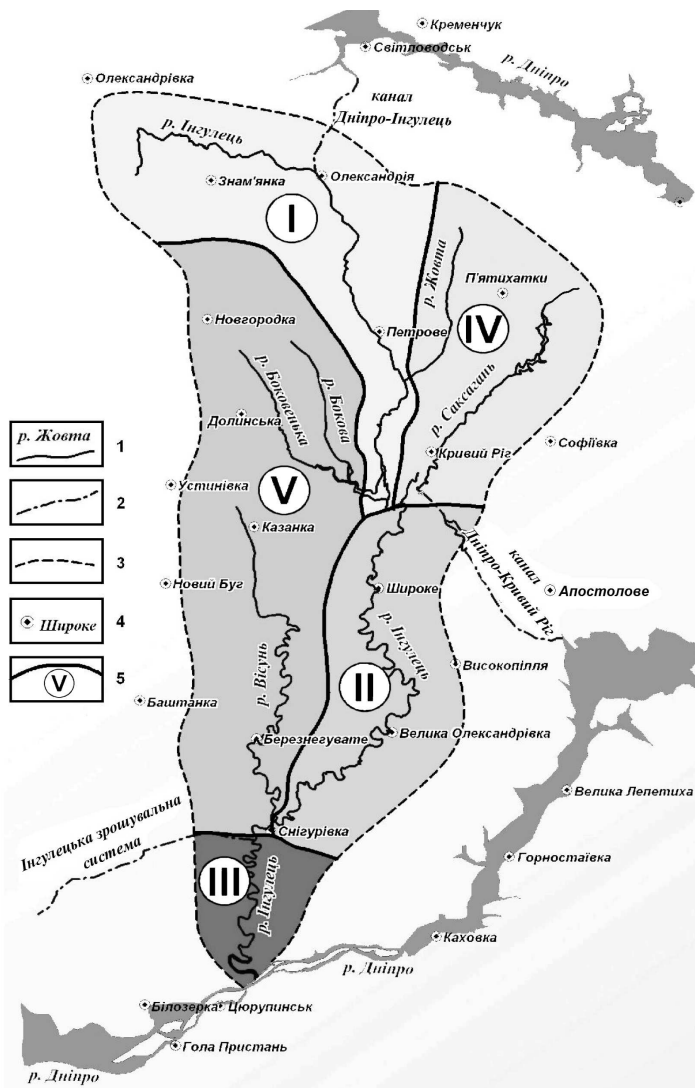


Рис. 5.3. Гідроєкологічне районування басейну р. Інгулець:

1 – річка та її назва; 2 – межі водозбору; 3 – канали; 4 – населений пункт та його назва; 5 – гідроєкологічні райони та їх межі (див табл. 5.17)

Гідроекологічне районування басейну р. Інгулець

Райони	Характеристика
<u>I район</u> (Верхньо-інгулецький)	знаходиться у верхній частині басейну р. Інгулець і простягається від витoku до Карачунівського водосховища; гідрологічний режим формується під впливом дніпровської води, що подається по каналу Дніпро - Інгулець; річкова вода характеризується відносно добрими якісними показниками
<u>II район</u> (Середньо-інгулецький)	займає середню течію р. Інгулець; на даній ділянці транзитом проходять значні обсяги виробничих стічних вод; річкова вода характеризується підвищеним вмістом хімічних речовин, що погіршує її якість
<u>III район</u> (Нижньо-інгулецький)	розташований в пониззі р. Інгулець на території від гирла до м. Снігурівка; гідрологічний режим формується під впливом дніпровських вод, які надходять вгору по течії «антирікою» для функціонування Інгулецької зрошувальної системи; якість річкової води поліпшується
<u>IV район</u> (Саксагань-жовтоводський)	охоплює територію Кривбасу (р. Жовта та р. Саксагань) і характеризується погіршеним гідроекологічним станом; водні ресурси мають низькі якісні показники і мало використовуються в господарстві
<u>V район</u> (Висунь-Боковий)	охоплює основні правобережні притоки Інгульця (р. Бокову, р. Боковеньку та р. Висунь); гідроекологічний стан ділянки формується під дією природних і антропогенних факторів та характеризується підвищеним фоновим вмістом хімічних речовин у воді впродовж року

Висновки. Просторовий аналіз якості поверхневих вод басейну р. Інгулець показав, що найбільшим рівнем забрудненості характеризуються ділянки річок в межах Криворізького ТВК. У внутрішньорічному відношенні найгірший гідроекологічний стан середньої і нижньої ділянок річок Інгулець та Саксагань спостерігається на початку весняної повені під час залпових скидів високомінералізованих промислових стічних вод підприємств Кривбасу. В цей період значний вміст забруднювальних речовин у річковій воді (зокрема головних

іонів, важких металів, біогенних та специфічних забруднювальних речовин) фіксується від місць скидів і до гирлових ділянок.

За осередненими багаторічними сезонними та середньобагаторічними даними найкращою якістю відрізняються води пригирлової ділянки р. Інгулець, що знаходяться в підпорі дніпровських вод.

Річкові води, якість яких формується під переважним впливом природних факторів (річки Бокова, Боковенька та Висунь) мають також незадовільний екологічний стан значною мірою за рахунок надходження забруднювальних речовин еколого-санітарного блоку (азот амонійний, нітрити, нітрати та фосфати).

