

**Міністерство освіти і науки України**  
**Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича**  
**Географічний факультет**  
**Кафедра географії України та регіоналістики**

Тенденції зміни якості води р. Прут в районі м.Чернівці: чинники, наслідки

**Дипломна робота**  
**Рівень вищої освіти – другий(магістерський)**

Виконав:  
студент 6 курсу, група 617  
спеціальність: гідрометеорологія  
Бабин Артем Вікторович  
Керівник: к. геогр. н., доцент Николаєв А.М.

**До захисту допущено:**

**Протокол засідання кафедри № \_\_\_\_**

від «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

зав. кафедри \_\_\_\_\_ Костащук І.І.

**Чернівці – 2022**

## РЕФЕРАТ

**Кваліфікаційна робота:** 62 с., 16 рис., 10 табл., 0 додатки, 71 літературне джерело.

**Об'єкт дослідження:** річка Прут.

**Предмет дослідження:** тенденції зміни якості води р. Прут в районі м. Чернівці.

**Мета роботи:** встановлення сучасних (2008-2019 рр.) тенденцій змін якості води річки Прут в межах міста Чернівці.

**Методи дослідження:** досягнення задекларованої мети викликало необхідність постановки і розв'язання низки науково-практичних завдань:

- ознайомлення з процесами формування якості води річок і водойм;
- вивчення умов формування якості вод Пруту в районі м. Чернівці;
- вивчення методики оцінки якості природних вод;
- встановлення основних рис сучасних змін якості вод Пруту в межах міста

Чернівці.

При проведенні дослідженні використані басейновий та генетичний підходи, літературно-описовий та гідролого-гідрохімічний методи, елементи регресійно-кореляційного аналізу.

**Ключові слова:** річка, формування, якість води, дифузне джерело, вплив, залежність, антропогенний вплив, режим, зміни.

## Зміст

	Вступ.....	3
1	Якість річкових вод.....	5
1.1	Поняття про якість води.....	5
1.2	Фактори формування якості води.....	6
1.3	Критерії якості води.....	8
1.3.1	Екологічні критерії якості води.....	10
1.3.2	Цільові показники якості води.....	12
1.4	Методики оцінки якості води.....	15
2	Просторово-числова динаміка якості води ділянки р. Прут в межах м. Чернівці.....	24
2.1	Просторово-часова динаміка якості води в 1970-2009 роках.....	24
2.2	Просторово-часова динаміка якості води в 2010-2018 роках.....	33
3	Сучасні тенденції змін якості води р. Прут в районі м. Чернівці.....	42
3.1	Сучасні тенденції змін якості води в Україні.....	42
3.2	Сучасні особливості динаміки змін якості води р. Прут в районі м. Чернівці.....	48
3.3	Часова динаміка загальної забрудненості води р. Прут у контрольному створі нижче м. Чернівці.....	50
	Висновки.....	54
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

## ВСТУП

Планування та поточне використання ресурсів стоку Пруту має враховувати сучасний хімічний склад та якість води, а також тенденції їх змін.

**Метою** роботи є встановлення сучасних (2008-2019 рр.) тенденцій змін якості води річки Прут в межах міста Чернівці.

**Об'єктом** дослідження є річка Прут, **предметом** дослідження – якість води та її зміни.

Досягнення задекларованої мети викликало необхідність постановки і розв'язання низки **науково-практичних завдань**:

- ознайомлення з процесами формування якості води річок і водойм;
- вивчення умов формування якості вод Пруту в районі м. Чернівці;
- вивчення методики оцінки якості природних вод;
- встановлення основних рис сучасних змін якості вод Пруту в межах міста Чернівці.

При проведенні дослідженні використані басейновий та генетичний **підходи**, літературно-описовий та гідролого-гідрохімічний **методи**, елементи регресійно-кореляційного аналізу.

**Інформаційною базою** роботи є наукові публікації, фондів матеріали кафедри гідрометеорології та водних ресурсів ЧНУ, Чернівецького обласного центру з гідрометеорології.

Хімічний склад природних вод - це складний комплекс розчинених газів, органічних сполук та мінеральних солей. У них розчинені майже всі відомі на Землі хімічні елементи.

Умови формування хімічного складу природних вод визначаються послідовністю і співвідношенням прояву багатьох факторів, що належать до груп природних й антропогенних. За характером впливу фактори поділяються на основні та другорядні, а також прямі та непрямі. Вони визначають особливості хімічного складу природних вод певної території.

Хімічний склад вод Пруту формується в басейнах гірської країни – Українських Карпат, на рівнинних та передгірських ділянках річок. Він змінюється під впливом діяльності людини, а саме антропогенних факторів. Також хімічний склад поверхневих вод має часові тренди, що визначаються змінами кліматичних умов та рівнем антропогенного навантаження на водозбірні басейни.

Концентрація численних хімічних елементів та якісний склад надають природним водам певних органолептичних та фізико-хімічних властивостей, що визначають можливість їх використання в різних сферах діяльності людини. Вони впливають на життєдіяльність та розвиток гідробіонтів, що в свою чергу відіграє важливу роль у формуванні складу природних вод. Якість води – це інтегральний показник, який відображає стан водних екосистем на основі сукупності гідрохімічних, гідрологічних та гідробіологічних показників.

Хімічний склад річкових вод, що визначається головним чином вмістом розчинних сольових компонентів, змінюється відповідно до коливань водності, має закономірні природні сезонні та багаторічні тренди, інтенсивність яких можна передбачити. З іншого боку, погіршення якості річкової води найчастіше відбувається внаслідок зміни властивостей води та концентрації хімічних речовин, що мають значну складову антропогенного походження. Їх варіації зумовлені соціально-економічними факторами, інтенсивність змін яких визначається тенденціями розвитку соціально-економічної сфери.

# 1. Якість річкових вод

## 1.1. Поняття про якість води

Природні води - це складні розчини, що містять усі відомі хімічні елементи у вигляді простих і складних іонів, складних сполук, радіоактивних і стабільних ізотопів, розчинених і газоподібних молекул.

В. І. Вернадський говорив, що в кожній краплі води, як у мікрокосмі, зображено склад космосу. Нещодавно це твердження було підтверджено: із 87 постійних хімічних елементів, які відомі у земній корі, приблизно 80 знайдено в природних водах [57].

Вода, безсумнівно, є найважливішою поживною речовиною у житті людей та всього тваринного світу, тому їй дійсно потрібно приділяти багато уваги. Вона повинна бути питною та не містити шкідливих речовин.

Абсолютно чиста вода в природі не зустрічається. Частіше за все вона містить широкий спектр компонентів. На якість підземних вод впливають породи, тип ґрунту та тривалість перебування води в родовищі. Тим часом поверхневі води зазнають впливу від забруднювачів повітря та ґрунту, органічних речовин, що розкладаються і залишків мінеральних добрив, які використовуються при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Тому якість підземних і поверхневих вод (вміст мікробіологічних організмів, хімічних речовин, інших забруднюючих речовин і т.д.) є дуже мінливим поняттям, яке залежить від багатьох факторів, включаючи глибину залягання підземних вод, гірські породи та клімат. Вплив людини сьогодні став великою проблемою, тому що нестабільність якості та доступності води часто є результатом втручання людини.

Мінеральні речовини, що містяться в природних водах у розчиненому стані, існують у різних формах (недисоційовані сполуки, колоїди, іони, комплексні іони,) і їх можна розділити на дві групи: макро- і мікрокомпоненти.

До першої групи **макрокомпонентів** належать речовини, що постійно присутні у всіх типах природних вод та містять концентрацію не менше 1 мг/дм<sup>3</sup>. До другої групи, так званих **мікрокомпонентів**, входять речовини, які присутні в природних водах тільки у малій концентрації (менше 1 мг/дм<sup>3</sup>) [57].

Набір хімічних речовин, розчинених у воді, надає природним водам спеціальних властивостей. Від вмісту таких речовин залежать такі властивості води як солоність, жорсткість, лужність, кислотність, агресивність, її корозійна здатність.

## 1.2. Фактори формування якості води

Формування якості природних вод – це складна сукупність процесів обміну хімічних речовин природних вод з іншими природними середовищами в різних географічних умовах і при різних антропогенних навантаженнях (рис. 1.1.) [57].

Сьогодні в Україні можна зустріти як річки, що збереглися з кришталево чистою, так і непрозору, брудну. Іноді вода в річках буває різнокольорових відтінків з маслянистою густою речовиною, яку важко називати водою взагалі. Відповідно до цього річки поділяються на чисті та забруднені. Водночас у всіх річках є вода, і щоб її можна було характеризувати і порівнювати, так чи інакше кількісно чи якісно, ввели термін «якість води». Під цим терміном розуміють багатофакторну якісну та кількісну оцінку її хімічного складу та біологічних і фізико-хімічних властивостей, що визначають придатність води для використання в конкретних цілях.

***В основі оцінки якості води лежать три групи показників, зокрема:***

- фізичні - запах, прозорість, колір, каламутність, наявність завислих речовин, тощо;
- хімічний - мінеральних і органічних речовин, вміст кисню, забруднюючих речовин, розчинених газів, не властивих водному об'єкту або вміст яких перевищує нормативні (гранично допустимі концентрації - ГДК); гідробіологічні – розвиток фіто- та

зообентосу, фіто- та зоопланктону, перифітону, індекс сапробності, вищих водних рослин, інтенсивність фотосинтезу та дихання гідробіонтів тощо. [18, 78].

Встановлена якість води завжди відповідає якомусь споживчому стандарту - питної води, води для поливу промислових цілей, для сільськогосподарських культур, для риборозведення і т.д.

Формування якості води у річках забезпечується сукупністю гідрохімічних, гідрологічних, бактеріологічних процесів, фізико-географічних і гідрометеорологічних особливостей регіону, а також рівня антропогенного впливу на водозбір. Увесь зазначений вплив проявляється через процеси обміну речовин між різними середовищами.

Інші властивості природної води визначаються водневим показником рН і окисно-відновним потенціалом – Eh. До нормативних показників, які найчастіше використовуються при визначенні якості поверхневих вод, відносяться токсикологічні показники, особливо вміст азоту - амонію, нітритів, нітратів, пестицидів, важких металів, вміст нафтопродуктів, фенолів; кисневий індекс, котрий характеризує вміст розчиненого у воді кисню та його біологічне споживання (БСК) та ін.

Якість природних вод є результатом поєднання складних метаболічних процесів на рівні біологічної складової гідроекосистем з одного боку та алохтонних стоків з басейну. Якість води залежить від багатьох складових, у тому числі від фізико-географічного положення водойми і найважливішим на сьогодні рівнем антропогенного навантаження. Відповідно якість води є результатом сукупності природних процесів і результатом впливу на них комплексу антропогенних чинників.

Багатофакторність процесу формування якості води зумовлює складність його дослідження та недостатність теоретико-методичних розробок, інструментальних методів часто зводить нанівець спроби відкриття способу формування якості води [18, 80].



Процес формування якості води залежить від комплексу чинників, які існують безпосередньо в цій водоймі. Комплекс чинників, які впливають на якість води, складається з 5 основних блоків: гідрохімічного, гідробіологічного, гідрометеорологічного, фізико-географічного та антропологічного. Їх можна назвати головними складовими регулювання якості води. Кожен з цих блоків характеризується великим списком показників, які відтворюють певні властивості.

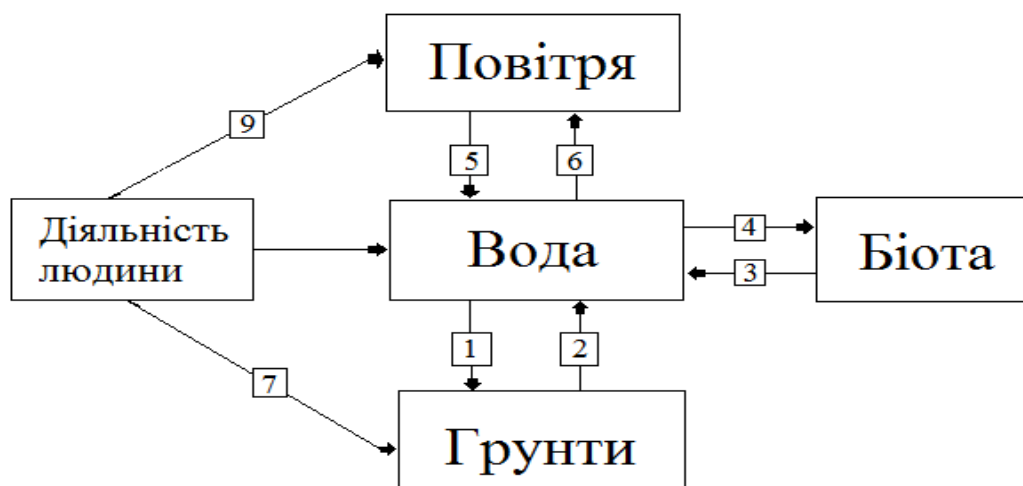


Рис. 1.1. Обмін хімічними речовинами між водою та іншими середовищами[57]

Цифрами показано деякі потоки речовин та енергії: 1 - адсорбція, 2 - десорбція, 3 - виділення екскрементів водних організмів, 4 - біоаккумуляція хімічних речовин у гідробіонтах, 5 - надходження речовин з опадами, 6 - випаровування із поверхні водойми та пов'язаний з ним потік речовин, 7 - внесення агрохімзасобів, меліорації та водна ерозія, яка була спричинена деформацією структури ґрунту; 8 – водний транспорт, скидні води та регулювання стоку; 9 - викиди в атмосферу забруднюючих речовин [57].

Причинно-наслідкові зв'язки процесу формування якості води демонструє схема формування якості води (рис. 1.2.).

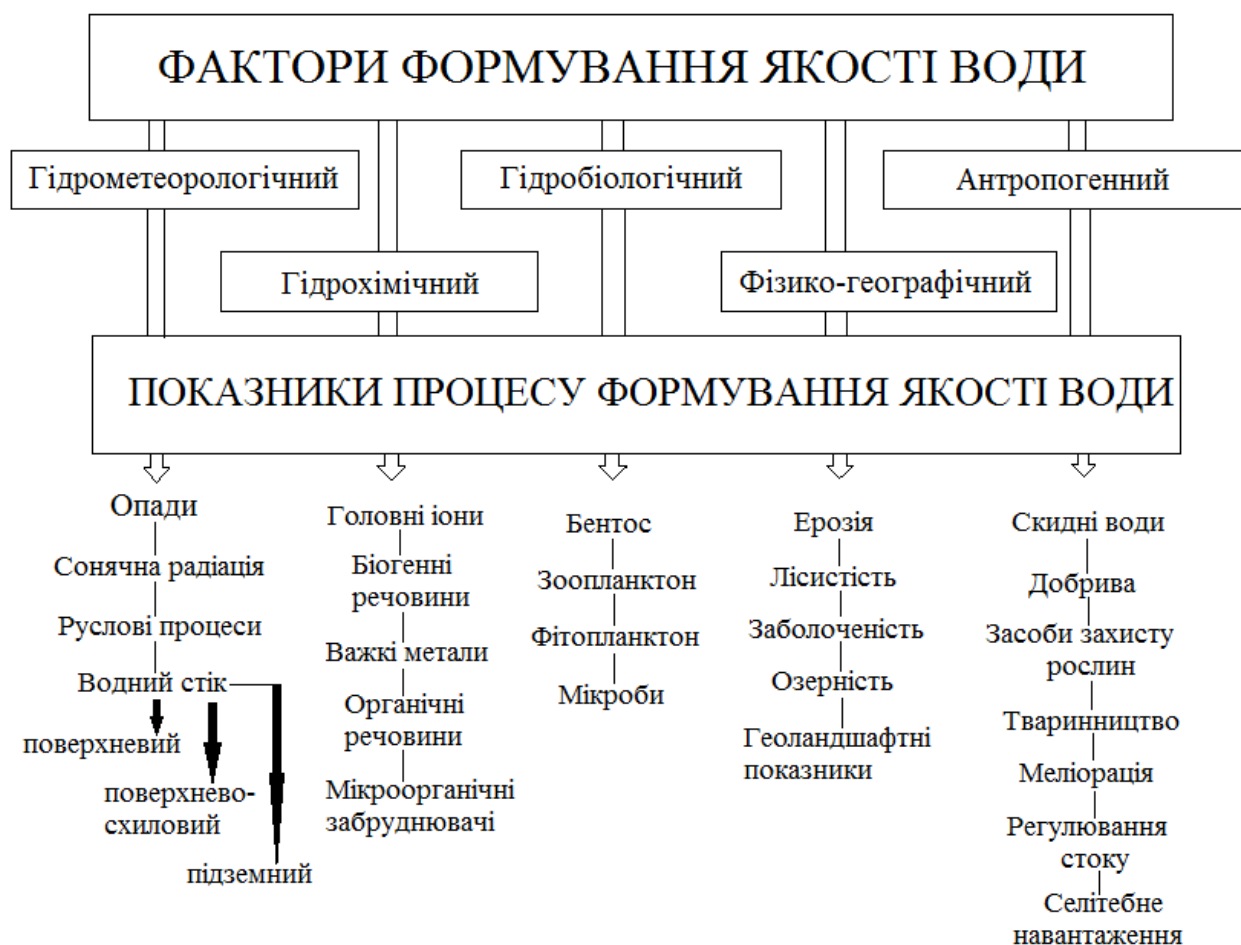


Рис. 1.2. Схема формування якості води [57]

Система факторів, що формують якість води, складається з таких 5 головних блоків: гідрохімічного, гідробіологічного, гідрометеорологічного, фізико-географічного, антропогенного. Їх також можна назвати блоками контролю якості води. Отож, кожен блок характеризується переліком різноманітних показників, що показують внутрішню структуру та незвичайні властивості даного фактора. Таким чином, гідрометеорологічний фактор включає в себе характеристики водного стоку (підземний, поверхневий, фіксований, наземно-схилувий) і такі метеорологічні показники як кількість опадів, температурний режим тощо [57].