Сукупний аналіз особливостей умов формування хімічного складу поверхневих вод та їх екологічна оцінка якості зумовили поділ всього басейну на низку гідроекологічних районів, що характеризуються однаковими умовами формування гідроекологічного стану річкових вод.

ВИСНОВКИ

На основі виконаного дисертаційного дослідження можна сформулювати низку науково-практичних висновків.

1. Гідроекологічний стан басейну р. Інгулець формується в результаті складної взаємодії та комплексного впливу природних і антропогенних факторів.

2. Для гідрохімічного режиму річок басейну Інгульця характерна чітка просторова неоднорідність:

- у верхів'ї басейну максимальні (найгірші) гідрохімічні показники (газовий режим, сольовий склад, біогенні елементи, мікроелементи, специфічні забруднювальні речовини) у поверхневих водах характерні для періоду літньо-осінньої межені, мінімальні – для весняної повені;

- в середній частині басейну, що знаходиться в межах Криворізької індустріально-промислової зони гідрохімічний режим характеризується найгіршими показниками: вміст розчиненого у воді кисню впродовж року на 10 % нижчий, ніж у верхній течії, що свідчить про наявність у воді речовин, на які він активно витрачається; середньорічні значення CO_2 , BO та $БСК_5$ мають підвищені значення; концентрації біогенних речовин, мікроелементів та специфічних забруднювальних речовин часто перевищують ГДК. Найгірші гідрохімічні показники характерні для періоду зимової межені (під час скидів промислових стічних вод підприємств Кривбасу), найкращий – в період весняної повені (під час промивки русла);

- в нижній частині басейну гідрохімічний режим характеризується найкращими показниками і залежить від дніпровських вод, що надходять «антирікою» вверх по течії Інгульця на 80 км, проте загальної сезонності у зміні хімічного складу поверхневих вод не виявлено.

3. Господарська діяльність в басейні р. Інгулець фактично не впливає на якість води в Дніпрі в результаті малих обсягів надходження інгулецької води в головну водну артерію.

4. Виявлено, що незважаючи на відносне зменшення обсягів водокористування та скидів використаної води, валовий вміст окремих забруднювальних речовин у річках продовжує зростати, що найбільш помітно простежується у середній та нижній ділянках басейну.

5. При проведенні екологічної оцінки якості поверхневих вод басейну р. Інгулець за відповідними категоріями встановлено:

- значення середньорічного інтегрального індексу I_E змінювалось в

межах від 2,7-3,4 на основній річці до 3,1-4,1 на притоках. Тому води належали до II-III класу якості 3-4 категорії і характеризувались як добрі та задовільні за станом і досить чисті і слабо забруднені за ступенем чистоти;

- об'єднана екологічна оцінка якості за найгіршими показниками виявила, що поверхневі води належали до 4-6 категорії III-IV класу якості, тобто характеризувалися як задовільні та слабо забруднені, часто досягаючи поганого стану та за ступенем чистоти і відносились до брудних вод. Інтегральний індекс I_E змінювався в межах від 4,5-6,5 на р. Інгулець до 4,6-6,0 на притоках;

- найбільший внесок у формування екологічної оцінки якості поверхневих вод здійснювали речовини блоку трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників.

6. Багатовимірний та комплексний аналіз водогосподарських, гідрометеорологічних та гідрохімічних показників дає підстави для виділення п'яти гідроекологічних районів в басейні Інгульця: Верхньоінгулецький, Середньоінгулецький, Нижньоінгулецький (Інгулецько-Дніпровський), Саксагань-Жовтоводський (Криворізький) та Висунь-Боковий.

7. Основні напрямки поліпшення гідроекологічного стану поверхневих вод басейну р. Інгулець полягають у своєчасному корегуванні режиму скидів виробничих та господарсько-побутових стічних вод; подачі дніпровської води каналами Дніпро – Інгулець, Дніпро – Кривий Ріг та по системі «антиріка»; удосконаленні природоохоронної інфраструктури; посиленні контролю та відповідальності за порушення Водного Кодексу України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамова Н.М. Хімічний склад та якість поливної води у каналах Інгулецької зрошувальної системи / Н.М. Абрамова // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – Миколаїв, 2008. – Вип. 1. – С. 137-141.
2. Аксьом С.Д. Гідроекологічний стан Карачунівського водосховища / С.Д. Аксьом, Р.Л. Кравчинський, О.М. Стефурак // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т.2(19). – С. 125-135.
3. Алекин О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин. – Л. : Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.
4. Алексеев А.К. Гидрогеологические исследования долины реки Ингульца / А.К. Алексеев. – Одесса : Издание Южной областной мелиоративной организации. – 1928. – 108 с.
5. Алехина Т.Н. Вплив стану повітряного середовища Кривбасу на формування хімічного складу поверхневих вод / Т.Н. Алехина // Техногенез у поверхневих та підземних водах: Збірник наук. праць. – Кривий Ріг, 2005. – Вип. 4. – С.17-23.
6. Альохіна Т.М. Вміст важких металів у воді та донних відкладах р.Інгулець / Т.Н. Альохіна, А.О. Бобко, І.М. Малахов // Гідробіологічний журнал. – К. : 2008 – Т. 44., Вип. № 3. – С. 114-122.
7. Алмазов А.М. Гидрохимия устьевых областей рек / А.М. Алмазов. – К. : Издательство Академии Наук Украинской ССР. – 1962. – 254 с.
8. Алмазов А.М. Прогноз химического состава воды для орошения и обводнения правобережных ингулецких земельных массивов и водоснабжения г. Николаева / А.М. Алмазов. – К. : Изд-во ин-та Укргипроводхоз, 1957. – 31 с.
9. Алмазов О.М. Про зв'язок між гідрохімічним та гідрологічним режимами рік / О.М. Алмазов // Доповіді Академії наук Української РСР. – К. : 1952. – Вип. № 3. – С. 208-212.
10. Антонов А.Н. Возможность сброса минерализованных вод предприятий горно-металлургического комплекса Кривбасса в рр. Ингулец и Саксагань / А.Н. Антонов // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К. : 2000. – № 1. – С. 64-67.
11. Антонов О.М. Шляхи зменшення гідроекологічних ризиків при роботі гірничодобувного комплексу Кривбасу / О.М. Антонов,

- І.Є. Мамишев // Сучасні напрямки Української геологічної науки. Зб. наук. праць ІГН НАН України. – К. : 2006. – С. 137-142.
12. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР / [наук. редкол.: М.М. Паламарчук та ін.]. – М.: ГУГК, 1978. – 183 с.
 13. Багрій І.Д. Вплив хвостосховища Центрального гірничозбагачувального комбінату на підземні та поверхневі води / І.Д. Багрій, Н.Г. Курочкіна, Н.А. Белокопитова та ін. // Геол. журнал. – К.: 2004. – № 1. – С. 54-62.
 14. Багрій І.Д. Напрямки комплексних наукових досліджень по зменшенню кризових навантажень на гідроекосистему Кривбасу / І.Д. Багрій, Н.А. Белокопитова, В.П. Блінов та ін. // Геол. журнал. – К.: 2003. – № 4. – С. 7-15.
 15. Белевцев Я.Н. Криворожский железорудный бассейн. / Я.Н. Белевцев. – М. : Государственное издательство геологической литературы. – 1951. – (Т.1. Геологическое строение). – 178 с.
 16. Бобко А.О. Гранулометричний склад донних відкладів р.Ігулець / А.О. Бобко // Мінералогічний вісник КТУ. – 2006. – № 29 (16) – С. 104-107.
 17. Боков В.А. Геосистемные взаимодействия: их учет в природопользовании / В.А. Боков // Физическая география и геоморфология. – 1989. – Вып. 36. – С. 8-14.
 18. Булава Л.Н. Физико-географический очерк Криворожского горно-промышленного района / Л.Н. Булава. – КГПИ, – 1990. – 125 с.
 19. Васильев А.В. Применение синтетических пленок для уменьшения фильтрационных потерь из хвостохранилищ / А.В. Васильев, С.В. Кравчук, Г.П. Пономарева // Горный журнал. – 1992. – №10. – С.54-56.
 20. Вишневський В.І. Річки і водойми України. Стан і використання / В.І. Вишневський. – К. : ВІПОЛ, 2000. – 376 с.
 21. Вишневський В.І. Гідрологічні характеристики річок України / В.І. Вишневський, В.О. Косовець. – К. : Ніка-Центр. – 2003. – 324 с.
 22. Власенко Ю.Я. Проблемы утилизации шахтных вод Кривбасса / Ю.Я. Власенко, В.А. Терещенко // Горный журнал. – 1991. – № 9. – С. 24-26.

23. Водне господарство в Україні / під ред. А.В. Ячика, В.М. Хорєва. – К.: Генеза, 2000. – 456 с.
24. Водні ресурси та якість річкових вод басейну Південного Бугу / [В.К. Хільчевський, О.В. Чунарьов, М.І. Ромась та ін.] ; за ред. В. К. Хільчевського. – К. : Ніка-Центр, 2009. – 184 с.
25. Волочнюк Є.Г. Управління якістю поливної води на Інгулецькому зрошуваному масиві: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.02 „Сільськогосподарські меліорації” / Є.Г. Волочнюк. – Херсон, 2003. – 16 с.
26. Галецкий Л.С. Техногенні відходи – потенційні джерела для утворення техногенних родовищ / Л.С. Галецкий, Ф.Р. Польской, Л.О. Петрова, А.Д. Пилипчук // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: „Гірничо-геологічна”. – Донецьк, 2004 – Вип. 81. – С. 111-114.
27. Галущенко О.М. Балансова оцінка водних ресурсів річок басейну Дніпра, їх використання та охорона (в межах України): автореф. дис. на здобуття наук ступеня канд. геогр. наук : спец. 11.00.07 „Гідрологія суші, гідрохімія та водні ресурси” / О.М. Галущенко. – К. , 1999. – 17 с.
28. Географічна енциклопедія України. [відп. ред. О.М. Маринич]. – К.: Українська енциклопедія ім. М.П.Бажана. – 1993. – Т.3. – С. 156-157.
29. Геоекологічні проблеми Криворізького басейну в умовах реструктуризації гірничодобувної галузі / [Багрій І.Д., Блінов П.В., Белокопитова Н.А. та ін.]. – К. : Фенікс, 2002. – 190 с.
30. Гидрохимический атлас СССР / [Под ред. А.М.Никанорова]. – М.: ГУГК, 1990. – 112 с.
31. Гидрохимия Днепра, его водохранилищ и притоков / [Алмазов А.М., Денисова А.И., Майстренко Ю.Г., Нахшина Е.П.]. – К. : Наукова думка, 1967. – 316 с.
32. Гідроекологічний стан басейну Горині в районі Хмельницької АЕС / [В.К. Хільчевський, М.І. Ромась, О.В. Чунарьов та ін.] ; за ред. В. К. Хільчевського. – К. : Ніка-Центр, 2011. – 176 с.
33. Гідроекологічний стан басейну річки Рось / [В.К. Хільчевський, С.М. Курило, С.С. Дубняк та ін.]; за ред. В. К. Хільчевського. – К. : Ніка-Центр, 2009. – 116 с.
34. Гідроекосистема Криворізького басейну – стан і напрямки