Щодо гідрохімічного фактору, то він характеризується сукупністю фізико-хімічних процесів, що протікають між основними групами розчинених у воді хімічних речовин: основні іони, органічні та біогенні речовини, мікроелементи та забруднювачі антропогенного походження. Чинник визначено умовно, оскільки всі

його характеристики пов'язані з аналогічними характеристиками інших факторів, які регулюють вміст перелічених вище груп речовин у річковій воді [57].

Третій блок регулювання якості води – гідробіологічний. Основні ознаки: фітопланктон, зоопланктон, зообентос, перифтон, мікробіологічні показники.

Фізико-географічний чинник демонструє відображення особливостей ландшафту, в якому формується хімічний склад води конкретної річки. Може містити характеристики озерності, лісистості, заболоченості та еродованості.

Важливим блоком регулювання якості води є антропогенний блок. Роль і рівень участі в загальних діях формування якості води визначають такі характеристики: розорювання, внесення добрив, скидання стічних вод, меліорація, густина населення, питома вага худоби та інших тварин, регулювання стоку тощо.[57].

Кількість ознак, які характеризують кожен із цих блоків факторів, може змінюватись залежно від складності завдання, можливості інструментального визначення кількості ознак, наявності певних видів господарської діяльності, фізико-географічних характеристик території [57].

### **1.3. Критерії якості води**

Критерії якості води характеризують якість води, яка є необхідною для збереження та охорони деяких видів водокористування. Більша частина критеріїв якості води встановлює найбільший рівень концентрації речовини саме у воді, при якій не виникає шкоди в умовах безперервного водокористування конкретним водокористувачем (питне водопостачання, сільськогосподарське водопостачання, рекреаційне водокористування). Такі ж самі критерії встановлені для якості води, яка є придатна для існування біологічних організмів і функціонування цілих водних екосистем [57].

Для різних видів водокористування існують свої вимоги щодо якості води, тому для кожного існують свої критерії якості води.

Для деяких параметрів якості води, до прикладу, розчинений кисень, критерії якості води встановлюються на мінімально прийнятному рівні, для того щоб забезпечити збереження біологічних функцій водних організмів [57].

Під час розробки критеріїв якості води для кожного забруднювача можуть бути введені різні рівні ризику, наприклад, у Нідерландах. Критерії якості води можуть складатися з кількох компонентів. У США критерії якості мають трикомпонентну структуру. Отже, перший компонент являється показником оцінювання ризику, а два інші використовуються для оцінки інтенсивності впливу забруднювача на якість води ось таким чином:

а) гранична допустима концентрація або величина;

б) повторюваність показує як часто концентрація забруднюючої речовини може перевищувати установлений критерій;

в) тривалість (період часу, у який очікувана концентрація речовини у воді осереднюється із метою порівняння з критеріями концентрації[57].

Взагалі критерії якості води розроблялися для широкого кола звичних параметрів якості води, такі як біогенні речовини, розчинений кисень та рН.

Для розробки критерію значення рН були проведені неодноразові дослідження, що підтверджували: для збереження життя гідробіонтів необхідно, щоб рН знаходився в межах 6,5-9,0. По відношенню до цього критерію якості води, цей діапазон зазвичай передбачається для рН [57].

Критерії якості води за біогенними речовинами (фосфати, амоній тощо) встановлюються таким чином: критерії фосфатів – на рівні, при якому відбувається надмірне зростання водоростей, критерії амонію – на рівні концентрації аміаку, що не має шкідливий вплив на організми.

Розробка критеріїв якості води для найнебезпечніших речовин є безперечно актуальною в наш час. Ці речовини здебільшого належать до групи органічних мікрозабруднювачів. Завдяки сучасній хімії органічного синтезу їх чисельність збільшується набагато швидше, аніж розробляються способи їх визначення в природних водах. Через свою стійкість, токсичність, здатність до біоаккумуляції,

тератогенну, канцерогенну та мутагенну дію ці речовини становлять велику загрозу для використання води та функціонування водних екосистем [57].

Також до цієї категорії небезпечних речовин у розвинених країнах можна віднести генетичний матеріал, рекомбінований *in vitro* різними методами генної інженерії.

Відповідно до водно-рамкової директиви ЄС для оцінювання стану поверхневих вод використовуються як загальноприйняті показники стану водних об'єктів, так і вміст пріоритетних речовин [57]. Щодо загальних показників стану річок слід враховувати температурний режим, умови насичення води киснем, солоність води, ступінь окиснення та вміст біогенних речовин.

### **1.3.1. Екологічні критерії якості води**

Водні системи складаються з фізико-хімічних компонентів і біогенних популяцій (консументів, продуцентів, редуцентів). У водних екосистемах відбувається досить складна взаємодія фізичних та біохімічних циклів. Такі антропогенні стреси як скидання хімічних речовин у воду, можуть дуже погано вплинути на більшість видів водної флори та фауни. Взагалі їх існування залежить від абіотичних умов (характеристик течії води, температури, рН, концентрації розчиненого кисню, концентрації важких металів та органічних мікрозабруднювачів), а також від біотичного (видового складу) [57].

З точки зору охорони водної флори та фауни критерії якості води можуть враховувати тільки фізико-хімічні параметри, які визначають якість води, яка забезпечує охорону та збереження життя у водному середовищі - ідеально у всіх його формах і на всіх рівнях, або вони можуть враховувати становище всієї водної екосистеми.

Традиційно до найважливіших параметрів якості води відносять розчинений кисень (його низька концентрація призводить до загибелі риб), потім фосфати,

нітрати і амоній, котрі у разі їх надмірного надходження у водні екосистеми призводять до суттєвої зміни структури водні популяції [57].

Важкі метали, а також багато синтетичних хімічних речовин можуть потрапляти в організм, не поглинаючись і не виводячись, таким чином біонакопичуючись. Концентрація речовини може досягти токсичного рівня якщо в організм будуть продовжують надходити речовини, які він не взмозі належним чином вивести або нейтралізувати.. Також деякі забруднювачі у змозі викликати еволюційні, репродуктивні та канцерогенні ефекти [57].

При створенні критеріїв, які забезпечують охорону водної флори та фауни, в ідеалі необхідно мати повну інформацію про поведінку хімічних речовин в організмі та залежність між впливом та його наслідками.

Необхідно вивчити механізми поглинання забруднюючих речовин із водойми гідробіонтами та біоаккумуляції, що відбувається в цих організмах.

До прикладу, риби поглинають токсичні хімікати безпосередньо з води, яка проходить через їх зябра безпосередньо під час звичайного процесу дихання. Забруднювачі також поглинаються з відкладень донними тваринами, такі як трубчасті черви, личинки комах, молюски або раки. Таким чином накопичуються в організмах качок, бентосних риб і черепах [57].

Важкі метали та органічні мікрозабруднювачі, такі як діоксини і хлорорганічні пестициди можуть поглинатися з води фітопланктоном, а вже потім через харчовий ланцюг потрапляти в організм риб і, нарешті, в організм водоплавних птахів і ссавців. Оскільки велика кількість водних тварин виділяють ці хімічні речовини дуже повільно (або взагалі не виділяють), на кожній наступній стадії харчового ланцюга концентрація цих забруднюючих речовин буде зростати через кумулятивний ефект і, таким чином, може досягати токсичних рівнів [57].

Наприклад, у Канаді критерії для водної флори та фауни базуються на найнижчих рівнях концентрації речовин, які впливають на досліджувані організми (найнижчий рівень впливу). Визначені критерії якості води співвідносяться з найбільш чутливими видами з різних груп видів [57].

Також у Канаді для розробки цих критеріїв необхідний мінімальний набір даних:

а) риба: принаймні три дослідження токсичності спеціальної речовини для трьох або більше видів прісноводних риб, включаючи принаймні один вид, який живе у холодній воді (форель) та у теплій (чорноголовий);

б) безхребетні: принаймні два дослідження хронічної токсичності (не повний або повний життєвий цикл) двох або ж більше видів безхребетних з різних класів, один з яких включає планктонні види (наприклад, види *Daphnia*);

в) рослини: принаймні одне дослідження однієї прісноводної судинної рослини або виду водоростей [57].

### **1.3.2. Цільові показники якості води**

Для забезпечення багатоцільового використання поверхневих або підземних вод встановлюються цільові показники якості з урахуванням вимог щодо збереження водної флори і фауни. Вони розроблені з метою встановлення порогових значень показників якості води, що характеризують стан якості, який необхідно підтримувати або який має бути досягнутий у певний час [57].

Цільові показники є основою правил щодо обмеження забруднення та вжиття заходів щодо запобігання, обмеження та зменшення забруднення води.

Важливою перевагою використання цільових показників полягає в тому, що вони враховують не лише вплив одного скиду стічних вод, а й кумулятивний вплив широкого діапазону різних скидів у водний об'єкт. Для всіх видів водокористування встановлюється загальний граничний рівень забруднення [57].

Визнано, що цільові показники якості води разом із встановленням лімітів скидів на основі запровадження найкращих технологій і використання передових екологічних методів є комплексними заходами для запобігання, обмеження та зменшення забруднення поверхневих вод.

Критерії якості води та інформація про використання води враховуються при встановленні цільових показників якості води з урахуванням специфічних місцевих факторів [57].

Для цього виконуються такі попередні види робіт:

- а) інвентаризація потенційних та сучасних нових видів водокористування;
- б) інвентаризація джерел викидів, включаючи диузні та стаціонарні джерела;
- в) збір висновків попереднього моніторингу якості води;
- г) збір висновків особливих спостережень за водними об'єктами, які мають дуже важливе соціально-економічне та екологічне значення (водно-болотні угіддя та водосховища питної води);
- д) збір висновків гідрологічних досліджень (гідравлічні характеристики водойм та характеристики стоку) [57].

Розробка цільових показників якості води робиться економічним аналізом будь-яких можливих наслідків, котрі можуть виникнути у разі впровадження цих показників. Це пов'язує з тим, що для того аби досягти цільових показників якості води необхідно впроваджувати всі новітні технічні засоби, які запобігають та зменшують викиди забруднюючих речовин. У той час плата за користування водними ресурсами може вирости.

Цільові критерії якості води можуть також бути встановлені для окремих водойм або ж для всіх водойм країни [57].

Під час встановлення цільових показників для окремих водойм першочергово визначають усі види водокористування та вибирають критерії якості води, характерні для даної водойми. Враховуються місцеві хімічні, фізичні, гідрологічні та біологічні умови. Це стосується загального хімічного складу (рН, жорсткість, розчинений кисень), видового різноманіття гідробіонтів, природної концентрації деяких спеціальних речовин (біогенні елементи та метали). Ось ці фактори мають вплив на формування якості води та можуть змінювати її придатність до споживання [57].



Декілька країн ЄЕК ООН встановили цілі щодо якості поверхневих вод на основі різних схем і систем класифікації.

Наприклад, у Норвегії розробили систему класифікації, яка є основою для встановлення цільових показників якості води в річках, озерах і фіордах цієї країни. Вони встановлюються в першу чергу для всі водних об'єктів, які викликають найбільше хвилювання через скидання в них забруднюючих речовин точковими джерелами. Стратегічною метою є забезпечення I класу якості води в усіх водоймах[57].

Шведське агентство з охорони навколишнього середовища запропонувало національний цільовий показник щодо якості води, що забезпечує довгострокове досягнення I класу якості води всіма внутрішніми водоймами Швеції. За цим цільовим показником концентрація фосфору у водоймах не повинна перевищувати його фоновий вміст більш ніж у 2 рази. Концентрація важких металів у воді та осадах не повинна перевищувати 3-х і 6-кратний основний вміст цих металів. Для кожної водойми вже розроблені цільові показники якості води з урахуванням її конкретних умов.

У Великій Британії був прийнятий Закон про водні ресурси 1991 р., який дає уряду можливість запровадити систему класифікації якості регульованих вод відповідно до конкретних вимог [57]. Ці вимоги визначені для кожної класифікації та складаються з одного або кількох із таких положень:

а) загальні вимоги, яким повинні відповідати води, до яких застосовується класифікація;

б) спеціальні вимоги щодо речовин, які мають бути присутніми або відсутніми у воді та щодо концентрації цих речовин;

в) вимоги до інших характеристик цих вод [57].

Цільові показники мають стати основою нової більш надійної структури контролю якості води та забезпечити виконання заходів щодо обмеження надходження забруднюючих речовин з дифузних і точкових джерел у поверхневі та підземні води [57].

Цільові показники встановлюються для кожного водного об'єкта нормативно-правовим документом, що встановлює:

- ділянку водного об'єкта, щодо якого цільові показники є дійсні;
- категорії водокористувачів й відповідні стандарти якості;
- вимоги щодо дотримання цільових показників якості, а також загальних стандартних вимог до якості води;
- строки, у які повинно бути введено дотримання цільових показників якості води [57].

#### **1.4. Методики оцінки якості води**

Класифікація якості води згідно ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання [13]. Методика оцінювання базується на гігієнічних та екологічних критеріях. Оцінка проводиться за сімома окремими блоками показників: загальносанітарно-хімічним, гідробіологічним, паразитологічним, органолептичним, мікробіологічним, радіаційної безпеки та токсичним (пріоритетним) компонентом.

Дослідження проводили за 10–20 показниками I, II та VII груп

Показники якості води відносять водні об'єкти до одного із чотирьох класів: 1 клас – «відмінна», «бажана»; 2 клас – «добра», «прийнятна»; 3 клас – «задовільна», «прийнятна»; 4 клас - «середня», «обмежено придатна», «небажана» якість.

Класифікація якості поверхневих і підземних вод за гігієнічними та екологічними критеріями є кількісною основою оцінки якості води в джерелах центрального питного водопостачання (таблиці 1-2) ДСТУ 4808–2007 [13].

Для централізованого питного водопостачання використовуються або можуть використовуватися водні об'єкти, якість води яких відповідає таким гігієнічним, епідеміологічним, екологічним і технологічним вимогам.

Відповідність водного об'єкта вимогам, які встановлені до джерел питного водопостачання, визначається на підставі:

- гігієнічного та екологічного оцінювання умов створення та ступеня захисту підземного джерела водопостачання в районі поясів зон санітарної охорони;
- гігієнічного та екологічного оцінювання джерела поверхневих вод, а також прилеглої території над і під водозабором під водотоком у зонах санітарної охорони;
- якісного оцінювання за результатами аналізів проб води, відібраних щомісяця за останні 3 роки та кількісна оцінка запасів води в джерелах водопостачання;
- санітарного оцінювання місця розташування водозабору;
- прогнозування гігієнічного та екологічного стану водних ресурсів.

Джерела водопостачання та обладнання для забору води з централізованих станцій питного водопостачання повинні бути захищені від забруднення шляхом організації санітарно-захисних зон відповідно до чинного законодавства.

Висновок про відповідність існуючого або проектного джерела поверхневих вод вимогам ДСТУ 4808: 2007 видають органи державного санітарного та епідеміологічного нагляду на підставі попереднього висновку еколого-геологічних організацій та органів водного господарства.

У сфері питного водопостачання суб'єкти господарювання використовують вже наявні джерела центрального питного водопостачання за погодженням із органами державного санітарно-епідеміологічного нагляду, а також послугами інших органів, на які покладено вирішення цього питання.

Якість води поверхневих і підземних джерел питного водопостачання повинна забезпечувати відповідність відібраної питної води вимогам санітарного законодавства та стандартів з використанням необхідних сучасних технологій водопідготовки.

В джерелах централізованого питного водопостачання кількісною основою оцінки якості води є класифікація якості поверхневих та підземних вод за гігієнічними та екологічними критеріями (таблиця 1–2 ДСТУ 4808:2007 ).

Оцінка якості води в поверхневих та підземних джерелах залежно від конкретного призначення може здійснюватися з урахуванням трьох методичних підходів:

- значення окремих показників;

– значення інтегральних блокових показників (без урахування загального рівня хронічної токсичності води, який визначається у виняткових випадках),

– значення інтегрального комплексного показника.

Оцінка якості води в поверхневих джерелах централізованого питного водопостачання за значеннями окремих показників проводиться при необхідності отримати попереднє уявлення про якість води в точках водозабору в будь-який момент часу. Ось таке уявлення можливо одержати на основі аналізу кількісних характеристик пріоритетних показників якості води, котрі дуже чітко показують задовільний чи незадовільний стан джерел питного водопостачання та перелік яких визначається з урахуванням конкретної санітарної ситуації та екологічного стану на території санітарно-захисних зон.

Якщо значення гідрохімічного показника, як окиснюваність біхромів (ХСК) у поверхневому джерелі менше 9 мгО/дм<sup>3</sup>, то це означає, що у воді низький загальний вміст органічних речовин, а отже, задовільний стан відповідного джерела. Навпаки, якщо значення такого органолептичного показника, як каламутність води у поверхневому джерелі буде перевищувати 5000 мг/дм<sup>3</sup> (характеризує 4 клас якості води), то такий вміст завислих речовин у воді буде свідчити про неправильний гігієнічний та екологічний стан цього ресурсу. Індикативну оцінку якості води за значеннями окремих показників проводили на основі одноразових або серійних вимірювань значень цих показників, проведених одночасно або за певний проміжок часу (добу, місяць, рік).