- поліпшення / [І.Д. Багрій, П.Ф. Гожик, Е.В. Самоткал та ін.]. – К. : Фенікс, 2005. – 213 с.
35. Горев Л.Н. Методика гидрохимических исследований / Л.Н. Горев, В.И. Пелешенко. – К. : Вища школа, 1985. – 215 с.
36. Горев Л.Н., Пелешенко В.И. Унифицированная методика оптимизации мелиоративно-водохозяйственных систем / Л.Н. Горев, В.И. Пелешенко. – К. : Лыбидь, 1991. – 295 с.
37. Горев Л.М. Гідрохімія України / Л.М. Горев, В.І. Пелешенко, В.К. Хільчевський. – К. : Вища школа, 1995. – 307 с.
38. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз) / В.В. Гребінь. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
39. Денисова А.И. Гидрология и гидрохимия Днестра и его водохранилищ / Денисова А.И., Тимченко В.М., Пелешенко Е.П. – К. : Вища школа, 1979. – 97 с.
40. Досвід комплексної оцінки та картографування факторів техногенного впливу на природне середовище міст Кривого Рогу та Дніпродзержинська / [Багрій І.Д., Білоус А.М., Вилку Ю.Г., Гожик П.Ф.]. – К. : Фенікс, 2000. – 107 с.
41. Драчев С.М. Особенности изменения режима рек при загрязнении промышленными сточными водами / С.М. Драчев // Гигиена и санитария №12. М. : Наркомздрав СССР. – МЕДГИЗ – 1945. С. 10-16.
42. Екологічний атлас України. / Авт. В.А. Барановський; Відп. ред. А.П. Золовський. К. : Географіка, 2000. – 41 с.
43. Енциклопедія Криворіжжя. [Під ред. В.П.Бухтіярова, В.Г.Балакіна]. Кривий Ріг : Явва, 2005. – Т.1. – С. 426-427.
44. Епатко Ю.М. Геоэкологические последствия эксплуатации железорудных месторождений Украины (на примере Криворожского железорудного бассейна) / Ю.М. Епатко, И.Н. Малахов // Геологический журнал. – 1992. – №1. – С. 78-87.
45. Есипова Н.Б. Сезонная динамика микробиологических показателей воды р. Ингулец и р. Березовка на участках с разной антропогенной нагрузкой / Н.Б. Есипова, В.А. Жежеря // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. – 2008. – Вип. 16, Т.1. – С. 74-77.
46. Журавель П.О. Як збагатити корм для риб у прісних водоймах. Дніпропетровське обласне видавництво / П.О. Журавель. – 1957. – 43 с.

47. Забокрицька М. Р. Гідроекологічний стан басейну Західного Бугу на території України / М. Р. Забокрицька, В. К. Хільчевський, А. П. Манченко. – К. : Ніка-Центр, 2006. – 184 с.
48. Зайков Б.Д. Средний сток и его распределение на территории СССР / Б.Д. Зайков. – Л. : Гидрометеиздат, 1946. – 147 с
49. Закревский Д.В. Сток химических компонентов рек Украинской ССР / Д.В. Закревский, В.И. Пелешенко, В.К. Хильчевский // Водные ресурсы. – 1988. – Т.15, № 6. – С. 63-73.
50. Зенин А.А. Гидрохимический словарь / А.А. Зенин, Н.В. Білоусова. – Л. : Гидрометеиздат, 1988.– 239 с.
51. Зотаева Н.Ф. Влияние хвостохранилищ СевГОКа на качество подземных вод / Н.Ф. Зотаева, Т.А. Киянец, Л.З. Киселева, А.П. Щербатенко // Рациональное использование и охрана недр в черной металлургии. Белгород: ВИОГЕМ. – 1990. – С. 65-67.
52. Иванов В.А. Морские устья рек Украины и устьевые процессы / В. Иванов, Р. Миньковская. – Севастополь: НПЦ «ЭКОСИ-Гидрофизика», 2008. – С. 806. – (Учебник в 2-х частях).
53. Изотов И.И. Влияние хвостохранилищ Южного и Ново-Криворожского ГОКов на гидрологические условия района их деятельности / И.И. Изотов, И.Г. Садовская // Рациональное использование и охрана недр в черной металлургии. Белгород: ВИОГЕМ. – 1990. – С. 85-90.
54. Калинина П.Ф. Днепропетровщина. Природа и экономика / Калинина П.Ф., Липка К.Л., Маслий Л.Е. – Днепропетровское областное издательство, – 1959. – 257 с.
55. Клімат України / під ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. – К. : Вид. Раєвського, 2003. – 343 с.
56. Коненко А.Д. Гидрохимическая характеристика малых рек УССР / А.Д. Коненко. – Изд-во АН УССР. – 1952 – 172 с.
57. Концептуальні основи поліпшення стану довкілля гірничовидобувних регіонів України [Коржнєв М.М., Міщенко В.С., Шестопалов В.М. та ін.]. – К.: РВПС України НАН України, 2000. – 75 с.
58. Корнєв І.О. Миколаївська область (географічний нарис) / Корнєв І.О. – К. : Радянська школа, 1958 – 102 с.
59. Кравчинський Р.Л. Оцінка впливу іонного стоку річки Саксагань на якість води Інгульця / Р.Л. Кравчинський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2008. – № 14. – С. 175-180.