Оцінку якості води поверхневого джерела за інтегральними величинами виконували для переконливих та відповідальних висновків і рішень щодо якості води у цих джерелах на основі арифметичної обробки емпіричних значень усіх (повна оцінка) або кількох (неповна оцінка) показників I, II, III, IV, V, VI та VII груп. Емпіричні значення показників якості води кожного з цих блоків отримані в результаті систематичних досліджень (моніторингу) гігієнічного та екологічного стану поверхневого джерела.

Основна оцінка якості води поверхневого джерела питного водопостачання за груповими показниками проводиться за методикою, котра складається із 3-х етапів:

– етап групування та оброблення первинних даних гігієнічних та екологічних показників якості води;

– етап визначення класів якості води джерела водопостачання;

- етап узагальнення оцінки якості води та їх відповідності технологічним прийомам очищення поверхневих вод залежно від фізико-хімічної та мікробіологічної природи забруднюючих домішок.

Вихідними даними ретельної оцінки якості води, у першу чергу, є результати окремих і зведених досліджень якості води водних об'єктів – існуючих або потенційних джерел централізованого питного водопостачання, які збираються та обробляються мережею пунктів спостережень та лабораторії систем гідрометеорологічної служби, державної санітарно-епідеміологічної служби України та територіальних організацій Держводгоспу, Державної геологічної служби Мінприроди та базових рівнів Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України. Рекомендується враховувати матеріали спостережень за якістю води, які отримані науковими установами санітарно-гігієнічного та екологічного профілю.

Вихідні дані про якість води за окремими показниками об'єднані в межах I-VII груп. Вихідні дані до кожного наявного показника піддають певній обробці: обчислюють середнє та найгірше значення. Вони показують межі діапазону мінливості значень кожного із показників якості води в реальних умовах проведення та аналізу результатів спостережень.

Етап визначення класів якості води за окремими показниками полягає у виконанні наступних дій:

– середнє та найгірше значення кожного показника окремо порівнюють з відповідними критеріями якості води, наведеними в таблиці 1 ДСТУ 4808:2007;

- на основі порівняння середніх і найгірших значень за кожним показником визначаються класи якості води за кожним показником окремо;

- порівняння середніх і найгірших значень з критеріями класифікації якості води (табл. 1.1) та визначення класів якості води за окремими показниками проводиться в діапазоні відповідних груп показників (I-VII).

Також етап узагальнення оцінки якості води за визначеними показниками з інтегральним показником проводиться тільки на основі аналізу та розрахунку значень в межах окремих груп показників.

Середні значення блокових індексів якості води визначають шляхом розрахунку середнього арифметичного середніх значень усіх наявних показників у кожній групі показників, причому не абсолютних, а відносних значень, виражених номерами класів (1-4 ). Щодо найгірших значень групових показників якості води , то вони визначаються найгіршими значеннями (з найбільшою кількістю класів) серед інших значень показників цієї групи.

За наявності середніх та найгірших значень групових індексів якості води визначається їхня належність до певного класу якості води за таблицею 1 ДСТУ 4808:2007.

Таблиця 1.1

Таблиця визначання класів та підкласів якості води в поверхневих та підземних водних об'єктах - джерелах централізованого питного водопостачання[13]

Позначення класів якості води	Середні значення блокових індексів якості води	Позначення відповідних підкласів якості води	Характеристика класів і підкласів якості води
1	2	3	4
1	1,00—1,25 1,26—1,50	1 1(2)	«Відмінна», дуже чиста вода «Відмінна», дуже чиста вода з ухилом до класу «доброї», чистої води бажаної якості
2	1,51—1,75	1—2	Вода, перехідна зіі якістю від «відмінної», дуже чистої до «доброї», чистої

	1,75—1,98	2(1)	«Добра», чиста вода з ухилом до класу «відмінної», дуже чистої
	2,00—2,25	2	«Добра», чиста вода прийнятної якості
	2,26—2,50	2(3)	«Добра», чиста вода з ухилом до класу «задовільної», слабкозабрудненої прийнятної якості
3	2,51—2,75	2—3	Вода, перехідна за якістю від «доброї», чистої до «задовільної», слабко забрудненої
	2,76—2,99	3(2)	«Задовільна», слабко забруднена вода з'уходом до класу «доброї», чистої
	3,00—3,25	3	«Задовільна», слабко забруднена вода прийнятної якості
	3,26—3,50	3(4)	«Задовільна», слабко забруднена вода з ухилом до класу «обмежено придатної» небажаної якості
4	3,50—3,74	3—4	Вода, перехідна за якістю від «задовільної», слабко забрудненої прийнятної якості до «обмежено придатної» небажаної якості
	3,76—3,99	4(3)	«Обмежено придатна» небажаної якості з ухилом до класу «задовільної», слабко забрудненої води, прийнятної якості
	4,00	4	«Посередня», «обмежено придатна» небажаної якості

Значення блокових показників якості води в поверхневих та підземних джерелах питного водопостачання можуть бути виражені цілими і дробовими числами. Використання дробових значень блокових показників і розрахованих на їх основі підкласів якості води дозволяє диференціювати оцінку якості води, роблячи її більш гнучкою і точною. Взагалі щоб визначити підклас якості води необхідно розділити діапазони дробових значень (з точністю до сотих) всередині окремих груп показників на рівні частини та позначити їх за наведеною схемою визначення класів і підкласів якості води у поверхневих та підземних водних об'єктах – джерелах централізованого питного водопостачання.

#### **Оцінка якості води за величиною індексу забрудненості води.**

Держгідрометом рекомендовано до використання методу оцінки якості води за

комплексним показником – індексом забруднення води (ІЗВ). Це один із надійних і об’єктивних методів комплексної оцінки якості води [57].

Розрахунок ІЗВ виконується на основі обмеженої кількості складових. Для кожного з цих показників визначається середнє арифметичне значення результатів хімічних аналізів: азот нітритний, азот амонійний, феноли, нафтопродукти, розчинений кисень, біохімічне споживання кисню (БПК<sub>5</sub>). Виявлене середньоарифметичне значення кожного показника порівнюється з їх гранично допустимими концентраціями. У цьому випадку розчиненого кисню значення ГДК ділиться на виявлене середнє значення концентрації розчиненого кисню. Для інших показників це робиться навпаки [57].

ІЗВ розраховується за формулою:

$$ІЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i},$$

де  $C_i$  - середня концентрація одного із шести показників якості води;

$ГДК_i$  - граничне допустима концентрація кожного із 6 показників якості води.

Для розрахунків використовуються значення ГДК (мг/дм<sup>3</sup>): азот амонійний – 0,39; нітритний – 0,02, нафтопродукти – 0,05, феноли – 0,001 та БСК<sub>5</sub> (табл. 1.2) [57].

Таблиця 1.2

**Нормативні значення для БСК<sub>5</sub> [57]**

Споживання кисню (БСК <sub>5</sub> ), мг/дм <sup>3</sup>	Норматив, мг/дм <sup>3</sup>
$\geq 3$	3
$3 \geq 15$	2
$\geq 15$	1

Величина ГДК для розчиненого кисню визначається за табл. 1.3.



**Нормативні значення розчиненого кисню [57]**

Середній вміст розчиненого кисню ( $C_i$ ), мг/дм <sup>3</sup>	Норматив, (ГДК), мг/дм <sup>3</sup>
$>6$	6
$6 > C_i > 5$	12
$5 > C_i > 4$	20
$4 > C_i > 3$	30
$3 > C_i > 2$	40
$2 > C_i > 1$	50
$1 > C_i > 0$	60

За значеннями розрахованих ІЗВ виконується оцінка якості води. При цьому виділяються такі класи якості води:

- I - дуже чиста ( $ІЗВ \leq 0,3$ );
- II - чиста ( $0,3 < ІЗВ < 1$ );
- III – помірно забруднена ( $1 < ІЗВ < 2,5$ );
- IV - забруднена ( $2,5 < ІЗВ < 4$ );
- V - брудна ( $4 < ІЗВ < 6$ );
- VI - дуже брудна ( $6 < ІЗВ < 10$ );
- VII - надзвичайно брудна ( $ІЗВ > 10$ ) [57].

До першого класу належать води, на які найменше впливає антропогенне навантаження. Значення їх гідрохімічних і гідробіологічних показників близькі до природних значень певного регіону.

До другого класу належать води, які характеризуються певними змінами порівняно з природними водами, але ці зміни не порушують екологічну рівновагу.

Води третього класу характеризуються тим, що перебувають під значним антропогенним впливом, рівень якого наближається до межі стійкості екосистеми.

Води IV – VII класів – води з порушеними екологічними параметрами, їх екологічний стан оцінюється як екологічний регрес [57].

## **2. Просторово-числова динаміка якості води ділянки р. Прут в межах м. Чернівці**

### **2.1. Просторово-часова динаміка якості води в 1970-2009 роках**

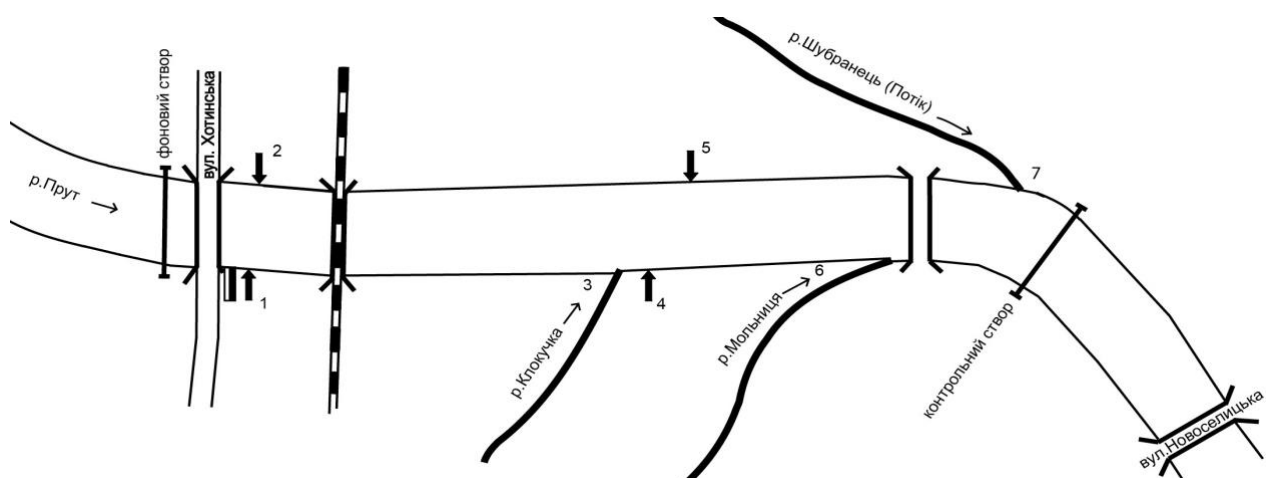
За умовами формування забрудненості води р. Прут на досліджуваній території можливо виокремити так звані два основні цикли: від створення першої каналізаційної мережі міста до введення в експлуатацію очисних споруд , а саме (1970) та період , який триває зараз. [45].

У правобережній частині міста в 1896-1936 роках була створена каналізаційна мережа загальносплавного типу, стоки з якої без очищення скидалися в річку Прут. Загальне уявлення про забруднення води на кінець першого з виділених періодів (1962–1969 рр.) можна було отримати, проаналізувавши інформацію про водогосподарське навантаження та хімічний склад води. Тоді річний обсяг скидів стічних вод міста (за даними «Чернівціводоканалу») становив 19,1 млн. м<sup>3</sup>, з них 11 млн. м<sup>3</sup> скидалось системою загальної каналізації правобережної частини міста, 8,1 млн. м<sup>3</sup> - за даними промислових підприємств. У структурі обсягу скинутих вод 42% становили господарсько-побутові стічні води, 58% промислові стічні води. Джерелами скидання промислових стічних вод були 38 промислових підприємств (Сімнадцять - у правобережній, Двадцять один - у лівобережній частинах міста). Лише чотири з них мали локальні очисні споруди (спиртзавод, цукровий завод, дріжджовий завод, шкірзавод). Більшість підприємств скидали стічні води в малі річки міста (Клокучка, Молниця, Шубранець (Потік)) і лише деякі з них мали власний скид у річку Прут (табл. 2.1).

Джерела забрудненості води річки Прут в районі міста Чернівці до 1970 р. [45]

№ скиду	Відстань від гідрологічного поста, км, берег	Підприємство, яке скидає стічні води
1	0,2, правий	деревообробний комбінат, пивзавод
2	0,3, лівий	дріжджзавод
3	1,3, правий	
4	1,5, правий	каналізація правобережної частини міста
5	1,6, лівий	спиртзавод, цукровий завод
6	2,8, правий	
7	4,5, лівий	

Місцезнаходження джерел забруднення зображено на рис. 2.1.



**Рис. 2.1. Джерела забруднення р. Прут до 1970 р. █ -гідрологічний пост.**

Оцінку забруднення вод р. Прут у перший період за результатами гідрохімічних спостережень гідрометеорологічної служби (розпочато в 1946 році у районі міста Чернівці) не вдалося провести, тому що відбиралися лише проби води на хімічний аналіз на даній ділянці річки (у 1965–1969 рр. - на перерізі водомірної станції на 0,9 ширини річки від лівого берега).

Найперша спроба оцінити забруднення вод р. Прут Чернівецької області була здійснена в 1962 році, під час якої досліджували вплив стічних вод міста на зміну гідробіологічного режиму річки. В результаті досліджень отримали, що в зоні впливу стічних вод температура води в р. Прут підвищилася на 0,5–3,5 °С, вміст розчиненого кисню знизився в 1,5–2,0 рази, а вміст органічної речовини та мінералізація значно збільшився. Протяжність зони впливу міських стічних вод становить 30–45 км. З яких виділяють дві підзони: серйозного, протяжністю 7 км (від гирла р. Клокучка до автодорожнього мосту по вул. Новоселицького), та помірного забруднення та відновлення якості води, протяжністю 30-40 км до м. Новоселиця. Довжина виділених зон не була постійною і змінювалася залежно від водності річки та обсягу скинутих стічних вод. У деякі маловодні періоди (вересень 1960 р.) під час інтенсивного скидання неочищених стічних вод з міста зона сильного забруднення води простягалася на 45 км нижче до с. Тарасівці [19].

Деяку цінність мають дані спостережень міськсанепідемстанції, які були проведені в 1968 р. Місця спостережень розташовувалися таким чином: фоновий - 0,3 км вище водомірної станції, контрольний – на 5,0 км нижче від неї, проби стічних вод відібрані зі скидів та гирл малих річок.

Найбільш забруднені стічні води скидаються з випусків 2–5 (рис. 4.1), які характеризуються підвищеним вмістом органічних речовин (ХСК до 150 мгО/дм<sup>3</sup>), хлоридів та сульфатів. Найбільший обсяг стічних вод (за середньорічної витрати 0,35 м<sup>3</sup>/с) скидається каналізаційною мережею правобережної частини міста (скид 4), який характеризується високим вмістом органічних речовин, сульфатів, хлоридів (до 100

мг/дм<sup>3</sup>), залізо заліза. Малі річки, принаймні на менш забруднених ділянках, слугували відкритими колекторами міських стічних вод, їхні стокові води були сильно забруднювались органічними речовинами, внаслідок чого вміст розчиненого кисню знизився до 2, 7–2,5 мг/дм<sup>3</sup> і в гирлі р. Потік досягав в середньому 4,0 мг/дм<sup>3</sup>.

Досить компактне розташування джерел забруднення та скидання великого об'єму забруднених стічних вод на території протяжністю 4,5 км спричинило забруднення р. Прут, а саме через це мінералізація води у контрольному об'єкті перевищувала фонове значення залежно від витрати води в 1,2–1,6 рази, і це призводило до змін її хімічного складу в окремі періоди. Гідрокарбонатно-кальцієві води II типу з мінералізацією 0,2–0,4 г/дм<sup>3</sup> за рахунок надходження додаткової кількості розчинених речовин, особливо сульфатів, таким чином трансформувалися в сульфатно-кальцієві води II типу з мінералізацією 0,4 – 0,5 г/дм<sup>3</sup> ( $S^{ca}_{II 0,3} \rightarrow S^{ca}_{II 0,5}$ ). Концентрація хлоридів зроста майже втричі. Зміни хімічного складу води були значними, але не катастрофічними, чого не можна сказати про забруднення води органічними речовинами. В результаті скидів ХСК у воді контрольного створу в окремі періоди зростала до 25–36 мгО/дм<sup>3</sup>, але знижувався вміст розчиненого кисню до 2,5–3,0 мг/дм<sup>3</sup>. Також температура стічних вод, а саме промислових, зазвичай була вищою за річкову. Таким чином, температура стічних, яка надходила зі створів цукрового заводу в деякі періоди перевищувала температуру 40°C. Унаслідок цього явища температура води р. Прут на території досліджень підвищилася в середньому на 2,0°C, що стало ще однією причиною зниження концентрації розчиненого кисню. Також на досліджуваній ділянці р. Прут спостерігалось інтенсивне забруднення води нафтопродуктами, які у значних обсягах скидалися джерелами 1 (у вигляді плівки) та 5 (у вигляді плям і суцільного шару). Нафтопродукти, які рухалися вниз за течією та осідали на дно, забруднили ділянку річки довжиною 25-30 км (сильне забруднення русла та заплави р. Прут відзначено також у м. Новоселиця).