60. Кравчинський Р.Л. Характеристика водогосподарської діяльності в басейні р. Інгулець / Р.Л. Кравчинський, В.К. Хільчевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2009. – № 16. – С. 72-82.
61. Кравчинський Р.Л. Характеристика кисневого режиму поверхневих вод басейну р. Інгулець / Р.Л. Кравчинський // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2009. – Вип. 258. – С. 149-159.
62. Кравчинський Р.Л. Екологічний стан поверхневих вод басейну р. Інгулець як головний чинник визначення рекреаційного потенціалу території / Р.Л. Кравчинський // Географія та туризм. – 2010. – Вип.4. – С. 141-146.
63. Кравчинський Р.Л. Стік розчинених хімічних речовин з водами р. Інгулець / Р.Л. Кравчинський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т.3(20). – С. 155-161.
64. Куликова О.Н. Влияние горнодобывающей промышленности на качество вод р. Ингулец / Куликова О.Н., Ковырева Э.Г., Романенко Г.Н. // Труды международной конференции «Устойчивое развитие: загрязнение окружающей среды и экологическая безопасность». Т.1. – Днепропетровск. ДДУ, 1995. – С. 87.
65. Кушинов Н.В. Эколого-гидрохимическая оценка подземных вод Ингулецкого железорудного района / Н.В. Кушинов, А.В. Романенко, О.И. Ярец, Д.А. Шевченко // Екологія і природокористування. – 2007. – Вип. 10. – С. 164-168.
66. Лапко М.В. Дніпропетровська область (географічний нарис) / М.В. Лапко. – К. : Радянська школа, 1957. – 102 с.
67. Левківський С.С. Загальна гідрологія [Левківський С.С., Хільчевський В.К., Ободовський О.Г. та ін.] – К. : Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с.
68. Левковский С.С. Водные ресурсы Украины. Использование и охрана / С.С. Левковский. – К. : Вища школа, 1979. – 200 с.
69. Лиманно-устьевые комплексы Причерноморья. Географические основы хозяйственного освоения. /под ред. Г.И. Швевса. – Л. : Наука. 1988. – 303 с.
70. Лозовицкий П.С. Влияние минерализации поливной воды и срока орошения на засоление черноземов / П.С. Лозовицкий // Почвоведение. 2003. – №5. – С. 611-622.
71. Лозовіцький П.С. Вплив 40-річного зрошення мінералізованою водою на хімічний склад ґрунтового покриву інгулецького

- масиву / П.С. Лозовіцький // Меліорація і водне господарство. – 2004. Вип. 91. – С. 193-208.
72. Лозовіцький П.С. Гідрохімічна характеристика та іригаційна оцінка води основних джерел зрошення півдня України / П.С. Лозовіцький // Меліорація і водне господарство. – 1997. – Вип. 84. – С. 71-83.
73. Лозовіцький П.С. Аналіз витрат води різної забезпеченості річки Інгулець / П.С. Лозовіцький, Н.М. Петренко, І.М. Ромась // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2002. – Т.3 – С. 119-126.
74. Лутвинов А.Г. Опыт гидромеханизированной очистки русла реки Ингулец / А.Г. Лутвинов, А.Н. Спанцирети // Меліорація і водне господарство. – 1990. Вип. 19 – С. 71-75.
75. Львович М.И. Реки СССР / М.И. Львович – М.: Мысль. – 1971 – 348 с.
76. Максимович Н.И. Днепр и его бассейн / Н.И. Максимович – К. : [б.и.] 1901 – 626 с.
77. Малахов І. Дві складові стратегії відновлення річки Інгулець / І. Малахов // Рациональне використання водних ресурсів – необхідний елемент стійкого розвитку. Матеріали 3-ї робочої зустрічі Української річкової мережі с. Осій (Закарпатська область), Ужгород – 2003. – С.48-53
78. Малахов Г.М. Современное состояние экологии Криворожского региона / Г.М. Малахов, В.П. Храмцов // Геологический журнал. №3. – 1992. – С. 24-26.
79. Малахов І.М. Вплив процесів видобутку залізних руд на стан навколишнього середовища та екологічну безпеку у Криворізькому гірничовидобувному регіоні: Автореф. дис.. д-ра геол. наук: спец. 21.06.01 / І.М. Малахов. – К. : 2006. – 38 с.
80. Малахов І.М. Техногенез у геологічному середовищі. Кривий Ріг / І.М. Малахов. – Кривий Ріг, 2003 – 252 с.
81. Малахов І.М. Результати досліджень розподілу питокої щільності техногенних донних відкладів р. Інгулець / І.М. Малахов, А.О. Бобко // Доповіді Національної академії наук України, 2007. – № 5 – С. 190-193.
82. Малахов Н.И. Качество жизни / Малахов Н.И. – Кривой Рог: Вежа. – 1999. – С. 40-75.
83. Малі річки України / під ред. А.В. Яцика. – К. : Урожай, 1991 – 296 с. (Довідник)
84. Маяков И.Д. Проблемы загрязнения экосистемы тяжелыми