Візуальна картина забруднення води річки Прут у місті Чернівці була така: вода була відносно чистою лише на ділянці над автомобільним мостом. Саме там знаходився основний русловий забір водопроводу міста. Від автодорожнього мосту

до гирла річки Клокучка вода була помірно забруднена, особливо по берегах, оскільки стічні води не змішувалися з основним потоком річки. Під вплив стічних вод потрапив міський пляж. Нижче гирла р. Клокучки та скиду каналізаційних стоків вздовж правого берегу утворилися скиди цукрових і спиртового заводів – ліві береги, сильно забруднені по берегах стічних вод, які простежувалися до другого існуючого автомобільного мосту того часу (вул. Новоселицька, нині – вул. Московська Олімпіада), де була ділянка повного змішування річкових і стічних вод. Нижче місця повного перемішування утворилася зона забруднення протяжністю 10–15 км. У перший період високий рівень забруднення річки Прут у місті Чернівці практично унеможлилював використання цієї ділянки річки як джерела води та об'єкта водного відпочинку.

Доповнення міської каналізаційної системи очисними спорудами можна було здійснити лише після внесення кількох суттєвих змін. Основна проблема полягала в тому, що комплекс ОС вирішили будувати на лівому березі річки Прут в районі с. Магала, яке було на відстані 7,0 км від існуючого випуску стічних вод. Місце розташування очисних споруд було обрано у зв'язку з відсутністю місця для їх будівництва на місці існуючих водовипусків та необхідністю розташування основного випуску міських стічних вод нижче за течією. Відведення стічних вод до ОС могло здійснюватися тільки в напірному режимі, для цього на лівому березі р. Прут була побудована головна каналізаційна насосна станція (ГКНС), в яку через русло річки Прут потрапляли стічні води з правого берега міста. Значних змін зазнала також система каналізації лівобережної частини міста, особливо його промислової зони. Більшість скидів промислових підприємств підключені до колектора каналізації міста, побудованої РКНС для забезпечення ГКНС стічними водами, оскільки рельєф цієї території, яка розташована на низьких терасах річки Прут, не передбачити гравітаційну дренажну систему.

В результаті впровадження інженерних заходів санітарно-екологічний стан ділянки річки Прут у місті Чернівці значно покращився, оскільки основна частина об'єму стічних вод почала відводитися на очисні споруди. Також суттєво змінилося

розташування основних випусків стічних вод, що визначило подальші умови для створення зони забруднення води р. Прут у межах міста протягом другого виділеного періоду (рис. 4.2). Практично припинився скид стічних вод випусками 1, 2, 4, 5, деякі (4, 5) залишилися аварійними. У цьому районі стічні води надходили в річку Прут з течією малих річок, особливо річок Клокучка та Молниця. Більшість міських стічних вод скидається очисними спорудами каналізації (скид 7).

Головним у дослідженнях, розпочатих у 1989-1990 рр., було створення мережі додаткових об'єктів для контролю забруднення вод р. Прут. Контрольні створи розташовувалися наступним чином: фоновий (1) 1,0 км над автомобільним мостом, контрольні: в районі міського пляжу (2), а саме місця впадіння малих річок, в зоні ретельного перемішування вод їх стоку з водами р. Прут (3), вище та нижче місця випуску очисних споруд (4, 5). Забруднення води малих річок контролювали в їх гирлах (діл. 6–8, рис. 4.2).

Відповідно до схеми стоку забруднюючих речовин і розрахункових значень загального показника забруднення води ( $Z_v$ ) (табл. 2.2), характер просторових змін забруднення р. Прут в межах м. Чернівці в 1989 р. –1990 р. встановлено (рис. 2.2). Найменше забруднена річкова вода на ділянці від населеного пункту с. Біла до р. Клокучка, оцінюючи її як умовно чисту. У нижній частині ділянки (між автодорожнім мостом та міським пляжем) за низького рівня води спостерігалось її незначне погіршення внаслідок надходження забруднюючих речовин від аварійних скидів промислових підприємств. Нижче впадіння р. Клокучка. спостерігалось підвищення забруднення води на досліджуваній ділянці р. Прут. Забруднений стік із цієї річки, в яку під час дослідження було скинуто понад 10 тис. м<sup>3</sup> щодоби неочищених стічних вод, утворив поздовжню течію, яка за низьких рівнів води чітко прямувала до гирла р. Мольниця.



Забрудненість вод річки Прут і малих річок міста Чернівці у 1989–1990 рр. [45, 46]

Річка	Контрольний створ	Середнє значення показника забрудненості води (Zв)
р. Прут	1	0,31
	2	0,33
	3	1,11
	4	0,37
	5	2,20
р. Клокучка	6	6,93
р. Мольниця	7	12,7
р. Шубранець (Потік)	8	3,85

Води цієї річки дуже забруднювалися неочищеними стічними водами, що надходили з аварійних випусків міської каналізації (добовий об'єм стічних вод становив 17,5 тис. м<sup>3</sup>). Механізм розповсюдження забруднених вод р. Прут нижче гирла р. Мольниця був достатньо складним та визначався характером розподілу швидкостей та глибин води. Внаслідок деформацій русла частина водотоку через р. Прут з максимальними швидкостями течії змістилася на лівий берег. Уздовж правого берега, нижче гирла р. Мольниці в р. Прут, було кілька бічних стінок, які відокремлювали русла з повільним водообміном від основного русла. За таких обставин забруднені води р. Мольниця утворювали чітко диференційовану прибережну течію, яка повільно циркулювала русловою системою та змішувалася

з основною течією р. Прут за 1,0–1,2 км нижче автомобільного мосту (вул. Калинівська). Вода річки Прут не була суттєво забруднена в районі нижче впадіння річки Шубранець (Потік), на той час найменш забрудненої річки в місті. Внаслідок значного забруднення річок Клокучка та Мольниця при малих затратах води (0,2–1,5 м<sup>3</sup>/с) винос розчинених речовин з їх витоком у р. Прут був значним.

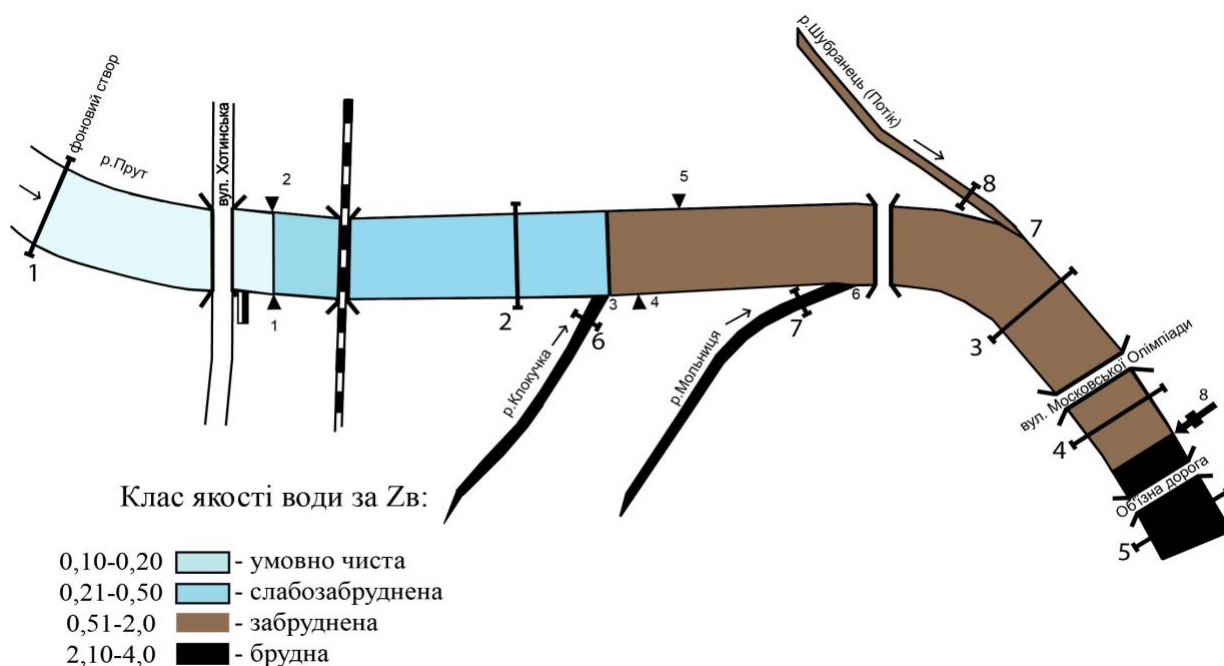


Рис. 2.2. Забрудненість води р. Прут у районі м. Чернівці (1989–1990 рр.) [45, 46]

При змішуванні їх вод зі стоком основної річки відбулося достатнє погіршення якості води: індекс забруднення в зоні повного змішування був у 3,6 рази вищий, ніж у фоновій зоні, вода характеризувалася як забруднена. Внаслідок процесів розбавлення та самоочищення (умови, які можна оцінити як добрі на досліджуваній території [45]), якість води нижче рівня повного перемішування поступово покращувалася, майже досягаючи показників, характерних для фоновій території на четвертий контрольний рівень. Середній показник забруднення води у створі 4, таким чином, склав у 0,36 проти 0,30 у створі 1. Зазначена особливість просторової диференціації зони забруднення, яка визначала можливість забору води з р. Прут у частині мосту по вул. Московської Олімпіади для подачі у джерела інфільтрації

водозабору «Магала». Ділянка умовно чистої води простягалася до скиду очисних споруд, під якою утворилася зона забруднення, вода якої в середньому в 7,4 рази брудніша, ніж на фоновій ділянці.

Забруднення води значною мірою визначалося водністю (рис. 2.3). Найбільші значення індексу забруднення відповідали мінімальним витратам води (близько 15 м<sup>3</sup>/с), а зі зростанням вони значно зменшувалися. Залежність ступеню забруднення води від споживання була більш вираженою на забруднених (створи 3, 5), ніж на помірно забруднених і фонових ділянках водотоку (створи 1, 2, 4). Для води на ділянках 3 і 5 спостерігалася значне зниження індексу забруднення (в 1,5 рази) при збільшенні витрати від 15 до 18 м<sup>3</sup>/с, повільне зниження при більш високих значеннях (у 2 рази при швидкості потоку зросла з 25 до 65 м<sup>3</sup>/с). На ділянках 1, 2, 4 різниця в ступенях забруднення води спостерігалася лише в діапазоні витрат 15–25 м<sup>3</sup>/с, а при більших значеннях вона вирівнювалася.

У 1991–2009 роки загальні риси просторової диференціації зони забруднення води зовсім не змінилися, але на досліджуваній території спостерігалася тенденція до її зменшення. У цей час результати спостережень демонструють те, що якість води у фонових створах (1, 2, 4) не зазнає суттєвих змін, а в створах 3, 5 дещо покращилася, про що свідчить розташування відповідних точок на графіку залежності показника забруднення води від витрат (рис. 2.3).

Поясненням такої тенденції можливе зменшення виносу речовин, що забруднюють зі стоком річок Клокучка та Мольниця із-за ліквідації частини стічних вод. Також значно зменшено скиди забруднюючих речовин зі скидами міських очисних споруд.

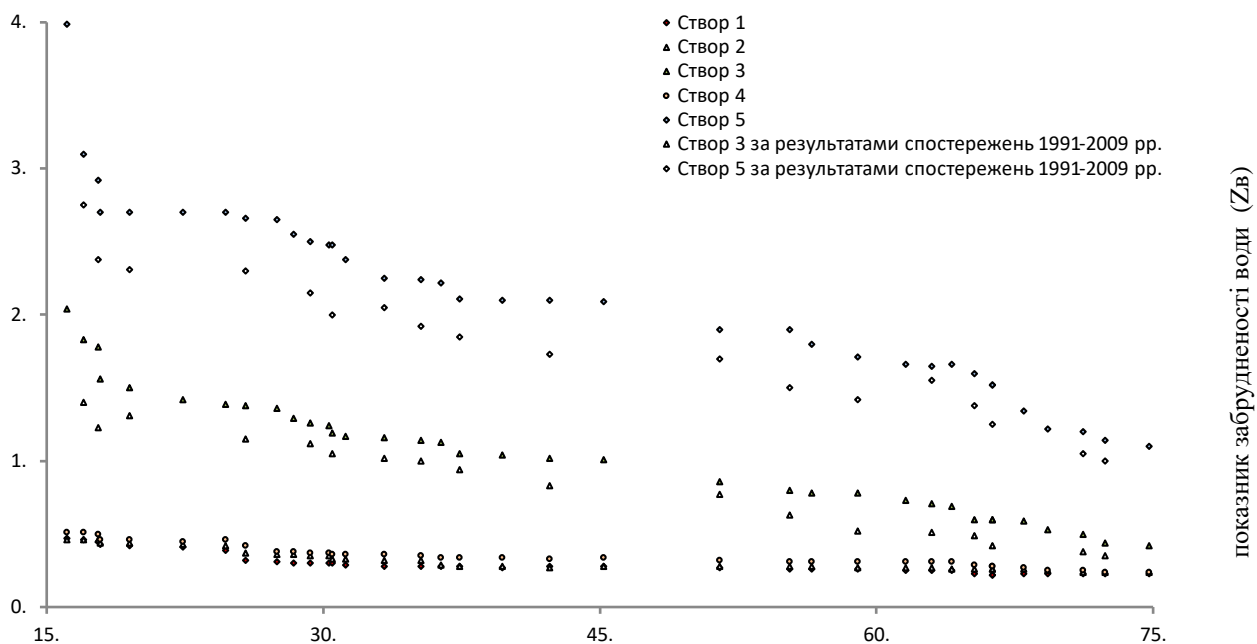


Рис. 2.3. Залежність забрудненості води річки Прут від витрати води, м<sup>3</sup>/с урах від водності (місто Чернівці, 1989–2009 рр.). [45, 46]

Метою наступного етапу досліджень, який охоплював період 2010-2018 роки, був додатковий аналіз та уточнення тенденцій змін якості води річки Прут в межах м. Чернівці.

## 2.2. Просторово-часова динаміка якості води в 2010-2018 роках

Якість води оцінювали в 5 створах: річка Прут – село Біла, річка Прут - село Магала – міст, річка Прут - міст Калинівський, річка Прут - міський пляж, річка Прут - село Магала, кар'єр.

Перелік речовин, які використовуються для розрахунку індексу забруднення води, включає консервативні та неконсервативні речовини. До консервативних речовин відносять: Fe, Cl, SO<sub>4</sub>, мінералізація, їх величина залежить від споживання. До неконсервативних відносять: NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, БСК та O<sub>2</sub>, їх значення залежить не тільки від споживання води, а й від інших факторів, головним чином температури води.

Зв'язок між мінералізацією та споживанням показаний на рис. 2.4. Він є параболічним. В межах витрати до 50 м<sup>3</sup>/с мінералізація досить швидко зменшується, а від 50 м<sup>3</sup>/с і більше повільно. Це означає, що зі збільшенням

вмісту води мінералізація зменшується. Найбільша мінералізація спостерігається у створі р. Прут - с. Магала, кар'єр. На інших створах мінералізація є майже однаковою, коливається від 0,3 до 0,34 мг/дм<sup>3</sup>.

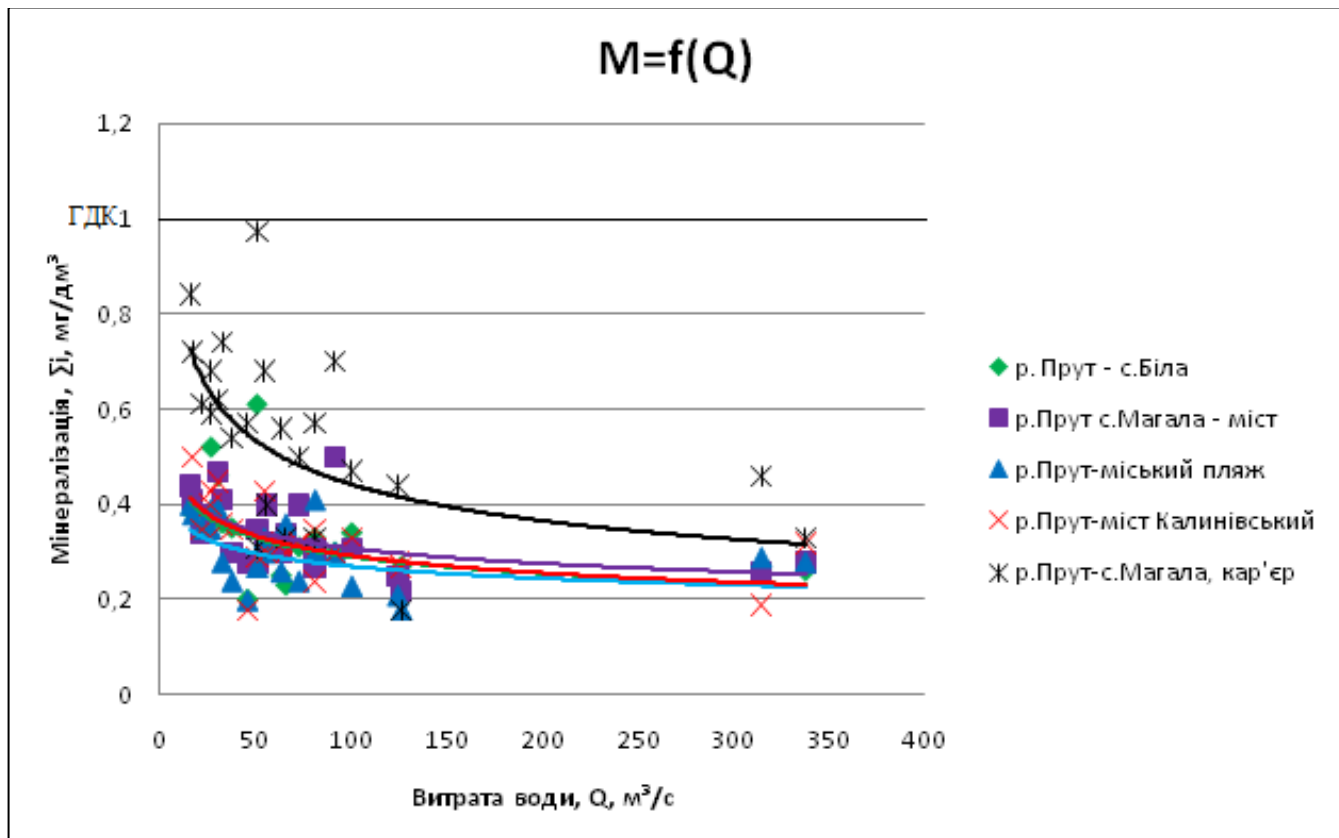


Рис. 2.4. Залежність мінералізації від витрати води р. Прут протягом 2010-2018рр. [35, 45]

Ще одним показником є вміст розчиненого кисню, на концентрацію якого кисню впливає температура. Залежність між вмістом розчиненого кисню і температурою показано на рис. 2.5. Він також параболічний. Зі зниженням температури середня концентрація кисню зростає. І це правда, до 5°C вміст кисню вищий, ніж при вищих температурах. Найбільша концентрація кисню спостерігається в створі р. Прут – с. Білий означає, що вода тут чистіша. Найменший вміст кисню спостерігається в створі річка Прут – село Магала, кар'єр та середнє значення 8,3 мгО/дм<sup>3</sup>, що свідчить про наявність у воді високих концентрацій забруднюючих речовин, які надходять зі стічними водами.

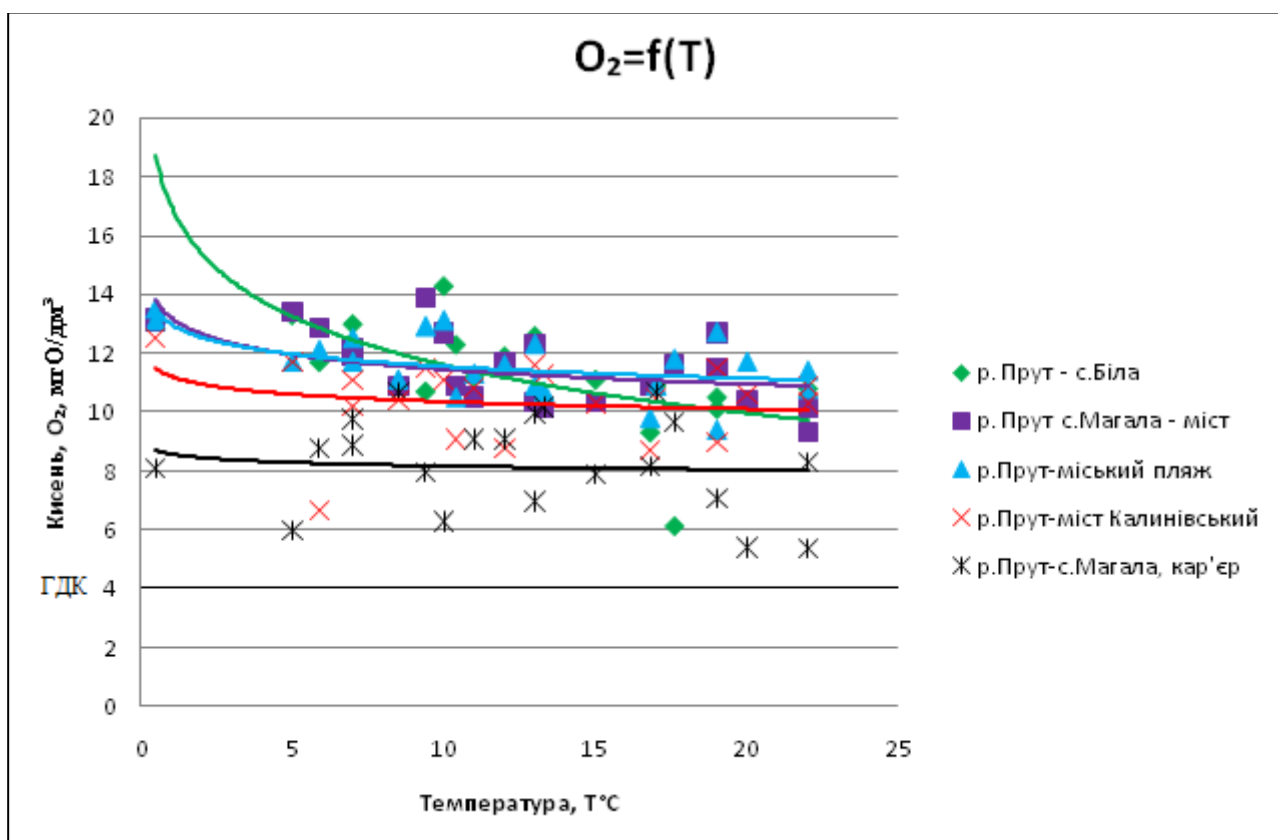


Рис. 2.5. Залежність вмісту розчиненого кисню від температури води річки Прут у 2010-2018 роках [35, 45]

Залежність між значенням БСК і споживанням показано на рис. 2.6. Найнижчий вміст БСК спостерігається в створі р. Прут – с. Біла, значення БСК становить лише 3,6 мг/дм<sup>3</sup>. Найбільше БСК в створі р. Прут - с. Магала, кар'єр, середнє значення 49,9 мг/дм<sup>3</sup>, вода сильно забруднена. У межах витрат до 40 м<sup>3</sup>/с у створі індекс БСК знижується швидко, а від 40 м<sup>3</sup>/с і більше повільніше. Це означає, що зі збільшенням вмісту води вміст БСК зменшується. Значення БСК у створі р. Прут – Калинівський міст також відносно високе, середнє значення становить 14,14 мг/дм<sup>3</sup>. За іншими даними, БСК невисокий і коливається від 4,4 до 4,5 мг/дм<sup>3</sup>, що свідчить про помірну чистоту води тут.

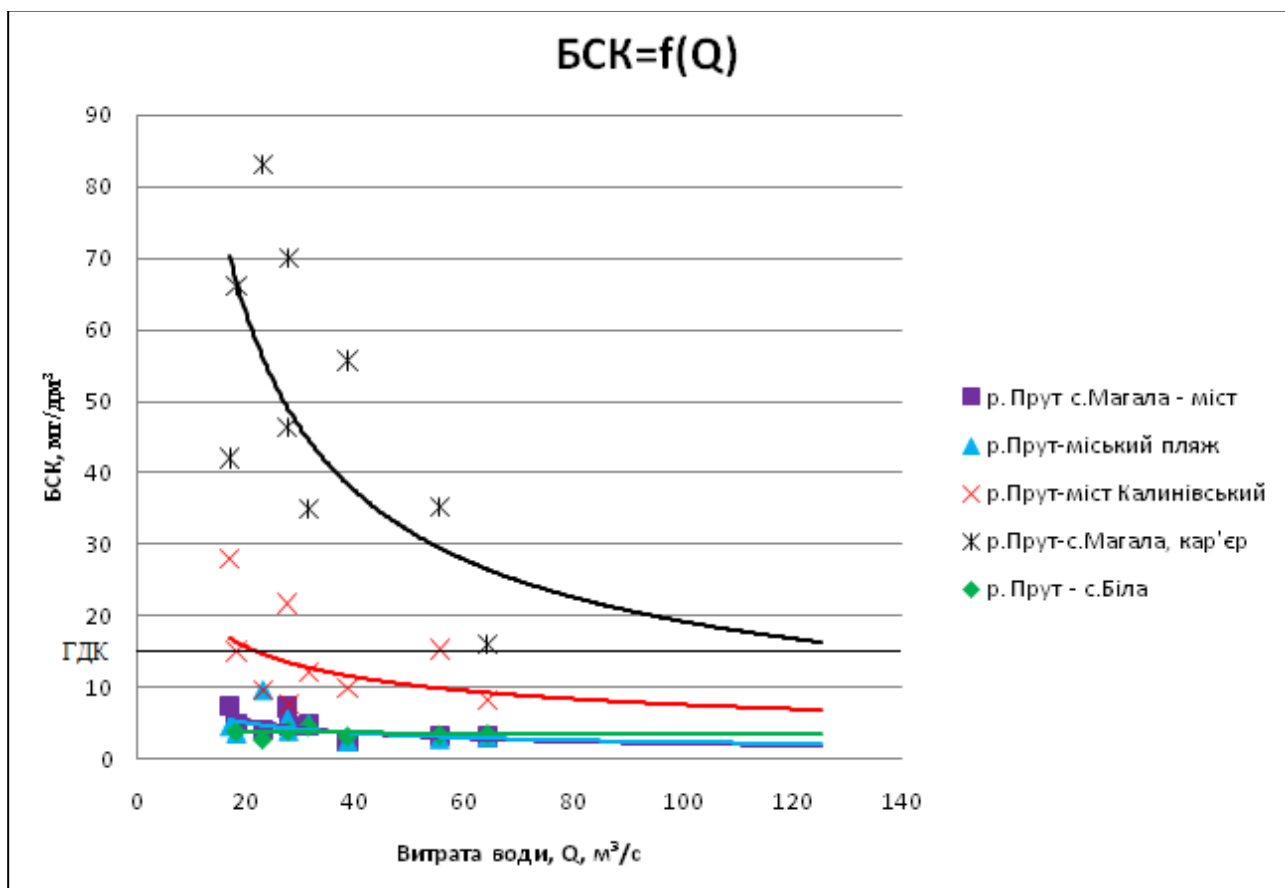


Рис. 2.6. Залежність величини БСК від витрати р. Прут протягом 2010-2018рр. [35, 45]

Залежність між концентрацією іонів амонію та витратою показано на рис. 2.7. В діапазоні витрат до 50 м<sup>3</sup>/с вміст амонію знижується швидко, а від 50 м<sup>3</sup>/с та більше – повільно, особливо це помітно в створі р. Прут – с.Магала, кар'єрі, концентрація іонів амонію тут найвища, середнє значення становить 2,4 мг/дм<sup>3</sup>. Відносно висока концентрація також спостерігається в створі річки Прут – Калинівський міст, середнє значення становить 1,3 мг/дм<sup>3</sup>. В інших створах вміст іонів амонію невеликий, коливається від 0,24 до 0,7 мг/дм<sup>3</sup>.

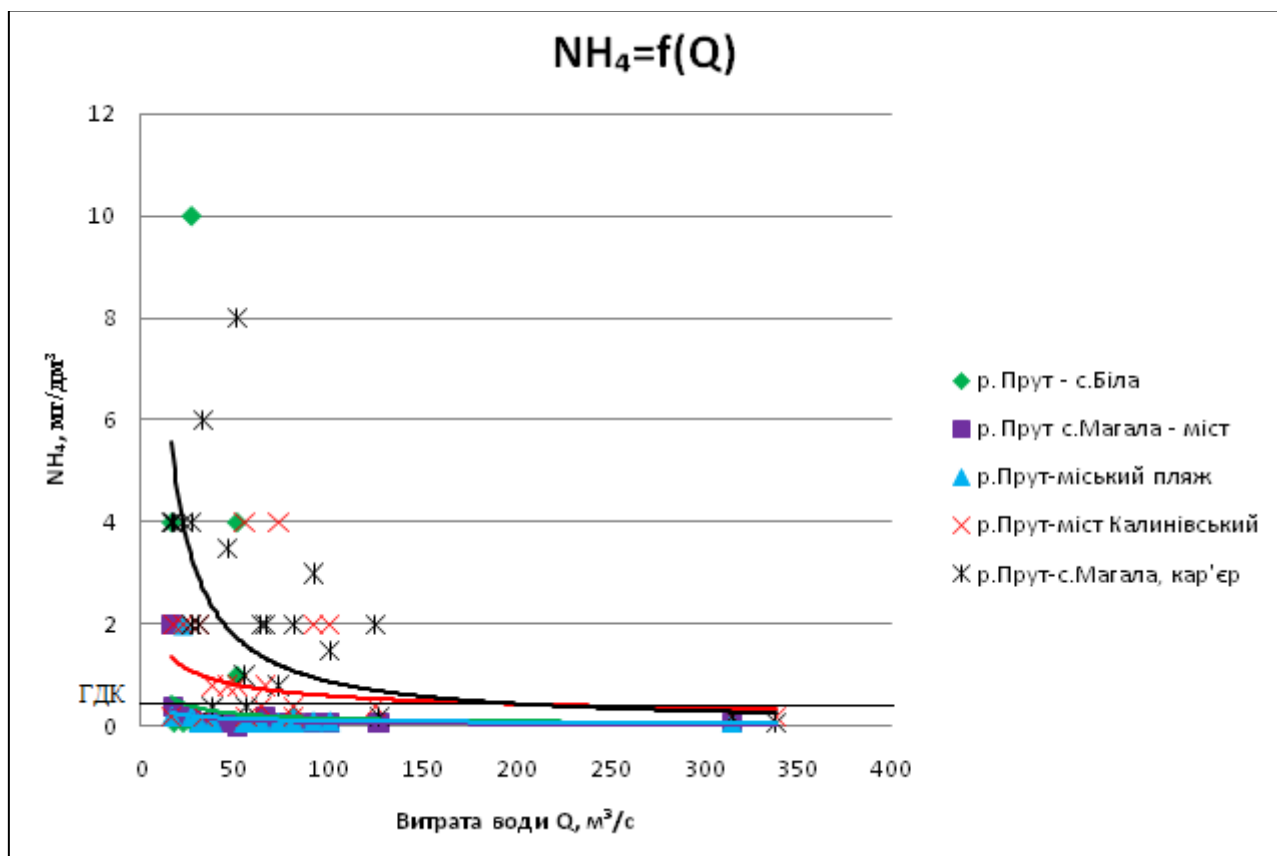


Рис. 2.7. Залежність вмісту  $\text{NH}_4$  від витрати води р. Прут протягом 2010-2018рр. [35, 45]

Зв'язок між концентрацією нітритів та споживанням показано на рис. 2.8. Найбільша концентрація знаходиться у створі річка Прут - скло Магала, кар'єр, із середнім значенням  $0,24 \text{ мг/дм}^3$ . Вміст у створі р.Прут – міст Калинівський також відносно високий, середнє значення становить  $0,12 \text{ мг/дм}^3$  і це у шість разів перевищує гранично-допустиму концентрацію. У деяких створах концентрація нітритів недостатньо велика, але також перевищує ГДК.



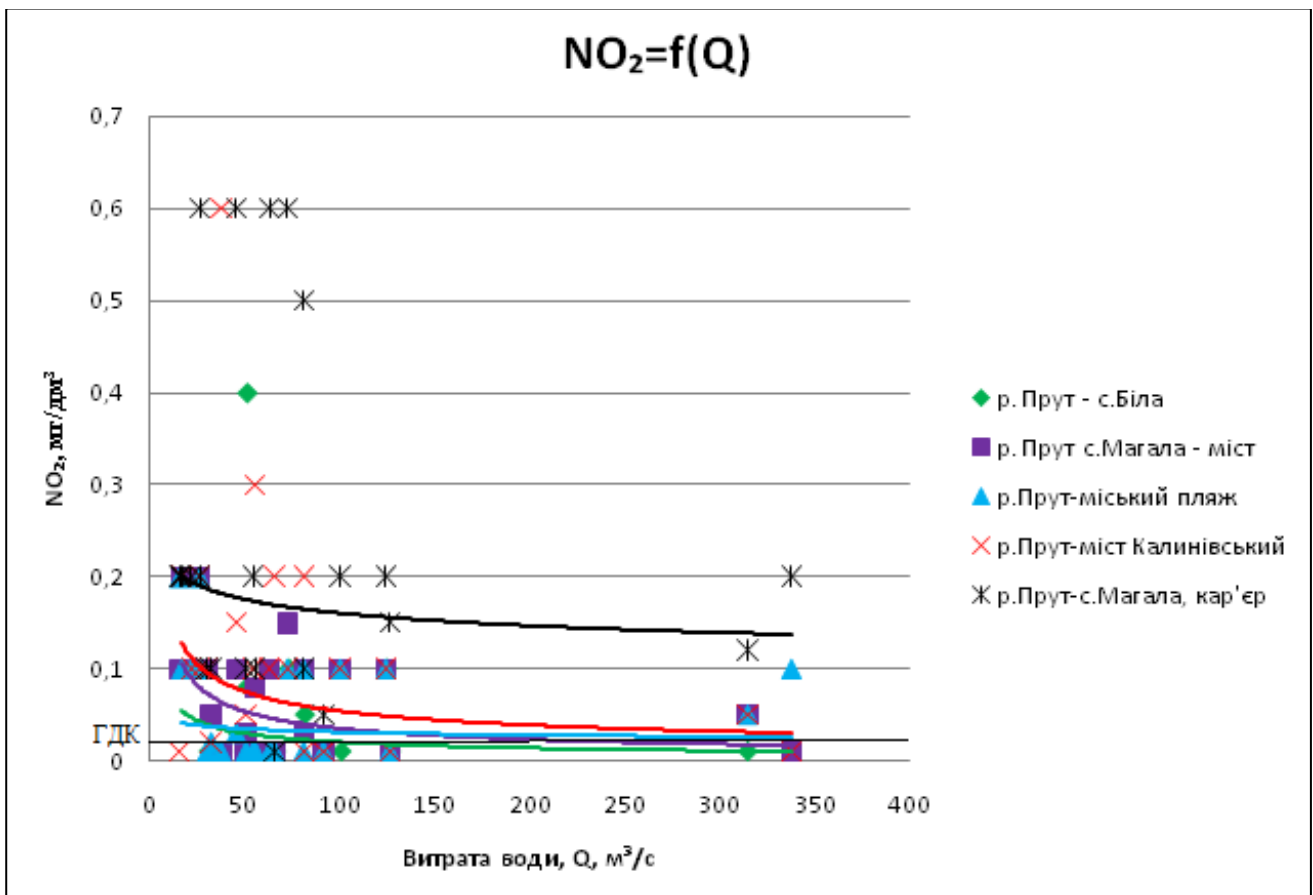


Рис. 2.8. Залежність вмісту  $\text{NO}_2$  від витрати води річки Прут. [35, 45]

Зв'язок між вмістом хлоридів та витратою зображено на рис.2.9. У діапазоні витрати до  $50 \text{ м}^3/\text{с}$  концентрація іонів хлору знижується швидко, а від  $50 \text{ м}^3/\text{с}$  і більше - повільно, зі збільшенням витрати концентрація іонів хлору у воді зменшується. Найбільша концентрація знаходиться у створі р. Прут - с. Магала, кар'єр, середнє значення  $114 \text{ мг}/\text{дм}^3$ . В інших створах концентрація іонів хлору невисока, коливається в межах від  $33,7$  до  $51,3 \text{ мг}/\text{дм}^3$ .