- металлами и другими отходами жизнедеятельности человека и пути их решения / И.Д. Маяков, А.И. Гуляк, Н.В. Лисакова, Е.Н. Кулькова // Труды международной конференции «Устойчивое развитие: загрязнение окружающей среды и экологическая безопасность». – Днепропетровск. ДДУ, 1995. – Т.1. – С. 89.
85. Маяков І.Д. Екологічна оцінка стану геологічного середовища (на прикладі Криворізького ТПК) / І.Д. Маяков, Т.М. Кулькова // Деякі чинники техногенезу. Серія: Геологічне середовище антропогенної екосистеми. – Кривий Ріг: ОКТАН-ПРИНТ, 2002. – С. 48-72.
86. Медведь В.М. Гідроекологічний стан річок Саксагань та Інгулець в межах Криворізької промислово-міської агломерації, напрямки поліпшення ситуації / В.М. Медведь // Екологія і природокористування: Збірник наукових праць Інституту проблем природокористування та екології НАН України. – Дніпропетровськ, 2005. – Вип. 8. – С. 220-226.
87. Мельник О.О. Криворізькому залізнорудному басейну – 125. Документи і матеріали (1873-1941). – Кривий Ріг : Видавничий дім, 2007. – 536 с.
88. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / [Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін.]. – К. : Символ-Т, 1998 – 28 с.
89. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води / [Л.Г. Руденко, В.П. Разов, В.М. Жукинський та ін.]. – К. : СИМВОЛ-Т, 1998.– 48 с.
90. Міщенко Г.П. Кіровоградська область (географічний нарис) / Г.П. Міщенко. К. : Радянська школа, 1961. – 135 с.
91. Мовчан О.Г. Дослідження загального впливу зворотних вод гірничорудних підприємств Кривбасу на забруднення р. Інгулець / О.Г. Мовчан, В.В. Мовчан // Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов : междунар. науч.-тех. конф., 13-17 июня 2005 г.: тезисы докл. – Харьков-Алушта, 2005. – С. 942-947.
92. Мовчан В.А. Вопросы рыбного хозяйства при комплексном использовании малых рек Украинской ССР / В.А. Мовчан // Сборник трудов конференции по вопросам водного хозяйства Украины. – К. : АН УССР, 1952. – С. 71-82.
93. Могилевський Л.М. Вплив техногенезу надр на поверхневі водні

- об'єкти Кривбасу / Л.М. Могилевський // Деякі чинники техногенезу. Серія: Геологічне середовище антропогенної екосистеми. – Кривий Ріг : ОКТАН-ПРИНТ, 2002. – С. 80-96.
94. Мокляк В.І. Максимальні витрати від талих вод на річках УРСР / В.І. Мокляк. К. : Видавництво Академії наук Української РСР. – 1957. – 162 с.
95. Мурзина Т.А. Экологическое состояние реки Ингулец / Т.А. Мурзина, А.И. Дворецкий // Вопросы химии и химической технологии. – 2002. – № 5. – С. 238-241.
96. Мусиенко А.В. Влияние оросительной воды на засоление и осолонцевание почв Ингулецкого массива / А.В. Мусиенко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1968. – Вып. 9. – С. 69-77.
97. Мусиенко А.В. О мелиоративном состоянии почв ингулецкого орошаемого массива / А.В. Мусиенко. // Вопросы орошения. К.: Урожай – 1964. – С. 33-38.
98. Народногосподарське використання малих річок УРСР. / За ред. О.Г. Шліхтера. – К. : Вид-во АН УРСР. – 1937 – 139 с.
99. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Л. : Гидрометеиздат. – Л. : Главгидрометслужба, 1975. – Вып.2., Ч.2. – 263 с.
100. Натаров В.Д. Геоморфологія Криворізького залізорудного басейну / В.Д. Натаров // Геол. журнал т. XXI. Видавництво Академії Наук Української РСР. К. : 1961. – Вып. 4. – С. 84-88.
101. Натаров В.Д. Гидрохимические особенности реки Саксагань / В.Д. Натаров. // НИГРИ, бюллетень научно-технической информации. М. – 1959. – Вып. 5.– С. 94-99.
102. Натаров В.Д. К вопросу об условиях питания и стока подземных вод Криворожского бассейна / В.Д. Натаров // НИГРИ, бюллетень научно-техн. информации. М. : 1957. – Вып. 2. – С. 102-105.
103. Натаров В.Д. Умови формування хлоридно-натрієвих вод Кривбасу / В.Д. Натаров // Геол. журнал т. XVI. К. : Видавництво Академії Наук Української РСР. 1956. – Вып. 3. – С. 38-43.
104. Натаров В.Д. Шахтні води Криворізького басейну і можливості їх використання в бальнеологічних цілях / В.Д. Натаров, В.В. Натаров // Геол. журнал. К. : Видавництво Академії Наук Української РСР, 1960. – Т. XX., Вып. 4. – С. 79-83.
105. Ободовський О.Г. Гідролого-екологічна оцінка руслових