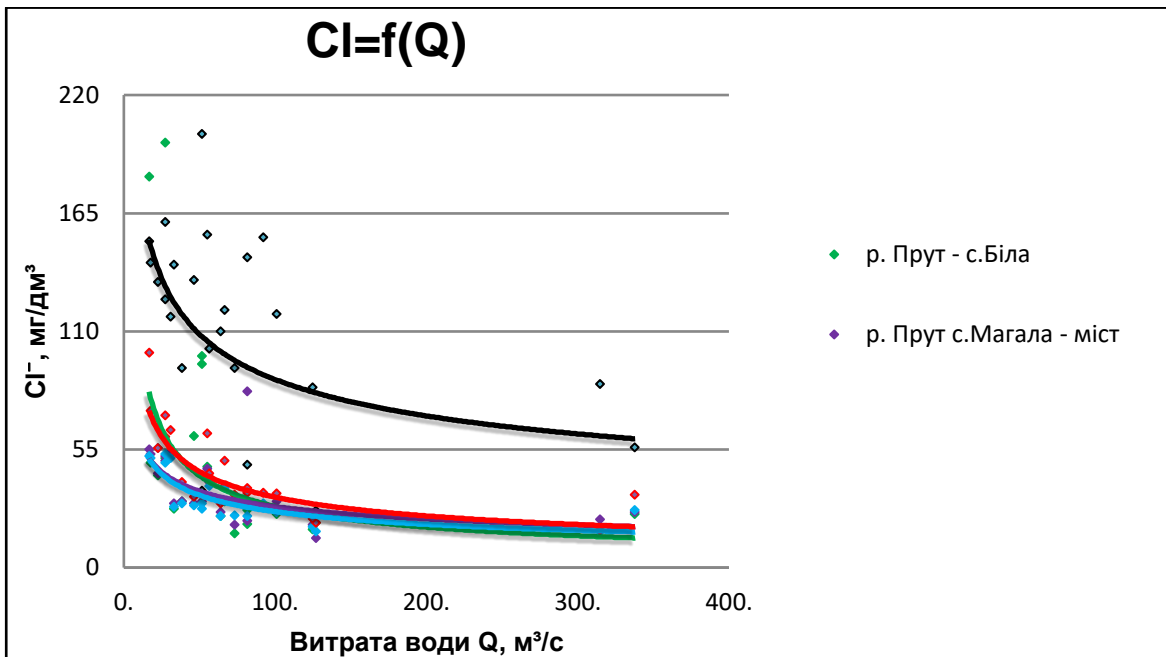


Рис. 2.9. Залежність вмісту  $Cl^-$  від витрати води річки Прут. [35, 45]

Зв'язок між концентрацією сульфатів та витратою показано на рис.2.10. Найвищий уміст сульфатів бачимо у створі річки Прут - село Магала, кар'єр, середнє значення  $100,6 \text{ мг/дм}^3$ . В інших створах концентрація сульфатів не перевищує гранично-допустиму норму, яка коливається від  $64,5$  до  $84,4 \text{ мг/дм}^3$ .

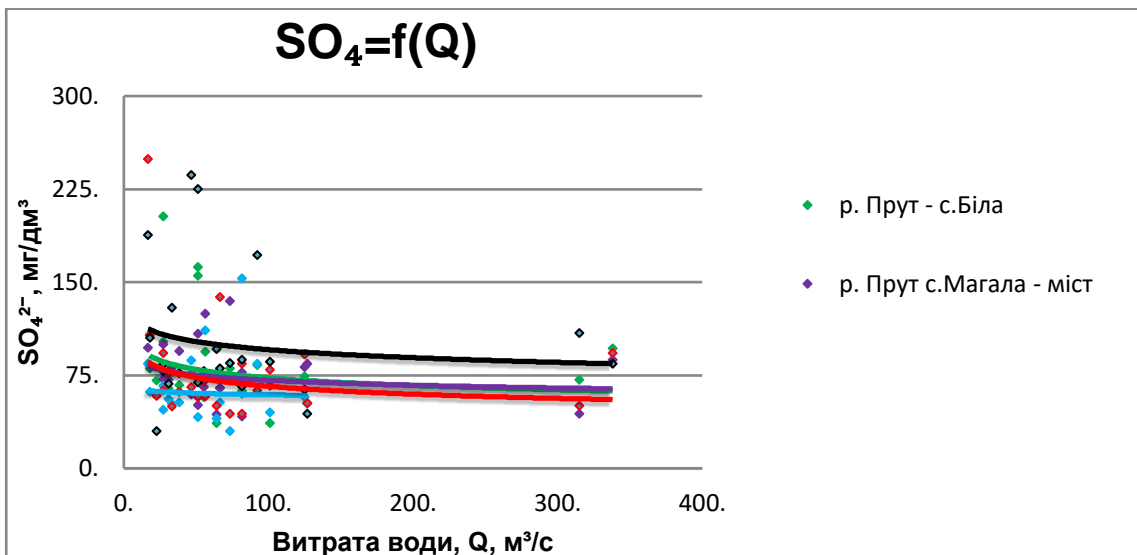


Рис. 2.10. Залежність  $SO_4$  від витрати води р. Прут. [35, 45]

Зв'язок між загальним вмістом заліза ( $Fe^{2+} + Fe^{3+}$ ) і витратою зображено на рис. 2.11. Найвищий вміст заліза бачимо у створі річки Прут - с Магала, кар'єр, середнє значення  $0,6 \text{ мг/дм}^3$  і це у шість разів перевищує гранично-допустиму концентрацію.

Вміст заліза у інших створах знаходиться в діапазоні норми та коливається в межах від 0,1 до 0,27 мг/дм<sup>3</sup>.

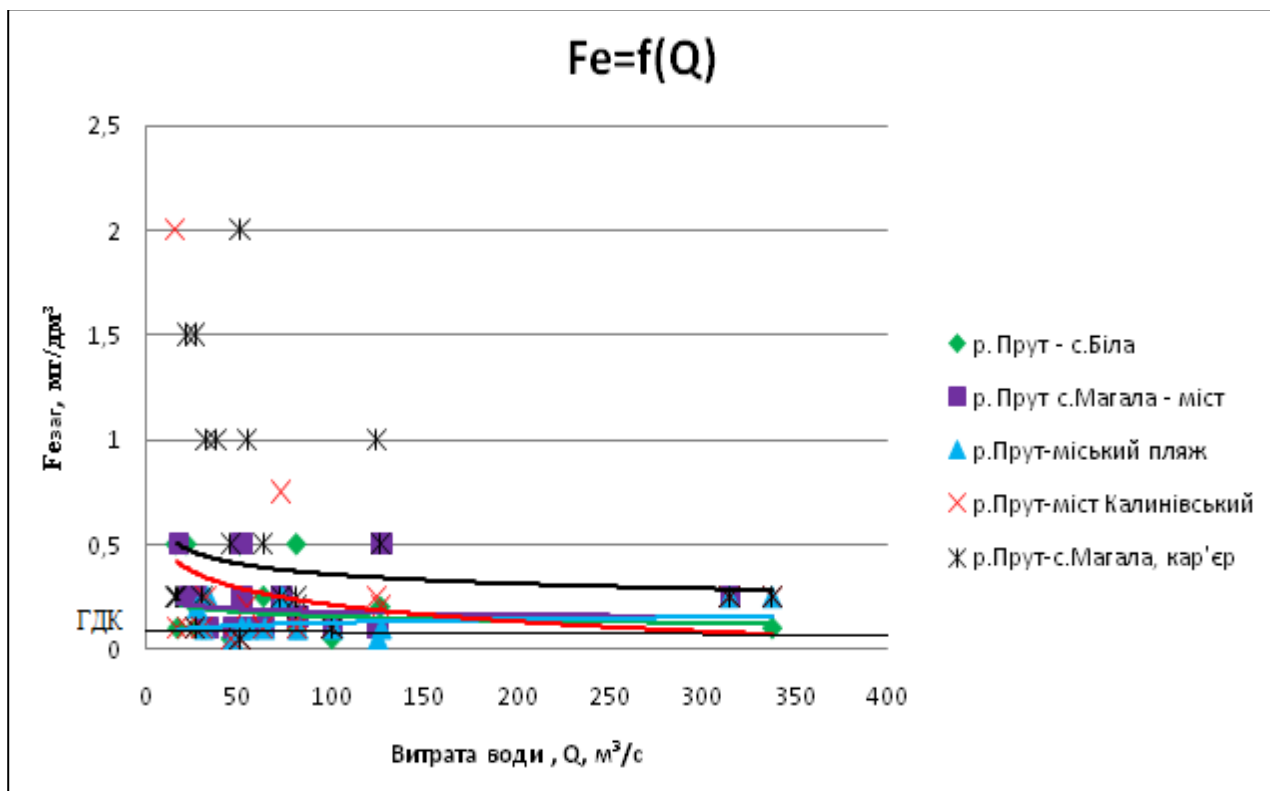


Рис. 2.11. Залежність вмісту Fe від витрати води р. Прут. [35, 45]

Отримані значення ІЗВ залежать від водності р. Прут (рис. 2.12). Найбруднішою виявилася вода в с.Магала, кар'єр, тому що він розташований нижче скидів очисних споруд, з яких неочищені або недоочищені стоки скидаються в річку. Середній показник ІЗВ становив 4,8. Спостерігається брудна вода V класу якості. При витратах від 60 до 265 м<sup>3</sup>/с спостерігалась вода IV класу якості – забруднена, і витратах понад 265 м<sup>3</sup>/с - вода III класу якості – помірно забруднена. Основними компонентами забруднення води були хлориди, нітрити, БСК та азот амонійний. Менш забрудненою була вода в створі річки Прут – Калинівський міст, середній показник ІЗВ становив 2,2. При витратах до 45 м<sup>3</sup>/с утворювалася вода IV класу якості, з витратами від 45 до 250 м<sup>3</sup>/с - III клас якості. При витратах понад 250 м<sup>3</sup>/с спостерігався II клас якості, тобто чиста вода. У створі р. Прут – с. Магала спостерігалась досить хороша якість води, середній показник ІЗВ становив 1,05. При витратах до 55

м<sup>3</sup>/с спостерігався III клас якості, з витратами від 55 до 230 м<sup>3</sup>/с - II клас якості. При витратах 230 м<sup>3</sup>/с і більше спостерігався перший клас якості води – дуже чиста. В створі р. Прут – міському пляжі середнє значення ІЗВ становило 0,9. За будь-яку ціну дотримано II клас якості - дуже чисто. При всіх витратах спостерігався II клас якості - дуже чиста. Вода у створі р. Прут – с. Біла була найчистішою, середнє значення ІЗВ складало 0,7. При витратах до 50 м<sup>3</sup>/с спостерігався III клас якості, витратах від 50 до 230 м<sup>3</sup>/с - II клас якості, від 230 м<sup>3</sup>/с і більше - I клас якості води. Загалом зі збільшенням водності індекс забруднення води зменшувався.

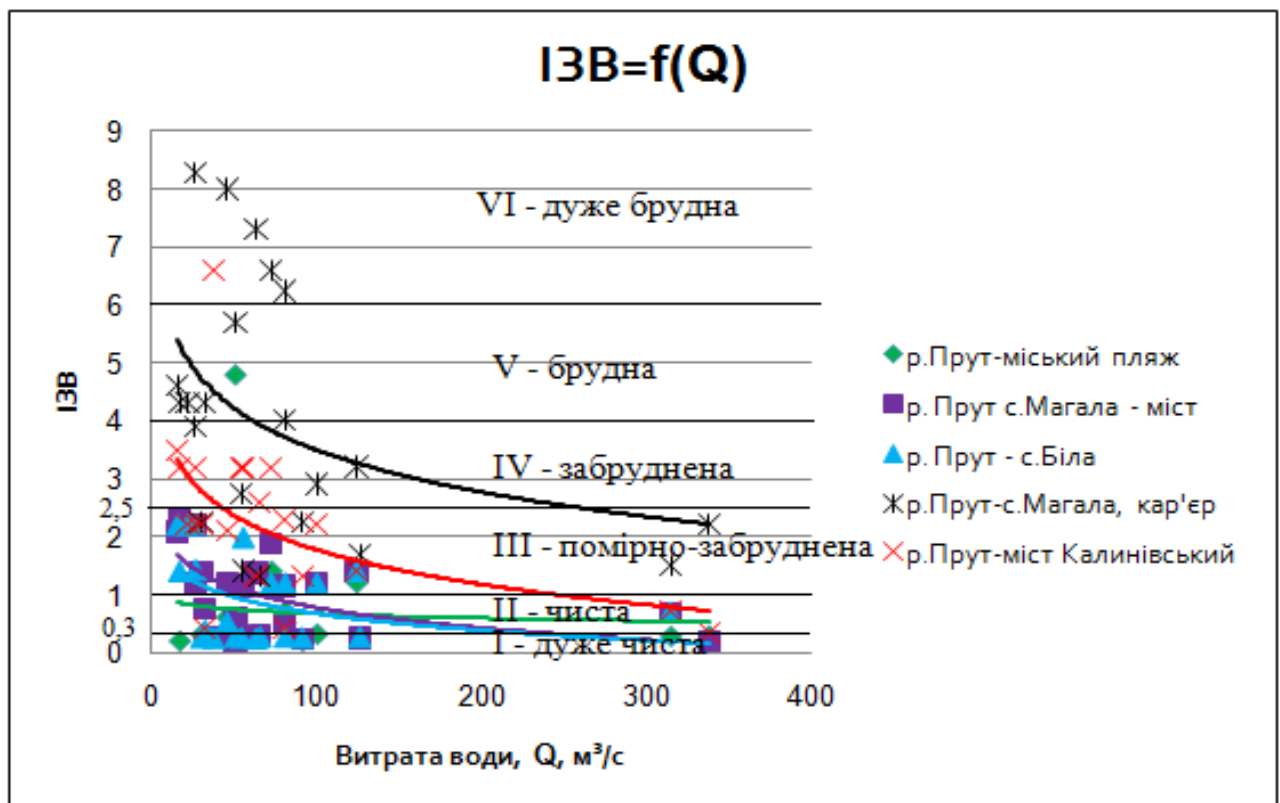


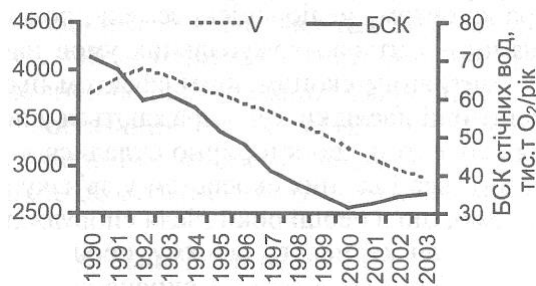
Рис. 2.12. Залежність ІЗВ від витрати води р. Прут. [35, 45]

### 3. Сучасні тенденції змін якості води р. Прут в районі м. Чернівці

#### 3.1. Сучасні тенденції змін якості води в Україні

За ступенем впливу на формування хімічного складу поверхневих водойм, як найбільш вразливих, антропогенні чинники часто порівнюються з природними, а іноді й перевищують їх. Зміни в економічному виробництві, яких зазнали Україна та країни Східної Європи із-за розпаду минулого СРСР, яскраво показали важливість впливу господарської діяльності людини.

Спад виробництва в процесі структурної перебудови економіки нашої країни оцінювався за допомогою такого інтегрального показника, який відображає загальний рівень техногенного впливу на довкілля, як обсяг викидів парникових газів (ПГ). Якщо у 1990 р. викиди парникових газів в Україні були 892 млн т CO<sub>2</sub>-екв, то в 2004 році вони знизилися до 381 млн т CO<sub>2</sub>-екв. За структурою виробництва частина енергетики в основному об'ємі ПГ становила 74-83%, промисловості — 13-25%, сільського господарства — 12-18%. Найменше парникових газів потрапляє в атмосферу завдяки стічним водам, але на відміну від інших джерел, їх частка зростає з 7,9 млн т CO<sub>2</sub>-екв. у 1991 р. до 8,9 млн т CO<sub>2</sub>-екв. у 2004 р. Не дивлячись на це, фізичний об'єм стічних вод у період 1990-2003 рр. значно зменшився. Обсяг стічних вод в Україні досяг максимальних значень у 1992 році і становив трохи більше 4000 млн м<sup>3</sup>. Потім йшло поступове скорочення, і в 2003 році обсяг стічних вод досяг 2872 млн м<sup>3</sup>, тобто порівняно з максимальним значенням він зменшився в 1,4 раза [71]. Паралельно зі зменшенням об'єму стічних вод зменшилася кількість відходів життєдіяльності в їх складі, що можна спостерігати в ході кількості органічних речовин, що надходять зі стічними водами (рис. 3.1). Це пояснюють такі факти. За статистичними даними, в Україні спостерігається стійка тенденція до скорочення споживання білковмісних продуктів. Якщо у 1990 р. цей показник був в середньому 105,3 г білка/особу/добу, то у 2004 році він сягнув лише 76% встановленого значення, тобто 79,7 г білка/особу/добу [71].



**Рис. 3.1. Зміни об'єму скидів стічних вод в Україні та вміст органічних речовин у них (за величиною БСК) у період 1990-2003 років. [71]**

Водночас за цей же період чисельність країни значно скоротилася (на 9%). Перебудова системи господарювання в Україні на початку 1990-х років призвела до економічної кризи, яка вплинула і на стан водних ресурсів. Якщо у 1990 році інтегральний екологічний індекс ( $I_E$ ), визначений за середніми показниками, у діапазоні деяких річкових басейнів був таким: Дунаю (3,26) < річок Криму (3,34) < Дніпра (3,45) < Дністра (3,50) < Південного Бугу (3,63) < Сіверського Дінця (3,86) < Західного Бугу (4,12) < річок Приазов'я (4,18), то у 2006 році значення  $I_E$  знизилися та розподілялись за басейнами таким чином: річок Криму (2,56) < Дністра (2,92) < Дніпра (3,03) < Західного Бугу (3,1) < Сіверського Дінця (3,16) < Південного Бугу (3,25) < Дунаю (3,32) < річок Приазов'я (4,17). [70, 71]

Усунення однієї з важливих причин забруднення поверхневих природних вод, а саме зменшення об'єму стічних вод, що в них надходять, призводить до відновлення їх якості в результаті перебігу природних процесів самоочищення. Але також це свідчить про ефективний шлях реалізації стратегії покращення якості водних ресурсів країни. Подібна стратегія досить успішно реалізується європейською спільнотою у верхній та середній частинах Дунаю. За останнє десятиліття тільки в Угорщині понад 20 міст ввели в експлуатацію очисні споруди, а в 2005 році до очисних споруд підключили останнє місто в Угорщині, яке до того часу їх не мало.

За характером дії на поверхневі води антропогенні чинники поділяють на дві групи.

Отже, до першої відноситься регулювання русел річок і будівництво гідроелектростанцій і водосховищ, будівництво теплових та атомних електростанцій.

Ось ці фактори в першу чергу впливають на перебіг гідрологічних та біологічних процесів, котрі супроводжуються зміною концентрації розчинених речовин, особливо кисню, осіданням органо-мінеральних суспензій з адсорбованими токсичними сполуками, зміною температури, зниженням каламутності води та біологічної продуктивності водойм. Багато господарських проблем великих регіонів вирішує гідротехнічне будівництво, які пов'язані перш за все з водопостачанням вододефіцитних районів, водним транспортом, меліорацією земель, розвитком рибного господарства, поліпшенням житлово-комунальних умов у населених пунктах тощо. Але поряд із позитивним економічним ефектом від даного будівництва є й небажані негативні наслідки, які проявляються у порушенні природного функціонування екосистем, які склалися історично у таких регіонах [70, 71]. У більшій мірі це буде стосуватися і водних екосистем у зв'язку зі створенням водосховищ на річках. У перші роки після будівництва водосховищ стан кисневого режиму значно погіршується, тому що значна кількість розчиненого кисню (до 30%) витрачається на окислення органічних речовин затоплюваних територій [60]. Випадки нестачі кисню почастишають не тільки взимку, але і влітку, підвищується концентрація органічних і біогенних речовин, що походять із затопленого русла, а в умовах уповільненого водообміну знижується інтенсивність процесів самоочищення. Значні проблеми виникають у майбутньому із-за інтенсивного розвитку фітопланктону (тобто «цвітінням» води) та із заростанням мілководних ділянок водойм, вищою водною рослинністю. Значна частина забруднюючих речовин накопичується в донних відкладеннях водойм за рахунок осадження завислих речовин в умовах уповільнення течії. Проте накопичення та захоронення різноманітних хімічних речовин у донних відкладеннях не можна вважати незворотними, а тому за певних умов їх можна вважати потужним джерелом вторинного забруднення водного середовища [51, 70, 71].

До другої групи факторів належать сільськогосподарські, промислові та комунально-побутові стічні води та нафтопродукти, які переважно впливають на перебіг фізико-хімічних та біологічних процесів. Функціонування міських водогосподарських комплексів є важливим фактором впливу на якісні та кількісні

показники водних ресурсів, роль яких зростатиме. Дивлячись на трансформацію хімічного складу поверхневих вод у результаті впливу міських агломерацій, треба сказати про сумісний вплив концентрованих і дифузних джерел забруднення. До першої належать стічні води, що скидаються через водовипуски, до другої – поверхневий стік з територій міста та підприємств. Увесь потік стічних вод сучасних міст зазвичай є сумішшю муніципальних та промислових стічних вод. Побутові стічні води, котрі не мають промислових стічних вод взагалі або присутні в невеликих кількостях, зустрічаються лише в каналізаційній мережі невеликих населених пунктів або малих міст. Сьогодні близько 24% каналізаційних мереж знаходяться в аварійному стані через фінансові труднощі.

Як наслідок, на 1 км мережі в середньому стається 2 аварії на рік, що досить перевищує такий показник в країнах Європи. Внаслідок збільшення темпів житлового будівництва, нерівномірності розвитку водогосподарських комплексів міст спостерігається диспропорція між потужностями водопровідних і очисних споруд, які в середині 1990-х років досягали 1 млн м<sup>3</sup>/добу. До того ж, у більшості міст не вирішується проблема так званого дощового стоку, який безпосередньо скидається у водойми та вимивається з міста забрудненими нафтопродуктами, отрутохімікатами та іншими хімікатами. За ступенем хімічного забруднення дощові і талі води часто наближаються до міських вод. Обсяг промислових стічних вод підлягає певному регулюванню шляхом зменшення продуктивності води та впровадження системи зворотного водопостачання. За даними [37], у місті Луцьк з 1970 р. із-за введення в експлуатацію замкнених водогосподарських систем зафіксовано значне скорочення обсягів промислового водоспоживання.

У табл.3.1 наведено речовини, що найбільш поширені у стічних водах.

Кислоти, солі та луки важких металів, що гідролізуються, певною мірою впливають на значення рН поверхневих вод залежно від буферної ємності карбонатної системи води. Сульфати, хлориди та інші солі елементів лужних і лужноземельних металів збільшують розчинність малорозчинних сполук і в більшості випадків перешкоджають процесам комплексоутворення важких металів за рахунок впливу на коефіцієнти активності іонів, що входять до відповідних рівнянь.



Типовий склад стічних вод [6, 27, 42, 46, 61]

Стічні води	Хімічний склад
Промислові	Кислоти, луги, мінеральні солі, сполуки важких металів, азот амонійний, сульфати, феноли, флотореагенти, пестициди, органічні барвники, синтетичні поверхнево-активні речовини, інші органічні сполуки
Комунально-побутові	Миючі засоби, фекалії, органічні сполуки, сполуки біогенних елементів ( <i>N, P, K</i> )
Сільськогосподарські	Органічні речовини, біогенні елементи ( $NH_4^+$ , $PO_4^{3-}$ , $K^+$ )
Нафта і нафтопродукти	Алканові, нафтенові, поліциклічні ароматичні вуглеводні, феноли, сірчані й азотисті сполуки (меркаптани, тіофени, гомологи пірідину тощо)

Підвищення вмісту розчинних органічних сполук внаслідок надходження їх у водойми з міськими та сільськогосподарськими стічними водами призводить до зменшення вмісту розчиненого кисню. Важливими чинниками, що сприяють інтенсифікації процесу надходження речовин з води, є утворення його дефіцитної та анаеробної зон у нижніх шарах води, зниження значення рН на межі відриву донних відкладень води. За таких умов у воді спостерігається значне підвищення концентрації азоту амонійного, фосфору, фосфатів, заліза, марганцю, алюмінію та органічних сполук [6, 42, 46, 61]. Небезпека вторинного забруднення водного середовища донними відкладеннями полягає не тільки в збільшенні концентрації у воді різноманітних хімічних речовин, а й у тому, що у водне середовище можуть потрапляти речовини зі значними токсичними та канцерогенними властивостями. В умовах нестачі кисню окислення амонійного азоту, Mn(II) і Fe(II) практично не відбувається і, таким чином, у водному середовищі накопичуються ці форми азоту і зазначених металів.

Нафтопродукти та синтетичні поверхнево-активні речовини також діють подібним чином, створюючи поверхневі плівки і таким чином заважаючи дифузії кисню з атмосфери в товщу води. Токсичні сполуки важких металів зменшують фотосинтез водних рослин, тим самим зменшуючи накопичення розчиненого кисню у воді. Такі процеси призводять до зменшення окисно-відновного потенціалу (Eh) та створюють умови для збільшення частини відновлених форм елементів зі змінним ступенем окиснення ( $NO_3^- \rightarrow NH_4^+$ ,  $MnO_2 \rightarrow Mn(II)$ ,  $Fe(III) \rightarrow Fe(II)$ ,  $CrO_4^{2-} \rightarrow Cr(III)$ ,  $SO_4^{2-} \rightarrow H_2S$ ).

Стічні води з великим вмістом біогенних елементів ( $N H_4^+$ ,  $P O_4^{3-}$ ) супроводжують велике зростання біологічної продуктивності поверхневих вод та такого негативного явища, як «цвітіння» води.

Тому надходження недостатньо очищених стічних вод до поверхневих водних об'єктів призводить до інтенсифікації перебігу фізико-хімічних та біологічних процесів, котрі в основному погіршують якість поверхневих вод.

Сьогодні для оцінювання кількісних та якісних змін водних ресурсів немає досить надійних методів розрахунку; зазвичай він створюється шляхом порівнювання хімічного складу води у створах вище й нижче міст.

Щодо прикладу, виконані для басейну Дніпра оціночні розрахунки впливу урбанізованих територій на якість поверхневих вод продемонстрували, що приріст стоку хімічних речовин нижче міст у основному становить 132% для  $P_{min}$ ; майже 80% для амонійної та нітритної форм і 45 % для нітратної форми азоту [70].

Урбанізовані території є джерелами нових видів забруднення природних вод штучними речовинами – синтетичними поверхнево-активними речовинами (СПАР), нафтопродуктами, важкими металами. Одним із найбільш значних є забруднення поверхневих вод СПАР. Вміст найпоширеніших аніонних СПАР у водоймах під містами коливається в діапазоні 0,1-0,3 мг/дм<sup>3</sup>, але також може бути значно вищим. Розрахунки показали, що в басейні р. Дніпро середній приріст стоку токсичних компонентів, таких як феноли та важкі метали (цинк, хром (6+), мідь) коливається від 10 до 30%, нижче міст підвищується концентрації таких речовин, як СПАР та

нафтопродукти. Найменше впливає урбанізація на іонний склад води.

За даними гідрохімічного моніторингу ДСНС, річки Уди та Полтва, куди надходять стічні води міст Харкова та Львова, вважаються найбільш забрудненими водоймами України.

### 3.2. Сучасні особливості динаміки змін якості води р. Прут в районі м. Чернівці

Вищевказані тенденції можна простежити і щодо водовідведення м. Чернівці. Якщо протягом 1980-1990 рр. на міські очисні споруди щодня відводилось приблизно 74 тис.м<sup>3</sup> стічних вод, табл. 3.2, то у сучасний період (2000-2018 рр.) їх об'єм зменшився до 50 тис.м<sup>3</sup>/добу, табл.3.3.

Таблиця 3.2

Об'єми водовідведення в м. Чернівці [54]

Об'єкти водовідведення	Середньодобовий об'єм водовідведення, тис. м <sup>3</sup>
Житловий сектор:	
- правобережна частина	58,1
- лівобережна частина	12,9
Промислові підприємства:	
- правобережна частина	1,5
- лівобережна частина	2,1
Всього	74,5

Таблиця 3.3

## Сучасні і перспективні об'єми водовідведення в м. Чернівці [54]

№ з/п	Назва	Сучасний стан	Перспектива 2025 рік
		Середньодобова витрата м <sup>3</sup> /добу	
1	2	3	4
1	Населення в т. ч.	27900	45000
	а) правобережна	20000	28000
	б) лівобережна	7900	16000
2	Промисловість в т. ч.	20000	26000
	а) правобережна	10000	11000
	б) лівобережна	9000	15000
3	смт. Лужани з промзоною (лівобережжя)	700	2700
4	Дослідна станція (Рогізна)	1500	2000
	Всього	50000	74600

Темпи динаміки зниження з об'ємів водовідведення по м. Чернівці характеризується даними, наведеними в табл.3.4.

Таблиця 3.4

## Динаміка водовідведення по м. Чернівці, 2000-2017 рр.

Категорія водовідведення	Одиниці вимірювання	Рік							
		2000	2005	2010	2013	2014	2015	2016	2017
Загальне	млн.м <sup>3</sup>	23,0	14,1	18,6	19,0	18,0	16,5	14,5	18,5
скидання забруднених зворотних вод у водоприймач	млн.м <sup>3</sup>	9,5	2,6	1,8	0,5	0,5	0,4	0,9	0,9

Скидання недостатньо очищених зворотних вод у водоприймач	млн.м <sup>3</sup>	3,5	1,3	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,3
Скидання зворотних вод без очищення у водоприймач	млн.м <sup>3</sup>	5,8	1,3	0,8	0,5	0,5	0,3	0,8	0,7

На підставі даних, наведених у таблиці 3.4, можна зробити висновок, що порівняно з попереднім періодом 1980-1990 рр. обсяг водовідведення в м. Чернівці зменшився в 1,48 рази, що відповідає загальній тенденції. Вона наблизиться до значення попереднього періоду лише у 2025 році з введенням міських стічних вод у міську каналізацію. Лужани та район дослідної станції (Рогізна).

### **3.3. Часова динаміка загальної забрудненості води р. Прут у контрольному створі нижче м. Чернівці.**

У випадку річки Прут це питання було досліджено за результатами гідрохімічних спостережень, проведених на контрольних точках, розташованих на річці вище і нижче м. Чернівці.

Ці спостереження проводить обласний центр з гідрометеорології (ЦГМ). Оскільки інформація за початковий період дослідження (1985-1990 рр.) є фрагментарною, для узагальнення було обрано 10-річний період (1990-2000 рр.).

Вплив скидів із каналізаційної системи Чернівці на забруднення води річки Прут досліджували шляхом вивчення змін значення індексу забруднення води (ІЗВ), розрахованого за загальноприйнятою методикою [57].

За отриманими результатами побудована графічна залежність забрудненості води ріки від водності ( $IЗВ = f(Q)$ ) для фонового (500 м вище скиду ОС) і замикаючого створу спостережень (500 м нижче скиду ОС), рис. 3.2.

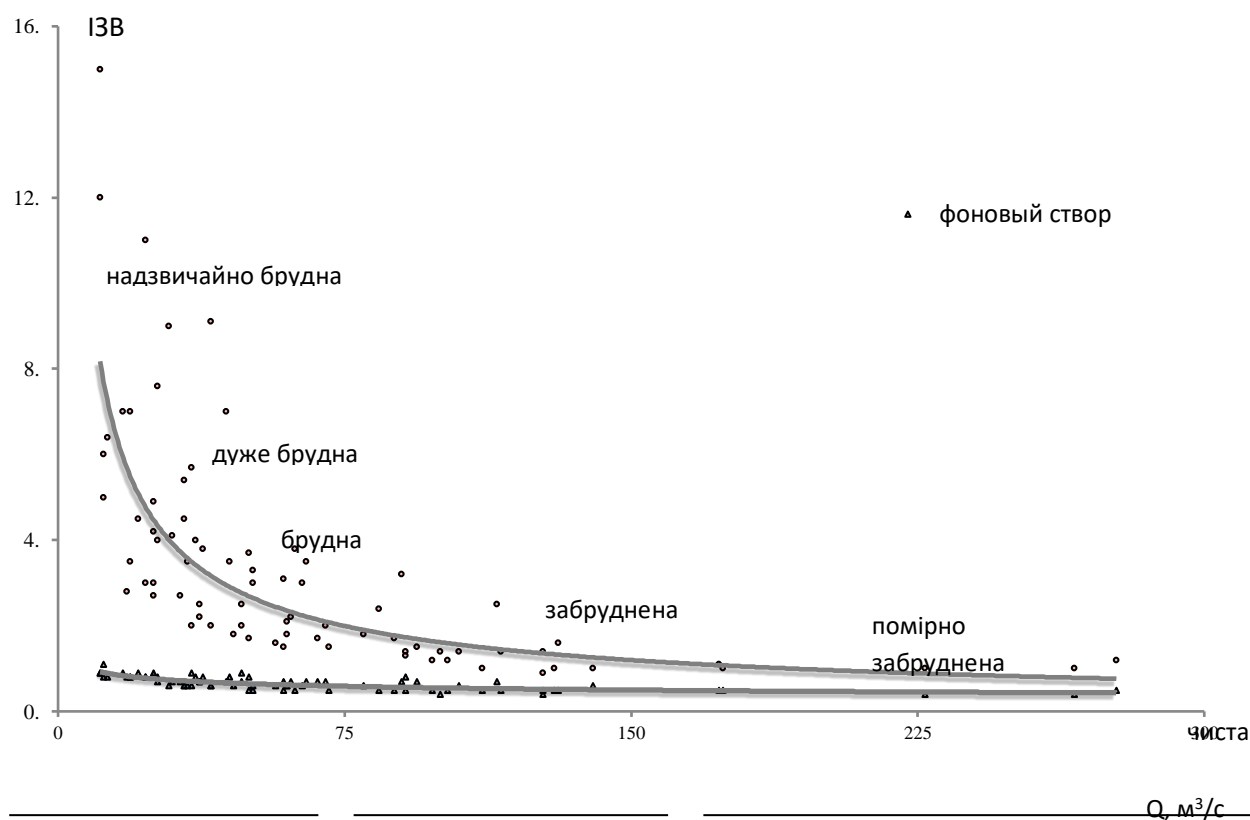


Рис. 3.2. Залежність забрудненості р. Прут в зоні впливу ОС каналізації м. Чернівці від витрат води[43]

Залежність величин ІЗВ від водоспоживання для досліджуваної ділянки р. Прут має гіперболічний характер.