- процесів (на прикладі річок України) / О.Г. Ободовський. – К. : Ніка-центр, 2001. – 274 с.
106. Ободовський О.Г. Руслові процеси: навч. посібник / О.Г. Ободовський. – К.: РВЦ «Київський університет», 1998. – 134 с.
107. Огурцов А.П. Проблеми екології промислового регіону / [Огурцов А.П., Мамаєв Л.М., Нагорний Ю.С. та ін.]. – Дніпродзержинськ, 1994. – 224с.
108. Осадчий В.І. Кисневий режим поверхневих вод України / В.І. Осадчий, Н.М. Осадча // Наукові праці УкрНДГМІ. – К., 2007. – Вип. 256. – С. 265-285.
109. Осадчий В.І. Вплив урбанізованих територій на формування хімічного складу поверхневих вод басейну Дніпра / В.І. Осадчий, Н.М. Осадча, Н.М. Мостова // Наукові праці УкрНДГМІ. – К., 2002. – Вип. 250. – С. 242-261.
110. Паламарчук М.М. Водний фонд України / М.М. Паламарчук, Н.Б. Закорчевна. – К. : Ніка-Центр, 2006 – 320 с. (Довідковий посібник. – 2-е вид. доп.)
111. Пелешенко В.І. Загальна гідрохімія / В.І. Пелешенко, В.К. Хільчевський. – К. : Либідь, 1997. – 384 с.
112. Пигулевский П.И. Неотектоника, геодинамика и сейс мичность докембрийских щитов (на примере восточной части Украинского щита) / П.И. Пигулевский // Науковий вісник НГУ. – Д., 2011. – № 6. – С. 5-12.
113. Попов К.О. Херсонська область (географічний нарис) / Попов К.О. – К. : Радянська школа, 1959 – 126 с.
114. Природа Украинской ССР. Геология и полезные ископаемые / [Е.Ф. Шнюков, А.В.Чекунов и др.]. – К. : Наук.думка, 1986. – 184 с.
115. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование / [А.М. Маринич., В.М.Пашенко, П.Г. Шищенко и др.]. –К. : Наукова думка, 1985. – 224 с.
116. Природа Украинской ССР. Почвы / [Н.Б. Вернандер, И.Н. Гоголев, Д.И. Ковалышин и др.]. – К. : Наук. думка, 1986. – 216 с.
117. Природа Украинской ССР. Моря и внутренние воды / [Под ред. В.Н. Грезе, Г.Г. Полікарпова.]. – К. : Наукова думка, 1987. – 224 с.
118. Природа Украинской ССР. Климат / [К.Т. Логвинов,

М.И. Щербань и др.]. – К. : Наукова думка, 1984. – 227 с.

119. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України / [Б.М. Данилишин, С.І. Дорогунцов, В.С. Міщенко та ін.]. – К.: РВПС України НАН України, 1999. – 716 с.
120. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Среднее и Нижнее Поднепровье. / [Под ред. М.С. Каганера]. – Л. : Гидрометеорологическое издательство, 1971. – Т.6., Вип.2. – 654 с.
121. Риженко С.А. Медико-екологічні проблеми Кривбасу / С.А. Риженко, К.П. Вайнер, В.Г. Капшук, І.І. Грузін, А.Ю. Лисий, С.В. Дьоміна // Одеський медичний журнал. Екологія. – 2006. – № 4 (96). – С. 83-87.
122. Ромась І.М. Періоди мінімальної середньої добової водності в басейні Дніпра в межень / Ромась І.М. // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. Вип. 251. – С. 38-42.
123. Ромась М.І. Оцінка умов формування концентрації важких металів із використанням кореляційного аналізу (на прикладі річок басейну Дніпра) / М.І. Ромась, В.К. Хільчевський, С.О. Сілевич, І.О. Шевчук // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 252. – С. 60-65.
124. Руденко Р.В. Про зміну хімічного складу води річки Інгулець / Р.В. Руденко, В.К. Хільчевський // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. К., – 2005. – Т.8 – С. 47-61.
125. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод / С.І. Сніжко. К. : Ніка-Центр, 2001. – 264 с.
126. Сніжко С.І. Теорія і методи аналізу регіональних гідрохімічних систем: автореф. дис. на здобуття наук ступеня доктор геогр. наук : спец. 11.00.07 „Гідрологія суші, гідрохімія та водні ресурси” / С.І. Сніжко. – К., 2002. – 30 с.
127. Сніжко С.І. Характеристика стану досліджень та вмісту біогенних речовин у воді річок України / С.І. Сніжко, К.А. Середа // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія, 2001. – Т.2. – С. 511-521.
128. Справочник по водным ресурсам. / [Под ред. Б.И. Стрельца.]. – К. : Урожай. 1987. – 304 с.
129. Товбин М.В. Гидрохимическая характеристика низовьев Днепра и Ингульца и прогноз режима Каховского водохранилища / М.В. Товбин, А.М. Алмазов, М.Б. Фельдман, Ю.Г. Майстренко. К. : Издательство Академии Наук ССР. – 1954. – 104 с.