Ось такий характер залежності пояснює інтенсивне зниження забруднення води в діапазоні споживання 20–80 м<sup>3</sup>/с і повільне – при більших значеннях. Застосування критеріїв оцінки якості води на основі значень ІЗВ дозволило визначити діапазони водоспоживання, а відтак і кратність розбавлення стічних вод річковими водами, при яких забезпечується певний клас їх якості, табл. 3.5.

На основі даних, небезпечний рівень забруднення води р. Прут на досліджуваній території спостерігається вже при витратах води нижче 55 м<sup>3</sup>/с. Особливо високим було забруднення води при витратах нижче 20 м<sup>3</sup>/с, що характерно

для меженних періодів [35, 43; 44].

За результатами оцінки забруднення води р. Прут на цій території у 2000-2010 рр. відмічено деякі позитивні зміни, табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Водність (м<sup>3</sup>/с), при якій у 2010-2019 рр. формувався певний клас якості води на ділянці річки Прут в межах міста Чернівці [27, дані автора]

Створ	Клас якості води						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
	дуже чиста	чиста	помірно-забруднена	забруднена	брудна	дуже брудна	надзвичайно брудна
	≤0,3	0,3-1,0	>1,0-2,5	>2,5-4,0	>4,0-6,0	>6,0-10	>10
річка Прут - село Біла	>200	<10	не спостерігались				
річка Прут – міський пляж	>250	>50	<20	не спостерігались			
річка Прут- міст Калинівський	не спостерігались	>100	>50	<10	не спостерігались		
річка Прут - село Магала, міст	не спостерігались	>70	<30	не спостерігались			
річка Прут- село Магала, кар'єр	не спостерігались	10-120		не спостерігались			

Дані табл.3.5 показують, що води класу IV-VII (забруднені - надзвичайно брудні) не спостерігались в діапазоні водотоків р.Прут.

Можна припустити, що у сучасний період (2010-2018 рр.) спостерігається позитивна тенденція покращення якості води на території впливу очисних споруд. На рис.3.2. показана залежність індексу забрудненості від споживання води для створу, розташованого на відстані 1 км нижче за течією річки Прут від скидів ОС каналізації. Цей створ є репрезентативний як для всього міста Чернівці, так і для зони впливу ОС каналізації, тому що розташовується на відстані, де гарантовано повне змішування річкових і стічних вод.

Рис.3.2. Залежність забрудненості води річки Прут (1 км нижче скидів ОС каналізації) від витрати води, 2010-2019 рр.

З рис.3.2 бачимо, що у теперішній період на цій ділянці Пруту при затратах 10-120 м<sup>3</sup>/с спостерігаються води II і III класів якості (чисті і слабозабруднені).

При цьому тенденції зниження рівня забруднення (відновлення природної якості води) із зростанням витрат не проявились. Цілком імовірно, що за теперішнього рівня антропогенного навантаження на цій ділянці Прута води кращої якості не спостерігатиметься.

На мою думку, причиною позитивних змін якості води річки Прут на ділянці нижче міста Чернівці є зниження рівня антропогенного навантаження та деякі покращення в роботі очисних споруд. Встановлена властивість вимагає оцінки впливу міста Чернівці на якість води річки Прут як дифузного джерела забруднення.



## **Висновки**

1. Якість води річок, які дрениують території міст, значно погіршується. Основними джерелами забруднюючих речовин є скиди очисних споруд комунальної каналізації і поверхневий стік.
2. Характеристики просторової диференціації показників якості води визначаються інтенсивністю впливу, розташуванням джерел надходження забруднюючих речовин та асимілюючою здатністю водотоку.
3. Рівень забрудненості води р. Прут в межах міста Чернівці в 1970-2020 роках помітно змінився. У сучасний період простежується тенденція її вдосконалення.
4. Причиною таких змін, які, і за даними інших дослідників, простежуються по всій території України, є зменшення рівня антропогенного навантаження на річки. Позитивні зміни якості вод Пруту в межах Чернівців також пояснюються деяким покращенням ефективності роботи очисних споруд каналізації.
5. У сучасний період в районі м. Чернівці в діапазоні витрат води Пруту 10-120 м<sup>3</sup>/с не формувались води IV-VII класів (забруднені - надзвичайно брудні). В цьому діапазоні витрат спостерігались умовно чисті і помірно забруднені води (II-III класи).
6. Залежність показника забрудненості води від споживання свідчить про те, що при наявній потужності джерел забруднення води категорія якості води I класу якості - «чисті» не формуються, навіть при великих її витратах.
7. Встановлена особливість вимагає необхідність оцінки впливу м. Чернівці на якість води Пруту як дифузного джерела забруднення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алекин О.А. Основы гидрохимии / О.А. Алекин. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
2. Бабич М. Розвиток системи інтегрованого управління водними ресурсами України // Вода і водоочисні технології. – 2004. - №2. – С.5-9.
3. Бертокс П., Радд Д. Стратегия защиты окружающей среды от загрязнений. – М.: Мир, 1980. – 606с.
4. Вавилин В.А. Обобщенная модель и механизм аэробной биологической очистки // ДАН СССР, 1981. – Т. 258, № 5. – С. 1269-1273.
5. Василенко О. А. Раціональне використання та охорона водних ресурсів : навч. посібник / О. А.Василенко, Л. Л. Литвененко, О. М. Квартенко. – Рівне : НУВГП, 2007. – 246 с.
6. Васюков А.Е. Химические аспекты экологической безопасности поверхностных водных объектов // Химия и технология воды. – 2005. – Т. 27, №3. – С. 294-308.
7. Гончарук В.В. Вода: Проблемы устойчивого развития цивилизации в XXI веке. – К.: НКХХВ НАН Украины, 2003. – 47с.
8. Горбатенький Г.Г. Влияние сточных вод сахарных заводов на химический состав природных вод / Г.Г. Горбатенький // Материалы XIX гидрохимического совещания. – Новочеркасск, 1965. С. 14 – 15.
9. Гусев А.Г. Охрана рыбохозяйственных водоемов от загрязнения / А.Г. Гусев. – М.: Пищевая пром., 1975. 367 с.
10. Гуцуляк В.М. Геохімія міських ландшафтів (методологія дослідження, приклад вивчення великого міста) / В.М. Гуцуляк, В.Б. Присакар // Ландшафт як інтегруюча концепція XXI сторіччя: зб. наук. праць. – К., 1995. С. 83 – 85.
11. Гуцуляк В.Н. Геохимические особенности ландшафтов г. Черновцы / В.Н. Гуцуляк // Физическая география и геоморфология. – К.: Лыбидь, 1990. С. 83 – 85.
12. Державні санітарні правила і норми "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання". – Київ, 1996. – 26с.

13. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні і екологічні вимоги щодо якості води та правила вибирання : ДСТУ 4808:2007. [Чинний від 2009-01-01]. – К. : Держспоживстандарт України, 2007. – 36 с. – (Національний стандарт України).
14. Джигирей В.С., Строжук В.М., Яцюк Р.А. Основи екології та охорона навколишнього природного середовища. – Львів: Афіша, 2000. – 272с.
15. Директива Совета Европейского Союза 98/83/ЕС от 3 ноября 1998г. по качеству воды, предназначенной для потребления человеком. – М., 1999. – 43с.
16. Дослідження по визначенню забруднювачів природних джерел України та реального рівня очистки стічних вод, які скидаються у водойми.// “Основні положення проекту закону України “Про питну воду”. –2000. – 30с.
17. Емельянова В.П. Оценка поверхностных вод суши по гидрохимическим показателям / В.П. Емельянова, Т.Н. Данилова, Т.Х. Каменикова // Гидрохим. материалы. – 1983. – Т. 88. С. 119 – 129.
18. Єзловецька І.С. Екологічна оцінка якості поверхневих вод басейну Дністра / І.С. Єзловецька, М.М. Ладика // Зб. наук. праць Луганського національного аграрного університету. – 2008. – № 81. – С. 238-245.
19. Задачаина А.Е. Влияние сточных вод промышленных предприятий города Черновцы на изменения гидробиологического режима среднего течения реки Прут / А.Е. Задачаина, Д.В. Мельничук. – Черновцы, 1962. – 12 с., рукопись.
20. Закревський Д.В. Взаємозв'язок між витратами та мінералізацією річок басейну Дніпра / Д.В. Закревський, С.І. Сніжко, І.О. Шевчук // Вісник Київського університету. Сер. Географія. – 1989. – Вип. 31. – С. 25-30.
21. Кичигин В.И., Палагин Е.Д. Комплексная оценка качества природных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. - №7. – С.11-15.
22. КНД 211.1.4.010-94. – Охорона навколишнього природного середовища та раціональне використання природних ресурсів. Екологічна оцінка якості поверхневих вод суші та естуаріїв України. – Київ: Мін природи України, 1994. – 37с.

23. Ковальчук І. Засади сталого водористування у басейні Дністра, ландшафти та екологічні проблеми Дністровсько – Прутського регіону / І. Ковальчук // Чернівці: Рута, 2005. – 280 с.
24. Ковальчук І.П. Прикладна гідроекологія: Навчальний посібник / Каганов Я.Л., Сливка Р.О. // Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2000. - 228 с.
25. Концепция водоснабжения города Черновцы. – Клагенфурт, 1998. 94 с.
26. Коронкевич М.И. Водный баланс Русской равнины и его антропогенные изменения / М.И. Коронкевич. – М.: Наука, 1990. 205 с.
27. Кульский Л.А. Технология очистки природных вод.- К.: Вища школа, 1981. 327с.
28. Лапшев Н.Н. Расчет выпуска сточных вод / Н.Н.Лапшев. – М.: Стройиздат, 1977. 85 с.
29. Магмедов В.Г. Проблемы охраны подземных вод от загрязнения / В.Г.Магмедов // Труды УкрНЦОВ. – Харьков, 1993. – Вып. 1/2 .С. 41-48.
30. Максимовский Н. С. Очистка сточных вод. М.: Изд-во МКХ РСФСР. М., 1961. 352с.
31. Методи вимірювання параметрів навколишнього середовища/ Масікевич Ю.Г., Гринь С.О., Герещун Г.М., Сівак В.К., Солодкий В.Д., Моїсеєв В.Ф., Шапорєв В.П., Рогозинський М.С.– Чернівці: Зелена Буковина, 2005.–344с.
32. Методи очистки вод : Навч. Посібник для студентів географічного факультету / В.К. Хільчевський, Д.М. Горєв, В.І. Пелешенко. – К. ВПЦ «Київський університет», 1993. 117с.
33. Методика встановлення і використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші та естуаріїв України (проект). – К.: ВІПОЛ, 2001. – 48с.
34. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод / под ред. А.В.Караушева. – Л.: Гидрометеиздат. 1981. 174 с.
35. Молодий ландшафт річки Прут: минуле і сучасність (на теренах Чернівецької області): монографія/ Ющенко Ю.С., Пасічник М.Д., Білоконь М.В., Григорійчук В.В., Николаєв А.М. Сівак В.К., Шевчук Ю.Ф., за ред. Ю.С. Ющенко. – Чернівці: ФОП Садовський С.С., 2019. 115 с.

36. Мольчак Я.О. Гідроекологічні аспекти впливу скиду стічних вод з Луцьких каналізаційних очисних споруд на якість води р. Стир / Я.О. Мольчак, В.О. Фесюк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2006. – Т.11. С. 352 -357.
37. Мольчак Я.О., Фесюк В.О. Еколого-економічні основи водокористування. Навчальний посібник- Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2007. 584с.
38. Накорчевська В.Ф. Хімія води/ В.Ф. Накорчевська.–К.: ІСДО, 1993.– 108с.
39. Нежиховский Р.А. Гидролого-экологические основы водного хозяйства / Р.А.Нежиховский. – Л.:Гидрометеиздат, 1980. 228 с.
40. Никаноров А.М. Гидрохимия / А.М. Никаноров. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. 578 с.
41. Никаноров А.М., Посохов Е.В. Гидрохимия.-Л.: Гидрометеиздат, 1985. 232с.
42. Николадзе Г.И. Коммунальное водоснабжение и канализация. М.: Стройиздат, 1983. 422с.
43. Николадзе Г.И. Технология очистки природных вод.-М.: Высшая шк.1987. 479 с.
44. Николаев А.М. Гідролого-геохімічна оцінка стану річок урбанізованої території (на прикладі м. Чернівці): монографія / А.М. Николаев. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2011. – 216 с.
45. Николаев А.М. Гідрологічний і гідрохімічний режими малих річок урбанізованої території монографія / А.М. Николаев. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т, 2016. – 156 с.
46. Николаев А.М. Гідролого-геохімічна оцінка стану річок урбанізованої території (на прикладі м. Чернівці): монографія / А.М. Николаев. – Чернівці: Чернівецький нац. ун-т. 2011. 248 с.
47. Пааль Л.Л. Инженерные методы формирования качества воды водотоков / Л.Л.Пааль. – Таллин: ТПИ, 1975. – Ч.2. 100 с.
48. Паламарчук М. Водокористування в інших містах// Водне господарство України.- 1998.-№1-2. С.40-45.
49. Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія: Підручник.-К.: Либідь,1997. 384с.
50. Перельман А.И. Геохимия / А.И. Перельман. – М.: Высш. шк., 1989. 528 с.

51. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами: Постанова КМУ від 25 березня 1999 р. № 465.
52. Правила приймання стічних вод підприємств у систему комунальної каналізації в м. Чернівці. – Чернівці, 1996. 30с.
53. Практические рекомендации по расчету разбавления сточных вод в реках, озерах и водохранилищах. – Л.: Изд-во ГГИ, 1970. 101 с.
54. Програми каналізування міста Чернівців на 2013-2025 роки. – Чернівці, 2013. 27 с.
55. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – Т.6, вып. 1. 884 с.
56. Ресурсы поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. – Л.: Гидрометеиздат, 1978. – Т.7, вып. 1. 490 с.
57. Сніжко С.І. Оцінка та прогнозування якості природних вод / С.І. Сніжко. – К.: Ніка-центр, 2001. 264 с.
58. Сніжко С.І. Ймовірність появи небезпечних концентрацій забруднюючих речовин у воді гірських річок під час катастрофічних паводків / С.І. Сніжко // екологічні та соціально-економічні аспекти катастрофічних стихійних явищ у Карпатському регіоні (повені, селі, зсуви). – Ужгород: ВАТ «Патент». - 1999. – С. 313-316.
59. Справочник по охране окружающей среды / В.Г.Сахаев, Б.В.Щербицкий. – К.: Будівельник, 1986. 152 с.
60. Температура и состав сточных вод [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://domremstroy.ru/da/kanalizacia06.html>
61. Фальковская Л.Н., Каминский В.С., Пааль Л.Л., Грибовская И.Ф. Основы прогнозирования качества поверхностных вод. – М.: Наука, 1982. – 181с.
62. Федоров Н. Ф., Шнфрин С. М. Канализация. М: Высшая школа, 1968. 592 с.
63. Хільчевський В.К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти.- К.: ВЦ Київський університет, 1999. 319с.
64. Хільчевський В.К. Хімічний аналіз вод: навчальний посібник / В.К. Хільчевський// К.:Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2004.– 61с.

65. Хільчевський В.К., Пелешенко В.І. Методи визначення хімічного складу природних вод.- К.: ВЦ Київський університет, 1993. 97с.
66. Цветкова Л.И., Копина Г.Н. Актуальные проблемы охраны водных ресурсов. Антропогенное эвтрофирование водоемов. – Л.: ЛИСИ, 1984. – 20с.
67. Черкинский С. Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы. М.: Госстроиздат 1977. 224 с.
68. Чобан А.Ф., Лявинець О.С. Водопостачання, водовідведення та поліпшення якості води: Конспект лекцій.- Чернівці: Рута, 2003. 84с.
69. Экологическое состояние реки Днестр / Шевцова Л.В., Алиев К.А., Кузько О.А., Жданова Г.А., Григорович И.А., Цаплина Е.Н., Кошелева С.И., Бабич Н.Я., Дейнеко В.А., Розгонюк Г.А., Гуйда В.В., Семченко В.В., Ткаченко В.А., Гончаренко Н.И., Зыкова Е.А.– К., 1998. – 148 с.
70. Яцик А.В. Водогосподарська екологія: у чотирьох томах, семи книгах. – К.: Генеза, 2004. – т.3, кн.5. – 496с.
71. Яцик А.В. Наукові і організаційні засади екологічно безпечного водокористування в Україні // Водозабезпечення та водне господарство. – 2004. - №1. – С.4-8.