130. Третьяков О.В. Забезпечення виробництва питної води в умовах погіршення стану природного поверхневого джерела / О.В. Третьяков, Р.В. Пономаренко // Збірник наукових праць. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2009 – Вип. 9. – С. 138-146.
131. Физико-географическое районирование Украинской ССР / Под ред. В.П. Попова, А.М. Маринича, А.И. Ланько. Изд-во Киевского университета, 1968. – 683 с.
132. Фізична географія Української РСР / [Маринич О.М., Ланько А.І., Щербань М.І., Тищенко П.Г.]. – К.: Вища школа, 1982 – 208 с.
133. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення: гідроекологічні аспекти / В.К. Хільчевський. – К.: ВЦ “Київський університет”, 1999. – 319 с.
134. Хільчевський В.К. Роль агрохімічних засобів у формуванні якості вод басейну Дніпра / В.К. Хільчевський. – К.: ВПЦ «Київський університет», 1996. – 222 с.
135. Хільчевський В.К. Порівняльна оцінка якості річкових вод басейну Дніпра / В.К. Хільчевський, В.В. Маринич, В.М. Савицький // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2002. – Т.4. – С. 167-178.
136. Хільчевський В.К. Характеристика іонного стоку річок басейну Дніпра / В.К. Хільчевський, В.В. Маринич, В.М. Савицький // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2003. – Т.5. – С. 226-240.
137. Хільчевський В.К. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку басейну Дніпра / [Хільчевський В.К., Ромась І.М., Ромась М.І. та ін.]. – К.: Ніка-Центр, 2007. – 184 с.
138. Чабан М. Як це було. Спогади письменника Миколи Миколаєнка про своє дитинство 1932-1933 років // Історична, культурологічна газета «Експедиція ХХІ». – 2008. – № 10 (77).
139. Шевченко П.Г. Гідрохімічні дослідження річок Інгулець і Саксагань у зоні впливу підприємств Кривбасу (1994-2004 рр.) / П.Г. Шевченко, Д.А. Засєкін, Ю.М. Ситник, Н.М. Осадча // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія: III Всеукраїнська наукова конференція, 15-17 лист. 2006 р.: тези доп. – Київ, 2006. – С. 144–145.
140. Шестопалов В.М. Экологическая геология Украины / В.М. Шестопалов, В.В. Гудзенко, А.Б. Климчик. – К.: Наукова думка, 1993 – 408 с (Справочное пособие).
141. Шерстюк Н.П. Вплив гірничо-видобувної промисловості на

- міграційні властивості головних іонів у поверхневих водах / Н.П. Шерстюк // Гідрологія, гідрохімія і гідроecологія. – 2010. – Т.4(21). – С. 92-105.
142. Шульгин А.М. Мелиоративная география / А.М. Шульгин. – М. : Высшая школа. – 1980. – 288 с.
 143. Шуляренко П.І. Оцінка стійкості річок середнього та нижнього Придніпров'я / П.І. Шуляренко // Меліорація і водне господарство. – К., 1997 – Вип. 84. – С. 131–136.
 144. Brody M. Developing risk-based priorities for reducing air pollution in urban settings in Ukraine / M. Brody, J. Caldwell, A. Golub // Journal of Toxicology and Environmental Health. – 2007. – Vol. 70(3-4), Part A. – P. 352-358
 145. Costanza R. Natural capital and sustainable Development / R. Costanza, H. Daily // Conservation and Biology. – 1992. – Vol. 6(1). – P. 37-46.
 146. Estimating Water Quality Benefits: Theoretical and Methodological Issues // By Marc O. Ribaud, D. Hellerstein. Resources and Technology Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. Technical Bulletin. – Washington, 1993. – № 1808. – 28 p.
 147. Hauser B. Drinking water chemistry: a laboratory manual / B. Hauser. – Lewis Publishers, 2002. – 202 p.
 148. Malakhov I. The stream of evolution and the evolution of a river / I. Malakhov // Biopolitics / The bio-environment. Athens, Greece, 1998. – Vol. 6. – P. 49-53.
 149. Nazarov N. Water pollution in Ukraine: the search for possible solutions / N. Nazarov; H. Cook; G. Woodgate // International Journal of Water Resources Development. – 2004. – V. 20(2). – P. 205 – 218.
 150. Richer P. Field monitoring soil phytotermediation by a portable chlorophyll fluorometer / P. Richer, A. Barocci, Z. Csintain, M. Kupperberg, J. Szdzui // 4th International symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe. September, 1998. – Warsaw, 1999. – 1116 p.
 151. Sileika A. S. Analysis of variation in nitrogen and phosphorus concentration in the Nemunas river / A. S. Sileika, S. Kutra, K. Gaigalis, L. Berankiene, A. Smitiene // Water management Engineering. Vilnius. – 2005. – Vol. 2(5). – P. 15-24.

152. Water Quality for Ecosystem and Human Health: United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System / Water Programme / Genevieve M. Carr, James P. Neary. – Canada, 2006. – 132 p.
153. Water Quality Monitoring: A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes / Edited by J. Bartram and R. Ballance. – London: UNEP/WHO, 1996. – 385 p.
154. White L., Jr. The historical roots of our Ecologic Crisis / L. White, Jr. – “Science”. –1967. – Vol. 155, № 3767. – P. 1203-1207.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ХІЛЬЧЕВСЬКИЙ Валентин Кирилович
КРАВЧИНСЬКИЙ Руслан Леонідович
ЧУНАРЬОВ Олексій Васильович

**ГІДРОХІМІЧНИЙ РЕЖИМ
ТА ЯКІСТЬ ВОДИ ІНГУЛЬЦЯ
В УМОВАХ ТЕХНОГЕНЕЗУ**

Коректор О.С.Петренко
Оригінал-макет авторів

Підписано до друку 12.03.2012. Формат 60х84/16.
Папір офсетний. Умовн. друк. арк. 10,46.
Наклад 300 пр. Зам. № 39.

ТОВ НВП «Ніка-Центр». 01135, Київ-135, а/с 192
т./ф. (044) 39-011-39; e-mail: psyhea@i.com.ua, psyhea9@gmail.com
servic57@i.com.ua; www.nika-centre.kiev.ua

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК №1399 від 18.06.2003

Віддруковано у ТОВ «Зеніт». 21100, м. Вінниця, вул. 1 Травня, буд.30а.
Свідоцтво №34213919 від 15.08.2005